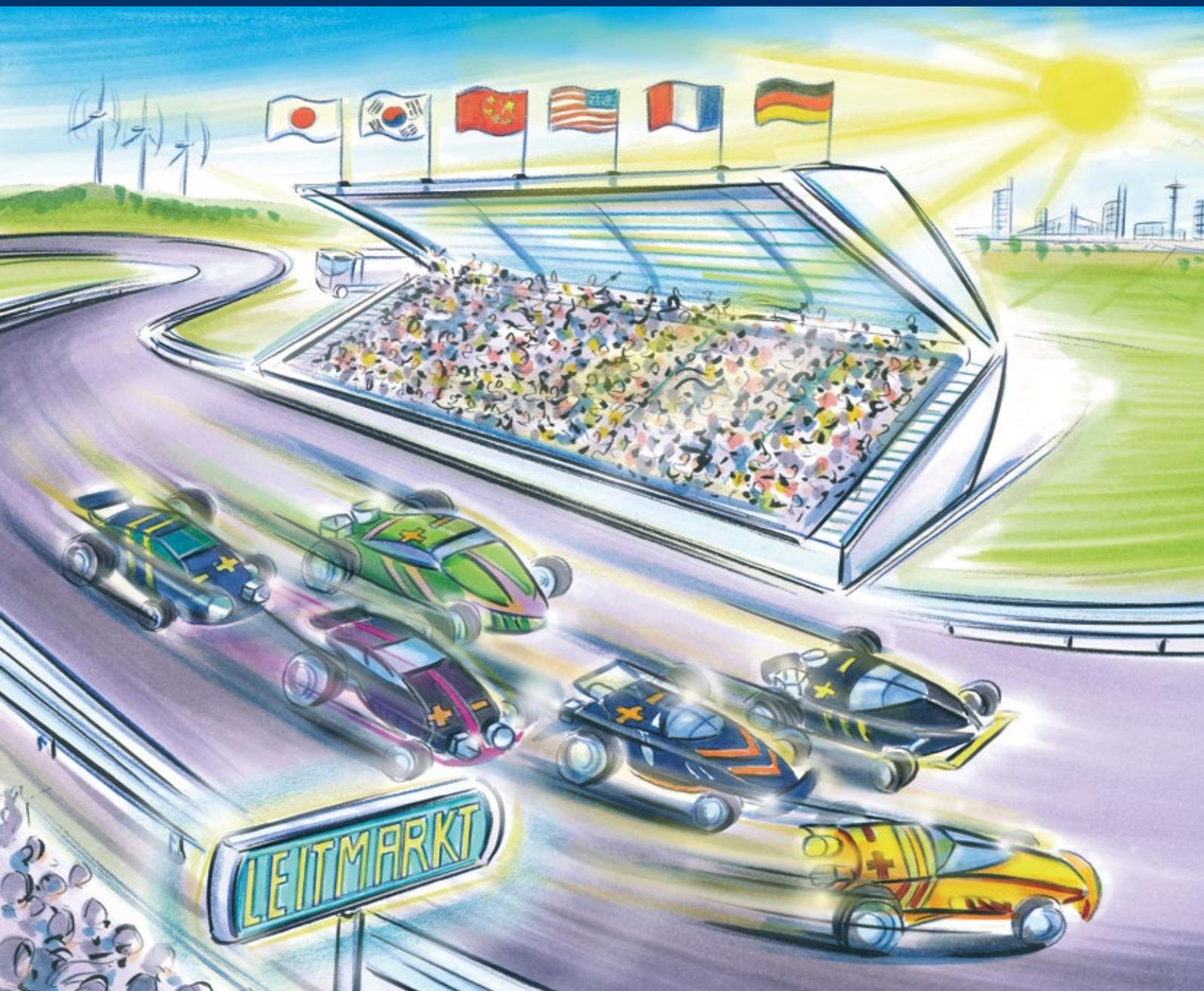


ENERGIESPEICHER FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT DEUTSCHLAND AUF DEM WEG ZUM LEITMARKT UND LEITANBIETER?



INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	2
EXECUTIVE SUMMARY	3
EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG	6
LEITMARKT UND LEITANBIETER	8
METHODIK UND VORGEHENSWEISE	10
INDIKATOREN DER KATEGORIE NACHFRAGE	12
INDIKATOREN DER KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN	14
INDIKATOREN DER KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE	16
INDIKATOREN DER KATEGORIE INDUSTRIE	18
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND HANDLUNGSOPTIONEN FÜR DEUTSCHLAND	20
INDIKATORENVERZEICHNIS	27
QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS	62
PUBLIKATIONEN IM PROJEKT EMOTOR	70
IMPRESSUM	71

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ANR	Agence nationale de la recherche (Frankreich)	MEET	Münster Electrochemical Energy Technology
ARRA	American Recovery and Reinvestment Act, US-amerikanisches Förderprogramm	METI	Ministry of Economy, Trade and Industry (Japan)
BEV	Engl. „battery electric vehicle“, rein batterieelektrisch angetriebenes Fahrzeug	MIIT	Ministry of Industry and Information Technology (China)
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	MKE	Ministry of Knowledge Economy (Korea), Nachfolger ist heute das MOTIE bzw.
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit		Ministry of Trade, Industry and Energy
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Nachfolger ist heute das BMVI	MLIT	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (Japan)
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	MOST	Ministry of Science and Technology (China)
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	MWh	Megawattstunde
BYD	Build your dreams, chinesisches Unternehmen	NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organisation (Japan)
CAGR	Engl. „compound annual growth rate“, (durchschnittliche) jährliche Wachstumsrate	NiMH	Nickel-Metallhydrid-Batterien
CO ₂	Kohlenstoffdioxid (chemische Summenformel)	NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
DOE	U.S. Department of Energy (USA)	OEM	Engl. „original equipment manufacturer“, Synonym, verwendet für Automobilhersteller
dt.	deutsch	PATSTAT	Engl. „Patent Statistical Database“ (PATSTAT), weltweite Patentstatistikdatenbank des Europäischen Patentamtes (engl. „European Patent Office“ bzw. EPO)
e.V.	eingetragener Verein	PHEV	Engl. „plug-in hybrid electric vehicle“, Plug-in-hybridelektrisches Fahrzeug
EMOTOR	Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität, Projektname	PKW	Personenkraftwagen
engl.	englisch	STROM	Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität, Förderbekanntmachung/Themenfeld
EPI	Environmental Performance Index		versus
EU	Europäische Union	vs.	
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI	WGI	World Governance Index
FuE	Forschung und Entwicklung	WoS	Engl. „Web of Science“, Online-Literaturdatenbank
GCI	Global Competitiveness Index	xEV	In dieser Veröffentlichung als Sammelbegriff bzw. -kürzel für alle (batterie-)elektrisch angetriebenen Fahrzeugkonzepte (Elektrofahrzeuge, engl. „electric vehicle“ bzw. EV) gebraucht; insbesondere HEV, PHEV und BEV
g	Gramm	ZSW	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)
GWh	Gigawattstunde		
HEV	Engl. „hybrid electric vehicle“, hybridelektrisches Fahrzeug		
IPC	Engl. „International Patent Classification“, internationale Patentklassifikation		
JV	Engl. „joint venture“, Unternehmenskooperation		
kg	Kilogramm		
km	Kilometer		
kWh	Kilowattstunde		
KLiB	Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien		
LiB	Lithium-Ionen-Batterie		
LIB 2015	Lithium Ionen Batterie 2015, Förderprogramm/Name der dt. Innovationsallianz		
l	Liter		

In zahlreichen Abbildungen dieser Veröffentlichung wurden die betrachteten Länder wie folgt abgekürzt: China (CN), Deutschland (DE), Frankreich (FR), Japan (JP), Korea (KR), Vereinigte Staaten von Amerika (US). Letztgenannte Nation wird in allen Texten der vorliegenden Veröffentlichung einheitlich als USA bezeichnet.

EXECUTIVE SUMMARY

Die Bundesregierung hat gemeinsam mit der deutschen Industrie das Ziel formuliert, dass Deutschland Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität werden soll. Die Leitanieterschaft bezieht sich insbesondere auf Schlüsseltechnologien der Elektromobilität. Aufgrund ihres heute noch hohen Anteils der Herstellungskosten von 30 bis 40 Prozent¹ am Gesamtfahrzeug spielt die Batterie dabei eine zentrale Rolle, gefolgt von elektrischen Motoren und der Leistungselektronik. Für den Einsatz in Elektrofahrzeugen mit Fokus auf Plug-in Hybride und reine batterieelektrische Fahrzeuge sind Lithium-Ionen-Batterien auch in absehbarer Zukunft die erste und einzige Wahl. Die öffentlichen Fördersummen für die Entwicklung von Batterietechnologien in Deutschland waren in den letzten Jahren verglichen mit anderen Fördersummen für Technologien recht hoch und im Wesentlichen dadurch motiviert, dass Deutschland den Anschluss an die führenden asiatischen Länder wieder herstellen soll.

Die vorliegende Studie² untersucht, ob Deutschland im Bereich der Batterietechnologien für Elektrofahrzeuge auf dem Weg zum Leitanbieter und Leitmarkt ist. Ein Leitmarkt definiert sich dabei durch eine frühe Nachfrage: Wo sind die heutigen und zukünftigen Märkte für Batterietechnologien und welches Land hat somit große Chancen, dass sich dort entsprechende Industrien ansiedeln, also Marktstrukturen aufbauen, und vor allem auch Arbeitsplätze geschaffen werden? Der Leitanietersgedanke bezieht sich eher darauf, wer heute oder in naher Zukunft die zuerst im Leitmarkt verkauften Produkte herstellt, erfolgreich exportiert und dadurch eine hohe inländische Wertschöpfung erzielen kann. Die industrielle Verankerung heute und Forschung und Technologie als Basis für die Zukunft sind entsprechende Leitanieterskategorien.

Deutschlands Positionierung wird in einem umfassenden Benchmarking auf der Basis einer Datenerhebung für 33 Indikatoren wie z. B. Patente, Produktionskapazitäten oder Lieferbeziehungen sowie einer Validierung der Ergebnisse durch Expertendiskussionen mit den weltweit führenden Ländern im Bereich der Energiespeicher für die Elektromobilität – Japan, Korea, China, den USA und Frankreich – verglichen.

Kernaussagen der Studie

Deutschland ist derzeit kein Leitmarkt für Fahrzeugbatterien, hier führen eindeutig die USA und Japan (siehe Abbildung Seite 4, Nachfrage). Beide Länder erbringen den mit Abstand größten Anteil der Elektrofahrzeug-Produktion, gekoppelt mit heimischem Absatz und gestützt durch finanzielle Kaufanreize. Sie haben deshalb den mit Abstand höchsten Anteil des weltweiten Bedarfs nach Lithium-Ionen-Batterien und bedienen damit den größten Anteil der Nachfrage nach Elektromobilität.

Die japanische Industrie exportiert derzeit weiterhin in hohem Maße (zu über 60 Prozent) ihre hergestellten Batteriezellen u. a. in die USA; Japan ist somit der führende Leitanbieter (siehe Abbildung Seite 4, Industrie). Insbesondere das US-amerikanische Unternehmen Tesla Motors könnte dieses Bild in Zukunft jedoch nachhaltig verändern, wenn die geplante „Tesla Gigafactory“ in den USA eines Tages fertiggestellt und in Betrieb ist. Diese soll Produktionskapazitäten in der Größenordnung der heute insgesamt verfügbaren Batteriezellproduktionskapazitäten weltweit bereitstellen. Zieht man die aktuellen Produktionsprognosen sowie die Vielzahl an angekündigten Modellen für Elektrofahrzeuge heran, befindet sich Deutschland in einem Aufholprozess. Falls dieser erfolgreich ist, könnte er den Aufbau einer Batterieproduktion für Lithium-Ionen-Batterien in Deutschland nach sich ziehen. Ob dies gelingen wird, ist derzeit offen.

Korea nimmt eine Sonderrolle ein. Während die heimische Nachfrage nach Fahrzeugbatterien derzeit noch gering ist (obwohl aktuell auch in Korea Kaufanreize für Elektrofahrzeuge eingeführt werden), hat Korea einen hohen Weltmarktanteil an der aktuellen Fahrzeugbatterieproduktion (von ca. 25 Prozent) und ist somit sehr exportorientiert – eine Politik, die Korea auch in anderen Feldern seit einigen Jahren erfolgreich betreibt. Korea ist bei Fahrzeugbatterien kein Leitmarkt, spielt aber durch seine starke Batterieindustrie eindeutig die Rolle eines Leitanieters, als „second mover“ hinter Japan.

Richtet man den Blick auf die derzeit herrschenden Marktstrukturen (siehe Abbildung, Marktstrukturen), ist gerade in den asiatischen Ländern (angeführt von Japan, China und Korea) eine relativ hohe Anzahl an Unternehmen aktiv, welche die komplette Wertschöpfungskette der Fahrzeugbatterien von den Rohstoffen bis hin zur Herstellung abdecken. Dagegen decken deutsche Unternehmen bisher nur wenige Stufen der Wertschöpfungskette ab. Deutschland hat auch deutliche Schwächen bei der Versorgung und dem Handel mit Lithium-Ionen-Batterie-spezifischen Rohstoffen wie Kobalt, Lithium, Mangan und Nickel. China dominiert den Handel auf dem Rohstoffmarkt, ist allerdings auf anderen Stufen der Wertschöpfungskette etwas weniger präsent.

In den Bereichen Forschung und Technologie (siehe Abbildung, Forschung und Technologie) hat Deutschland gerade in den letzten Jahren einen enormen und erfolgreichen Aufholprozess gestartet. Dies ist u. a. auf die gestiegenen industriellen und öffentlichen Forschungs- und Entwicklungsausgaben zurückzuführen. Beim technologischen Wissen ist Deutschland derzeit also gut aufgestellt, wenn auch andere Länder hier noch einen kleinen Vorsprung haben. Der Aufbau des technologischen Know-how macht sich jedoch noch nicht in installierten oder angekündigten Produktionskapazitäten für Fahrzeugbatterien bemerkbar. Auch fehlt nach wie vor die Erfahrung in der Produktionsprozess-technologie. Die kürzlich eröffnete Forschungsproduktionslinie in Ulm und weiteren Initiativen sind wichtige Ansätze, um diesen



Rückstand aufzuholen. Der Abstand gegenüber den wichtigsten Wettbewerbern Japan und Korea sowie eventuell zukünftig auch den USA scheint sich durch die aktuelle Dynamik im Bereich Forschung und Technologie zu verringern.

Insgesamt ist Deutschland somit noch ein gutes Stück von einem Leitmarkt und einer Leitanbieterschaft für Energiespeicher für die Elektromobilität entfernt. Leitmarkt ist derzeit vor allem Japan, zukünftig eventuell auch die USA (angesichts der Nachfrage schon heute). Leitanbieter ist aktuell ebenfalls Japan, gefolgt von Korea.

Handlungsempfehlungen

Deutschland hat bezüglich der technologischen Leistungsfähigkeit gegenüber den wichtigsten Wettbewerbern aufgeholt. Um weiterhin den Aufschwung bei der technologischen Leistungsfähigkeit bei Batterien zu stützen und möglichst auszubauen, ist eine auf mehrere Jahre ausgerichtete, kontinuierliche Förderstrategie zu empfehlen, welche immer die industrielle Umsetzung in Deutschland bzw. Europa im Auge haben sollte.

Die aktuelle Herausforderung für Forschung, Industrie und Politik in Deutschland liegt darin, das in den letzten Jahren gewonnene wissenschaftliche und technologische Know-how in heimische Wertschöpfung umzuwandeln. Die Studie zeigt auf, dass Deutschland gerade bei der Industrialisierung der Zellproduktion für Lithium-Ionen-Batterien noch einen großen Rückstand hat. Aufgrund der weltweiten Marktgrößen sowie -dynamiken und dem derzeitigen Wettbewerbsnachteil von Deutschland erscheint nur eine gemeinsame Strategie von Schlüsselakteuren aus der Industrie, flankiert durch die Politik, sinnvoll und tragfähig zu sein, um eine zukünftige Zellproduktion erfolgreich aufzubauen. In Anbetracht der gewaltigen Aufgabe sollte in diesem Zusammenhang aber auch geprüft werden, ob nicht eine gemeinsame europäische Strategie zielführend ist.

Gleichzeitig sollen die tatsächlichen positiven volkswirtschaftlichen Effekte einer heimischen Zellproduktion kritisch geprüft werden. Ergänzend wäre daher zu analysieren, ob nicht die in

Deutschland traditionell starken Branchen des Anlagen- und Maschinenbaus, der Chemieindustrie als Material-/Komponentenhersteller sowie der Automobilindustrie mit zahlreichen Systemintegratoren und Zulieferern größere Wertschöpfungsbeiträge erzielen können als eine heimische Zellproduktion.

Diese Frage geht über die reine Diskussion von Fahrzeugbatterien und Elektromobilität insgesamt hinaus und erstreckt sich zunächst auf die Themenfelder der Elektromotoren und Leistungselektronik oder Technologieentwicklung für Plug-in Hybride, in welchen Deutschland im internationalen Vergleich aktuell besser aufgestellt ist als im Bereich der Batterieproduktion. Erweitert man die Perspektive und betrachtet nicht nur die Fahrzeuge, so ergibt sich eine Vielzahl an relevanten Bereichen wie beispielsweise die energiewirtschaftliche Anbindung, der Aufbau einer Ladeinfrastruktur oder der IT-Bereich, welche bei dem Systemwechsel hin zur Elektromobilität eine wichtige Rolle spielen.

Wenn Deutschland in Zukunft stärker den Leitmarktgedanken für Batterietechnologie in den Vordergrund stellen möchte, so wäre weiterhin über finanzielle und nicht-finanzielle Kaufanreize für Elektrofahrzeuge nachzudenken, die sich in anderen Ländern gemessen an Verkaufszahlen teilweise als erfolgreich herausgestellt haben. Dabei wäre aber auch zu analysieren, inwieweit dies tatsächlich zur heimischen Wertschöpfung beitragen kann. Einen großen Einfluss haben je nach weiterer Ausgestaltung auch die Kohlenstoffdioxid-Grenzwerte für Fahrzeugflotten, die der Elektromobilität in naher Zukunft einen großen Schub geben könnten.

Die in dieser Studie abgeleiteten Handlungsoptionen zeigen insgesamt ein differenziertes Spektrum möglicher Maßnahmen auf, wobei die Auswahl konkreter Maßnahmen stark von der Zielsetzung abhängt. Die Analysen zeigen, dass ein Leitmarkt und eine Leitanbieterschaft auf viele Arten erreicht werden können, um aus dem Systemwandel Elektromobilität wettbewerbsfähig hervorzugehen. Hinsichtlich der wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Zielsetzungen wären weitere Konkretisierungen wünschenswert, um die wirkungsvollsten Handlungsoptionen zu bewerten und umsetzen zu können.

EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG

„Deutschland soll sich nicht nur zu einem ‚Leitmarkt Elektromobilität‘ entwickeln, sondern sich mit Innovationen im Bereich Fahrzeuge, Antriebe und Komponenten sowie der Einbindung der Fahrzeuge in die Strom- und Verkehrsnetze zukünftig auch als ein ‚Leitanbieter Elektromobilität‘ etablieren.“³ In diesem Kontext ist es das Ziel der Bundesregierung, bis spätestens zum Jahr 2020 mindestens eine Million Elektromobile auf die dt. Straßen zu bringen. Die Bundesregierung hat deshalb im Bereich der Elektromobilität bereits einige richtungsweisende Schritte eingeschlagen, bspw. Maßnahmen im Rahmen des Konjunkturpakets II im Jahr 2009, die Initiierung der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) 2010 oder das 2011 verabschiedete Regierungsprogramm Elektromobilität. Im September 2014 wurde der Entwurf eines Elektromobilitätsgesetzes durch das Bundeskabinett beschlossen, das ab dem Frühjahr 2015 in weiteren Anreizen für die Elektromobilität resultieren könnte.⁴

Eine zentrale Rolle für die Elektromobilität spielen Schlüsseltechnologien für energieeffiziente, ressourcenschonende, sichere, bezahlbare und leistungsfähige Elektrofahrzeuge (xEV). Schon im Jahr 2009 initiierte das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Fördermaßnahme „Lithium-Ionen-Batterie (LIB 2015)“ mit dem Ziel, eine zentrale Schlüsseltechnologie für den breiten Einsatz Kohlenstoffdioxid (CO₂)-armer bis -freier Technologien zu entwickeln.⁵ Eine wichtige Rolle spielte in diesem Kontext die bereits im November 2007 geschlossene und gleichnamige Innovationsallianz, welche die dt. Anstrengungen in der Forschung und Entwicklung an Lithium-Ionen-Batterien koordinierte und in den letzten Jahren in das „Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien“ (KLIB) einfluss.⁶

Im Rahmen der Förderbekanntmachung „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität“ (STROM)⁷ stand die Forschung an und Entwicklung von neuartigen, innovativen xEV unter Berücksichtigung aller hierfür erforderlichen Subsysteme im Mittelpunkt. Gefördert wurden Arbeiten in den Bereichen Gesamtfahrzeugsysteme, Batterieentwicklung und -integration, Energiemanagement sowie die entsprechende Werkstoff- und Materialforschung. In den Jahren 2011 bis 2014 wurden Vorhaben in einem Gesamtvolumen von etwa 90 Millionen Euro gefördert.⁸



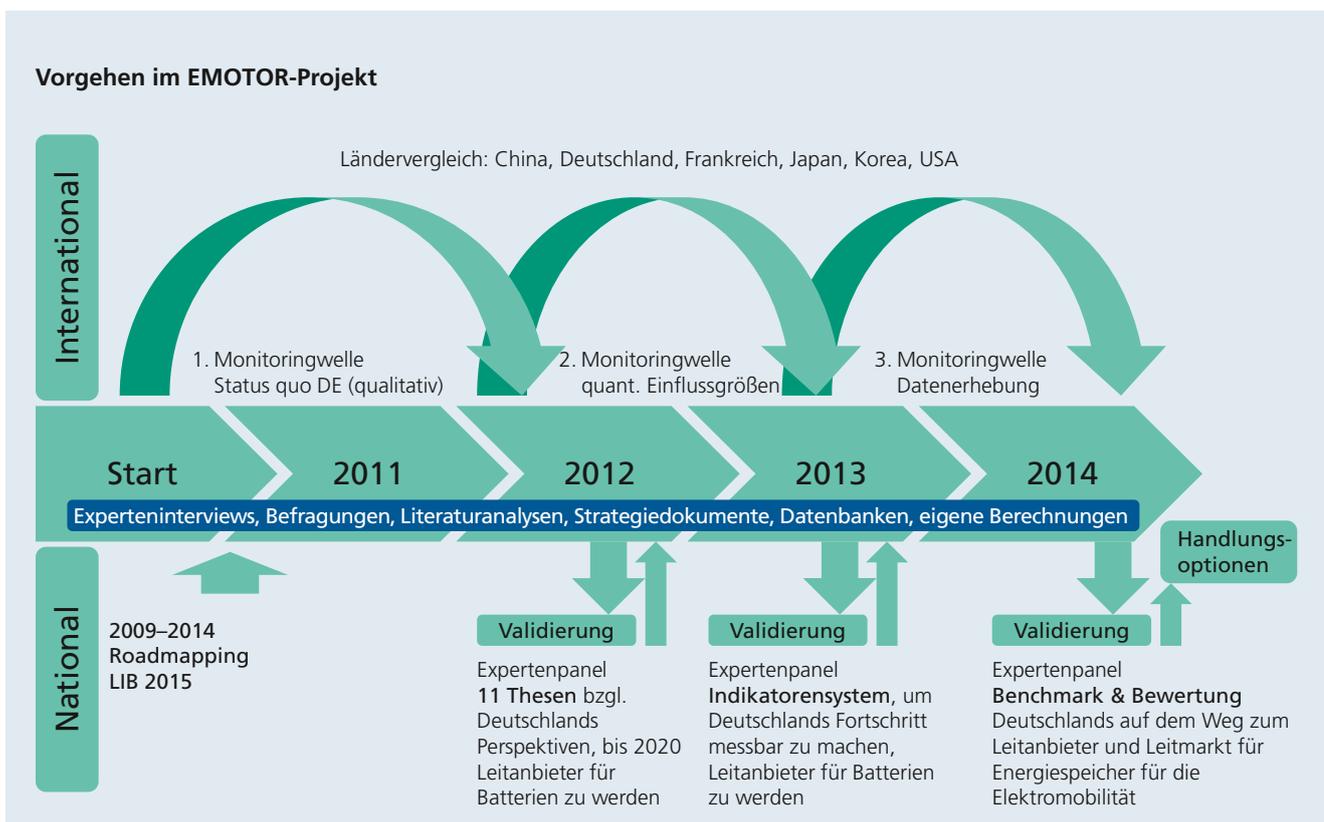
Das Begleitforschungsvorhaben „Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität“ (EMOTOR) im Rahmen des Förderprogramms STROM, auf dessen Basis die vorliegende Broschüre entstand, baut auf das national ausgerichtete LIB 2015-Roadmapping des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI (Fraunhofer ISI) auf⁹ und ergänzt die nationale Dimension mit einem Monitoring sowie Benchmarking der international führenden Länder in diesem Bereich.

Die Analyse konzentriert sich auf alle aktuellen und sich für die Zukunft abzeichnenden Entwicklungen von Energiespeichern (insbesondere Batterien) für die Elektromobilität. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Fahrzeugintegration in hybridelektischen Fahrzeugen (HEV), Plug-in-hybridelektische Fahrzeuge (PHEV) und rein batterieelektrische angetriebene Fahrzeuge (BEV), womit vor allem Lithium-Ionen-Batterien (LIB) im Fokus stehen. Nickel-Metallhydrid-Batterien (NiMH) sind zwar in Bezug auf HEV noch relevant, wurden aber in der Untersuchung ausgeklammert, weil sie mit zunehmender Verbreitung von PHEV und BEV aller Voraussicht nach keine signifikante Rolle mehr spielen werden. Beginnend bei der Werkstoffforschung und Nanotechnologie bis hin zur Integration der Speichertechnologien in ihre Anwendungskonzepte wurde die gesamte Wertschöpfungskette in Betracht gezogen. Entwicklungen und Rahmenbedingungen

auf Ebene unterschiedlicher Elektromobilitätskonzepte als Gesamtsystem wurden nicht explizit berücksichtigt und waren Gegenstand eines weiteren Begleitvorhabens unter STROM.¹⁰ Die hieraus resultierenden Anforderungen an die Batteriesysteme gingen aber in die Analysen ein. Ebenso wurde auf Anschlussfähigkeit und Abstimmung mit weiteren Maßnahmen sowie den Aktivitäten der NPE Wert gelegt. Das Projekt wurde von einem Expertenpanel mit Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik begleitet (siehe Abbildung links).

Innerhalb einer ersten Monitoringwelle des Vorhabens wurde zuerst der Status quo Deutschlands im Bereich der Energiespeicher für die Elektromobilität im internationalen Vergleich qualitativ erfasst und in einem ersten Expertenpanel 2012 in Form von 11 Thesen dokumentiert (siehe Abbildung unten). In einer zweiten Monitoringwelle wurde ein auf quantitativen Indikatoren basierendes System entwickelt, um Deutschlands Fortschritte

auf dem Weg zum Leitanbieter für Energiespeicher und Leitmarkt für Elektromobilität zu messen. Das Indikatorensystem umfasst 33 Einzelgrößen, die als wichtige Bemessungsgrundlage identifiziert wurden. Das Wissen um den Status quo im internationalen Vergleich und welche Einflussgrößen quantifizierbar sind, ist hierbei eingegangen und das System wurde in einem zweiten Expertenpanel 2013 validiert. In einer dritten Monitoringwelle wurden die Daten für alle Indikatoren erhoben und das Benchmarking sowie die Bewertung vorgenommen. Eine abschließende Validierung sowie Gewichtung und Interpretation der Ergebnisse erfolgte 2014 in einem dritten Expertenpanel. Hieraus ergeben sich insgesamt die in der Broschüre abgeleiteten Handlungsoptionen für Deutschland. Eine ein- oder zweijährliche Aktualisierung ist möglich, bietet sich mit kürzeren Abständen aber nicht an, da messbare bzw. deutliche Änderungen aller Einzelgrößen nicht in solch kurzen Abständen zu erwarten sind.¹¹



LEITMARKT UND LEITANBIETER

Ein erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es, Leitmarkt beim Thema Elektromobilität und Leitanbieter für Schlüsseltechnologien der Elektromobilität zu werden. Diese Zielsetzung beinhaltet die Stärkung des Wirtschaftsstandorts Deutschland durch die Sicherung und Schaffung heimischer Arbeitsplätze und einer inländischen Wertschöpfung.

Was ist ein Leitmarkt?

Ein Leitmarkt ist ein geographisch abgegrenzter Markt, in dem sich ein Innovationsdesign durch günstige lokale Präferenzen und Rahmenbedingungen zuerst verbreitet und später auch international durchsetzt. Dies hat positive Auswirkungen auf die heimische Wertschöpfung, die Arbeitsplätze und den Export. Der Wirkungsmechanismus ist dabei folgender: Es existiert ein Kundenbedürfnis, der Markt im Inland wird erschlossen, Firmen lernen am Markt und sind dann in der Lage, den Außenhandel zu dominieren, wenn die Weltnachfrage nachzieht. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Nachfrage nach Handys in Skandinavien sowie die Etablierung dortiger Anbieter, welche sich später auf dem Weltmarkt erfolgreich durchsetzen konnten.

Was ist ein Leitanbieter?

Eine Leitanbieterschaft ist dann vorhanden, wenn ein lokaler, „schwer transferierbarer Leistungsverbund“ existiert. Der Leistungsverbund zeichnet sich durch die Kombination von technologischer Leistungsfähigkeit auf der Angebotsseite bei Produkten mit einer gegenüber Innovationen aufgeschlossenen und frühzeitige Lerneffekte begünstigenden Nachfrage sowie ihrer Integration in ausdifferenzierte Produktionsstrukturen aus, die schwer zu imitieren sind. Die dt. Industrie, unterstützt von der Politik, strebt derzeit bspw. eine Leitanbieterschaft beim Thema Industrie 4.0 an, in deren Rahmen Produkte und internetbasierte Dienste zunehmend zu sogenannten Smart Services verschmelzen werden.

Während ein Leitmarkt also eher nachfragegetrieben ist, basiert die Leitanbieterschaft eher auf technologischer Leistungsfähigkeit und Leistungsverbänden der Angebotsseite. Beide Ansätze

sind aber nicht trennscharf. Vier Themenfelder werden als entscheidend angesehen, um einen Leitmarkt bzw. eine Leitanbieterschaft zu charakterisieren (siehe Abbildung). Um vergleichende Analysen zur Leitmarkt- und Leitanbieterschaft auf einer quantitativen Basis durchführen zu können, empfiehlt sich der Einsatz ausgewählter Indikatoren, welche im Folgenden beispielhaft für jede Kategorie erläutert werden.

Nachfrage

Bei einer nachfragegetriebenen Innovationsentwicklung steht nicht die Technologie, sondern der Kundennutzen im Vordergrund. Sogenannte Lead User (innovative Verbraucher) greifen an der zunehmend als problematisch wahrgenommenen Schnittstelle der Marktumsetzung technischer Lösungen ein und geben den Anstoß zur Entwicklung radikaler Innovationen. Lead User zeichnen sich durch eine höhere Zahlungsbereitschaft aus. Staatliche Anreizprogramme zur Kaufförderung können eine dynamische Nachfrageentwicklung unterstützen. Aus einer frühen Nachfrage resultiert für Unternehmen oftmals ein Preisvorteil, da Prozesse frühzeitig entwickelt, adaptiert und umgesetzt werden können. Auf die frühzeitige Produktion folgt dann oft ein schneller Fortschritt entlang der Lernkurve in einem Land. Durch ein schnelles Marktwachstum oder einen großen Markt können Absatzziele schneller erreicht werden.

Marktstrukturen

Die Struktur, die Vernetzung, die räumliche Nähe und die Wettbewerbsintensität der Akteure auf einem Markt spielen eine wichtige Rolle für die Entwicklung eines Leitmarkts oder Leitanbieters. Wird die ganze Wertschöpfungskette in einem Land abgedeckt, kann dies Vorteile durch einfachere Abstimmung und Zugang haben. Die Bildung von Netzwerken und die Kommunikation zwischen den Akteuren im Innovationssystem ist ein weiterer wichtiger Punkt, der u. a. den Wissensaustausch nicht nur zwischen den Firmen komplementärer Branchen, sondern auch zwischen Angebot und Nachfrage erleichtert. Gerade bei Hochtechnologiegütern ist dieser Austausch wichtig, da hier nicht-kodifiziertem Wissen oftmals eine große Bedeutung zukommt.

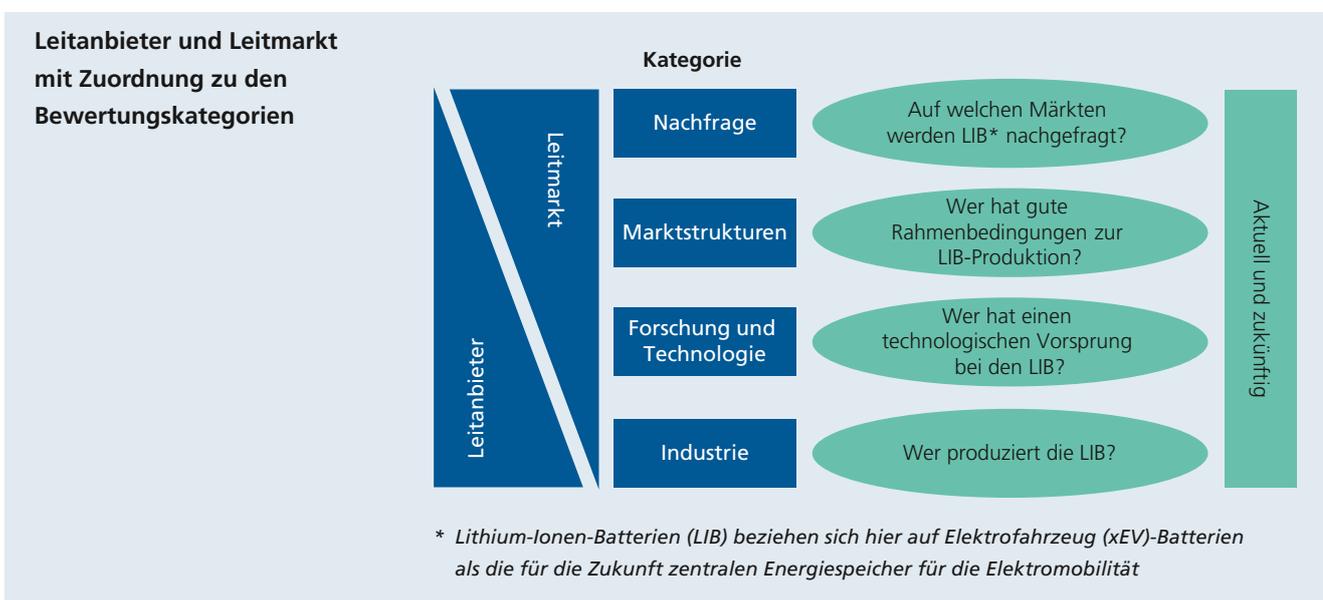
Das Vorhandensein von Konkurrenz stärkt die Wettbewerbsfähigkeit ebenso wie die Existenz von Schlüsselunternehmen und -institutionen. Stabile staatliche Rahmenbedingungen und die Marktregulierung sind hier ebenfalls relevant. Effiziente Regulierung ist oftmals überhaupt erst Voraussetzung für die Herausbildung einer entsprechenden Nachfrage.

Forschung und Technologie

Zur Erzielung eines Wettbewerbsvorsprungs bei technologieintensiven Produkten, wie sie bei Energiespeichertechnologien für die Elektromobilität benötigt werden, sind erfolgreiche Aktivitäten in Forschungs- und Entwicklung (FuE) bei Unternehmen und in Forschungseinrichtungen ebenso eine unabdingbare Voraussetzung wie ein gut entwickeltes Ausbildungssystem für Fachkräfte.

Industrie

Der Bereich Industrie umfasst die Leistungsfähigkeit der Industrieunternehmen eines Landes und ihre Positionierung innerhalb der in Betracht gezogenen Wertschöpfungskette. Wichtig sind hier zum einen technologieinhärente Faktoren: Bei wissensintensiven Technologien bzw. Hightech-Produkten kann das erforderliche Wissen nur vor Ort verfügbar sein, so dass die entsprechende Produktion nur schwer verlagert werden kann. Cluster, räumliche Nähe, vernetzte Strukturen sowie die Fokussierung auf Kernkompetenzen sind in diesem Zusammenhang wichtige Themen und Voraussetzung für Lernkurven-Effekte entlang der Wertschöpfungskette. Durch eine hohe Wissensintensität am Anfang eines Entwicklungsprozesses können Kostenfaktoren (wie z. B. Arbeitskosten) in den Hintergrund treten und eine Technologie bzw. ihre Produktion auch bei Kostennachteilen bzgl. einiger Faktoren im Land selbst erhalten bleiben. Ein weiterer Aspekt sind die sogenannten Transfervorteile. Dabei geht es um eine gewisse Glaubwürdigkeit seitens der Unternehmen, dass ihre angebotenen Produktinnovationen auch den versprochenen Nutzen liefern. Eine erfolgreiche Exportorientierung und Bedienung verschiedener Märkte im Ausland verlangen spezifische Kenntnisse und Kompetenzen im internationalen Marketing.



METHODIK UND VORGEHENSWEISE

In der vorliegenden Studie wurden Einflussfaktoren analysiert, die sowohl für die Entwicklung eines Landes zu einem Leitmarkt als auch dessen Entwicklung zu einer Leitanbieterschaft als zentral und maßgeblich erachtet werden. Die Festlegung ebenso wie die abschließende Validierung dieser Einflussfaktoren erfolgte durch das Projektteam gemeinsam mit einem Expertenpanel bestehend aus rund zwanzig Experten aus Forschung, Batterie- und Automobilindustrie sowie Politik. Zur Messung dieser Einflussfaktoren wurden Indikatoren entwickelt. Für insgesamt 33 Indikatoren wurden länderübergreifend Daten erhoben, so dass die hinsichtlich der Energiespeicher für die Elektromobilität derzeit führenden sechs Länder Japan, Korea, China, USA, Deutschland, Frankreich anhand vergleichender Kennzahlen bewertet werden können.

Die 33 Indikatoren sind in die oben eingeführten vier Kategorien Nachfrage, Marktstrukturen, Forschung und Technologie sowie Industrie eingeteilt. Je Kategorie wurden sieben bis zehn Indikatoren herangezogen. Bei den Indikatoren wurde Wert auf eine möglichst hohe Relevanz und Objektivität durch Nachvollziehbarkeit gelegt. Es wurden Indikatoren gewählt, die sich für derartige Analysen bewährt haben, wie z. B. die Entwicklung von Publikations- und Patentanmeldungen, Zellproduktions- und Verkaufszahlen von xEV etc. Allerdings ist zu betonen, dass Leitmärkte bzw. Leitanbieterschaften komplexe Sachverhalte darstellen und durch deren Beschreibung und Messung durch quantitative Kennzahlen auch wissenschaftliches Neuland betreten wird. Die Bedeutung einzelner Indikatoren für die Entwicklung eines Leitmarkts und der Leitanbieterschaft kann unterschiedlich stark sein. Bisher gibt es jedoch keine empirischen Untersuchungen darüber, wie stark bestimmte Faktoren die Entstehung eines Leitmarkts oder einer Leitanbieterschaft fördern.

Ein wesentlicher Vorteil des hier entwickelten Ansatzes ist es daher, dass er auf einer großen Anzahl von aussagekräftigen Einzelindikatoren basiert. Mögliche bestehende Über- bzw. Unterbewertungen bei einem einzelnen Indikator werden durch die Gesamtheit der anderen Indikatoren heraus gemittelt, was sich in einer durch Sensitivitätsanalysen überprüften großen Robustheit und Verlässlichkeit der Ergebnisse widerspiegelt.

Die Indikatoren beschreiben den Status quo (das heißt, aktuellste Ist-Werte sind als Basis herangezogen worden) sowie bei einzelnen Indikatoren auch zeitliche Entwicklungen. Dadurch kann mit den Indikatoren neben der aktuellen Situation und damit derzeitigen Position eines Landes auch die Entwicklung zum Erreichen dieser Position bzw. die Ausgangslage für die Zukunft, also der Trend, untersucht werden. Dabei werden stets das aktuellste verfügbare Jahr oder der kürzeste mögliche Zeitraum vor dem aktuellsten verfügbaren Jahr verwendet. Als Randbedingung ist zu berücksichtigen, dass eine solide und robuste Datenlage für alle betrachteten Länder vorliegen muss.

Die Indikatoren bilden somit die gegenwärtige Situation ab, die für einen Zeitraum von etwa ein bis zwei Jahren als stabil gelten sollte, danach aber aktualisiert werden muss.

Vorgehen

Für die identifizierten Einflussfaktoren wurden Rohdaten erhoben und die Indikatoren auf dieser Basis quantifiziert (siehe Abbildung). Bei zusammengesetzten Indikatoren, d. h. falls sich ein Indikator aus mehreren Datenquellen oder Messgrößen zusammensetzt, wurden die Einzelwerte zu einem Wert aggregiert (Schritt 1). Eine Gewichtung anders als nach einer Gleichverteilung wurde nur vorgenommen, falls sich dies klar begründen lässt. Batteriekomponenten werden bspw. nach Wertschöpfungsanteilen gewichtet.

Diese Ergebnisse wurden normiert (Schritt 2). Für jeden Indikator wurde hierzu das stärkste Land auf den Wert 100 normiert. Die verbleibenden fünf Länder erhielten entsprechend Werte kleiner oder gleich 100. Durch die Normierung ist es möglich, Indikatoren verschiedener Maßeinheiten zu verrechnen und die Länder zu vergleichen. Allerdings resultiert aus diesem Verfahren lediglich eine vergleichende Bewertung, bei der das „beste“ Land jeweils als Benchmark dient. Eine isolierte Bewertung eines Landes hinsichtlich einer Entwicklung zum Leitmarkt- oder Leitanbieter ist also nicht möglich.

Alle Indikatoren einer Kategorie wurden zu einem sogenannten Komposit-Indikator (engl. „composite indicator“) aggregiert, wobei alle Indikatoren summiert werden (Schritt 3). Diese Methode findet in einer vergleichbaren Form auch im Leitmarkt-Ansatz von Beise 2006¹² Verwendung. Abweichend von einer Gleichgewichtung kann die Addition auch nach erwarteter Einflussstärke der Indikatoren gewichtet erfolgen.

Als Robustheitstests wurden verschiedene Variationsrechnungen zu einer möglichen Gewichtung bzw. dem Weglassen der Extremwerte durchgeführt (Schritt 4). In den folgenden Kapiteln wird die Gewichtung der Indikatoren vorgestellt, wie sie gemeinsam mit den Experten des dritten Expertenpanels in 2014 vorgenommen wurde. Auch andere Gewichtungsergebnisse (d. h. im Falle einer Variation der Gewichtung) werden diskutiert. Auf eine Gewichtung der vier Kategorien untereinander wird hier verzichtet, denn dies würde einen weiteren Gewichtungsschritt notwendig machen, der schwierig zu begründen ist: Wie gewichtet man die Kategorie Nachfrage z.B. gegenüber der Kategorie Wettbewerb? Wie man an der Ergebnisdiskussion in den folgenden Kapiteln sehen wird, scheint es auch nicht notwendig zu sein, einen solchen Schritt vorzunehmen.

Im Ergebnis werden in der Kategorie Nachfrage sowohl Indikatoren zur tatsächlichen Nachfrage nach LIB als auch Marktanzreizeprogramme zur Ankurbelung der Nachfrage nach xEV untersucht, da diese die Nachfrage nach Energiespeichern indirekt beeinflussen. Die Kombination dieser Indikatoren ermöglicht eine Prognose, wie stark in den Ländern aktuell und zukünftig Energiespeicher für xEV nachgefragt werden. Die Kategorie Marktstrukturen analysiert die nationalen Rahmenbedingungen, unter welchen einzelne Unternehmen auf diesem Feld agieren. Dies umfasst die Qualität der Regierungsführung ebenso wie die Branchenstruktur. In der Kategorie Forschung und Technologie sind Indikatoren zusammengefasst, welche die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes sowie die Forschungsförderung beschreiben, um festzustellen, welches Land möglicherweise einen technologischen Vorsprung gegenüber seinen Mitbewerbern hat oder zukünftig ausbauen kann. In der Kategorie Industrie wird untersucht, welche Länder Energiespeicher für xEV produzieren. Im Zuge dessen wird auf aktuelle Marktanteile und Marktwachstum in den Weltmärkten sowie nationale Produktionskapazitäten und Produktionsprognosen eingegangen.

Methodik und Vorgehen für die Messung des Leitmarkts und Leitانبietlers in vier Schritten

1. Datenerhebung

- Erhebung der Daten für die Indikatoren
- Bei zusammengesetzten Indikatoren Aggregation der Einzelwerte

2. Normierung

- Normierung der Indikatoren auf Skala von null Prozent bis hundert Prozent
- Bei negativen Werten Normierung der Differenz zwischen maximalem und minimalem Wert auf hundert Prozent

3. Aggregation

- (Gleich-)gewichtete Aggregation der Indikatoren je Kategorie
- Maximalwert je Kategorie ist 25 Prozent

4. Variationsrechnungen zur Abschätzung der Robustheit der Ergebnisse

- Aggregation der Indikatoren mit unterschiedlichen Gewichtungen
- Vernachlässigung von Extremwerten

INDIKATOREN DER KATEGORIE NACHFRAGE

Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Nachfrage umfasst sieben Indikatoren, welche bei der Marktnachfrage nach LIB für xEV eine entscheidende Rolle spielen. Die Indikatoren umfassen den Batteriebedarf, die Produktion von xEV als Indiz für die heutige und potentielle zukünftige Entwicklung eines heimischen Absatzmarktes bis hin zu Marktgröße und -dynamik, Marktanreizprogramme, Personenkraftwagen (PKW)-Regulierungsmaßnahmen und der Kaufkraft als mögliche Nachfragetreiber (siehe Abbildung). Für die Bildung des Komposit-Indikators wird von der zusammen mit den Experten im dritten Expertenpanel im Juni 2014 erarbeiteten Gesamtgewichtung ausgegangen, in welche die Mittelwerte aller von den Experten vorgeschlagenen Indikatorgewichtungen eingeflossen sind.

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Der aufsummierte Gesamtindikator der Nachfrage unterstreicht die absolute Stärke der USA (siehe Abbildung). Japan folgt auf die USA. Frankreich und Deutschland liegen im Mittelfeld etwa gleich auf, dicht gefolgt von China und Korea. Auch Variationen in der Gewichtung, wie sie im Rahmen des Expertenpanels im Juni 2014 vorgenommen wurden, oder eine Gleichgewichtung zeigen, dass nicht nur die Reihenfolge der einzelnen Länder, sondern auch deren absolute (die Prozentpunkte betreffend) und relative (die Abstände betreffend) Position robust ist. Die Einzelindikatoren werden auf den Seiten 28 bis 34 erklärt.

Ländervergleich der Kategorie Nachfrage



Indikatoren (Gewichtung)

- Pro-Kopf-Einkommen (Kaufkraft) (15,0 %)
- Umweltpolitische PKW-Regulierungsmaßnahmen (18,0 %)
- Marktanreizprogramme (20,0 %)
- Marktgröße und -dynamik (15,0 %)
- Inländische Produktionsprognose xEV (15,0 %)
- Inländische Produktion xEV (10,0 %)
- Aktueller LIB-Bedarf (7,0 %)

Übersicht aller Einzelindikatoren der Kategorie Nachfrage und ihrer Gewichtung in Prozent (gerundet auf die jeweils erste Nachkommastelle). Lithium-Ionen-Batterien (LIB) beziehen sich hier auf Elektrofahrzeug (xEV)-Batterien als die für die Zukunft zentralen Energiespeicher für die Elektromobilität.

Ergebnis und Interpretation des Komposit-Indikators

USA

Die USA schneiden bei fast allen Indikatoren gleichmäßig gut ab und verfügen damit über eine gute Ausgangsbasis auf der Nachfrageseite. Insgesamt verfügen die USA über eine hohe Produktion von xEV (insbesondere von PHEV und BEV) und einen daraus resultierenden hohen Bedarf an LIB im eigenen Land. Darüber hinaus ergibt sich auch eine in unterschiedlichen Marktstudien sehr positiv bewertete inländische Produktionsprognose für xEV bis zum Jahr 2016. Die USA haben zudem das unter allen betrachteten Ländern höchste Pro-Kopf-Einkommen bzw. die stärkste Kaufkraft, attraktive Marktanzreizprogramme und einen großen PKW-Absatzmarkt. Nur in Hinsicht auf die umweltpolitischen PKW-Regulierungsmaßnahmen zeigen sich die USA weniger ambitioniert als die anderen Länder.

Japan

Japan schneidet ähnlich wie die USA bei fast allen sieben Indikatoren gut ab. Allerdings unterscheidet sich Japan von den USA erheblich bei PKW-Marktgröße und -dynamik, welche deutlich geringer sind. Dennoch liegt der Indikator für die inländische Produktion an xEV in Japan höher als in den USA. Dabei handelt es sich hauptsächlich um HEV-Modelle, während bei den BEV die USA führend sind. Da HEV geringere Batteriekapazitäten erfordern als BEV, impliziert dies, dass der absolute Bedarf an Batteriekapazitäten in Japan geringer als in den USA ist.

Deutschland und Frankreich

Deutschland und Frankreich sind besonders stark hinsichtlich der umweltpolitischen Regulierungsmaßnahmen. Gerade die CO₂-Regulierung in Europa mit den angekündigten Strafzahlungen gilt als ein wesentlicher Treiber für die Elektromobilität in der Europäischen Union (EU). Deutschland ist im Vergleich zu Frankreich allerdings bei Marktanzreizprogrammen zurückhaltender. Deutschland besitzt traditionell eine starke Produktionsbasis

für PKW. Derzeit sind xEV in Bezug auf Absatz und Produktion jedoch als Nischenfahrzeuge anzusehen. Vor diesem Hintergrund ist auch der aktuelle Batteriebedarf gering. Trotz einer deutlich niedrigeren PKW-Produktion in Frankreich (2013 etwa 30 Prozent der dt. Produktion) liegt der Batteriebedarf etwas höher, da in Frankreich mehr BEV und in Deutschland hauptsächlich HEV produziert werden. Entsprechend den prognostizierten Produktionsvolumina an xEV sollen beide Länder in den kommenden Jahren stark aufholen.

China

Bei den Marktanzreizprogrammen verfolgt China den entgegengesetzten Ansatz zu Deutschland: Hier gibt es viele politische Maßnahmen zur Ankurbelung der Marktnachfrage sowie ein großes Marktpotenzial. Diesem großen Potenzial steht jedoch eine kaum vorhandene Produktion von xEV gegenüber, weshalb auch kaum Bedarf an LIB besteht. Das deutet darauf hin, dass die inländische Nachfrage im privaten Sektor bislang nicht wirkungsvoll angekurbelt wurde. Die heimischen OEMs in China haben daher in Bezug auf die Technologie sowie die Sicherheit von xEV sehr großen Nachholbedarf.

Korea

Korea hat im Vergleich zu den anderen Ländern relativ spät mit der Einführung von Marktanzreizprogrammen begonnen. Daher ist eine Auswirkung auf die Produktion von xEV kaum zu beobachten. Die PKW-Produktion erreicht mit ca. vier Millionen produzierten Fahrzeugen im Jahr 2013 zwar nur zwei Drittel des dt. Produktionsvolumens, jedoch ist der Anteil der xEV darin deutlich höher. Der Bedarf an LIB ist dennoch nicht sehr ausgeprägt, da es sich fast ausschließlich um HEV handelt. Das Pro-Kopf-Einkommen in Korea ist im Vergleich zu den USA, Japan, Deutschland und Frankreich relativ niedrig. Korea verfolgt wie in anderen Technologiefeldern eine stark exportorientierte Strategie.

INDIKATOREN DER KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN

Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Marktstrukturen analysiert die nationalen Rahmenbedingungen, unter welchen einzelne Unternehmen agieren, ebenso wie strukturelle Besonderheiten des jeweiligen Marktes. Die Kategorie umfasst acht Indikatoren, welche die generelle politische Situation, die sich in den Worldwide Governance Indicators (WGI) widerspiegelt, die Wettbewerbsfähigkeit sowie nationale Charakteristika der Branche wie Anzahl und Größe der Unternehmen über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg abdecken (siehe Abbildung). Für die Bildung des Komposit-Indikators wurden auch hier die Mittelwerte aller von den Experten im Expertenpanel im Juni 2014 vorgeschlagenen Indikatorgewichtungen berücksichtigt.

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Die absolute Stärke Japans zeigt sich mit Ausnahme von Rohstoffproduktion und -handel in allen Indikatoren (siehe Abbildung). Im Mittelfeld liegt mit einigem Abstand China, dicht gefolgt von Korea und den USA. Jeweils mit etwas Abstand folgen Deutschland und zuletzt Frankreich. Das Gesamtbild ist auch bei Variationen der Gewichtung robust. Ein anderes Bild könnte sich lediglich bei sehr starker Gewichtung der allgemeinen Rahmenbedingungen (EPI, GCI und WGI) ergeben, da ausschließlich China in diesem Feld und insbesondere im Umweltschutz und bei der Qualität der Regierungsführung deutliche Schwächen zeigt. Die Einzelindikatoren sind auf den Seiten 35 bis 42 erklärt.

Ländervergleich der Kategorie Marktstrukturen



Indikatoren (Gewichtung)

- WGI – Qualität der Regierungsführung/Stabilität (10,3%)
- GCI – Generelle technologische Leistungsfähigkeit (19%)
- EPI – Umweltindikator (6,7%)
- Recycling (10,2%)
- Produktion und Handel von Rohstoffen (10,3%)
- Abdeckung der Wertschöpfungskette im Land (15,3%)
- Unternehmensgröße (15,4%)
- Anzahl Unternehmen 2012 (mit mehr als einem Prozent Marktanteil) (12,8%)

Übersicht aller Einzelindikatoren der Kategorie Marktstrukturen und ihrer Gewichtung in Prozent (gerundet auf die jeweils erste Nachkommastelle). Lithium-Ionen-Batterien (LIB) beziehen sich hier auf Elektrofahrzeug (xEV)-Batterien als die für die Zukunft zentralen Energiespeicher für die Elektromobilität.

Ergebnis und Interpretation des Komposit-Indikators

Japan

Japan schneidet im Bereich Marktstrukturen am besten ab. Ein zentraler Vorteil ist der reife Markt, gekennzeichnet durch zahlreiche, große Unternehmen, die alle Bereiche der Wertschöpfungskette abdecken. Lediglich hinsichtlich Produktion und Handel von Rohstoffen zeigt Japan Schwächen. Diese könnten sich dann kritisch auswirken, wenn Rohstoffe am Weltmarkt knapp werden. Das gute Abschneiden im Bereich Recycling (gemessen an Patentanmeldungen zum Recycling) passt zu dem reifen Markt für Batterien und zur Forschungsstärke Japans. Generell förderlich für die Marktentwicklung ist auch die sehr gute Bewertung im Bereich Umwelt und Regierungsführung.

China

Chinas Markt zeigt eine hohe Dynamik mit ebenfalls zahlreichen, aber im Vergleich zu Japan kleineren Firmen und einer etwas geringeren Marktkonzentration. Eine Stärke von China im Bereich der Marktstrukturen ist der Rohstoffzugang im eigenen Land und die Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette, mit dem Unternehmen Build your dreams (BYD) sogar innerhalb eines einzigen Konzerns. Derzeit bestehen noch spezifische Schwächen hinsichtlich der Umweltbewertung, allgemeinen Wettbewerbsfähigkeit und Regierungsführung.

Korea

Korea nimmt hinsichtlich der Marktstrukturen eine stabile Position im Mittelfeld ein. Im Vergleich zu Japan sind deutlich weniger, aber große Firmen am Markt aktiv. Insbesondere die Komponentenmärkte sind eher reife Märkte, in denen jeweils nur einzelne große Akteure aktiv sind. Die Marktkonzentration ist eher hoch. Eine weitere Stärke Koreas ist, wie auch in Japan und China, die Abdeckung der Wertschöpfungskette im eigenen Land. Durch die fehlende Rohstoffproduktion ist Korea aber wie Deutschland bei der Ressourcenverfügbarkeit stark abhängig vom Weltmarkt.

USA

Die USA liegen mit Korea im Mittelfeld. Ein Vorteil ist die Abdeckung der Wertschöpfungskette mit etablierten Akteuren wie bspw. Johnson Controls, ConocoPhillips oder Celgard, was sich auch in der Unternehmensgröße widerspiegelt. Die allgemeine Wettbewerbsfähigkeit der USA wird sehr positiv bewertet. Die USA weisen zwar starke Patentaktivitäten im Bereich Recycling auf, hinsichtlich der Umweltindikatoren bestehen jedoch leichte Schwächen.

Deutschland

Deutschland nimmt eine Spitzenposition hinsichtlich Regierungsführung, allgemeiner Wettbewerbsfähigkeit und insbesondere hinsichtlich des Umweltindikators ein, liegt aber insgesamt in der Kategorie Marktstrukturen im hinteren Mittelfeld. Im Vergleich zu den asiatischen Ländern kann Deutschland die Bereiche Separatoren, Anoden- und Kathodenmaterialien in der Wertschöpfungskette nur in geringem Maße abdecken. Auch hinsichtlich Produktion und Handel von Rohstoffen schneidet Deutschland sehr schwach ab, weil es derzeit nur wenige dt. Unternehmen gibt, die in diesen Bereichen tätig sind. Jedoch sind sowohl Materialhersteller als auch die Automobilhersteller (engl. „original equipment manufacturer“, abgekürzt OEM) selbst in der Entwicklung und Produktion von LIB-Komponenten sowie der Fahrzeugintegration aktiv. Insbesondere durch die enge Einbindung in die Automobilindustrie ist dies eine gute Ausgangsbasis für die weitere Entwicklung. Hinsichtlich der Rohstoffe ist Deutschland wie auch Korea stark vom Weltmarkt abhängig.

Frankreich

Frankreich nimmt den letzten Platz ein, da hier ähnlich wie in Deutschland nur einzelne Akteure aktiv sind, die nur lückenhaft mit relevantem Marktanteil die Wertschöpfungskette abdecken. Frankreich schneidet hinsichtlich der allgemeinen politischen Rahmenbedingungen und Umweltfaktoren ähnlich gut ab wie Japan. Die allgemeine Wettbewerbsfähigkeit wird jedoch etwas schlechter bewertet.

INDIKATOREN DER KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Forschung und Technologie umfasst zehn Indikatoren, die (förder-)politische Ziele und FuE-Zielvorgaben für die Batterieentwicklung, öffentliche und private Forschungsförderung, FuE-Anstrengungen bzw. -Intensitäten bis hin zu wissenschaftlichen und technologischen Ergebnissen abdecken (siehe Abbildung). Auch hier wurden für die Bildung des Komposit-Indikators die Mittelwerte aller von den Experten im Expertenpanel im Juni 2014 vorgeschlagenen Indikatorgewichtungen eingearbeitet.

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Insgesamt ergibt sich in der Kategorie Forschung und Technologie eine Führung Japans, jedoch praktisch gleichauf mit dem „second mover“ Korea (siehe Abbildung). Die USA, Deutschland und China folgen jeweils auf etwa gleicher Ebene, Frankreich hält das Schlusslicht. Auch Variationen in der Gewichtung zeigen, dass nicht nur die Reihenfolge der einzelnen Länder, sondern auch deren absolute (die Prozentpunkte betreffend) und relative (die Abstände betreffend) Position robust sind. Die Einzelindikatoren sind auf den Seiten 43 bis 53 erklärt.

Ländervergleich der Kategorie Forschung und Technologie



Indikatoren (Gewichtung)

- Zielvorgaben bzgl. der Batterieparameter (10,6%)
- Verhältnis FuE-Intensität privat/öffentlich (5,2%)
- Förderung industrieller FuE-Tätigkeiten (10,6%)
- (Öffentliche) LIB/Batterie Forschungsförderung (10,6%)
- Politische Ziele & Fristen der Masterplanung (5,2%)
- Potenzial, beste Leistungsparameter zu erreichen (15,9%)
- Patente (13,8%)
- Publikationen (6,9%)
- Ausbildung/Fachkräfte (10,6%)
- FuE-Anteil der Unternehmen (10,6%)

Übersicht aller Einzelindikatoren der Kategorie Forschung und Technologie und ihrer Gewichtung in Prozent (gerundet auf die jeweils erste Nachkommastelle). Lithium-Ionen-Batterien (LIB) beziehen sich hier auf Elektrofahrzeug (xEV)-Batterien als die für die Zukunft zentralen Energiespeicher für die Elektromobilität.

Ergebnis und Interpretation des Komposit-Indikators

Japan

Japans führende Position in der Kategorie Forschung und Technologie ergibt sich aus einem langfristig ausgerichteten politischen Engagement sowohl hinsichtlich Energiespeichern für die Elektromobilität im Allgemeinen als auch hinsichtlich LIB im Speziellen, einer kontinuierlichen, praktisch ungebrochenen öffentlichen Förderung und hohen FuE Anstrengungen der Unternehmen. Insbesondere in der anwendungsnahen Batterieentwicklung (Patentanmeldungen) ist Japan unangefochten und weist insgesamt das höchste Potenzial auf, auch zukünftig die vergleichsweise besten Leistungsparameter für Batterien zu erreichen.

Korea

Korea holt mit Hilfe von massiven, intensiven und strategisch gezielten Fördermaßnahmen (insbesondere mit Bezug auf Materialstrategien und Batterieproduktion) weiterhin auf und steht als „second mover“ in der Kategorie Forschung und Technologie aktuell annähernd auf Augenhöhe mit Japan. Insbesondere durch die enge Zusammenarbeit und Arbeitsteilung zwischen der Regierung und den großen Konglomeraten sind das politische Engagement und die FuE-Anstrengungen der Unternehmen besonders hoch eingestuft. Korea zeichnet sich durch hohe wissenschaftliche (Publikationen) und technologische (Patentanmeldungen) Aktivitäten aus und weist ebenso wie Japan großes Potenzial auf, auch zukünftig die besten Leistungsparameter für Batterien als Ergebnis seiner FuE-Anstrengungen zu erreichen.

USA

Die USA weisen spezifische Stärken in der Förderung von der Forschung und Entwicklung insbesondere disruptiver Batterietechnologien auf (also Technologien, die in mindestens einem Leistungsparameter wie z. B. der Energiedichte ganz wesentliche Verbesserungen gegenüber heutigen LIB aufweisen) und setzen sich hohe Zielvorgaben. Das Potenzial, diese zu erreichen, wird

dennoch eher im Mittelfeld aller betrachteten Länder eingestuft, was sich anhand der zwar hohen wissenschaftlichen Aktivitäten (Publikationen), jedoch vergleichsweise wenigen technologischen Aktivitäten (Patentanmeldungen) sowie der FuE-Aktivitäten der Unternehmen plausibel erklären lässt.

Deutschland

Dt. Unternehmen spielen eine relativ aktive Rolle mit hohen FuE-Anstrengungen. Politische Ziele und Zielvorgaben sind weniger ausgeprägt, jedoch hat auch die Forschungsförderung der letzten Jahre zu soliden Ergebnissen in Forschung und Technologie und dem schnellen Aufbau von Humankapital beigetragen. Auch wenn Deutschland diesbezüglich nach wie vor Aufholbedarf hat, stellen die vergleichsweise hohe Unternehmensbeteiligung und sehr starke Wachstumsdynamik in FuE insgesamt eine sehr gute Ausgangsbasis für die kommenden Jahre dar.

China

China verfügt über ein enormes Humankapital und zeigt eine sehr hohe wissenschaftliche Aktivität (Publikationen). China erreicht bereits heute beste Leistungsparameter für Batterien, was die Kosten anbelangt. Die technologischen Aktivitäten (Patentanmeldungen) und industrielle Beteiligung an der FuE stellen sich allerdings eher schwach dar.

Frankreich

Frankreich bildet insgesamt und auch anhand nahezu aller Einzelindikatoren das Schlusslicht in dieser Kategorie. Durch seine traditionell starke Batterieforschung hat Frankreich aber Potenziale, auch zukünftig die Batterieentwicklung mit voranzutreiben und beste Leistungsparameter für Batterien zu erreichen. Das politische Engagement und die industrielle Basis im Bereich der Batterietechnologie sind trotz der etablierten Programme und des Ausbaus von Forschungslaboren international allerdings bisher kaum sichtbar.

INDIKATOREN DER KATEGORIE INDUSTRIE

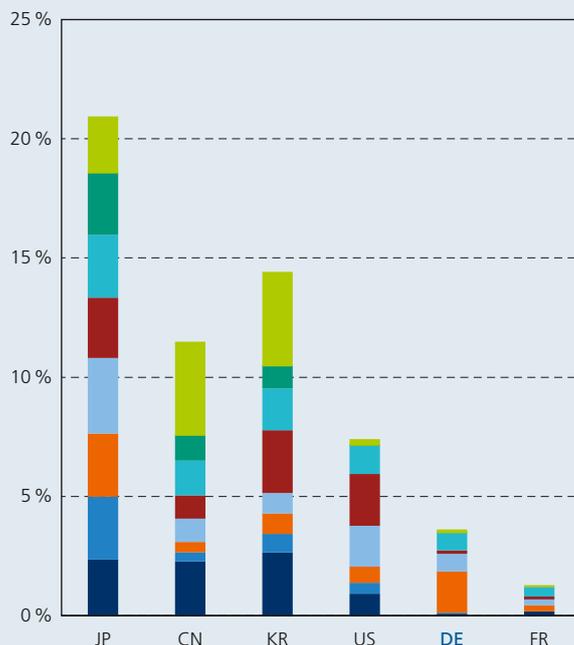
Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Industrie analysiert die industriellen Rahmenbedingungen innerhalb der Länder anhand von acht Indikatoren (siehe Abbildung). Die Indikatoren beschreiben die Produktion und Produktionsprognose für Zellen sowie das Potenzial zur Deckung des Eigenbedarfs an LIB. Sie beschreiben die Struktur der Wertschöpfungskette, den Absatzmarkt im eigenen Land und zeigen die Exportorientierung der Länder anhand der Anzahl von Lieferverträgen auf. Als Indiz für die Positionierung der nationalen Industrie werden das Volumen und die Auslastung von Produktionskapazitäten sowie die Marktanteile und das Marktwachstum im Bereich von Zellen und Komponenten erfasst. Für die Bildung des Komposit-Indikators wurden wieder die Mittelwerte aller von den Experten im Expertenpanel im Juni 2014 vorgeschlagenen Indikatorgewichtungen eingearbeitet.

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Japan nimmt eine deutlich führende Position ein, im Mittelfeld liegen Korea und jeweils mit etwas Abstand China und die USA (siehe Abbildung). Deutschland liegt noch vor dem Schlusslicht Frankreich. Mit Ausnahme von Japan zeigt keines der betrachteten Länder eine einheitliche Ausprägung der verschiedenen Indikatoren. Lediglich im Bereich Marktwachstum schneidet Japan deutlich schlechter ab, da die Wettbewerber zunehmend Marktanteile gewinnen. Die Länder, die sich im Mittelfeld bewegen, weisen bei den Indikatoren der inländischen Produktionsprognose und Anzahl der Joint Ventures (JV) Schwächen auf. Das Gesamtbild ist auch bei Variationen in der Gewichtung robust. Bei unterschiedlichen Gewichtungen verändern sich die Abstände im Mittelfeld und damit die relative Positionierung von China, Korea und den USA. Die Einzelindikatoren werden auf den Seiten 54 bis 61 genauer spezifiziert.

Ländervergleich der Kategorie Industrie



Indikatoren (Gewichtung)

- Wachstum des Weltmarktanteils für Zellen und Komponenten (17,2 %)
- Marktanteile in Weltmärkten für Zellen und Komponenten (11,5 %)
- Produktionskapazitäten an Zellen für PKW-Anwendungen des Landes (11,5 %)
- Größe des Absatzmarktes für Komponenten und Batterien im eigenen Land (11,5 %)
- Anzahl an Lieferverträgen (13,8 %)
- Anzahl an JV pro Wertschöpfungskettenstufe (11,5 %)
- Produktionsprognose für inländische Zellproduktion 2012 bis 2016 (11,5 %)
- Inländisch real produzierte Zellen und Potenzial der Eigenbedarfsdeckung (11,5 %)

Übersicht aller Einzelindikatoren der Kategorie Industrie und ihrer Gewichtung in Prozent (gerundet auf die jeweils erste Nachkommastelle). Lithium-Ionen-Batterien (LIB) beziehen sich hier auf Elektrofahrzeug (xEV)-Batterien als die für die Zukunft zentralen Energiespeicher für die Elektromobilität.

Ergebnis und Interpretation des Komposit-Indikators

Japan

Japan schneidet mit Abstand am besten ab. Dieses gute Ergebnis beruht auf einer über alle Einzelindikatoren hinweg guten und ausgeglichenen Gesamtleistung. Lediglich bzgl. des zukünftigen Wachstums der Weltmarktanteile von Zellen und Komponenten erreicht Japan „nur“ einen mittleren Rang. Da Japans Weltmarktanteile derzeit sehr hoch sind, erklärt sich Letzteres auch durch das starke Aufholen der anderen Länder.

Korea

Die Stärken Koreas liegen ebenso wie die von China bei den real produzierten Zellen, der Deckung des Eigenbedarfs und den vorhandenen Produktionskapazitäten. Korea weist zudem ein hohes Wachstum der Marktanteile auf, insbesondere bei den Zellen und Packs. Im Unterschied zu China verfügt Korea bereits über einen, wenn auch kleinen, Absatzmarkt für Komponenten und Batterien im eigenen Land.

China

Chinas Abschneiden ist differenziert zu betrachten. Die inländische Nachfrage kann aus eigenen Mitteln fast komplett gedeckt werden, jedoch ist die Nachfrage nach LIB recht gering. Nicht zuletzt sind mit BYD und Lishen zwei Batterie- bzw. Zellhersteller im Land, die über große Produktionskapazitäten verfügen und die gesamte Wertschöpfungskette abdecken können. Die Marktanteile Chinas wachsen insbesondere im Bereich der Kathoden- und Anodenmaterialien, sanken allerdings in den letzten Jahren bei Separatoren und Zellen.

USA

Die USA schneiden auf der Anbieterseite deutlich schlechter ab als in der Kategorie Nachfrage. Zwar besteht in den USA ein Markt für xEV und entsprechend stark ist auch der Absatzmarkt für LIB-Komponenten. Auch Produktionskapazitäten sind in nennenswertem Umfang vorhanden, jedoch reichen diese bei weitem nicht aus, um den Eigenbedarf nach LIB mit heimischer Produktion zu decken. Deshalb bestehen weltweit die meisten Lieferverträge mit amerikanischen OEM, was auch als Marktmacht gegenüber den Lieferanten gesehen werden kann.

Deutschland

Deutschland kann in der Kategorie Industrie lediglich bei der Anzahl der JV mit ausländischen Unternehmen, vorwiegend aus dem asiatischen Raum punkten. Die Produktionskapazitäten im Land sind im globalen Vergleich mit Ausnahme von Frankreich sehr gering und die aktuelle Zellproduktion quantitativ schwach. Trotz eines geplanten starken Ausbaus der xEV-Produktion im eigenen Land durch den Anlauf der Produktion neuer Fahrzeugmodelle bleibt die Prognose bis 2016 für die inländische Zellproduktion verhalten.

Frankreich

Frankreich belegt bei einer Gesamtbetrachtung dieser Kategorie den letzten Rang, auch wenn französische OEM bereits xEV in Serie produzieren. Im Vergleich zu Deutschland bestehen kaum Joint Ventures zwischen OEM und Batterie- oder Zellherstellern und auch Produktionskapazitäten sind mit Ausnahme der Kapazitäten von Bolloré/batscap keine vorhanden.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND HANDLUNGSOPTIONEN FÜR DEUTSCHLAND

Die Ergebnisse der Studie zeigen insgesamt, dass Deutschland noch ein gutes Stück davon entfernt ist Leitanbieter oder Leitmarkt für Energiespeicher für die Elektromobilität zu werden. In den letzten Jahren hat Deutschland bzgl. des Wissensaufbaus zwar deutlich aufgeholt, aber es fehlt noch der Schritt, dieses Wissen in marktfähige Produkte umzusetzen, sei es in Vorprodukte für die Zellproduktion oder in die Zellproduktion selbst. Lediglich bei der Systemintegration, d. h. der Produktion von Batteriesystemen insgesamt, ist Deutschland besser positioniert, da sich einige OEM und Zulieferer in Deutschland auch auf die Modul- und Packherstellung sowie deren Fahrzeugintegration konzentrieren.

Die folgende Tabelle fasst die im Rahmen der Studie abgeleiteten Handlungsoptionen für die Kategorien Nachfrage, Markt, Forschung und Technologie sowie Industrie zusammen. Diese richten sich an Akteure der Industrie, Politik und Wissenschaft.

Nachfrage

Handlungsoptionen in der Kategorie Nachfrage zielen darauf ab, Maßnahmen zu identifizieren, die eine inländische, d. h. dt. Nachfrage nach xEV und damit auch den darin verwendeten Energiespeichern – zunehmend LIB – verstärken.

Handlungsoptionen

Nachfrage

- Marktanreizprogramme zur direkten Unterstützung der Nachfrage auflegen
- Gesetzliche Rahmenbedingungen anpassen, um die Nachfrage indirekt und technologieoffen zu steigern
- Aufklärung der Bevölkerung und Vermarktung der Elektromobilität intensivieren
- Energiespeicher als Plattformtechnologien mit breiter Anwendbarkeit etablieren, um Elektromobilität erschwinglich zu machen

Marktstrukturen

- EU-übergreifende Rohstoffstrategie und Zugang für material-anbietende Unternehmen initiieren
- Ganzheitliche Recyclingstrategie entwickeln
- EU-Konzept für die Abdeckung der Wertschöpfungskette vs. Zugang der Akteure zu nachgelagerten Wertschöpfungsketten-Stufen

Forschung und Technologie

- Erfahrung in der Prozessentwicklung auf- und ausbauen
- Forschung an und Entwicklung von Post-LIB-Technologien intensivieren
- Vorwettbewerbliche Themen weiterführen
- Humankapital halten und ausbauen
- Dauerhafte Förderstrategien (zwanzig bis dreißig Jahre) etablieren

Industrie

- Europäische Zellproduktion aufbauen
- Strategie zu disruptiven Batterietechnologien entwickeln
- Strategie ohne heimische Zellproduktion ausarbeiten

Wenn Deutschland tatsächlich einen Leitmarkt für Elektromobilität etablieren möchte, muss zunächst ein inländischer Markt erschlossen werden, auf dessen Basis Innovationen schließlich international verbreitet werden können. Mit diesem Anspruch wäre die Einführung gezielter, zeitlich beschränkter **Marktanreizprogramme** nochmals vertiefend zu überlegen, wenn diese auch seit langem kontrovers diskutiert werden. In einigen Ländern (insbesondere Japan und USA) haben sich solche Programme als erfolgreich bzgl. der Marktentwicklung herausgestellt. Zu prüfen wäre dabei, welche Kundengruppen genau davon profitieren sollten. Bspw. erscheinen in Deutschland gewerbliche Fahrzeugflotten interessant, die großes Marktpotenzial für die Elektromobilität bieten, da die Wirtschaftlichkeit der Fahrzeuge schneller gewährleistet und höher anzusiedeln ist, als in vielen Anwendungsfällen im privaten Bereich. Auf der anderen Seite sollte aber verhindert werden, dass zeitlich unbegrenzt Subventionstöpfe geöffnet werden und die Gefahr der Übersubventionierung entsteht. Derzeit steigen die Verkaufszahlen von xEV in Deutschland deutlich an, es müssten aber wesentlich höhere Wachstumsraten erreicht werden, um das Ziel der einen Million xEV bis zum Jahr 2020 überhaupt noch erreichen zu können.

Die Nachfrage nicht aktiv, sondern durch indirekte Anreize zu steigern, ist ein für Deutschland und Europa eher typisches Vorgehen. Bspw. können flankierende **gesetzliche Rahmenbedingungen** auf EU- bzw. Bundesebene den Umstieg bzw. die Einführung einer neuen technologischen Lösung erforderlich machen und sind dabei möglichst technologieoffen. In diesem Sinne wird sich z. B. eine strenge Emissionsgesetzgebung, u. a. bei den CO₂-Grenzwerten für Fahrzeugflotten, förderlich auf die Verbreitung der Elektromobilität auswirken, ohne dabei ein konkretes Fahrzeugkonzept oder gar eine bestimmte Batterietechnologie zu fördern oder auszuschließen. Diese oder auch andere gesetzliche Rahmenbedingungen sollten daher auch zukünftig seitens der Politik gezielt und überlegt gesetzt werden, zumindest bis sich der Wechsel von einer Mobilität auf Basis fossiler Brennstoffe zu einer wirklich nachhaltigen, „grünen“ Elektromobilität hin abzeichnet.

Auf dem Weg dahin ist weiterhin große Überzeugungsarbeit in der Öffentlichkeit aber teilweise auch bei den für einen Systemwandel Elektromobilität betroffenen Industrien zu leisten bzw. die Akzeptanz für diesen technologischen Wandel zu fördern. Die noch zu hohen Kosten von xEV und mangelnde Reichweite sowie Vorbehalte bzgl. der Ladeinfrastruktur sind heute noch Hauptargumente gegen die Marktdiffusion von xEV. Um Vorbehalte und Ängste abzubauen, wurde Elektromobilität in den letzten Jahren im Rahmen von Demonstrationsprojekten wie den Modellregionen oder den Schaufensterprojekten „erfahrbar“ gemacht. Die konsequente Aufklärung und Information der Öffentlichkeit und **Vermarktung der Elektromobilität** in diesem Stil dürfte auch in den kommenden Jahren förderlich sein, um die Nachfrage nach xEV zu steigern.

Eine entscheidende Voraussetzung für eine breite Marktdurchdringung von xEV wird aber wesentlich dadurch getrieben, dass xEV für die breite Bevölkerung erschwinglich werden. Kurzfristig und übergangsweise können hier Marktanreizmaßnahmen hilfreich sein (siehe oben). Entscheidend ist aber, dass die Kosten für die Produktion von xEV (und damit die Preise) sinken. Einen Schlüssel hierzu könnte die Batterietechnologie an sich bieten, die heute noch wesentliche Anteile der Fahrzeugkosten insgesamt ausmachen. LIB stellen trotz unterschiedlichster Zellchemien, mit welchen sie realisiert werden können, eine **Plattformtechnologie** dar. Das heißt Prozesstechnologien ändern sich nicht grundlegend bei dem Wechsel zu anderen Zellchemien. LIB haben damit einen gewissen Vorteil gegenüber alternativen Technologien für die Elektromobilität, die z. B. grundlegend neue Produktionsverfahren und Ausrüstung benötigen. Gleichzeitig ergeben sich innerhalb mobiler aber auch stationärer Anwendungen **vielzählige Anwendungsfelder**, wodurch in den kommenden Jahren mit einer starken Kostenreduktion der Batterien gerechnet wird und xEV im kommenden Jahrzehnt schließlich im Massenmarkt ankommen könnten. Maßnahmen zur Unterstützung einer solchen Anwendungsvielfalt (darunter Standardisierung, Ausbau der Erneuerbaren Energien und Nachfrage nach Speichertechnologien etc.) dürften sich daher (nicht zuletzt durch sinkende Preise) auch förderlich auf die Nachfrage nach xEV auswirken.

MARKTSTRUKTUREN

Handlungsoptionen im Bereich Marktstrukturen zielen darauf ab, Maßnahmen zu identifizieren, welche die Strukturanpassung, Vernetzung und Wettbewerbsfähigkeit der für den Markt von Energiespeichern und xEV zentralen Akteure unterstützen.

Die Ergebnisse dieser und auch anderer Studien zeigen, dass Deutschland im Bereich der Materialentwicklung und später in der Wertschöpfungskette bei der System- und Fahrzeugintegration große Stärken aufweist, jedoch nicht in der Zellproduktion, die einen hohen Anteil an der gesamten Wertschöpfung ausmacht. Auch wenn eine Wertschöpfungskette für Energiespeicher und xEV selbst auf EU-Ebene nicht international wettbewerbsfähig von den Rohstoffen bis zum Endprodukt abgedeckt ist, so spielt dennoch für die Unternehmen, welche Materialien entwickeln und anbieten, der Zugang zu heute und zukünftig relevanten Rohstoffen eine wichtige Rolle.

Eine (bundesweite) Rohstoffstrategie für Deutschland hat daher für das übergreifende Thema der Elektromobilität in Deutschland eine hohe Bedeutung. Dabei leistet die RA Rohstoffallianz GmbH mit ihrem Ziel, die Versorgung ihrer Gesellschafter und assoziierten Partner mit ausgewählten Rohstoffen zu verbessern und nachhaltig zu sichern, bereits einen wichtigen Beitrag zur Stärkung der industriellen Wertschöpfung in Deutschland und Europa.¹³ Auch das dt. Wirtschaftsministerium befasst sich seit einigen Jahren aktiv mit diesem Thema. Da eine Rohstoffstrategie auf Bundesebene zu kleinteilig ausfallen könnte, wäre gegebenenfalls auch eine spezifisch für das Thema Elektromobilität entworfene **europäische Rohstoffstrategie** zu verfolgen, welche die bisherigen Aktivitäten auf EU-Ebene zuspitzt. In der EU könnte so eine kritische Masse erreicht werden, welche die Ausgestaltung einer solchen Strategie für die Elektromobilität tatsächlich lohnenswert erscheinen ließe. Ein weiteres Argument für eine EU-weite Strategie liegt darin, dass kein einzelnes europäisches Land hinsichtlich aller Rohstoffe optimal versorgt ist und im Verbund zahlreiche Synergien genutzt werden könnten. Vor diesem Hintergrund könnten die EU-Mitglieder mit hoher Kaufkraft nach außen auftreten und so eine günstige Position auf

den globalen Rohstoffmärkten einnehmen. Im Innenraum könnte dann der jeweils eigene Zugang eines Landes zu den Rohstoffen hinten angestellt und dafür der Handel mit weiter aufbereiteten Produkten forciert werden. Als Risiko einer derartigen Strategie könnte u. a. gesehen werden, dass heute noch nicht klar abzusehen ist, welche Zellchemie sich im Massenmarkt durchsetzen wird und welchen Rohstoffbedarf dies genau nach sich ziehen wird. Im Kontext der LIB wird Kobalt bzgl. des Rohstoffpreises diskutiert. Die weiteren bekannten, eher knappen Rohstoffe werden wie auch Kobalt in FuE an neuen Batterietechnologien zunehmend rationalisiert oder substituiert.

Wichtig ist aber auch das Recycling von Rohstoffen aus Batterien, um so zukünftig gegebenenfalls einen Teil des Bedarfs zu decken oder Preisschwankungen am Rohstoffmarkt ausgleichen zu können. Es könnte ab einem gewissen Marktvolumen der Elektromobilität also sehr wichtig für den dt. Wirtschaftsstandort werden, nicht nur genügend Rohstoffe nach Deutschland zu schaffen, sondern auch die bereits raffinierten Ausgangsstoffe aus zu recycelnden Produkten zurückzugewinnen. Eine **Recyclingstrategie** (z. B. in Bezug auf Seltene Erden oder Kobalt) könnte hier einen wichtigen Beitrag leisten. Interessant könnte es deshalb auch sein, die Industrie die Wiederverwertbarkeit ihrer Produkte sicherstellen zu lassen. Dazu wären auch Maßnahmen wie die Definition flächendeckend umzusetzender Standards zu realisieren, um so die notwendige (u. a. umweltbezogene) Sicherheit bei Transport und Verarbeitung der Batterien bzw. Rohstoffe zu sichern. Deutschland bzw. Europa könnten sich daher zukünftig zu einem Leitanbieter für das Recycling von Batterie-Rohstoffen und -Komponenten entwickeln.

Auch wenn eine **EU-übergreifende Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette** mit der fehlenden Batteriezellenproduktion vergleichbare Diskussionen und Fragen wie vor Jahren in der Halbleiter- oder Photovoltaik-Industrie aufbringt, da für eine wettbewerbsfähige Zellproduktion enorme Investitionen nötig sind und Skaleneffekte eine zentrale Rolle spielen, so ist der **Zugang der Akteure anderer Stufen der Wertschöpfungskette** dennoch von höchster Bedeutung und sollte sichergestellt werden. Dies betrifft neben material anbietenden Unternehmen insbe-

sondere auch die Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus, welche die Produktionsfähigkeit eines Landes in besonderer Weise mitbestimmen. Gerade in Deutschland liegen eigentlich besondere Stärken im Bereich des Anlagen- und Maschinenbaus vor. Es wird den dt. Unternehmen schwerfallen, Kompetenzen und Marktanteile auf- bzw. auszubauen, wenn eine heimische oder europäische Batteriezellproduktion fehlt. Zumindest stellt sich die Frage, wie die Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus ansonsten den Zugang zu asiatischen Zellherstellern auf- bzw. ausbauen können.

FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

Handlungsoptionen im Bereich Forschung und Technologie zielen darauf ab, Maßnahmen zu identifizieren, die dt. Akteure dabei unterstützen, einen technologischen Vorsprung durch erfolgreiche FuE-Aktivitäten aufzubauen, um zukünftig wettbewerbsfähig zu werden.

Asiatische Länder sind Deutschland in punkto Erfahrung in der Zellfertigung um viele Jahre voraus. Korea hat bereits einen Aufholprozess gegenüber Japan vollzogen und China ist diesen Ländern in den letzten zehn Jahren gefolgt. Für Deutschland stellt sich die weitere Entwicklung heute noch als ungewiss dar. Die Batterieförderung der letzten Jahre hat deutlich geholfen, die FuE-Aktivitäten in Deutschland wieder zu beleben. Um die fehlende Erfahrung in der Zellproduktion aufzuholen, kann u. a. die am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) in Ulm errichtete Produktionslinie bzw. Pilotlinie unterstützen.¹⁴ Eine zunehmende Schwerpunktsetzung der in Deutschland noch vorhandenen Batterieindustrie auf die **Prozessentwicklung** bei einer Hochskalierung der Zellproduktion wäre wichtig, um in der Batterieproduktion im industriellen Maßstab Erfahrungen zu sammeln. Auch besteht in der Materialentwicklung noch FuE-Bedarf. Weil die LIB-Technologie aber hinsichtlich variierender Zellchemien gewissermaßen eine Plattformtechnologie darstellt, können praktisch auch unabhängig von der Wahl der Zellkomponenten Lerneffekte erzielt werden. Die Prozessentwicklung und z. B. die Umsetzung und Skalierung einzelner Produktionsschritte wird

oftmals noch stark unterschätzt und es sollte in Deutschland rechtzeitig damit begonnen werden, wichtige Erfahrungen zu sammeln und Wissen aufzubauen. Dies wäre z. B. auch im Austausch mit den Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus rund um Produktionslinien von Bedeutung.

Die FuE an sogenannten **Post-LIB-Technologien** (z. B. Lithium-Schwefel-, Metall-Luft-Batterien etc.) könnte bei einer Intensivierung und Verstetigung der Batterieforschung zu Fortschritten oder gar Durchbrüchen führen und Deutschland gegebenenfalls in der Zukunft wieder zur Wettbewerbsfähigkeit führen. Die Zeit bis dahin kann genutzt werden, um die Erfahrungsdefizite in der Zellfertigung mit LIB aufzuholen. Wichtige Themen in der FuE zu verbesserten Batterietechnologien (z. B. Hochvolt-LIB) oder Post-LIB-Technologien sind z. B. Lebensdauer, Sicherheit und Zuverlässigkeit der Batterien, aber auch die Systementwicklung inklusive des Batterie- und Thermomanagements etc., um Verluste in den Leistungsparametern vom Material über die Zelle bis zum System weiter zu reduzieren. Sich auf einen Wettlauf um hohe Energiedichten und Kostenreduktionen einzulassen, kann dagegen für Deutschland nicht empfohlen werden, da insbesondere asiatische Konkurrenten diesbezüglich wesentliche Vorteile haben.

Wenn weitere **vorwettbewerbliche Themen** identifiziert und erschlossen werden, so könnte dies auch der Batterieforschung eine klare Richtung hin zur anwendungsorientierten bzw. anwendungsnahen FuE geben und die wesentlichen Akteure entlang der Wertschöpfungskette weiter zusammenführen. Zu Innovationsschwerpunkten könnten bspw. kostensenkende Standards (z. B. im Bereich der Sicherheit oder in der Fahrzeugintegration der Energiespeichersysteme) gehören. Material- bzw. zellseitig hat es hier in den letzten Jahren einige Fortschritte gegeben, auf Systemebene könnten nun weitere Maßnahmen folgen.

Mit dem Auf- und Ausbau der Erfahrung, also des Know-how in der Batterieentwicklung und -produktion ganz natürlich verbunden ist das **Humankapital**. Die Förderung der letzten Jahre hat eine neue Generation an Batterieforscherinnen und -forschern, aber auch Fachkräfte rund um die Elektromobilität hervorgebracht, die das Rückgrat für eine zukünftige Batterie- und

Elektromobilitätsindustrie darstellen. Dieses wachsende Fachwissen gilt es weiter auf- und auszubauen und den Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern sowie Fachkräften Arbeitsmöglichkeiten in Industrie und Wissenschaft zu schaffen. Die Ausbildungs- und FuE-Investitionen der letzten Jahre würden sonst verloren gehen.

Für alle zuvor genannten Aspekte ist eine **kontinuierliche Förderung mit langem Atem und Entwicklung einer möglichst dauerhaften Strategie** (z. B. über zwanzig bis dreißig Jahre hinweg) sehr wichtig, um nachhaltig signifikante Erfolge zu erzielen. Auch hier wäre eine gemeinsame und verstetigte europäische Förderstrategie von Vorteil, z. B. die Themen der europäischen Förderprogramme unter Horizont 2020 für Energiespeicherung und -entwicklung auszubauen oder zumindest auf dem gleichen Niveau zu halten. Im Vergleich zu den national zur Verfügung gestellten Mitteln fallen diese bspw. vergleichsweise gering aus. Die Fördersumme ist dabei aber nicht das einzig Entscheidende. Zu Förderstrategien kann z. B. die Fokussierung oder Offenheit bzgl. der Batterietechnologien zählen. Es kann sich lohnen, in der Förderung auf spezifische, klar anwendungsrelevante Technologien wie Lithium-Schwefel-Batterien zu setzen, die noch vor ein, zwei Jahren kaum Aufmerksamkeit bekamen und nun in der öffentlichen Diskussion angekommen sind, weil deutliche Fortschritte z. B. hinsichtlich der zyklischen Lebensdauer von Lithium-Schwefel-Batterien erreicht wurden. Dabei könnten aber auch andere Technologien mit Zukunftspotenzial unbeachtet bleiben, die noch sehr anwendungsfern eingestuft werden oder man heute noch nicht mit einer konkreten Anwendung verbindet. Eine kontinuierliche Beobachtung und Bewertung des Fortschritts in FuE im internationalen Kontext kann daher eine langfristig angelegte Strategie unterstützen. Eine technologieoffene Förderung („blue-sky research“) ist zudem bei anwendungsfernen/-offenen Themen zu befürworten. Somit erscheint eine Förderstrategie empfehlenswert, die zielorientierte, anwendungsnahe Forschung mit technologieoffener Forschung kombiniert und Übergänge zwischen beiden Elementen vorsieht.

Für die Batterieindustrie und -wissenschaft kann eine dauerhafte Förderstrategie Planungssicherheit geben, wobei die Laufzeitbeschränkung (z. B. auf drei Jahre) von Förderprojekten selbst Ansporn für die geförderten Institutionen ist, regelmäßig auch den eigenen Fortschritt festzuhalten und gegebenenfalls die Forschung neu auszurichten. Etablierte und funktionierende Forschungsnetzwerke können durch die Kontinuität aber z. B. erhalten bleiben. Auch die Flexibilität und Dynamik einer Förderstrategie ist von Bedeutung. Materialforschungsprojekte können bspw. längerer Förderung als Demonstrationsprojekte oder anwendungsorientierte Projekte bedürfen. Sollten sich in der FuE zu Batterietechnologien zukünftig in Deutschland tatsächlich Durchbrüche erzielen lassen, so wäre sicherlich auch eine flexible und unbürokratische weitergehende Unterstützung gefragt, ohne auf ein zukünftiges Förderprogramm warten zu müssen.

Das BMBF hat in den letzten Jahren schon viel in diese Richtung initiiert. Mit einer dt. Forschungsproduktionslinie am ZSW in Ulm, dem Batterieforschungszentrum MEET in Münster¹⁵, weiteren Zentren in anderen Regionen Deutschlands, Förderprogrammen wie LIB 2015, ExcellentBattery¹⁶, STROM, Maßnahmen der NPE und aktuell der Förderausschreibung Batterie 2020¹⁷ sowie der Etablierung von KLIB zeichnet sich eine solche langfristige Strategie ab. Diese muss nun aber auch von allen Akteuren aus Industrie, Politik und Wissenschaft konsequent weiter getragen und entwickelt werden.

INDUSTRIE

Handlungsoptionen im Bereich Industrie zielen darauf ab, Maßnahmen zu identifizieren, welche die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der Industrie, hier mit Fokus auf die Batterieindustrie, fördern. Die Frage, ob eine massive Industriepolitik und europaweit angelegte Unterstützung einer enorm kostenintensiven Technologie verfolgt werden sollte, die nur über das Erreichen von Skaleneffekten wirtschaftlich wird, polarisiert immer wieder. Bereits bei den Befürwortern in der Halbleiter- und Photovoltaik-Industrie und nun auch mit Blick auf eine dt. oder gar europäische Batteriezellenproduktion zählen zu den

durchaus nachvollziehbaren Argumenten das Halten bzw. der Aufbau von Know-how in der Zellproduktion, um auch für zukünftige Technologien relevantes Know-how zu haben. So müssen z. B. material anbietende Unternehmen sowie Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus, also gerade die Akteure der vorgelagerten Wertschöpfungskettenstufen, Wissen über die konkreten Anforderungen einer Zellproduktion erlangen, um wettbewerbsfähige Produkte zu entwickeln.

Hinsichtlich der Kosten einer Batteriezellproduktionslinie wird typischerweise ein hoher dreistelliger Millionenbetrag genannt. Asiatische Konglomerate besitzen oft einige Produktionsstandorte mit mehreren Produktionslinien und fertigen Batteriezellen mit unterschiedlichen Zellchemien, um gleich in mehreren Anwendungsfeldern global wettbewerbsfähig zu sein (traditionell im Bereich der Batterien für die Konsumelektronik und heute zunehmend im Bereich elektromobiler und stationärer Anwendungen). Das US-amerikanische Unternehmen Tesla Motors und seine Partner, insbesondere Panasonic aus Japan, investieren vier bis fünf Milliarden US-Dollar bis 2020 in den Aufbau der „Tesla Gigafactory“ in den USA, welche zukünftig Energiespeicher für 500 000 batterieelektrische Fahrzeuge pro Jahr bei einem gesamten Zelloutput von 35 Gigawattstunden (GWh) produzieren soll. Derartige Investitionen scheinen für eine dt. oder gar europäische Initiative nicht denkbar, ähnlich wie auch in anderen Industriezweigen zuvor. Dennoch wird deutlich, dass nur eine groß angelegte Zusammenarbeit für eine **Zellproduktion auf europäischer Ebene** mit Beteiligung und intensiver Kooperation der europäischen OEM gemeinsam mit der Batterieindustrie ein solches Vorhaben stemmen könnte. Auf nationaler Ebene ließe sich gemeinschaftlich vermutlich eher eine einzelne Produktionslinie realisieren, wobei dann zu überlegen wäre, welche konkrete Technologie hierauf produziert werden sollte. Denn um nicht in den direkten Wettbewerb mit Asien zu gelangen und eine solche Linie nicht nur der Lerneffekte wegen aufzubauen, wäre ein gesicherter bzw. weniger im Wettbewerb stehender Absatzmarkt für die produzierten Zellen mitzudenken (z. B. mit einer europäischen Nachfrage jenseits PHEV und BEV oder in stationären Anwendungsfeldern).

Nicht zu vergessen ist aber auch die Anwenderseite: Wenn dt. bzw. europäische OEM zukünftig großvolumig xEV bauen werden, wird sich die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass sich zukünftig auch in Europa eine Batterieproduktion ansiedeln wird, voraussichtlich allerdings von einem asiatischen Batteriehersteller. Dass asiatische Unternehmen in Deutschland Produktionsstätten errichten, gilt als realistisch, da die Lohnkosten bei den großformatigen Batterien nur eine kleine Preiskomponente darstellen und es zahlreiche Standort-Vorteile gibt, bspw. auch die damit verbundenen geringeren Transportkosten. So entstünde zwar keine in dt. Besitz befindliche Batterieproduktion, aber Produktionskapazitäten in Deutschland bringen ähnlich wie in den USA eine heimische Wertschöpfung und vor allem Arbeitsplätze mit sich. Hierin könnte auch eine Chance für den dt. Anlagen- und Maschinenbau sowie Mittelstand insgesamt liegen.

Parallel bzw. unabhängig hiervon wird letztlich deutlich, dass sich die dt. und europäische Batterieindustrie mit Blick auf elektromobile Anwendungen auf einem langfristigen Weg hin zu einer Wettbewerbsfähigkeit befindet. Die Entwicklung einer **Strategie zu disruptiven Batterietechnologien** (d. h. Batterietechnologien, die in der Energiedichte oder auch anderen Leistungsparametern eindeutige Vorteile gegenüber heutigen LIB bieten) betrifft daher nicht nur die Forschungsförderung, sondern wäre auch von der Industrie bei entsprechenden Durchbrüchen schnell umzusetzen. Dabei entstehen z. T. auch neue Herausforderungen für die Materialentwicklung und Prozesstechnologien, für welche Deutschland gegebenenfalls jenseits 2020 Wettbewerbsvorteile aufbauen kann.

Schließlich sollte sich in Deutschland auch gefragt werden, wie es langfristig ohne eine **heimische Zellproduktion** aufgestellt sein wird und wie Wertschöpfung zu erzielen ist. Wenn einerseits rund fünfzig Prozent der Zellkosten auf Materialkosten zurückzuführen sind und andererseits Batterien 30-40 Prozent (zukünftig weniger) Wertschöpfung am Gesamtfahrzeug erzielen, so ergeben sich hohe Wertschöpfungspotenziale für material anbietende und Modul- sowie Pack-herstellende Unternehmen (z. B. Tier 1 oder OEM selbst) bis hin zu den OEM, die

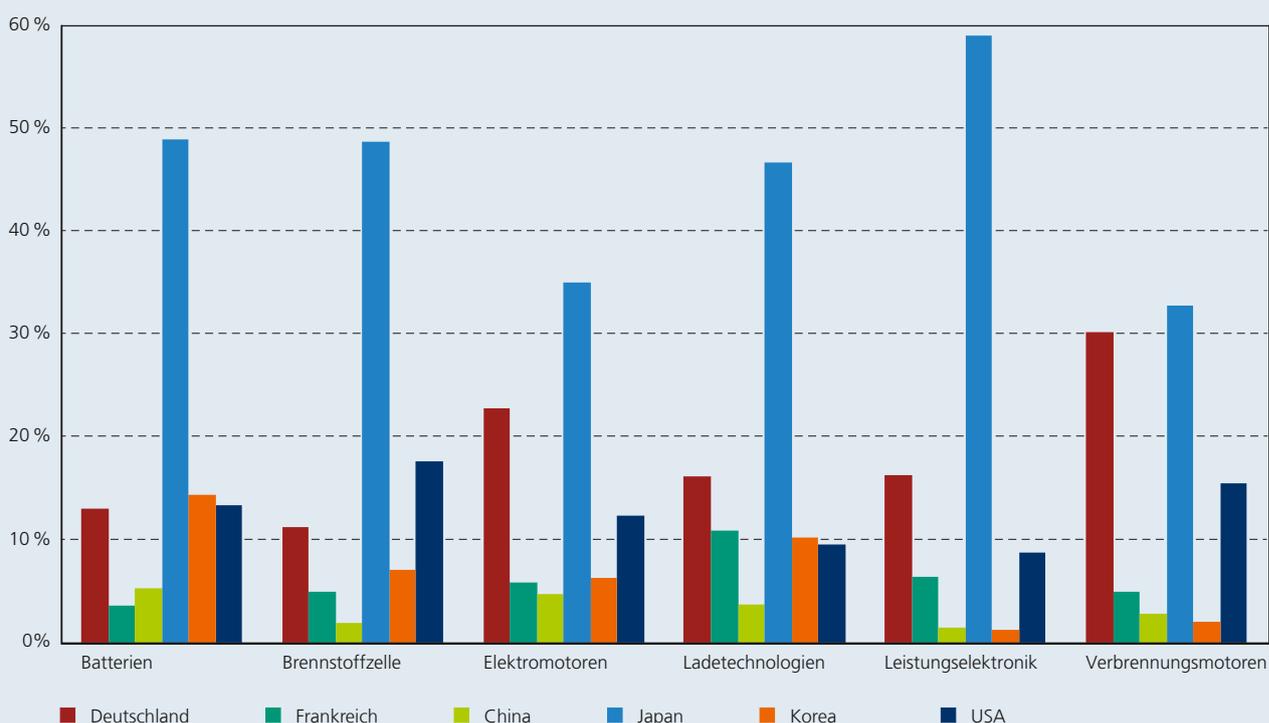
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND HANDLUNGSOPTIONEN FÜR DEUTSCHLAND

Zulieferindustrie insgesamt eingeschlossen. Es wäre wichtig, auch die Hebeleffekte einer Zellproduktion in Deutschland bzw. Europa realistisch einzuschätzen und herauszufinden, ob diese wirklich entscheidend sind. Längst gilt es nicht mehr als zutreffend, dass gesamte Wertschöpfungsketten-Strukturen inländisch oder innereuropäisch zwingend abgedeckt sein müssen. Starke materialherstellende Unternehmen und System-integrierende Unternehmen können eventuell größere Hebeleffekte erzielen als eine schwache Zellproduktion.

Der breitere Blick auf Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität auch jenseits der Batterietechnologie zeigt, dass Deutschland gemessen an Patentanmeldungen in anderen Bereichen wie der Ladetechnologie, Leistungselektronik oder bei Elektromotoren

deutlich besser aufgestellt ist (siehe Abbildung). Deutschland ist fast gleichauf und Spitzenreiter zusammen mit Japan im Bereich der FuE zu Verbrennungsmotoren (als Vergleichstechnologie) und folgt, wenn teilweise auch mit Abstand zu Japan, auch in den weiteren genannten Schlüsselkomponenten für die Elektromobilität vor Korea, China, den USA und Frankreich (mit Ausnahme der Batterie- und Brennstoffzellentechnologien für elektromobile Anwendungen). Eine vergleichende Analyse der industriellen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands auch hinsichtlich der weiteren Schlüsselkomponenten wäre daher für ein zukünftiges Monitoring zur Elektromobilität ebenso sinnvoll.

Patentanteile im Bereich unterschiedlicher Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität nach Ländern



INDIKATORENVERZEICHNIS

KATEGORIE NACHFRAGE

Indikator 1:	Aktueller LIB-Bedarf	28
Indikator 2:	Inländische Produktion xEV	29
Indikator 3:	Inländische Produktionsprognose xEV	30
Indikator 4:	Marktgröße und -dynamik	31
Indikator 5:	Marktanreizprogramme	32
Indikator 6:	Umweltpolitische PKW-Regulierungsmaßnahmen	33
Indikator 7:	Pro-Kopf-Einkommen (Kaufkraft)	34

KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN

Indikator 8:	Anzahl Unternehmen 2012 (mit mehr als einem Prozent Marktanteil)	35
Indikator 9:	Unternehmensgröße	36
Indikator 10:	Abdeckung der Wertschöpfungskette im Land	37
Indikator 11:	Produktion und Handel von Rohstoffen	38
Indikator 12:	Recycling	39
Indikator 13:	Environmental Performance Index (Umweltindikator)	40
Indikator 14:	Global Competitiveness Index (Generelle technologische Leistungsfähigkeit)	41
Indikator 15:	Worldwide Governance Indicators (Qualität der Regierungsführung/Stabilität)	42

KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

Indikator 16:	FuE-Anteil der Unternehmen	43
Indikator 17:	Ausbildung/Fachkräfte	44
Indikator 18:	Publikationen	45
Indikator 19:	Patente	46
Indikator 20:	Potenzial, beste Leistungsparameter zu erreichen	47
Indikator 21A:	Politische Ziele	48
Indikator 21B:	Fristen der Masterplanung	49
Indikator 22:	(Öffentliche) LIB/Batterie-Forschungsförderung	50
Indikator 23:	Förderung industrieller FuE-Tätigkeiten	51
Indikator 24:	Verhältnis FuE-Intensität Privat/Öffentlich	52
Indikator 25:	Zielvorgaben bzgl. der Batterieparameter	53

KATEGORIE INDUSTRIE

Indikator 26:	Inländisch real produzierte Zellen und Potenzial der Eigenbedarfsdeckung	54
Indikator 27:	Produktionsprognose für inländische Zellproduktion 2012–2016	55
Indikator 28:	Anzahl an Joint Ventures pro Wertschöpfungskettenstufe	56
Indikator 29:	Anzahl an Lieferverträgen	57
Indikator 30:	Größe des Absatzmarktes für Komponenten und Batterien im eigenen Land	58
Indikator 31:	Produktionskapazität an Zellen für PKW-Anwendungen des Landes	59
Indikator 32:	Marktanteile in Weltmärkten für Zellen und Komponenten	60
Indikator 33:	Wachstum des Weltmarktanteils für Zellen und Komponenten	61

AKTUELLER LIB-BEDARF

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, den Bedarf nach LIB zu ermitteln, um das Leitmarktpotenzial eines jeweiligen Landes abzuschätzen. Eine große inländische Nachfrage stellt eine optimale Ausgangsbasis dar.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Zur Bestimmung des LIB-Bedarfs werden die im Jahr 2013 weltweit verkauften xEV sowie deren spezifische Batteriekapazitäten ermittelt. Die landesspezifische Zuordnung erfolgt hierbei nicht nach der Herkunft des OEM, sondern anhand des Standortes, in dem das Modell gefertigt wird, also dem Land, in dem die eigentliche Wertschöpfung stattfindet. Berücksichtigt werden alle Serienfahrzeuge mit den Antriebstechnologien hybrid (HEV), plug-in-hybrid (PHEV) oder rein elektrisch (BEV). Mit Kenntnis bestehender Lieferverträge (siehe Indikator 29) zwischen Automobil- und Batterie- bzw. Zellherstellern und deren Produktions-

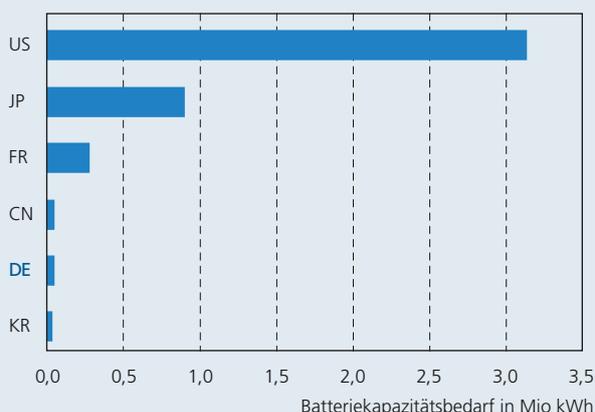
standorten lassen sich die Gesamtbedarfe nach Batteriekapazitäten einzelner Länder bestimmen. Da eine LIB aus einer unterschiedlichen Anzahl von Batteriezellen bestehen kann, wird die Gesamtkapazität der Batterie nicht in Anzahl der Zellen, sondern in Kilowattstunden (kWh) angegeben und als Basiseinheit für den Vergleich der Länder genutzt. Die verwendeten Absatzzahlen stammen vom Branchenportal MarkLines¹⁸, während die Angaben zu den spezifischen Modellkapazitäten und Produktionsstandorten aus diversen Unternehmensquellen sowie Pressemitteilungen stammen.

Ergebnis und Interpretation

Die mit großem Abstand größte Nachfrage nach LIB besteht derzeit in den USA. Dort wurden im Jahr 2013 über drei Millionen kWh an Batteriekapazitäten in xEV verbaut. An zweiter Stelle folgt Japan. Dort wurden im Vergleich zu den USA mit knapp 900 000 kWh insgesamt ein Drittel weniger Batteriekapazitäten benötigt. Frankreich liegt auf dem dritten Rang mit insgesamt ca.

300 000 kWh verbauten Batteriekapazitäten, was in etwa zehn Prozent des Bedarfs von den USA und 33 Prozent des Bedarfs von Japan entspricht. Für die Länder China, Korea und Deutschland lag der inländische Bedarf an Batteriekapazitäten auf einem Niveau von unter 50 000 kWh pro Jahr.

Kapazitätsbedarf an LIB im Jahr 2013



INLÄNDISCHE PRODUKTION xEV

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die inländische Produktion von xEV nach Anzahl und Antriebsart zu ermitteln.

Der Indikator beschreibt somit, woraus der LIB-Bedarf eines Landes resultiert.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Zur Bestimmung der produzierten xEV werden die im Jahr 2013 weltweit verkauften xEV nach ihren Produktionsstandorten ausgewertet (siehe Indikator 1).¹⁹ In den wenigen Fällen, in denen ein Modell in mehreren Ländern produziert wird, konnten anhand von Pressemitteilungen genaue Produktionszahlen ausfindig gemacht werden. Für die sechs relevanten Märkte wurden die Fahrzeugmodelle dann entsprechend ihrer Antriebstechnik

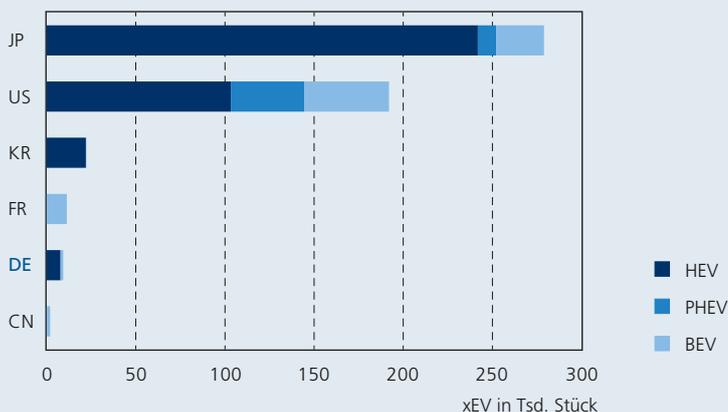
hybrid (HEV), plug-in-hybrid (PHEV) oder rein elektrische Fahrzeuge (BEV) unterteilt. Dabei wurde eine Gewichtung der Antriebsarten vorgenommen, die der spezifischen Batteriekapazität der Fahrzeuge Rechnung tragen soll. Entsprechend ging die Anzahl der HEV mit zwanzig Prozent, die der PHEV mit dreißig Prozent und der BEV mit fünfzig Prozent in die Indikatorberechnung ein.

Ergebnis und Interpretation

Japan produzierte mit einer Summe von insgesamt ca. 275 000 weltweit die meisten xEV. Besonders prägnant ist hierbei das große Ungleichgewicht in den Anteilen der Antriebsarten zugunsten von HEV, die mit 240 000 mehr als 85 Prozent der produzierten Fahrzeuge darstellen. Entsprechend ist der Anteil der PHEV mit ca. 10 000 Fahrzeugen und BEV mit ca. 27 000 Fahrzeugen relativ gering. Deutlich ausgewogener stellt sich das Verhältnis der produzierten Antriebsarten im Fall der USA dar. Von den insgesamt ca. 190 000 produzierten xEV sind 103 000 HEV, 41 000 PHEV und 47 000 BEV. Durch diesen relativ großen Anteil an hochkapazitiven Fahrzeugen lässt sich auch der hohe

Kapazitätsbedarf der USA aus dem vorangegangenen Indikator 1 begründen. Korea liegt mit ca. 22 000 produzierten Fahrzeugen auf dem dritten Platz. Hervorzuheben ist hierbei, dass es sich fast ausschließlich um HEV handelt. Im Gegensatz hierzu wurden in Frankreich überwiegend BEV produziert (ca. 10 000), während in Deutschland zu 75 Prozent HEV und zu 25 Prozent BEV gefertigt wurden. Es zeigt sich also, dass lediglich die USA eine bzgl. der Antriebstechnik diversifizierte Produktion aufzeigen kann, während sich die restlichen Länder heute noch eher auf einzelne Schwerpunkte in der Antriebstechnikproduktion konzentrieren.

Produktion von xEV im Jahr 2013



INLÄNDISCHE PRODUKTIONSPROGNOSE xEV

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die prognostizierte inländische Produktion von xEV als Hinweis auf zukünftige Nachfragevorteile zu ermitteln.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die Zahlen zur aktuellen Produktion von xEV ebenso wie die Produktionsprognose werden dem Index Elektromobilität für das erste Quartal 2014²⁰ entnommen. Mit diesen Zahlen wird die erwartete Produktion von PHEV und BEV dargestellt. In Kombination mit den Daten zur aktuellen Produktion (siehe Indika-

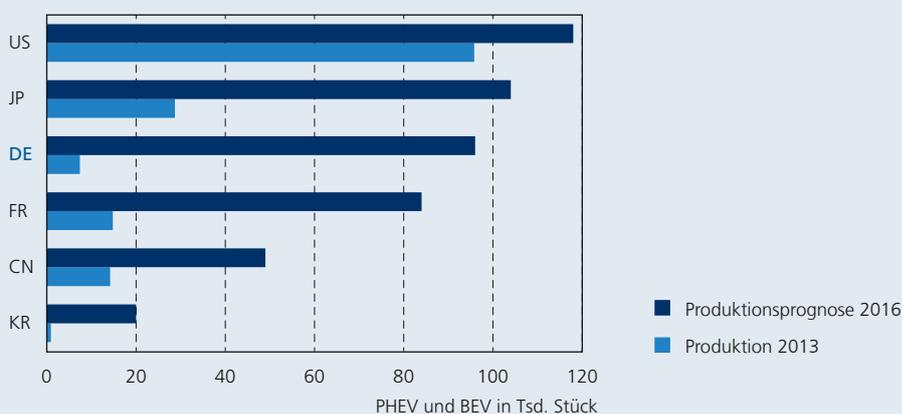
tor 2) können Schlüsse gezogen werden, welche Verschiebungen es in der Produktionsstruktur zwischen den Ländern zukünftig geben könnte. Für den Komposit-Indikator geht als Indikator 3 die Produktionsprognose ein.

Ergebnis und Interpretation

Die USA führen aktuell hinsichtlich der inländischen Produktion deutlich vor Japan auf dem zweiten Rang und produzieren fast vier Mal so viele Fahrzeuge wie Japan. Frankreich und China liegen mit der Hälfte der japanischen Produktionsmengen im Mittelfeld gefolgt von Deutschland mit einem Viertel der japanischen Produktion. Korea hat nur eine sehr geringe inländische Produktion von xEV. Für das Jahr 2016 planen alle untersuchten

Länder deutliche Steigerungen der inländischen Fahrzeugproduktion – bis auf die USA strebt jedes Land mindestens eine Vervierfachung der Produktionsmengen an. Auch bei einer Produktionsprognose für 2016 führen die USA gefolgt von Japan, Deutschland und Frankreich. China und Korea liegen in der Prognose mit deutlichem Abstand hinten.

Aktuelle inländische Produktion (2013) und Produktionsprognose für PHEV und BEV (2016)



MARKTGRÖSSE UND -DYNAMIK

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, das Potenzial eines zukünftigen LIB-Abnehmermarktes mit Hilfe der bisherigen Entwicklung der PKW-Produktion sowie dem Anteil von xEV darin zu ermitteln.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der Indikator Marktgröße und -dynamik setzt sich aus zwei Messgrößen zusammen, die gleichgewichtet eingehen. Zum einen wird die Gesamtproduktion von PKW ab dem Jahr 2005 bis 2013 in den sechs Ländern betrachtet.²¹ Ergänzend wird das durchschnittliche Marktwachstum (von PKW) als Indikator für die

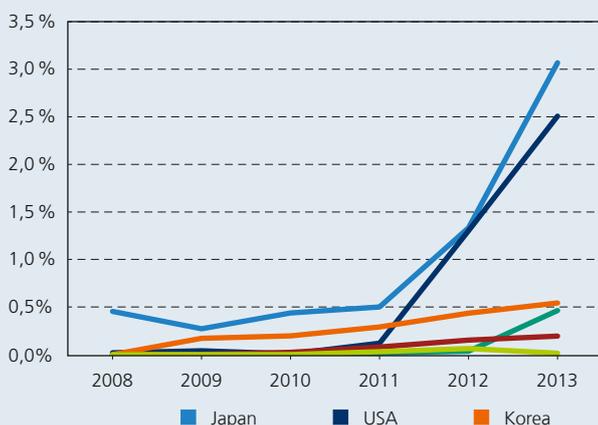
Dynamik verwendet. Die Abbildung zeigt ergänzend den prozentualen Anteil der xEV an der Produktion. Dieser geht an dieser Stelle jedoch nicht erneut in die Berechnung ein, da die xEV-Produktion bereits in Indikator 2 berücksichtigt wurde.

Ergebnis und Interpretation

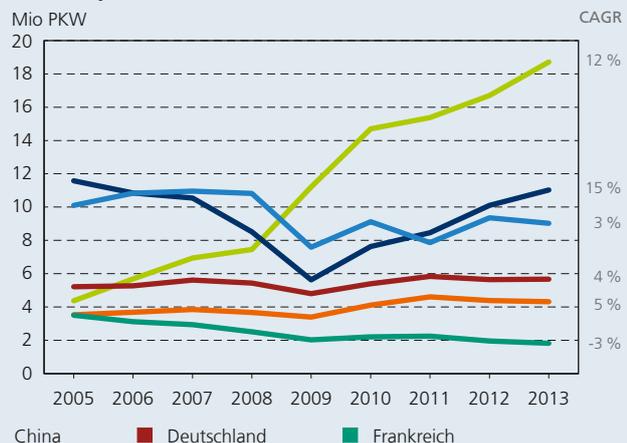
Eine integrierte Betrachtung der Größe und Dynamik des heimischen PKW-Absatzmarktes erlaubt es, sowohl den Zustand des aktuellen Marktes, aber ebenso auch eine mittelfristige Perspektive über die Bedeutung und den Anteil von xEV darin zu beurteilen. Dabei resultiert aus dem Gesamtmarkt und den entsprechenden Anteilen von xEV das Potenzial für eine Batterieproduktion im jeweiligen Land. Dass ein großer Absatzmarkt nicht von vornherein bedeutet, dass in dem Land ein hoher Absatz an xEV besteht, zeigt das Beispiel China. Das Land ist mit 19 Millionen produzierten PKW im Jahr 2013 und einem jährlichen Wachstum von durchschnittlich zwölf Prozent über die vergangenen vier Jahre mit Abstand Spitzenreiter. Der Anteil der xEV liegt jedoch, was auch bereits aus Indikator 2 hervorgeht,

bei nahezu null Prozent und absolut gesehen an letzter Stelle. Dass nun im Umkehrschluss durch eine hohe Produktion nicht gleichzeitig auch der prozentuale Anteil der xEV egalisiert wird, zeigt sich an den Beispielen USA und Japan. Mit elf Millionen bzw. neun Millionen produzierten Fahrzeugen liegen die Länder auf Rang zwei und drei hinter China. Dennoch beträgt der Anteil an xEV in den USA 2,5 Prozent und in Japan sogar über drei Prozent an der Gesamtfahrzeugproduktion. In Deutschland liegt der Anteil von xEV in der Produktion bei lediglich 0,2 Prozent, in Frankreich und Korea geringfügig höher bei 0,5 Prozent. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass Korea mit vier Millionen PKW in 2013 doppelt so viele Fahrzeuge wie Frankreich produzierte.

Prozentualer Anteil von xEV an der PKW-Produktion



Gesamtproduktion an PKW 2013



MARKTANREIZPROGRAMME

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die politische Unterstützung zum Ankurbeln der Marktnachfrage nach Elektromobilität und damit einer höheren Batterienachfrage vergleichend zu bewerten.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die Nachfrage nach Batterien ist eine von der Nachfrage nach xEV abgeleitete Nachfrage. Alle sechs Länder haben bereits breite Marktanzreizprogramme wie öffentliche Beschaffung, Subventionierung des privaten Erwerbs, steuerliche Vorteile für privaten Erwerb, Privilegien für xEV-Nutzer wie z. B. die Befreiung von Parkgebühren eingeführt, allerdings in unterschiedlichen Ausprägungen. Diese politischen Maßnahmen sind überwiegend qualitativer Natur und schwierig vergleichend zu quantifizieren. Daher wird auf die Ergebnisse einer internationalen Expertenbefragung des Fraunhofer ISI zurückgegriffen.²² Mehr als neun-

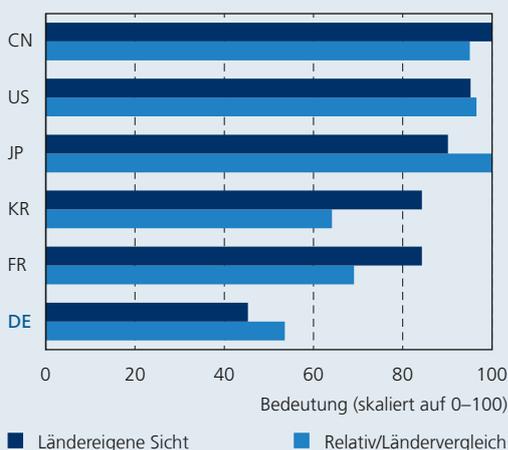
zig Batterieexperten aus den untersuchten Ländern haben ihre Bewertungen von Marktanzreizprogrammen, insbesondere in Bezug auf die Gesetzgebung und Kaufanreize für xEV-Käufer im internationalen Vergleich abgegeben (als Indikator wird die relative Sicht der Situation im Vergleich zu anderen Ländern herangezogen). Damit diese Bewertungen nachvollzogen werden können, sind zusätzlich Subventionierungssummen in China, den USA, Korea, Frankreich und Japan als Beispiele und zur Plausibilisierung dargestellt.

Ergebnis und Interpretation

Aus der ländereigenen Sicht schätzt China die nationalen Gesetze und Marktanzreizprogramme als am besten ein. Im Ländervergleich schätzt Japan die eigenen nationalen Marktanzreizprogramme als am besten ein. Deutschland ist Schlusslicht. Japan bleibt nach wie vor der proportionalen Subventionierung treu und erhöht ab 2013 den Subventionierungsanteil bis auf zwei Drittel der Differenz zwischen dem Zielpreis und dem realen Kaufpreis eines gekauften xEV. Der Erwerb eines xEV in China ist bis 2015 in Höhe von 15 000 Euro pro (B)EV sub-

ventioniert, in den USA mit ca. 8000 Euro. Korea hat relativ spät (im Jahr 2012) mit der Subventionierung angefangen, aber zwischen 2012 und 2015 in einer relativ hohen Summe. Frankreich legt die Subventionierungssumme aktuell bei 7000 Euro fest. Lediglich in Deutschland wird der Kauf von xEV gar nicht subventioniert. Die Subventionssumme ist zwar beispielhaft für eine große Breite möglicher Marktanzreize, spiegelt aber in gewissem Maße den Zufriedenheitsgrad der Experten wider.

Gesetzgebung und Kaufanreize



Beispiel: Subventionierung des privaten Erwerbs

Land	Subventionsdauer und -höhe	
China	2009–2015 15 000 €	
USA*	2009–2014 1950 €–5850 €	seit 2014 7800 €
Korea	2012–2015 16 000 €	nach 2015 7000 €
Frankreich	bis 2012 5000 €	ab 2013 7000 €
Japan	2009–2013 50 % der Zusatzkosten	2013–2016 2/3 der Differenz zwischen Zielpreis (2013) und Kaufpreis

* 1 US-Dollar = 0,78 Euro

UMWELTPOLITISCHE PKW-REGULIERUNGSMASSNAHMEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Schaffung regulativer Vorteile zu vergleichen. Regulative Vorteile für die Durchdringung der Elektromobilität fördern die Nachfrage nach xEV und damit Batterien.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Je strenger die Umweltstandards sind, desto mehr xEV müssen die OEMs produzieren, um die Obergrenze des Kraftstoffverbrauchs bzw. der CO₂-Emissionen nicht zu überschreiten. Aus diesem Grund wird diese Maßnahme als regulativer Standortvorteil verstanden. Es werden daher die Umweltstandards, insbesondere der Kraftstoffverbrauch bis 2015 (in Liter pro

100 Kilometer, Einheit: l/100 km) sowie CO₂-Emissionen bis 2015 (in Gramm pro Kilometer, Einheit: g/km) verglichen. Die Rangfolge (Ranking) wird nach dem Grad des umweltpolitischen Anspruchs festgelegt und geht bei der Bewertung entsprechend mit hundert Prozent für Rang 1, achtzig Prozent für Rang 2, etc. ein.²³

Ergebnis und Interpretation

Die EU hat die strengsten umweltschonenden Standards festgelegt. Daher führt sie bzw. Deutschland und Frankreich das Ranking an. Japan und Korea haben ähnliche, aber etwas lockerere Normen für den Kraftstoffverbrauch. Die japanische Regierung hat aber interessanterweise die Obergrenze für CO₂-Emissionen im Jahr 2013/14, ein Jahr früher als die EU, bereits auf 130 g/km festgelegt. Dies zeigt die politische Entschlossenheit in Japan, die

Elektromobilität beschleunigt voranzutreiben. Chinas Normen sind am einfachsten zu erreichen, da die OEMs in China technisch und technologisch noch nicht in der Lage sind, energiesparende Fahrzeuge in dem kurzen Zeitrahmen herzustellen. Parallel gibt es noch keine Angabe aus China in Bezug auf die Obergrenze der CO₂-Emissionen. China steht bei diesem Indikator auf dem letzten Platz.

Umweltpolitische PKW-Regulierungsmaßnahmen im Ländervergleich

Faktoren	Japan	China	Korea	USA	Frankreich	Deutschland
Kraftstoffverbrauch (bis 2015, l/100 km)	5,95	6,9	5,88	6,6 (bis 2016)	5,6 (Benzin)	5,6 (Benzin)
CO ₂ -Emission (bis 2015, g/km)	130 (2013/14)	k. A.	140	155 (bis 2016)	130	130
Ranking	2	4	2	3	1	1

PRO-KOPF-EINKOMMEN (KAUFKRAFT)

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Nachfrage nach xEV und damit Batterien anhand der Kaufkraft abzuschätzen. Das Pro-Kopf-Einkommen dient als Indikator.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Wegen der heute noch hohen Kaufpreise werden xEV generell als Luxusgüter betrachtet. Die Nachfrage nach Luxusgütern hängt stark von der Einkommenselastizität ab. Bei einem höheren Einkommen steigt die nachgefragte Menge. Daher ist ein höheres Pro-Kopf-Einkommen förderlich für den Absatz von xEV. Der Einkommensrend als Einflussfaktor auf die Diffusion von technischen Innovationen ist dabei hauptsächlich relevant, wenn

deutliche Unterschiede im verfügbaren Einkommen bestehen.²⁴ Die Daten stammen von dem Statistik-Portal „Statista“²⁵ und zeigen das Einkommensniveau im Jahr 2013. Die Werte sind nominal angegeben und nicht kaufkraftbereinigt. Das Bruttoinlandsprodukt gibt den Gesamtwert der Waren und Dienstleistungen wieder, die im Untersuchungsjahr innerhalb des Landes für den Endverbrauch produziert wurden.

Ergebnis und Interpretation

Die US-amerikanischen Bürger verfügen nach wie vor über das höchste Pro-Kopf-Einkommen, entsprechend mehr als 40 000 Euro im Jahr 2013. Das impliziert eine hohe potenzielle Nachfragemenge nach xEV in den USA. Japan steht bei über 35 000 Euro. Deutschland und Frankreich liegen in einer ähnlichen Größenordnung, bei ca. 32 000 Euro pro Kopf. Koreas

Pro-Kopf-Einkommen betrug etwas weniger als 20 000 Euro, Tendenz steigend. Als Schwellenland liegt Chinas Pro-Kopf-Einkommen nach wie vor nur bei etwas über 5 000 Euro pro Einwohner. Allerdings ist eine extrem reiche Schicht wegen der stark ungleichmäßigen Einkommensverteilung in China entstanden, die bereit ist, Geld für Luxusgüter auszugeben.

Pro-Kopf-Einkommen im Jahr 2013



ANZAHL UNTERNEHMEN 2012 (MIT MEHR ALS EINEM PROZENT MARKTANTEIL)

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Anzahl der Unternehmen eines Landes mit mehr als einem Prozent Marktanteil als Hinweis auf eine ausgewogene Marktstruktur und einen aktiven Wettbewerb zu vergleichen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die Anzahl der Unternehmen wird für Kathoden- und Anodenmaterialien, Separatoren und Elektrolyte auf Basis der Studie Avicenne 2013 zusammengestellt.²⁶ Für den Zellmarkt werden Daten aus Anderman 2013 verwendet.²⁷ Für Hersteller von Batteriezellen wird auf das Branchenportal MarkLines zurückgegriffen.²⁸ Aus diesen Quellen werden die Unternehmen mit mehr

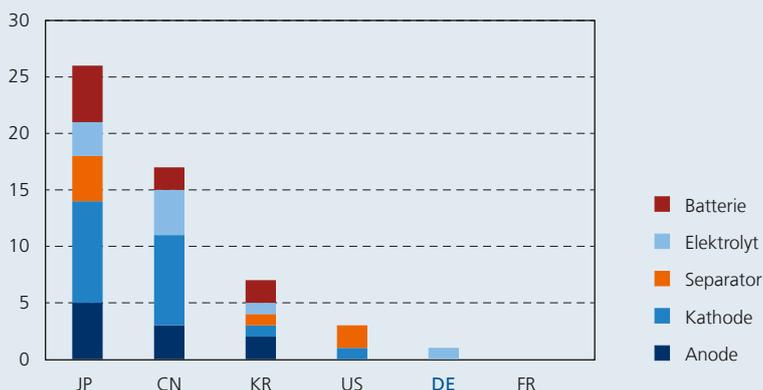
als einem Prozent Marktanteil ermittelt und addiert. Firmen, die auf mehreren Wertschöpfungskettenstufen vertreten sind, werden in jeder Stufe erfasst. Die Firmen werden über das Land des Hauptsitzes zugeordnet. Für den Komposit-Indikator werden die Ergebnisse der Teilmärkte gewichtet mit ihren Wertschöpfungsanteilen summiert.

Ergebnis und Interpretation

Die Analyse der Marktstrukturen zeigt, dass Japan in allen Wertschöpfungskettenstufen mit zahlreichen Unternehmen vertreten ist. Im Kathodenmarkt mischen zudem mehrere chinesische Unternehmen im globalen Wettbewerb mit. Korea ist mit insgesamt sechs Unternehmen über alle Wertschöpfungskettenstufen aktiv. Die USA, Deutschland und Frankreich haben nur wenige Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil. Dabei ist zu berücksichtigen, dass kleinere Unternehmen, wie etwa der französische Hersteller batscap als Teil von Bolloré (Gruppe), das dt. Unternehmen Li-Tec (derzeit hundertprozentige Tochter von Daimler) sowie sämtliche amerikanische Anbieter (Johnson

Controls, EnerDel) im Zellbereich aufgrund der ein-Prozent-Grenze nicht berücksichtigt sind. Bei einer Vertiefungsanalyse wird deutlich, dass die wenigen koreanischen Unternehmen einen großen Anteil am Weltmarkt für Zellen und Elektrolyte aufweisen. Die Unternehmen in China haben dagegen alle eher geringere Marktanteile. Die zahlreichen, eher kleineren Unternehmen in China deuten darauf hin, dass sich die Branche noch nicht wie in Japan oder Korea konsolidiert hat. Korea und Japan mit tendenziell weniger Unternehmen, aber hohen Marktanteilen deuten auf die reifen Märkte in diesen Ländern hin.

Anzahl der Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil je Wertschöpfungsstufe in den untersuchten Ländern



UNTERNEHMENSGRÖSSE

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Größe der Unternehmensstrukturen anhand des Umsatzes als Hinweis auf die Stabilität der Marktstruktur zu vergleichen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Unternehmen mit höherem Umsatz können höhere FuE-Investitionen tätigen und haben bessere Chancen, Leerlaufzeiten bis zum Anspringen eines Markthochlaufs durchzuhalten. Auf Basis von Jahresberichten und Unternehmenswebseiten werden die Umsätze zusammengetragen, die sich in der Regel auf die Mutterkonzerne beziehen. Dabei werden Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil berücksichtigt (siehe Indikator 8). Die Unternehmen werden auf Basis der Unternehmenserlöse in drei Gruppen unterteilt. Als „klein“ werden Unternehmen mit einem jährlichen Umsatz von bis zu einer Milliarde Dollar

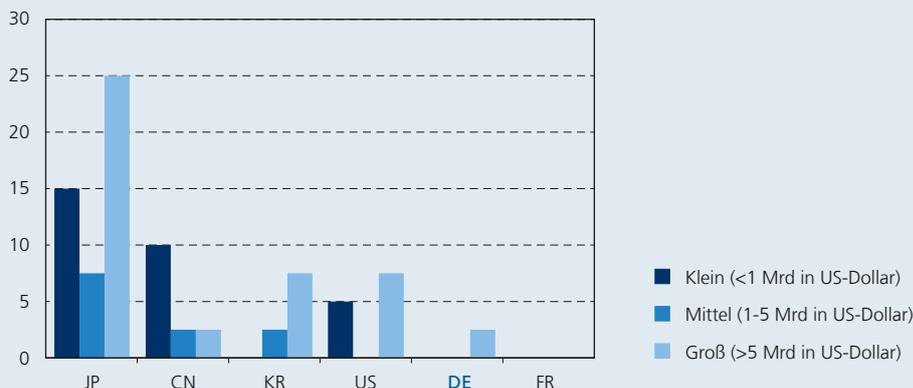
bewertet, als „mittlere“ Unternehmen, wenn der Umsatz fünf Milliarden Dollar nicht übersteigt. Unternehmen, die diese Grenze überschreiten, werden als „groß“ bezeichnet. Im Gegensatz zu Indikator 8, bei dem Unternehmen nach Wertschöpfungskettenstufen einzeln betrachtet (und bei Abdeckung mehrerer Stufen doppelt gezählt) werden, wird hier jede Firma nur einmal gezählt. Zur Verwendung im Komposit-Indikator werden die Unternehmensanzahlen gewichtet summiert: Große Unternehmen mit 1, mittlere mit 0,5 und kleine Unternehmen mit 0,25.

Ergebnis und Interpretation

In allen Wertschöpfungskettenstufen sind Unternehmen aus den drei Kategorien vertreten. Ein hoher Umsatz des Gesamtkonzerns führt nicht zwangsläufig zu einem hohen Marktanteil. Teilweise halten kleine Unternehmen relativ hohe Marktanteile, was darauf hindeutet, dass sich diese Anbieter auf einen bestimmten Bereich spezialisiert haben. Die Märkte für Separatoren und Elektrolyte weisen insgesamt eine eher homogene Struktur mit vergleichsweise wenigen, aber großen Unternehmen auf. Ein Grund hierfür kann der relativ hohe finanzielle Aufwand für die Produktion der Separatoren sein, der den Markteintritt für kleine Firmen

erschwert. Auf dem Markt für Kathodenmaterialien agieren viele kleine Unternehmen. Zahlreiche große japanische Unternehmen agieren in den Komponenten- und Batteriezellmärkten, während chinesische Firmen mehrheitlich kleiner sind. Die koreanischen Aktivitäten am Markt für Batterien und deren Komponentenfertigung konzentrieren sich insbesondere auf die großen Technologiekonzerne LG Chem, Samsung und die SK Group. Aus den USA sind drei große Unternehmen (3M, Conocco Philipps und Johnson Controls) aktiv. In Deutschland taucht BASF als Elektrolythersteller und Neueinsteiger nach obigen Kriterien auf.

Anzahl der Unternehmen nach Umsatz²⁹



ABDECKUNG DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE IM LAND

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Abdeckung der Wertschöpfungskette als Hinweis auf die Vernetzung der heimischen Industrie im Ländervergleich zu bewerten.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Ein Teilmarkt gilt als abgedeckt, sofern ein Unternehmen aus einem Land mehr als ein Prozent Marktanteil in diesem Teilmarkt erreicht (siehe Indikator 8). Die Bewertung reicht somit von null

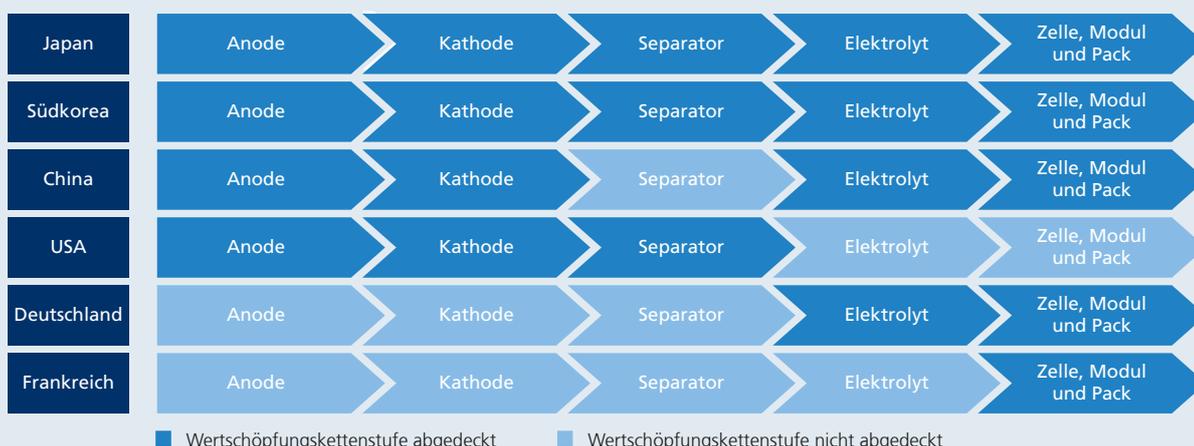
bis fünf Punkten (Wertschöpfungskettenstufen). Grundlage für die Bewertung sind die Marktanteile wie für Indikator 32 dargestellt.

Ergebnis und Interpretation

Die asiatischen Länder sind in allen Wertschöpfungsstufen dominierend aufgrund ihrer starken Komponenten- bzw. Zulieferindustrie. Vereinzelt haben sich Konzerne durch Tochterunternehmen Zugang zu mehreren Wertschöpfungsstufen verschafft, wie z. B. der chinesische Hersteller BYD, der alle Stufen abdeckt (sogar bis zum xEV), der koreanische Anbieter LG Chem oder das japanische Unternehmen Hitachi. Eine Integration kann große Wettbewerbsvorteile mit sich bringen. So sind zellfertigende Unternehmen, die über Kompetenzen in der Komponentenproduktion verfügen, tendenziell im Vorteil, da sie über eine größere Kontrolle hinsichtlich der Technologie verfügen und die Transaktionskosten senken können.³⁰ Der chinesische Konzern ShanShan Tech deckt als einziges Unternehmen alle Stufen

der Komponentenherstellung ab. Das US-amerikanische Unternehmen Tesla Motors wiederum ist lediglich in der Packzusammenstellung aktiv, bezieht seine Zellen aber insbesondere von Panasonic aus Japan. Das dt. Unternehmen BASF ist relativ stark im Elektrolyt-Markt vertreten und hält als Neueinsteiger bereits rund ein Prozent am weltweiten Marktvolumen. Weiterhin sind in Deutschland die Daimler-Tochter Li-Tec als Zellhersteller (nach jüngster Bekanntgabe noch bis Ende 2015) sowie die Deutsche ACCUotive als Packhersteller in Entwicklung und Produktion von LIB aktiv. Einige OEM integrieren die in der Regel asiatischen Zellen direkt durch Inhouse-Modul- und Packherstellung in die xEV.

Abdeckung der Wertschöpfungskette³¹



PRODUKTION UND HANDEL VON ROHSTOFFEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Abhängigkeit des Heimatmarktes vom Außenhandel aufzuzeigen, als Hinweis auf das Potenzial, sich am Anfang der Wertschöpfungskette der LIB beteiligen zu können.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Es werden mit den Rohstoffen Kobalt, Lithium, Mangan und Nickel die wichtigsten LIB-spezifischen Rohstoffe analysiert. Diese machen knapp fünfzig Prozent der für die LIB-Produktion notwendigen Kathodenmaterialien aus. Andere Rohmaterialien wie Eisen werden vernachlässigt. Zur Analyse der Rohstoffproduktion werden die Minenproduktionen im eigenen Land mit Daten aus USGS 2014³² für die Jahre 2009 bis 2011 untersucht. Zusätzlich werden Produktionsmengen von Beteiligungen an ausländischen Minen bzw. Raffinerien betrachtet (Raw Material Data 2013)³³. Hohe Produktionsmengen werden hierbei positiv bewertet. Für die Analyse des Rohstoffhandels werden Importe und mögliche Exporte der Länder mittels der Datenbank UN Comtrade 2014³⁴ zusammengestellt. Dazu werden die einschlägigen Handelscodes von Kobaltdioxid (CoO_2), Lithiumcarbonat (Li_2CO_3), Lithiumhydroxid (LiOH), Manganoxid (MnO), Mangandioxid

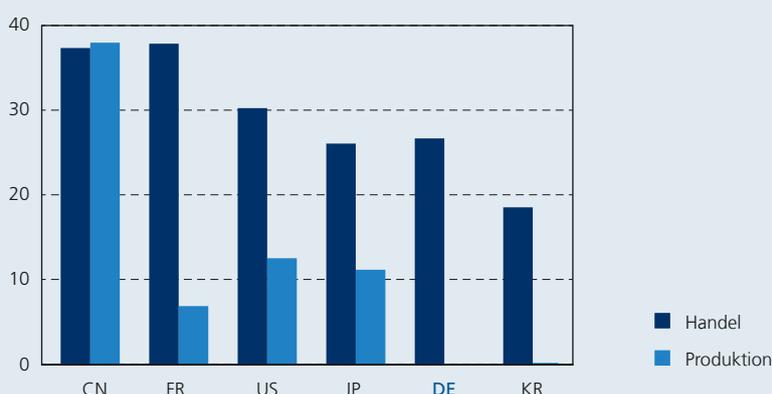
(MnO_2), Nickeldichlorid (NiCl_2) und Dinickeltrioxid (Ni_2O_3) ausgewertet. Es werden gemittelte Werte über die Jahre 2009 bis 2011 verwendet. Niedrige Import- und hohe Exportwerte werden gut bewertet, da dies eine höhere Beteiligungswahrscheinlichkeit an der LIB-Wertschöpfungskette ausdrückt. Darauf aufbauend wird die Handelspartner-Konzentration untersucht und mit dem Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) illustriert. Mit monopolistischen Partnerschaften bzw. hohen HHI-Werten sind Risiken verbunden, weshalb sie negativ bewertet werden. Zur Berechnung der Subindikatoren werden die absoluten Produktions- und Handelsdaten in Tonnen pro Jahr nach dem Vorgehen „beste = 100“ (maximal erreichbarer Wert) normiert. Daraufhin werden sie über die vier analysierten Rohstoffe gemittelt und gewichtet. Für diesen Indikator 11 werden Produktion und Handel von Rohstoffen gleichgewichtet.

Ergebnis und Interpretation

Bei dem Teilindikator der Produktion weist insbesondere China einen klaren Wettbewerbsvorteil auf. Dies resultiert aus den heimischen Bodenschätzen und der Rohstoffpolitik Chinas. Im Gegensatz zu den anderen Ländern weist China bei allen betrach-

teten Rohstoffen eigene Minen oder ausländische Beteiligungen auf. Insbesondere Deutschland und Korea haben hier Schwächen. Der Handel von Rohstoffen ist allgemein ausgewogener verteilt. Frankreich und China zeigen hier Stärken, gefolgt von den USA.

Normierte gewichtete Bewertungsergebnisse zu Produktion und Handel von LIB-spezifischen Rohstoffen



RECYCLING

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Bestrebungen zu messen, Recyclingsysteme zur Entsorgung von LIB aufzubauen bzw. bestehende Systeme zu verbessern. Hierzu werden FuE-Aktivitäten über Publikationen und Patente verglichen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Patentanmeldungen der Länder werden über International Patent Classification (IPC)-Klassen zu LIB-Recycling untersucht. Darunter fallen die Wiedergewinnung von brauchbaren Teilen aus verbrauchten Primär- (H01M 6/52) und Sekundärzellen (H01M 10/54). Es wird dabei unterstellt, dass Erfinder von Patenten zum Batterierecycling auch gleichzeitig Kenntnisse zum LIB-Recycling aufbauen. Mit einem Zeitraum von 2009 bis 2011 werden Patentanmeldungen der letzten drei verfügbaren Jahre über die Patent Statistical Database (PATSTAT) abgerufen.³⁵ Es wird

der über den Zeitraum mittlere Patentanteil ermittelt. Weiterhin werden wissenschaftliche Publikationen zum Recycling analysiert. Dazu wird eine Schlagwortsuche in Scopus³⁶ mit Stichwortkombinationen zu Batterie und Recycling verwendet. Es werden die Anteile der Publikationen der jeweiligen Länder über den Zeitraum von 2009 bis 2011 ermittelt. Die beiden Subindikatoren mit den unten dargestellten Ergebnissen werden mit jeweils fünfzig Prozent Gewichtung zum aggregierten Recyclingindikator zusammengesetzt.

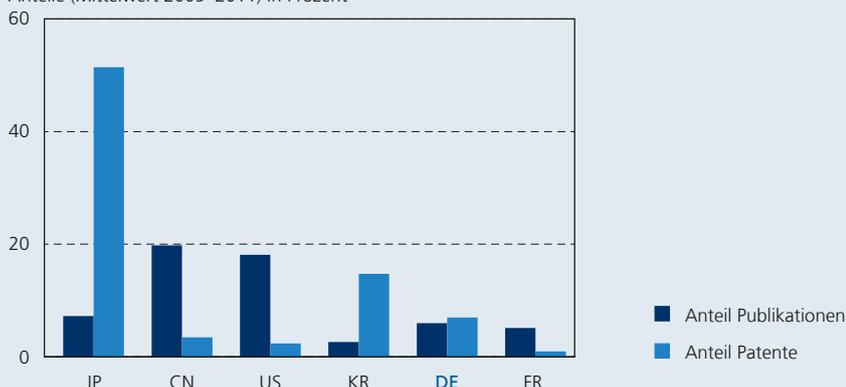
Ergebnis und Interpretation

Deutschland ist beim Recycling im unteren Mittelfeld anzutreffen, Frankreich ist noch schwächer. Japan und China besitzen einen deutlichen Vorteil gegenüber den anderen Ländern. Japan patentiert mit großem Abstand die meisten Recyclingtechnologien. China und die USA weisen jedoch deutlich mehr wissenschaftliche Publikationen auf. Allen Ländern ist gemein, dass sie zu Batterierecycling forschen und somit ihre Systeme weiter ausbauen wollen. Insgesamt zeigt eine Zeitreihenanalyse, dass Bestrebungen, Recyclingsysteme zu verbessern, in den letzten Jahren weiter

ausgebaut wurden (nicht dargestellt). Generell besteht in allen Ländern Bedarf nach mehr Recyclingkapazitäten und einer Erhöhung der Sammelquoten.³⁷ Derzeit besitzen nur Umicore aus Belgien und Retriev Technologies aus den USA Recyclingeinrichtungen zu LIB.³⁸ In den anderen Ländern gibt es bisher nur Forschungs- und Pilotprojekte, wie z. B. LiBri³⁹ oder LithoRec⁴⁰ und LithoRec II⁴¹ in Deutschland, und Batterierecyclingfabriken ohne expliziten Bezug zu LIB.⁴²

Publikationen und Patente im Bereich Batterierecycling

Anteile (Mittelwert 2009–2011) in Prozent



ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX (UMWELTINDIKATOR)

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, über einen Umweltindikator zu schließen, ob eine nachhaltige LIB-Produktion in den Ländern möglich ist.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Bei einer guten Umweltbewertung ist eine langfristige, gesunde Marktstruktur gesichert, da Umwelt- und Sozialstandards etabliert sind. Der EPI der Yale University⁴³ gibt eine aggregierte Umweltbewertung auf Landesebene an und wird jedes Jahr ermittelt. In dem Index berücksichtigte Bereiche sind der Zustand

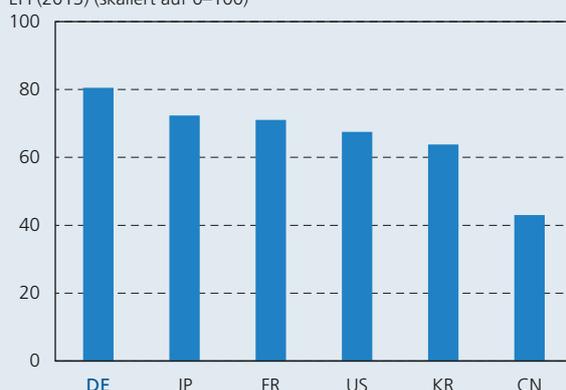
des Ökosystems, Luft, Wasser, Biodiversität, natürliche Ressourcen und Energie. In jedem Bereich können hundert Punkte erreicht werden, die gewichtet zum aggregierten EPI zusammengesetzt werden. Bei der hier durchgeführten Untersuchung werden die aktuellen Werte von 2014 verwendet.

Ergebnis und Interpretation

Deutschland hat auf Basis des EPI die umweltfreundlichsten Produktionsbedingungen, da es insbesondere im Gesundheits- und Wasserbereich sowie der Biodiversität Stärken aufweisen kann. Demgegenüber determiniert der Indikator für China Schwächen aufgrund der schlechten Bewertung in den Bereichen Luftqualität und Wasser. Die übrigen Länder liegen alle gleichermaßen im Mittelfeld.

Environmental Performance Index (EPI)

EPI (2013) (skaliert auf 0–100)



GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX (GENERELLE TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT)

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die generelle technologische Leistungsfähigkeit eines Landes darzustellen und damit das Potenzial für die Produktion von Hochtechnologien und damit auch LIB aufzuzeigen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der GCI soll die Frage beantworten, wie geeignet ein Land ist, Produktion für Hochtechnologien aufzubauen. Der GCI wird jährlich vom World Economic Forum⁴⁴ ermittelt. In dem Index werden die Bereiche Institutionen, Infrastruktur, makroökonomisches Umfeld, Gesundheit und Grundschulbildung, Hochschulbildung und Ausbildung, Markteffizienz, Arbeitsmarkteffizienz, Finanzmarktentwicklung, technologische Bereitschaft, Marktgröße, Geschäftsraffinesse und Innovation berücksichtigt. Die einzelnen Bereiche werden mit einer Skala von 1 bis 7 bewertet und in die Kategorien „Faktorgetrieben“, „Effizienzgetrieben“

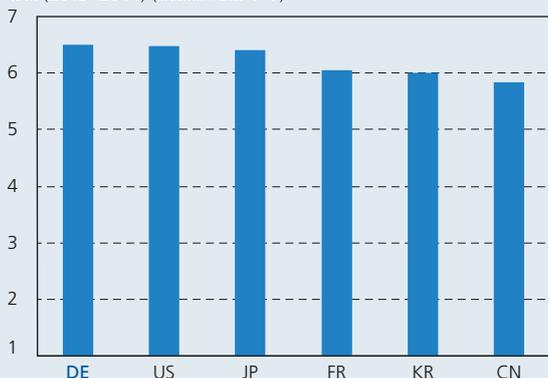
und „Innovationsgetrieben“ gegliedert. Je nach Entwicklungsstand eines Landes (gemessen am BIP pro Kopf) wird der aggregierte GCI mit unterschiedlichen Gewichtungen für die Kategorien ermittelt. Mit dem GCI werden die Marktstrukturen in den untersuchten Ländern generell beschrieben und ein Leistungspotenzial angegeben. Zudem wird der LIB-Markt im Kontext des gesamten nationalen Marktes betrachtet und somit die allgemeinen Randbedingungen für das Agieren von LIB-Unternehmen in diesen Märkten dargestellt. Es wird der GCI für die Jahre 2013/2014 verwendet.

Ergebnis und Interpretation

Deutschland, die USA und Japan besitzen bzgl. des GCI klare Stärken und zeigen gegenüber Frankreich und Korea leichte Vorteile. Aufgrund einer ähnlichen wirtschaftlichen Struktur fallen die GCI-Resultate für diese Länder in ähnlicher Höhe aus. China besitzt hier Schwächen gegenüber den betrachteten restlichen Ländern, ist weltweit aber auch im oberen Drittel des GCI-Rankings aufzufinden.

Global Competitiveness Index (GCI)

GCI (2013–2014) (skaliert auf 1–7)



WORLDWIDE GOVERNANCE INDICATORS (QUALITÄT DER REGIERUNGSFÜHRUNG/STABILITÄT)

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es die Qualität der Regierungsführung bzw. deren Stabilität zu messen. Der Indikator gibt Hinweise, wie stabil Rahmenbedingungen und politische Zielsetzungen z. B. für Batterieproduktion und Elektromobilität sind.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Mit dem WGI soll die Frage beantwortet werden, wie stabil die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen eines Landes (z. B. mit Blick auf politische und gesellschaftliche Zielsetzungen zur Elektromobilität und eine nationale Batterieproduktion) sind. Der WGI wird jährlich von der Weltbank ermittelt. Die sechs berücksichtigten Bereiche sind Mitspracherecht und Verantwortlichkeit, Politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt, Leistungsfähigkeit der Regierung, Staatliche Ordnungspolitik, Rechts-

staatlichkeit sowie Korruptionskontrolle. Bei der Bewertung der einzelnen Bereiche wird von der Weltbank eine Skala von -2,5 bis 2,5 verwendet. Bei der hier durchgeführten Studie werden die aktuellsten Werte für das Jahr 2012 verwendet.⁴⁵ Diese Werte wurden auf eine Skala von null bis hundert normiert und darauf folgend der Mittelwert aus den sechs genannten Bereichen bestimmt.

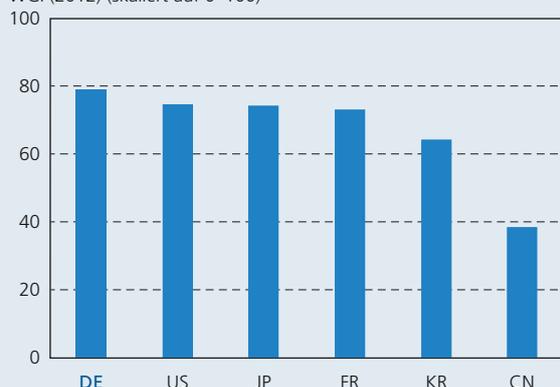
Ergebnis und Interpretation

Deutschland wird im WGI am besten bewertet, da es hier in allen fünf Bereichen den besten Platz erreicht. Dicht hintereinander folgen die USA, Japan und Frankreich. Frankreich wird etwas schwächer bei der politischen Stabilität bewertet. Die genannten Länder können gegenüber Korea leichte Vorteile aufweisen, das zum einen im Bereich der politischen Stabilität und zum anderen hinsichtlich der Korruptionskontrolle schlechter bewertet wird.

Insbesondere China offenbart nach dem WGI besondere Schwächen bei der Qualität der Regierungsführung. In allen Bereichen schneidet es deutlich schlechter ab als die übrigen Länder, wodurch sich eine große Lücke zu den übrigen Ländern im Gesamtbild ergibt. Speziell die ersten beiden genannten Bereiche reduzieren den WGI von China.

Worldwide Governance Indicators (WGI)

WGI (2012) (skaliert auf 0–100)



FuE-ANTEIL DER UNTERNEHMEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, den Grad der FuE-Anstrengungen von Unternehmen abzuschätzen. Dies gibt einen Hinweis darauf, wie intensiv die Industrie mittel- bis langfristig innoviert, um sich für Zukunftsmärkte vorzubereiten.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Gemessen wird der Anteil der Unternehmenspublikationen und -patentanmeldungen in einem Land, wobei die Teilindikatoren mit jeweils fünfzig Prozent gleichgewichtet werden. Publikationen geben eine Auskunft über stärker forschungsorientierte und längerfristige Aktivitäten und Patentanmeldungen über eher mittelfristige und marktnahe Entwicklungsarbeiten. Es werden jeweils die letzten fünf aktuellsten Jahre betrachtet. Publika-

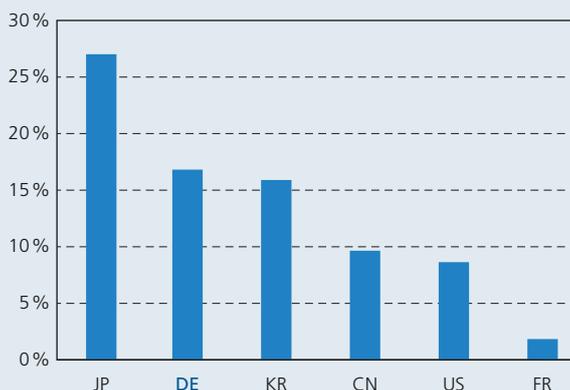
tionen wurden auf Basis einer Schlagwortsuche zu „Batterieforschung mit dem Einsatzzweck in elektromobilen Anwendungen“ im Web of Science (WoS)⁴⁶ ermittelt. Patentanmeldungen wurden auf Basis einer IPC-Abgrenzung ermittelt, die Batteriepatentanmeldungen im Bereich der Fahrzeuge in den Unterklassen von H01M und B60 erfasst. Die Recherche erfolgte mit PATSTAT.

Ergebnis und Interpretation

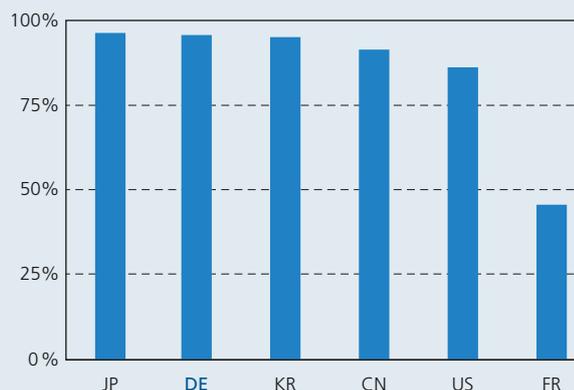
Gerade dt. Unternehmen stehen durch intensive Forschungsanstrengungen hervor, was für eine langfristige Vorbereitung der Industrie spricht. An etwa jeder vierten Publikation sind dt. Unternehmen beteiligt. Japan und die USA folgen mit etwa gleicher Forschungsintensität der Unternehmen. In Korea und Frankreich sind Unternehmen an weniger als zehn Prozent der gesamten Publikationen in dem Forschungsfeld beteiligt. In China spielen Unternehmenspublikationen praktisch keine Rolle im Vergleich

zu den Publikationen der Forschungseinrichtungen. Bei Patentanmeldungen zeigen sich insgesamt typische hohe Anteile von meist über achtzig bis neunzig Prozent. Einzig Frankreich sticht mit einem sehr geringen Anteil von Unternehmenspatenten mit weniger als fünfzig Prozent der Batterie- und Fahrzeugindustrie hervor. Marktnahe Entwicklungsaktivitäten von Forschungseinrichtungen spielen hier offenbar eine zentrale Rolle.

Anteil der Unternehmenspublikationen an Publikationen zu Batterien für xEV insgesamt



Anteil der Unternehmenspatente an Patenten zu Batterien für xEV insgesamt



AUSBILDUNG / FACHKRÄFTE

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, das Humankapital bzw. Fachkräfte und Nachwuchs zu ermitteln. Dies dient als Hinweis darauf, ob und wie sich die Länder die für eine industrielle Verankerung wichtigen personellen Ressourcen aufbauen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Gemessen wird der Anteil der Autoren wissenschaftlicher Arbeiten (Publikationen) und Erfinder technologischer Innovationen (Patente) sowie die Zunahme der Autoren und Erfinder in den letzten drei Jahren im Ländervergleich mit einer Gewichtung der Teilindikatoren sowie des Anteils und Wachstums des Humankapitals von jeweils fünfzig Prozent. Basis sind die unter Indika-

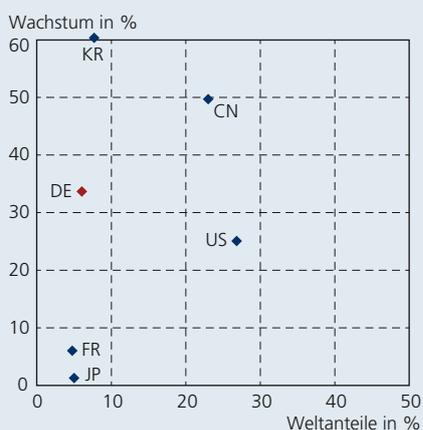
tor 16 vorgestellten Suchstrategien zu „Batteriepublikationen und -patenten mit Fokus auf elektromobilen Anwendungen“. Publikationen und Patente erfassen somit typischerweise Naturwissenschaftler bzw. Ingenieure im Bereich der Batterie- und Automobil-FuE und weniger die technischen Fachkräfte.

Ergebnis und Interpretation

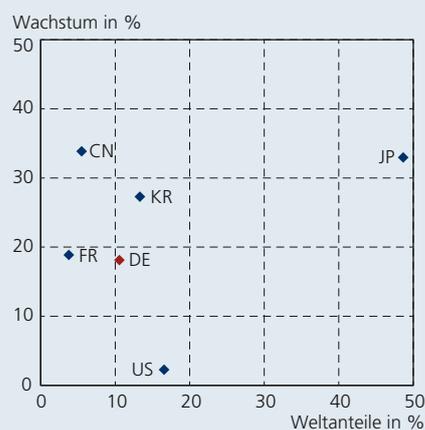
Vor allem hinsichtlich der Patente weist Japan den mit deutlichem Abstand höchsten Anteil an Erfindern im Bereich der „Batterieentwicklung für die Elektromobilität“ auf. Japan ist traditionell und mit Blick auf die marktnahe Entwicklung extrem gut durch erfahrene Experten aufgestellt und verbreitert diese Basis offenbar weiterhin, was sich anhand steigender Patentzahlen sehen lässt. Alle weiteren Länder greifen hier auf ein im Vergleich deutlich geringeres Humankapital zurück, wobei insbesondere China

und Korea ein mit Japan vergleichbar hohes Wachstum des Humankapitals anhand der Erfinder aufweisen. Wissenschaftliches Humankapital gemessen anhand der Autoren von Publikationen weisen insbesondere die USA und China auf. Korea, China, Deutschland und die USA bauen hier (mit absteigender Dynamik) deutlich Nachwuchs auf. In Frankreich und Japan zeigt sich dagegen kaum Wachstum im wissenschaftlichen Bereich.

**Autoren internationaler Publikationen
Batterien für xEV**



**Internationale Erfinder – Patente
Batterien für xEV**



PUBLIKATIONEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Wissensbasis eines Landes als Hinweis auf die langfristig zu erwartende Innovationsfähigkeit zu messen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Gemessen werden für den Zeitraum der letzten fünf Jahre der Weltanteil und das Wachstum der wissenschaftlichen Arbeiten (Publikationen) der Länder im Vergleich mit einer Gewichtung der Teilindikatoren sowie des Anteils und Wachstums der Publikationen von jeweils fünfzig Prozent. Neben Suchstrategien zu Batterien für elektromobile Anwendungen (siehe Indikatoren 16

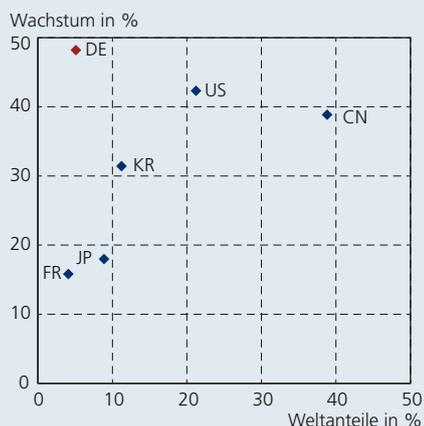
und 17) werden hier auch Publikationen im Bereich der LIB-Forschung als Schlüsseltechnologie für xEV betrachtet. Damit werden sowohl Batteriematerial-, -komponenten und -zellforschung als auch die Forschung im Bereich der Fahrzeugintegration der Batterien berücksichtigt.

Ergebnis und Interpretation

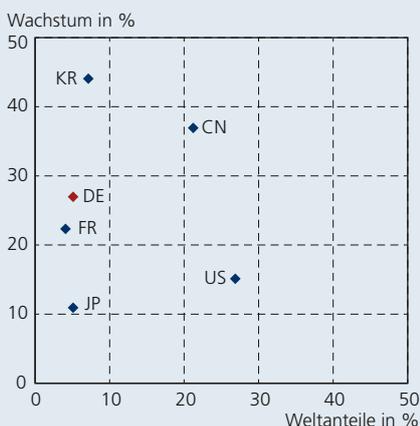
Der Ländervergleich zeigt, dass China und die USA in den vergangenen fünf Jahren eine vergleichsweise große Wissensbasis aufgebaut haben, die im Fall Chinas weiterhin dynamisch wächst und im Fall der USA nur im Bereich der LIB-Forschung. Deutschland baut besonders im Bereich der LIB-Forschung Know-how

auf, während Korea dies stärker im Bereich der Batterieintegration aufbaut. Japan und Frankreich weisen eine vergleichsweise geringe Dynamik auf, sind aber hinsichtlich des Publikationsaufkommens insgesamt auf einer ähnlichen Ebene wie Deutschland und Korea hinter den USA und China aktiv.

Publikationen LIB



Publikationen Batterien für xEV



PATENTE

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die technologische Wissensbasis eines Landes als Hinweis auf die kurz- bis mittelfristig zu erwartende Innovationsfähigkeit und ggf. auch Marktvorbereitung zu messen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

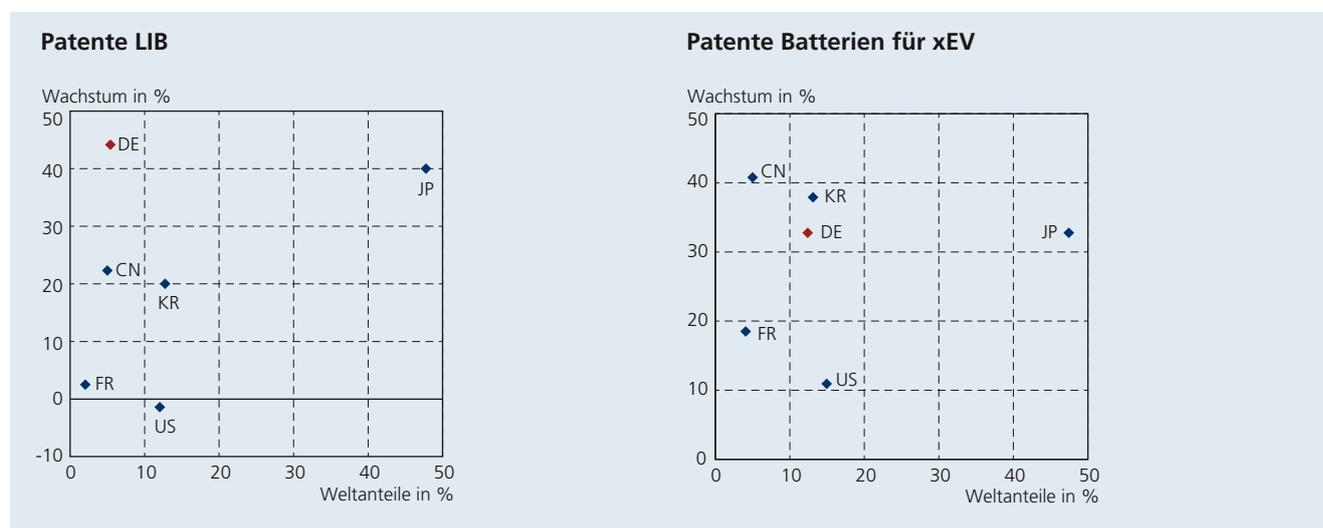
Untersucht werden für den Zeitraum der letzten fünf Jahre der Weltanteil und das Wachstum technologischer Innovationen (Patente) der Länder im Vergleich mit einer Gewichtung der Teilindikatoren sowie des Anteils und Wachstums der Patentanmeldungen von jeweils fünfzig Prozent. Neben Suchstrategien zu Batterien für elektromobile Anwendungen (siehe Indikatoren 16

und 17) werden hier auch Patentanmeldungen im Bereich der LIB-Entwicklung als Schlüsseltechnologie für xEV betrachtet. Damit werden sowohl Batteriematerial, -komponenten und -zellentwicklung als auch die Entwicklung im Bereich der Fahrzeugintegration der Batterien berücksichtigt.

Ergebnis und Interpretation

Japan zeigt sich sowohl im Bereich der LIB-Entwicklung als auch Fahrzeugintegration der Batterien als klarer Technologieführer mit den deutlich größten Weltanteilen und gleichzeitig hoher Patentanmeldedynamik. Korea, Deutschland und China weisen ein hohes Wachstum von einem vergleichsweise niedrigen Niveau ausgehend auf. Deutschland zeigt dabei insbesondere

bei der LIB-Entwicklung eine hohe Dynamik. Frankreich und die USA weisen eine geringe und teilweise sogar negative Dynamik bei Patentanmeldungen auf. Für Deutschland lässt das insgesamt hohe Wachstum der Patentanmeldungen auf einen soliden Ausbau der technologischen Basis in den kommenden Jahren hoffen.



POTENZIAL, BESTE LEISTUNGSPARAMETER ZU ERREICHEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, als Hinweis auf das Anbieterpotenzial die Chancen bzw. Potenziale der Länder einzuschätzen, Fortschritte hinsichtlich zentraler Leistungsparameter der Batterietechnologien zu erreichen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

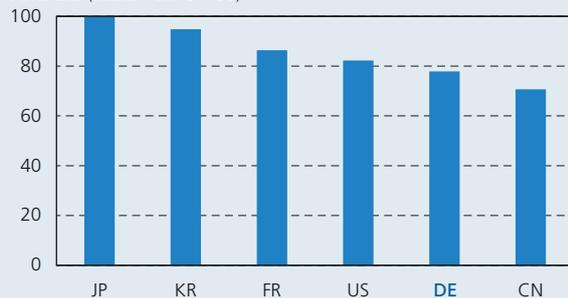
Auf Basis einer weltweit durchgeführten Umfrage unter mehr als neunzig Batterieexperten in den sechs Vergleichsländern werden die Einschätzungen der Experten bzgl. der Frage wiedergegeben, welche Potenziale den jeweiligen Ländern zugetraut werden, die besten Leistungsparameter bei Energiedichte, Lebensdauer, Sicherheit, Kosten schon kurzfristig zu erreichen.⁴⁷ Das Land, welchem jeweils die größten Potenziale zugetraut werden, ist jeweils auf hundert Prozent normiert. Die vier Leistungsparameter gingen jeweils mit gleicher Gewichtung in die Bewertung ein. Ein alternativer Ländervergleich auf tatsächlich aktuellen Batterieparametern wäre kaum darstellbar, da z. B. nach einzelnen Organisationen, konkreten Batterietypen, jeweiligem Stand von FuE bis Produkt etc. zu unterscheiden wäre. Die Expertenbefragung gibt daher zumindest eine Möglichkeit des Ländervergleichs und durchaus plausible Einschätzung führender Experten.

Ergebnis und Interpretation

Japan wird bzgl. des Erreichens besserer Energiedichten, Lebensdauern und Sicherheit mit deutlichem Vorsprung jeweils vor dem klassischen „second mover“ Korea, im Falle der Sicherheit vor Deutschland, das höchste Potenzial zugetraut. Deutschlands Stärken liegen in der Lebensdauer und Sicherheit, bzgl. Energiedichte und bei den Kosten ist Deutschlands Position relativ abgeschlagen. China liegt bei der Einschätzung Batterien mit niedrigsten Kosten anzubieten deutlich vorne, vor Korea.

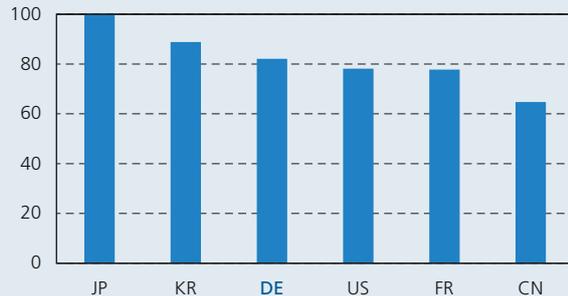
Energiedichte

Potenzial (skaliert auf 0–100)



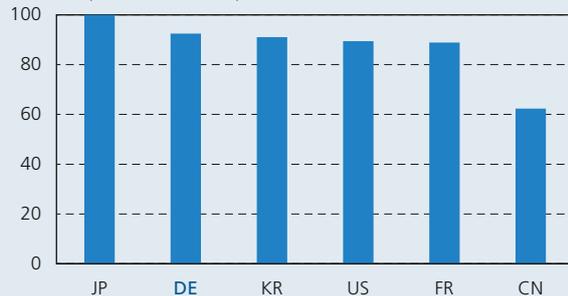
Lebensdauer

Potenzial (skaliert auf 0–100)



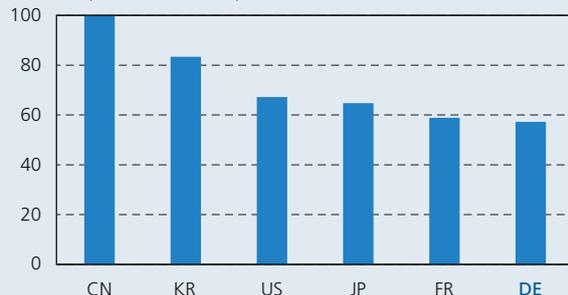
Sicherheit

Potenzial (skaliert auf 0–100)



Kosten

Potenzial (skaliert auf 0–100)



POLITISCHE ZIELE

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, das politische Engagement der Regierungen zu bewerten.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die Bewertung des politischen Engagements anhand internationaler Regierungsziele dient als qualitative Hintergrundinformation zu dem eigentlichen Indikator 21B und soll zeigen, aus welchen Gründen und Motiven die Regierungen der Länder

den Bereich der Energiespeicher und die Elektromobilität unterstützen. Politische Dokumente und Strategiepapiere nennen Hintergründe zu dem Engagement der Länder.⁴⁸

Ergebnis und Interpretation

Japan hat sich seit den 1970er Jahren aufgrund der zweimal ausgebrochenen Erdölkrise mit der Reduzierung der Abhängigkeit von den fossilen Energiequellen beschäftigt. Die Batterieforschung bzw. die Elektromobilität zählen zu Teilprojekten unter diesem großen Vorhaben. Das Hauptziel hinter der Batterieforschung ist die Sicherheit der Energieversorgung für die Zukunft. Chinas Ziel liegt hingegen darin, auf der einen Seite die nationale Batterieindustrie aufzubauen und auf der anderen Seite die nationale xEV-Industrie global zu etablieren, um gegenüber den weltweit führenden OEM aufzuholen. Korea hat im „battery 2020 project“ sein Ziel unmissverständlich formuliert, bis 2020 zum größten Batterieproduzenten weltweit zu werden. Bis dahin sollen fünfzig Prozent der hergestellten großformatigen Batterien in Korea hergestellt werden. Die USA haben unter der Obama-Administration große Ambitionen zur Etablierung einer „green

economy“ gezeigt. In Hinsicht auf die Elektromobilität zielen die USA auf eine schnelle Marktdurchdringung ab. Konkret gemeint ist damit zweierlei: Batteriekostenreduzierung und Batterieleistungserhöhung mit Hilfe von revolutionären neuen Batterieentwicklungen. Frankreich will durch das Projekt „Elektromobilität“ die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Automobilindustrie wieder stärken. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass französische Autohersteller im Bereich von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren stetig Marktanteile verloren haben, ist das Projekt von besonderer strategischer Bedeutung. Die dt. Regierung gibt als Ziel bzgl. LIB aus, Leitanbieter bzw. Leitmarkt für Elektromobilität werden zu wollen. Dabei soll die Zielkombination von Klimaschutz, Energiewende und die Sicherung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands erreicht werden.

Überblick über die politischen Ziele

Japan	Sicherheit der Energieversorgung
China	Aufbau der nationalen LIB/Batterieindustrie und Elektromobilität
Korea	Größter Batterieproduzent
USA	Marktdurchdringung von Elektromobilität
Frankreich	Wettbewerbsfähigkeit der Automobilindustrie
Deutschland	Leitanbieter/Leitmarkt

FRISTEN DER MASTERPLANUNG

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, Dauer und Kontinuität des politischen Engagements im Ländervergleich hier auch quantitativ einzuschätzen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die „Masterplanung“ spiegelt die Dauer und die Kontinuität des politischen Engagements wider. Bei diesem Indikator wird allerdings nicht auf die Historie eingegangen, weil diese nicht im Vordergrund steht. Stattdessen soll vorausgeschaut werden: Seit 2009 haben nach mehrjährigen Diskussionen über politische Maßnahmen zum Umweltschutz und zur Nachhaltigkeit Regierungen weltweit im Zusammenhang mit der globalen Finanzkrise erneut Impulse bekommen und ihre nationalen Zielwerte

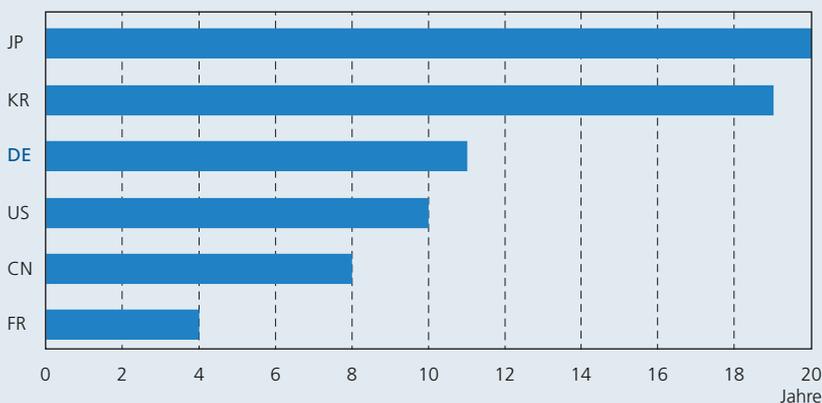
für die Markteinführung und -diffusion von xEV angekündigt. Obwohl alternative Technologien wie die Brennstoffzellentechnologie auch in die Diskussionen mit einbezogen sind, werden LIB als die Energiespeicherlösung für die zeitnahe Marktdurchdringung der Elektromobilität gesehen. Vor diesem Hintergrund werden hier die aktuellsten Masterpläne der sechs betrachteten Länder berücksichtigt und gemäß ihrer Planungsfristen bewertet.⁴⁹

Ergebnis und Interpretation

Japan plant traditionell langfristig und ganzheitlich flankiert durch regelmäßig erscheinende Roadmaps und Förderprogramme. Bei der gegenwärtigen Strategie handelt es sich um eine langfristig geplante Diffusionsstrategie, darunter sechs zusammenhängende Teilstrategien, wie z. B. die Batterie-, Infrastruktur-, Ressourcen-Strategie und die Strategie zur internationalen Standardisierung. Die Planungsfrist erstreckt sich vom Jahr 2010 bis zum Jahr 2030 bzw. ist zeitlich offen und stellt daher den langfristigen Masterplan dar. Korea hat später mit einer Masterplanung angefangen, aber dafür gleich mit einer langfristigen Planung (2011 bis 2030), die politische Entschlossenheit zeigt. Der Fokus liegt insbesondere auf dem Aufbau der Batterieindustrie.

Deutschlands aktueller Masterplan ist auf elf Jahre angelegt. Dabei geht es auch um einen vielseitigen Integrationsplan. Die US-Regierung hat eine zehnjährige Planung festgelegt. Die Förderung der Batterietechnologie für die Elektromobilität ist mit der Strategie der „Kostensenkung“ sowie „Revolution der Speichertechnologie“ (mittels disruptiver Batterietechnologien) verbunden. China hat im Jahr 1996 mit der Förderung von LIB-Technologien begonnen. Der aktuelle Entwicklungsplan zur Elektromobilität (darunter auch Energiespeicher) ist auf acht Jahre angelegt. Im Vergleich zu den anderen Ländern hat Frankreich seit dem „Pacte Automobile“ (angelegt von 2009 bis 2012) keine aktuelle oder länger laufende Planung vorgelegt.

Überblick über die Fristen der Masterplanung



JP	Next generation vehicle strategy 2010 (2010–xx)
KR	Green car project/Battery 2020 (2011–2030)
DE	Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität (2009–2020)
US	BES/ARPA-E/EERE (ARRA) (2009–2019)
CN	Development plan for energy-efficient and new energy vehicle industry (2012–2020)
FR	Pacte automobile (2009–2012)

(ÖFFENTLICHE) LIB / BATTERIE-FORSCHUNGS-FÖRDERUNG

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Batterieforschungsförderung als Hinweis auf die Intensität der öffentlichen Förderung über die Länder hinweg zu vergleichen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Sowohl Förderzeiträume und -schwerpunkte als auch Förderinstrumente und fördernde Institutionen unterscheiden sich über alle Länder hinweg, was eine Bewertung erschwert. Es werden daher Durchschnittswerte der letzten Jahre betrachtet und Budgets jeweiliger Programme über die Laufzeiten gemittelt. Der Fokus liegt auf Batterieforschung (idealerweise LIB für die Elektromobilität). Förderprogramme können aber z.T. auch nicht LIB beinhalten oder auch die Förderung jenseits der Elektro-

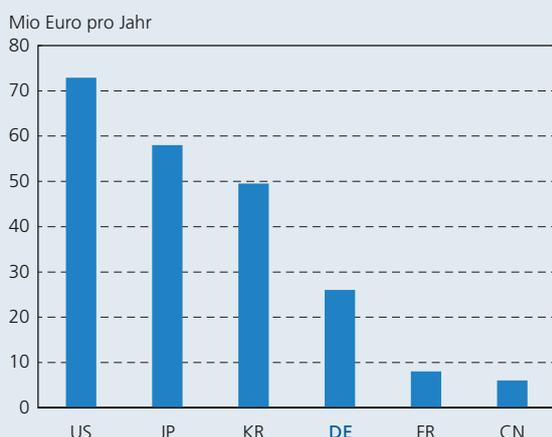
mobilität betreffen. Elektromobilität insgesamt wird aber nicht betrachtet. Weiterhin liegt der Fokus auf Forschungsförderung von Batteriematerialien bis hin zur Zell- und Systemebene. Zur besseren Transparenz werden jeweils zentrale Förderorganisationen der Länder betrachtet.⁵⁰ Eine umfassende Bewertung der gesamten Forschungsförderung der jeweiligen Länder ist kaum darstellbar. Die ermittelten Fördervolumina können daher aber auch als untere Grenze verstanden werden.

Ergebnis und Interpretation

Die USA fördern LIB und die Batterie-FuE aktuell am intensivsten. Das Department of Energy (DOE) stellt durchschnittlich fast 73 Millionen Euro für die Batterieforschung zur Verfügung, ein vergleichsweise sogar kleiner Betrag gegenüber der 13,6 Milliarden Euro-Förderung zur Elektromobilität insgesamt unter dem American Recovery and Reinvestment Act (ARRA). Japan fördert die Batterieforschung durchschnittlich mit rund 58 Millionen Euro pro Jahr durch die New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) bzw. das Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), dies allerdings bereits seit Jahren auf diesem hohen Niveau. In Korea wurden in den letzten

Jahren durchschnittlich rund 50 Millionen Euro vom Ministry of Knowledge Economy (MKE) bereitgestellt. Die Summe fällt nicht besonders hoch aus, wenn man sie mit den Investitionen der koreanischen Industrie vergleicht, die bis 2020 ca. 10 Milliarden Euro Investition in die Batterieproduktion im Rahmen des „Battery 2020 Project“ versprochen hat. Mit jährlich 26 Millionen Euro befindet sich Deutschland bzw. die Förderung durch das BMBF im Mittelfeld. Frankreich bzw. die Agence nationale de la recherche (ANR) und China bzw. das Ministry of Science and Technology (MOST) bilden gemeinsam das Schlusslicht im internationalen Vergleich.

Vergleich der öffentlichen Batterieforschungsförderung



FÖRDERUNG INDUSTRIELLER FuE-TÄTIGKEITEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Förderung industrieller FuE als Hinweis auf die Unterstützung und Motivation der Industrie in der Batterieforschung zu vergleichen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Unter dem Begriff der „Förderung industrieller FuE-Tätigkeiten“ versteht man vielfältige politische Maßnahmen, wie steuerliche Vorteile für FuE-Ausgaben, direkte FuE-Subventionen und die Etablierung von Allianzen bzw. Konsortien zwischen öffentlichen und privaten Sektoren. Ähnlich wie die politischen Maßnahmen beim Indikator 5 für Marktanreizprogramme sind alle diese politischen Maßnahmen auch überwiegend von qualitativer Natur oder kaum quantitativ über Länder hinweg vergleichbar. Damit solche Maßnahmen quantifizierbar werden, wird auf die Ergeb-

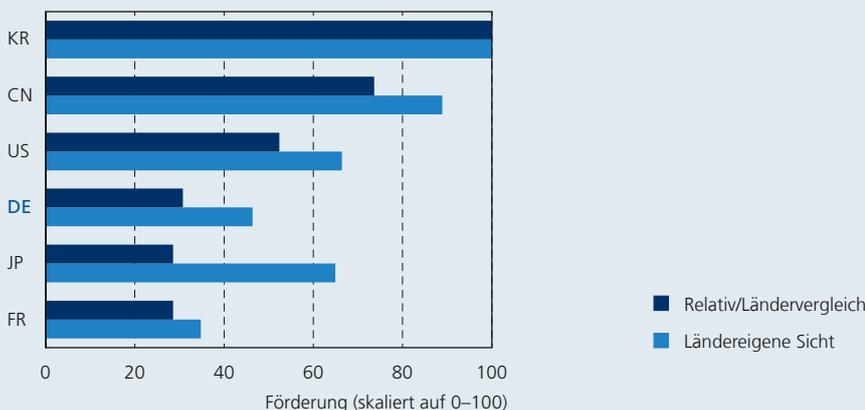
nisse einer internationalen Expertenbefragung des Fraunhofer ISI zurückgegriffen.⁵¹ Mehr als neunzig Batterieexperten aus den betrachteten Ländern haben ihre Bewertungen der Förderung von Batterieproduktion/-produktionslinien im internationalen Vergleich (relativ/ Ländervergleich) abgegeben. Die relativen Bewertungen gehen als Indikator ein. Damit diese subjektiven Bewertungen nachvollzogen werden können, wird z. T. auf tatsächliche Begünstigungen industrieller FuE durch steuerliche Vorteile oder Bezuschussungen zur Plausibilisierung eingegangen.

Ergebnis und Interpretation

Korea und China sind am ehesten zufrieden mit der öffentlichen Förderung industrieller FuE/Produktions-FuE-Förderung. In der Tat wird die industrielle FuE in den beiden Ländern begünstigt. In Korea wurde die xEV-Industrie direkt subventioniert.⁵² In China genießen alle Hightech-Unternehmen eine Steuerreduzierung der FuE-Ausgaben.⁵³ Die USA folgen vor Japan, Deutschland und Frankreich. Japanische Experten zeigen sich im internatio-

nen Vergleich hinsichtlich der inländischen politischen Fördermaßnahmen industrieller FuE am wenigsten zufrieden, was aber auch Hinweis darauf ist, dass Japan hier eine Führungsrolle zu verteidigen hat. Bemerkenswert ist, dass in allen Ländern zudem bereits Batterie-Allianzen bzw. Konsortien mit Beteiligung der Industrie gebildet wurden, obwohl sie sich sehr in Modellen und Umfängen unterscheiden.

Vergleich der Förderung industrieller FuE-Tätigkeiten



VERHÄLTNIS FuE-INTENSITÄT PRIVAT / ÖFFENTLICH

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Arbeits- bzw. Rollenverteilung der FuE zwischen dem privaten und öffentlichen Sektor als frühen Indikator auf eine ausgewogene Netzwerkbildung bzw. Beteiligung der Industrie und Forschung zu ermitteln.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Gemessen wird das Verhältnis der FuE-Anteile zwischen dem privaten (Industrie) und öffentlichen (Universitäten und andere Forschungseinrichtungen) Sektor anhand der Publikationen der letzten fünf Jahre zu LIB sowie Batterien für die Elektromobilität (Gleichgewichtung beider Teilindikatoren, bzgl. Suchstrategien siehe auch Indikator 18). Gerade mit Blick auf eine langfristig ausgewogene Rollenverteilung und Kooperationsgrundlage eignen sich Publikationsaktivitäten. Patentaktivitäten wurden hier daher

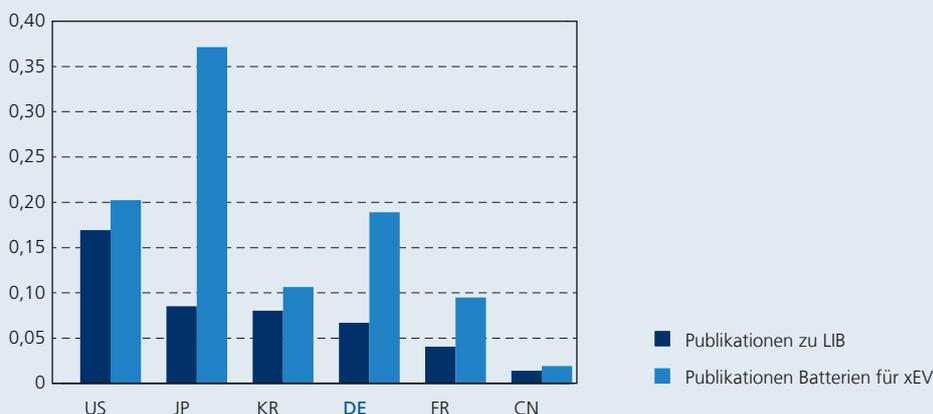
nicht betrachtet. Auch spiegeln Publikationen in einer ausgewogeneren Form die dahinter stehende öffentliche Forschungsförderung wider. Kosten für Patentanmeldungen sind z.B. für Forschungseinrichtungen in der Regel durch Förderung nicht abgedeckt und Unternehmen machen dies ohne Fördergelder. Für Publikationen sind private und öffentliche Akteure eher ähnlich stark durch eine Förderung motiviert.

Ergebnis und Interpretation

Bzgl. der Publikationen zu „Lithium-Ionen-Batterien“ weisen nach Japan Deutschland, Korea und die USA die ausgewogenste Beteiligung des privaten Sektors an den Forschungsaktivitäten auf. Bzgl. der Publikationen zu „Batterien für die Elektromobilität“ sind Unternehmen in Deutschland sogar deutlich forschungsintensiver als in Japan und den USA. Frankreich und China liegen in beiden Betrachtungen auf den jeweils letzten beiden Plätzen.

Deutschland stellt sich somit rund um die Energiespeichersforschung für xEV mit guter Unternehmensbeteiligung für die Zukunft auf. In China sind die reine Masse publizierender Forscher und in Frankreich die gegenüber der Industrie deutlich ausgeprägteren Forschungseinrichtungen wie CEA oder CNRS sicherlich Gründe für die weniger ausgewogene Rollenverteilung.

Verhältnis der Publikationsanteile von Unternehmen zu Forschungseinrichtungen



ZIELVORGABEN BZGL. DER BATTERIEPARAMETER

ZIEL DES INDIKATORS

Es sollen Zielvorgaben bzgl. der Entwicklung von Batterieparametern als Hinweis auf anvisierte FuE-Fortschritte verglichen werden.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Um die Marktdurchdringung der xEV zu beschleunigen, spielen zwei Eigenschaften von Batterien eine wichtige Rolle: Batteriekosten und -leistung. Aus diesem Grund haben die meisten Länder in ihren Batterieentwicklungs-Roadmaps die Zielvorgaben bzgl. der Energiedichte, gemessen durch Wattstunden pro Kilogramm (Wh/kg) und Zellkosten, gemessen durch Euro pro Kilowattstunde (€/kWh) festgelegt.⁵⁴ Dies weist auf den erwünschten

Forschungoutput hin und reflektiert gleichzeitig die politische Ambition, die FuE zu Batterien im Land intensiv voranzutreiben. Da die betrachteten Länder unterschiedliche Ausgangssituationen besitzen, wird der Indikator durch den zwischen 2015 und 2020 zu erzielenden Verbesserungsfaktor gemessen. Die Faktoren für Energiedichte und Kosten gehen jeweils gleich gewichtet ein.

Ergebnis und Interpretation

Die USA, China und Korea weisen die ambitioniertesten Zielvorgaben auf, allerdings in unterschiedlichen Aspekten. Während die USA mit der Kostensenkung bis 2020 ihre Führungsposition (100 Euro/kWh) behaupten wollen, setzt China einen äußerst ambitionierten Zielwert bzgl. der Energiedichte (im Jahr 2020 300 Wh/kg). Korea will sowohl in Hinsicht auf die Energiedichte (im Jahr 2020 250 Wh/kg) als auch in Hinsicht auf die Kosten (im Jahr 2020 150 Euro/kWh) in großem Maße die Leistungen ver-

bessern. Japan liegt eher im Mittelfeld der jeweiligen Länder. Seine Zielvorgaben werden traditionell als „Vorbild“ bzw. „Benchmarking“ von anderen Ländern und Akteuren betrachtet. Deutschland verhält sich bzgl. dieser Parameter sehr konservativ und bildet folglich das Schlusslicht. Da für Frankreich keine derartigen Zielvorgaben identifiziert werden können bzw. vorliegen, wird Frankreich ebenso wie Deutschland bewertet (die dt. Roadmap wird auch als europaweit gültig angesehen).

Überblick über die Zielvorgaben bzgl. der Batterieparameter

Faktoren	Japan	China	Korea	USA	Frankreich (EU)	Deutschland (EU)
Energiedichte (bis 2015, Wh/kg)	150	150	100–180	200	k. A.	105–110
Energiedichte (bis 2020, Wh/kg)	250	300	250	250	k. A.	130
Verbesserung Faktor x	1,7	2	1,8	1,25	k. A.	1,2
Kosten/Pack (bis 2015, €/kWh)	300	250	350–210	230	k. A.	400–300
Kosten/Pack (bis 2020, €/kWh)	200	180	150	100	k. A.	300
Verbesserung Faktor x	1,5	1,4	1,9	2,3	k. A.	1,25

INLÄNDISCH REAL PRODUZIERTE ZELLEN UND POTENZIAL DER EIGENBEDARFSDECKUNG

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, durch Zellproduktion und -bedarf die Ausprägung der landesinternen Anbieterseite in Relation zur Größe der Abnehmerseite zu setzen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

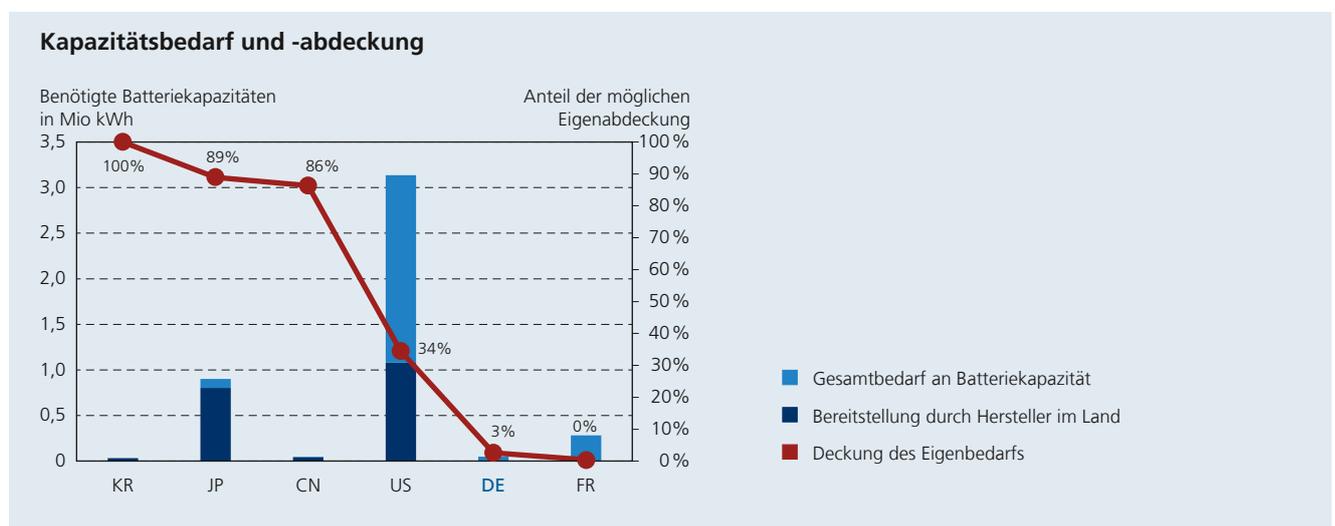
Der Indikator zeigt, inwiefern ein Land fähig ist, als möglicher Leitanbieter zu fungieren und seinen eigenen Bedarf zu decken. Der Indikator basiert auf Informationen aus Indikator 1 und ergänzt diese durch Informationen bzgl. der im Land gefertigten LIB, die für den Einsatz im Land gefertigter PKW benötigt werden. Es werden also nur LIB berücksichtigt, die auch im Land

selbst verbaut werden. Das resultierende Potenzial zur Deckung des Eigenbedarfs, als prozentuales Verhältnis von inländischer Produktion zu Nachfrage wird auf der Sekundärachse abgebildet.⁵⁵ Dieser Wert stellt letztendlich den Beitrag für die Indikatorermittlung dar.

Ergebnis und Interpretation

Das Potenzial zur Deckung des Eigenbedarfs an LIB zeigt eine stark heterogene Verteilung zwischen den betrachteten Ländern. Die asiatischen Länder haben das Potenzial ihren Bedarf aus eigener Produktion zu 86 Prozent und mehr zu decken. Der Grund hierfür liegt in der langjährigen Tradition asiatischer Länder in der Produktion von LIB für Konsumgüter.⁵⁶ Bei der Betrachtung der Eigenbedarfsdeckung der asiatischen Länder ist jedoch zu beachten, dass lediglich in Japan die Nachfrage auch in einem nennenswerten Umfang vorhanden ist. Dagegen besteht in den USA sowohl der weltweit größte Bedarf an LIB als auch die weltweit größte LIB-Produktion für den heimischen Markt. Trotz einer Produktion von einer Million kWh kann der Eigenbedarf des

Landes lediglich zu 34 Prozent gedeckt werden. Noch geringer fällt der Grad der Eigenabdeckung in den europäischen Ländern aus. Deutschland bedient nur drei Prozent und Frankreich sogar null Prozent der Nachfrage nach LIB aus heimischer Produktion. Einschränkend gilt es hierbei zu beachten, dass entsprechend der Definition dieses Indikators nur inländische produzierte Zellen für den inländischen Verbrauch betrachtet werden. Als Konsequenz hieraus werden etwa die in Deutschland produzierten LIB für den in Frankreich gebauten Smart und die in Frankreich produzierten LIB des Unternehmens Bolloré für das in Italien hergestellte „Blue Car“ nicht berücksichtigt.



PRODUKTIONSPROGNOSE FÜR INLÄNDISCHE ZELLPRODUKTION 2012–2016

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Prognose der inländischen Zellproduktion als Hinweis auf die erwartete Marktentwicklung und Pläne der Firmen zu vergleichen. Die Prognose ist damit auch ein Frühindikator für zukünftige Marktanteile.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

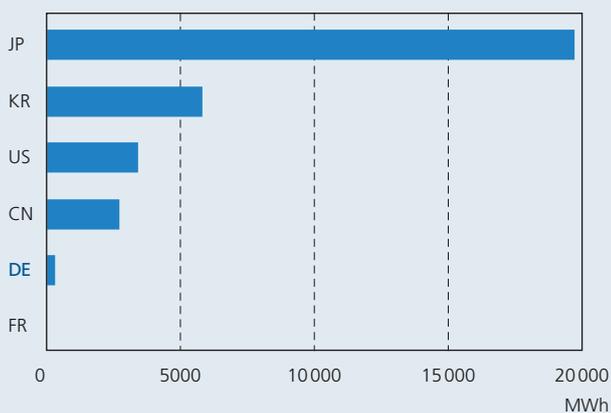
Die Zahlen zur Prognose der Zellproduktion für xEV werden dem Index Elektromobilität⁵⁷ entnommen. In diesen Zahlen wird das erwartete Volumen der Zellproduktion für die Automobilproduktion in Megawattstunden (MWh) dargestellt.

Ergebnis und Interpretation

Es wird erwartet, dass Japan mit einem Volumen von fast zwanzig GWh die mit Abstand höchste Zellproduktion im Zeitraum 2012–2016 haben wird. Korea, die USA und China bilden mit deutlichem Abstand das Mittelfeld. Für Deutschland und Frankreich wird keine mengenmäßig relevante Zellproduktion prognostiziert. Dies steht im Kontrast zu hohen Produktionsprognosen für xEV aus dem Indikator 2 („Inländische Produktion xEV“). Sollten diese Erwartungen realisiert werden, impliziert dies, dass deut-

liche Anteile an Zellen aus dem Ausland importiert werden müssen. Für die USA sind die Entwicklungen im Kontext von Tesla Motors abzuwarten. In Kooperation mit Panasonic aus Japan ist eine „Gigafabrik“ mit einer jährlichen Produktionskapazität von 35 GWh angekündigt, die ab 2017 die Produktion aufnehmen soll und daher in den hier dargestellten Zahlen noch nicht vorhanden ist. Eine solche Entwicklung würde den Markt für Zellen massiv verändern.

Prognose für inländische Zellproduktion für xEV in den Jahren 2012–2016



ANZAHL AN JOINT VENTURES PRO WERTSCHÖPFUNGSKETTENSTUFE

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, den „Grad der Vernetzung“ innerhalb der LIB-Wertschöpfungskette eines Landes zu vergleichen. Dies bietet eine gewisse Planungssicherheit und erleichtert eine Technologiediffusion.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Bei großformatigen LIB für xEV handelt es sich um ein neues Produkt, für das noch keine etablierten Strukturen bestehen. Von der Anbieterseite aus steht daher der Wunsch nach Abnahmesicherheit im Vordergrund und von Kundenseite aus der nach Versorgungssicherheit. JV werden hierbei als ein geeigneter Rahmen angesehen, der eine Planungssicherheit bieten kann. Zudem erleichtern Netzwerke die schnellere Diffusion von technologischem Wissen und können so zu einer steileren Lernkurve führen. Der Indikator zeigt, wo sich bereits feste Strukturen herauskristallisiert haben. Zu dessen Darstellung werden je Wertschöpfungsstufe die Anzahl der JV ermittelt, in

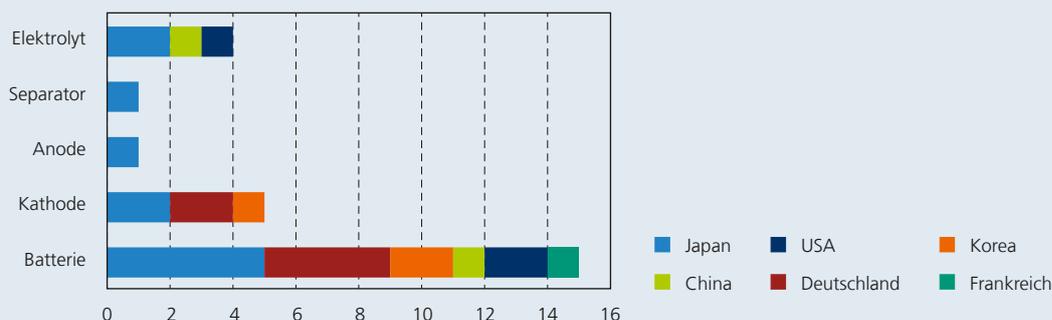
welchen ein Unternehmen mit Hauptsitz in dem betreffenden Land partizipiert. Die notwendigen Informationen hierzu stammen aus diversen Pressemitteilungen sowie Informationen von betreffenden Unternehmenswebseiten. Die betrachteten Wertschöpfungsstufen umfassen die Ebenen der Batterie- bzw. Zellherstellung, der Kathoden-, Anoden-, der Separator- sowie Elektrolytherstellung und somit die Kernkomponenten bzw. -materialien der LIB. Zur Berechnung des Indikators werden die Wertschöpfungsstufen anhand ihrer Wertschöpfungsanteile gewichtet (vgl. hierzu Indikator 32).

Ergebnis und Interpretation

Betrachtet man die Verteilung von JV im Bereich der Lithium-Ionen-Traktionsbatterien, so zeigt sich, dass insbesondere Japan hier eine starke Position einnimmt. Im Jahr 2013 hatten 11 Partner eines JV ihren Hauptsitz in Japan. Damit können ca. vierzig Prozent aller JV ganz oder z.T. Japan zugeordnet werden. Betrachtet man nun auf oder zwischen welchen Wertschöpfungsstufen die JV gebildet werden, so erkennt man, dass die

meisten JV auf der Stufe der Batterie- bzw. Zelle entstehen. Desweiteren stammen nicht nur zahlenmäßig die meisten Akteure in einem JV aus Japan, sondern sie sind auch über alle Stufen der Wertschöpfungskette hinweg verteilt. Im Fall von Deutschland konzentrieren sich die JV auf die Stufen der Batterie- bzw. Zellherstellung und der Kathoden-, auf denen auch die meisten JV anderer Länder aktiv sind.

Anzahl an JV entlang der Wertschöpfungskette



ANZAHL AN LIEFERVERTRÄGEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Ausgestaltung von Lieferbeziehungen einzelner Länder mit OEMs als Hinweis auf eine bestehende Leitanbieterschaft der Länder bzw. eine gewisse Marktmacht der OEM zu vergleichen.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

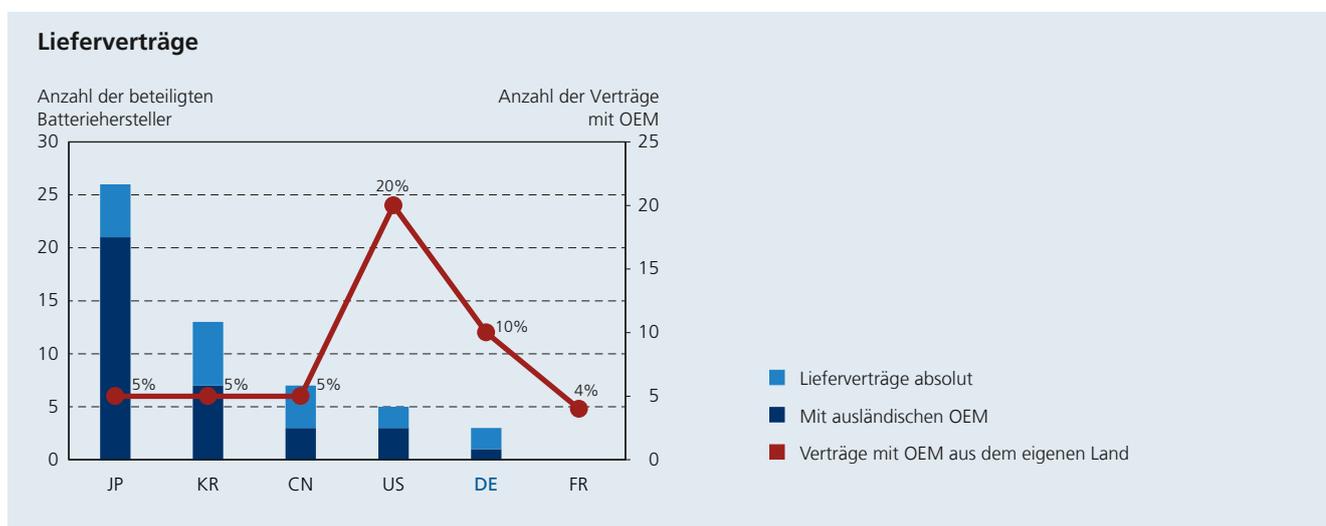
Der Indikator quantifiziert die Lieferverträge, welche zwischen einem Batterie- oder Zellhersteller und einem OEM im Jahr 2013 bestanden. Die Informationen hierzu stammen vom Branchenportal MarkLines⁵⁸ sowie ergänzenden Informationen aus diversen Presseerklärungen und Unternehmenswebseiten. Die Lieferverträge werden nach einzelnen Fahrzeugmodellen analysiert, so dass ein Batteriehersteller mehrere Lieferverträge mit einem OEM haben kann. Dabei gilt einschränkend, dass die Fahrzeuge auch

in Serie produziert werden. Lieferungen im Rahmen von Pilotstudien etc. sollen somit ausgegrenzt werden. Um welche Antriebstechnologie (HEV, PHEV oder BEV) es sich dabei konkret handelt, ist hier nicht relevant, solange eine LIB verbaut ist. Die Belieferung im Rahmen von JV wird bei diesem Indikator nicht berücksichtigt. Bei der Indikatorberechnung geht die Gesamtanzahl der Lieferverträge zu vierzig Prozent ein und solche „mit ausländischen OEMs“ und „OEMs aus dem Land“ mit je dreißig Prozent.

Ergebnis und Interpretation

Mit 26 Lieferverträgen haben die japanischen Batterie- bzw. Zellhersteller, noch vor Korea mit zwölf, die meisten Verträge mit OEM geschlossen. In China liegt die Anzahl bereits mit sieben im einstelligen Bereich, ebenso wie in den USA mit fünf und Deutschland mit drei Lieferverträgen. Bei einer Betrachtung mit wem die Verträge geschlossen wurden, fällt auf, dass die japanischen Lieferverträge mehrheitlich mit ausländischen OEM bestehen, während global lediglich fünf Lieferverträge mit japanischen OEM geschlossen wurden. Korea weist, wenn auch in einem geringeren Umfang, ebenfalls eine starke Exportorientierung auf. Zudem ist die Konstellation in den USA bemerkenswert.

Es wurden für zwanzig amerikanische Fahrzeugmodelle Lieferverträge abgeschlossen, während von amerikanischen Batterieherstellern nur zwei Modelle beliefert werden. Ebenfalls bemerkenswert ist die Konstellation in China: Die von chinesischen Batterieherstellern gefertigten Zellen oder Batterien werden fast ausschließlich auch in heimischen Modellen verbaut. Zwar werden auch drei Lieferverträge mit ausländischen OEM aufgelistet, jedoch ist dies der Definition geschuldet, dass A123 Systems und somit auch deren bestehende Verträge nach der Übernahme durch die Wanxiang Group als chinesischer Hersteller gilt.



GRÖSSE DES ABSATZMARKTES FÜR KOMponentEN UND BATTERIEN IM EIGENEN LAND

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Größe des heimischen Absatzmarktes für Batterien und Komponenten zu vergleichen. Dies zeigt, wie gut die Möglichkeiten der Länder für ein „Lernen am Markt“ als wichtiger Faktor für die Wettbewerbsfähigkeit ist.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die Größe des heimischen Absatzmarktes für Komponentenhersteller wird anhand der Absatzmenge in Tonnen aus Avicenne 2013⁵⁹ entnommen. Für den Packmarkt werden xEV-Verkaufszahlen vom Branchenportal MarkLines ausgewertet.⁶⁰ Aus der Anzahl der xEV, die auf den einzelnen Märkten verkauft wurden, lässt sich ableiten, wie viele LIB-Packs für diese Märkte herge-

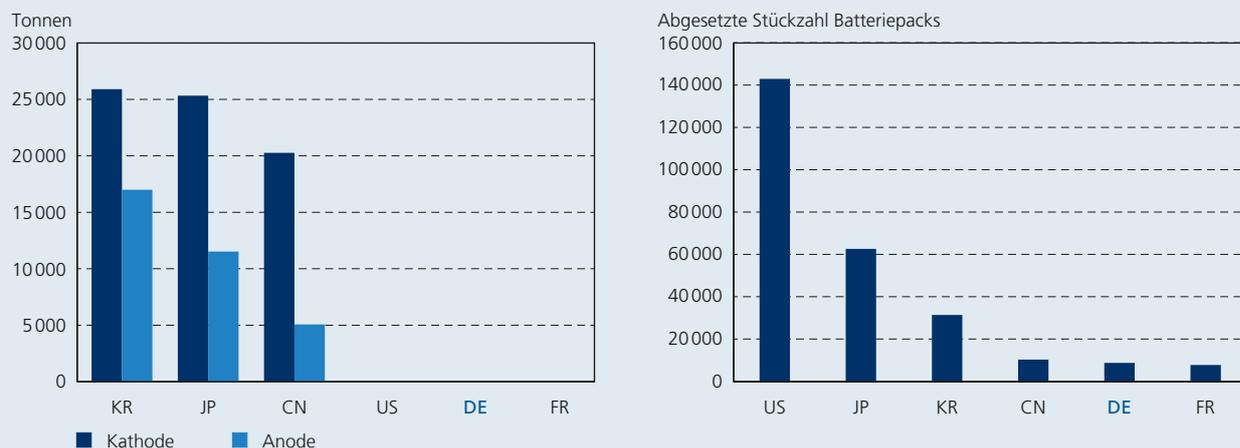
stellt wurden. Als heimischer Markt wird dabei die Nachfrage im jeweiligen Land gewertet, also alle Produkte, die auf diesem Markt abgesetzt werden. Verkauft bspw. ein dt. Produzent von Anodenmaterialien Produkte an einen chinesischen Kunden, wird dieser Absatz dem chinesischen Markt zugeordnet.

Ergebnis und Interpretation

Lediglich die asiatischen Länder haben relevante heimische Absatzmärkte für Komponenten. In den USA ist der heimische Absatzmarkt für Batterien sehr hoch im Gegensatz zu den absoluten Verkaufszahlen von xEV. In den USA wurden 2012 ca. 142 000 Batteriepacks für xEVs verkauft, was einen beachtlichen Anstieg nach den knapp 20 000 verkauften Packs 2010 darstellt. Japans heimische Packnachfrage ist vergleichsweise

schwach, was auch daran liegt, dass neben den LIB noch auf andere Batterietechnologien zurückgegriffen wird. Der koreanische Markt für LIB-Packs ist deutlich kleiner. Bemerkenswert ist jedoch, dass in Korea mit 85 Prozent ein sehr hoher Anteil der xEV mit LIB ausgestattet ist. Deutschland und Frankreich verzeichnen sehr geringe Absatzzahlen.

Heimischer Absatzmarkt für Anoden- und Kathodenmaterialien sowie Batteriepacks



PRODUKTIONSKAPAZITÄT AN ZELLEN FÜR PKW-ANWENDUNGEN DES LANDES

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, anhand der installierten Produktionskapazitäten die Fähigkeit eines Landes zu bewerten, LIB in großem Volumen zu produzieren.

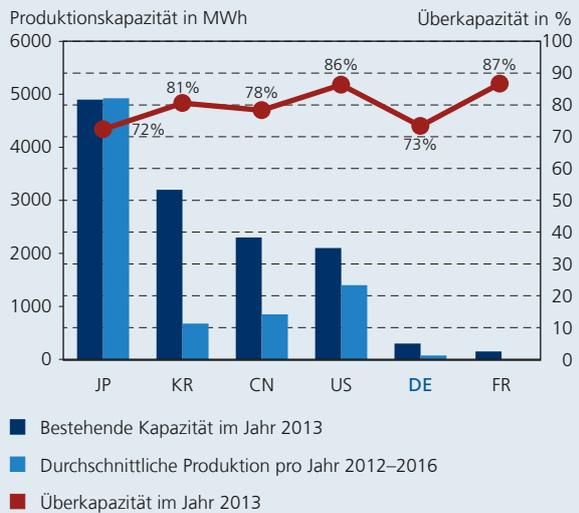
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der Indikator misst die installierte Produktionskapazität für LIB in einem Land für das Jahr 2013. Hierzu werden die Produktionskapazitäten der Unternehmen im jeweiligen Land aufsummiert. Als Datengrundlage dienen Informationen zu den installierten Produktionskapazitäten aus Anderman 2013.⁶¹ Um darüber hinaus auch Rückschlüsse auf deren ökonomischen Betrieb treffen zu können, wird zudem die geschätzte Überkapazität für das Jahr 2013 ebenfalls aus Anderman 2013 angegeben. Da sich die Auslastung der Anlagen zukünftig mit einer steigenden Nachfrage ändern kann, werden ergänzend die zu erwartenden Produktionsmengen angegeben. Es handelt sich hierbei um Annahmen aus Roland Berger 2014.⁶² Da dort jedoch nur die kumulierte Produktionsmenge in MWh über die Jahre 2012 bis 2016 angegeben ist, wird für die Betrachtung der jährliche Mittelwert gebildet und der Produktionskapazität gegenübergestellt. Die Produktionsprognose dient hierbei, ebenso wie die Verteilung der Produktionskapazität auf einzelne Unternehmen⁶³, lediglich der weiteren Information und stellt keinen Bestandteil der Indikatorberechnung dar. Es wird somit lediglich die Produktionskapazität mit 75 Prozent sowie deren Auslastung mit 25 Prozent berücksichtigt.

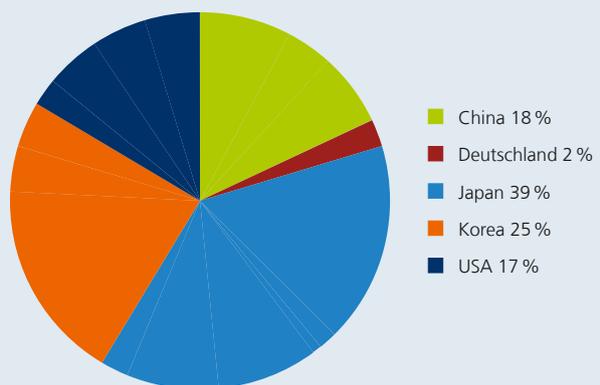
Ergebnis und Interpretation

Die weltweit größten Kapazitäten zur Produktion von LIB befinden sich in Japan und Korea. Das JV Automotive Energy Supply Cooperation aus Japan und LG Chem aus Korea stellen mit je 17 Prozent mehr als ein Drittel der globalen Kapazität bereit, wobei LG Chem noch weitere Kapazität in den USA besitzt. Die weltweite Überkapazität im Jahr 2013 war insgesamt enorm und lag jenseits von 72 Prozent. Dies entspricht im Umkehrschluss einer Produktionsauslastung von lediglich 28 Prozent. Folgt man der Einschätzung von Roland Berger bzgl. zukünftiger Produktionszahlen für LIB-Zellen, könnte die bestehende Kapazität auch zukünftig nicht oder erst spät (je nach Verteilung der kumulierten Produktionsmenge) ausgelastet werden. Eine Ausnahme bildet Japan, das auch bei der jährlich angenommenen Gleichverteilung der Produktionszahlen seine Kapazität voll ausschöpfen könnte.

Globale Produktionskapazität



Verteilung der globalen Produktionskapazität im Jahr 2013



CN	BYD 8% – Lishen 4% – Other 6%
DE	Li-Tec Battery 2%
JP	Automotive Energy Supply 17% – Blue Energy 2%
	Hitachi Vehicle Energy 1% – Lithium Energy Japan 9%
	Panasonic 8% – Toshiba 2%
KR	LG Chem 17% – Samsung SDI 4% – SK Innovation 4%
US	A123 Systems 2% – Dow Kokam 5% – Johnson Controls 5%
	LG Chem 5%

MARKTANTEILE IN WELTMÄRKTEN FÜR ZELLEN UND KOMPONENTEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die relativen Marktanteile der einzelnen Komponenten-, Zell-, und Packmärkte als Hinweis auf mögliche Preis- und Kostenvorteile sowie Qualitätsvorsprünge der Länder zu vergleichen.

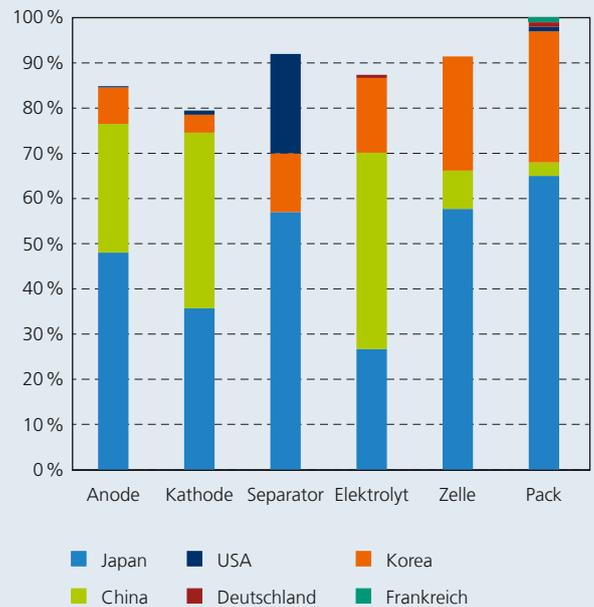
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der Marktanteil jedes Landes am Weltmarkt im Jahr 2012 wird einzeln für die Komponenten-, Zellen- und Packmärkte ermittelt. Die Marktanteile für die Teilmärkte Kathode, Anode, Separator und Elektrolyt werden auf Mengengrundlage der Studie von Avicenne (2013) entnommen. Für den Zellmarkt wird die Marktgröße aus Anderman (2013) verwendet. Daten des Branchenportals MarkLines werden herangezogen, um auf dieser Basis die weltweiten Absatzzahlen für LIB-Packs, die in xEV verbaut worden sind, als Summe der jeweiligen nationalen Hersteller zu ermitteln.⁶⁴ Zur Aggregation der Ergebnisse werden die Werte auf das Land mit dem jeweils höchsten Marktanteil normiert und gewichtet mit dem Wertschöpfungsanteil der jeweiligen Wertschöpfungsstufe (Anode 4,5 Prozent, Kathode 21 Prozent, Separator 3 Prozent, Elektrolyt 10,5 Prozent, Zelle 26 Prozent, Pack 35 Prozent) summiert.

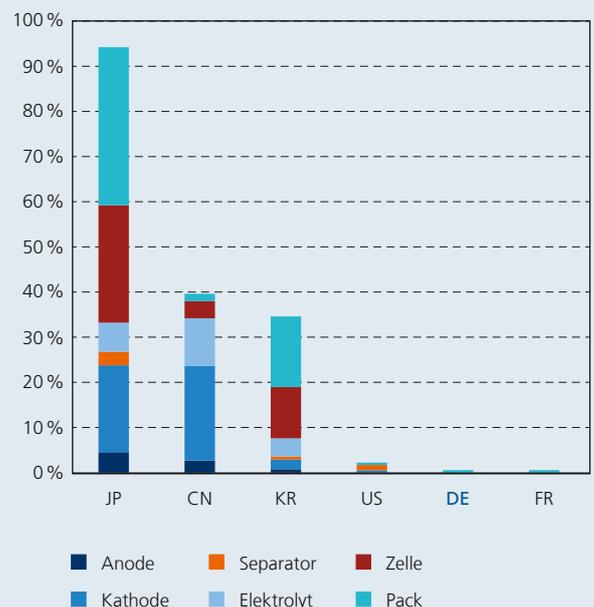
Ergebnis und Interpretation

Die asiatischen Länder dominieren in der Herstellung der Komponenten und der Zellen für LIB. Trotz sinkender Marktanteile in einigen Teilbereichen in den letzten Jahren sind japanische Unternehmen auf den meisten Märkten führend. Der Vorsprung Japans begründet sich auch durch die rund 25-jährige Erfahrung japanischer Unternehmen in der Herstellung von LIB für Konsumgüter.⁶⁵ Chinesische Unternehmen weisen zwar teilweise geringere Marktanteile im Vergleich zu japanischen Firmen auf, verstärken jedoch zunehmend ihr Engagement insbesondere auf den Komponentenmärkten. Im Bereich Elektrolyte hat China bereits den höchsten Marktanteil. Amerikanische Anbieter nehmen lediglich auf dem Markt für Separatoren eine wichtige Position ein.

Marktanteile in den Teilmärkten im Jahr 2012



Normierte gewichtete Weltmarktanteile 2012 in den Teilmärkten im LIB-Segment



WACHSTUM DES WELTMARKANTEILS FÜR ZELLEN UND KOMPONENTEN

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Veränderung der Marktanteile in den einzelnen Komponentenmärkten als Hinweis auf die Entwicklungsdynamik der Länder im internationalen Vergleich zu bewerten.

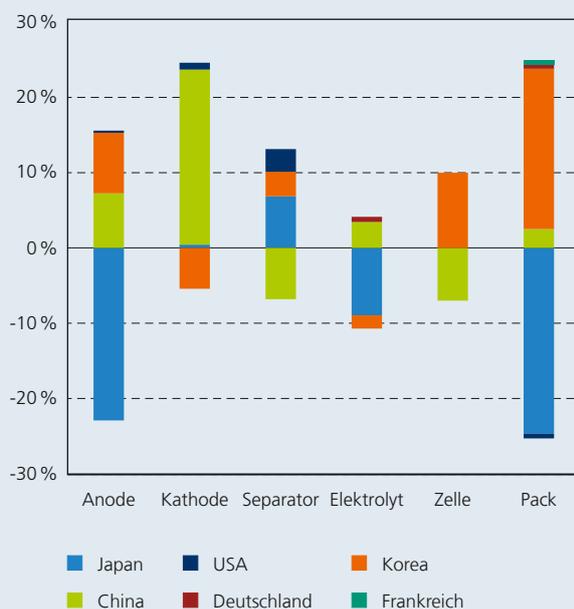
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Das relative Marktwachstum wird als Veränderung der Marktanteile über die Differenz der Marktanteile im Jahr 2012 und 2010 in Prozentpunkten ermittelt. Die Marktanteile 2012 sind in Indikator 32 dargestellt. Für das Jahr 2010 werden die Marktanteile für Zellen und Packs auf Basis von Daten des Branchenportals MarkLines analog verwendet.⁶⁶ Für die Marktanteile in den Bereichen Kathode, Anode, Separator und Elektrolyt werden Daten von u. a. Yano Research 2011⁶⁷ zu Marktanteilen auf Basis der Menge verwendet.

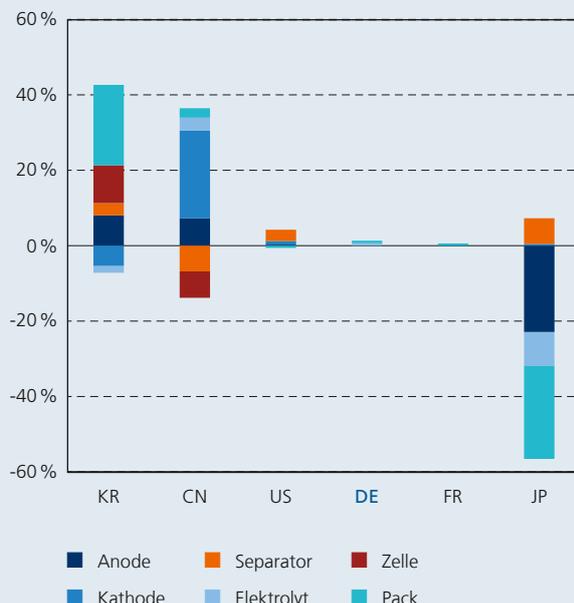
Ergebnis und Interpretation

Die seit Jahren dominante Stellung Japans im Bereich der Anodenmaterialien und Packs wird durch chinesische und koreanische Anbieter angegriffen, die überproportional vom wachsenden Markt profitieren können und deutlich Marktanteile gewinnen. In absoluten Zahlen geht die abgesetzte Menge japanischer Hersteller nur gering zurück. Auch der japanische Marktanteil bei Elektrolyten sinkt im Betrachtungszeitraum. Dies steht unter Umständen in Zusammenhang mit der Nuklearkatastrophe in Fukushima aus dem Jahr 2011. So musste der damals bedeutende japanische Hersteller Tomiyama Pure Chemical die Produktion im Werk Ohkuma in unmittelbarer Nähe des Atomkraftwerks einstellen. Bei den Kathodenmaterialien legen die chinesischen Hersteller deutlich zu, während Marktanteil und absolute Menge in Korea leicht zurückgehen. Im Bereich Separatoren hingegen sinkt die abgesetzte Menge der chinesischen Hersteller und China verliert Marktanteile. Die USA wachsen im Bereich Separatoren und Kathodenmaterialien, während Deutschland und Frankreich bisher nur eine untergeordnete Rolle spielen. Mit der Firma BASF ist im Bereich Elektrolyte jedoch ein neuer dt. Akteur auf dem Markt vertreten, der seit einiger Zeit stark in diesem Bereich (sowie bei Anoden und Kathodenmaterialien) investiert. Auch weitere dt./europäische Komponentenhersteller stellen sich derzeit im Bereich der LIB-Materialien auf.

Veränderung der Marktanteile in den Teilmärkten 2010–2012



Veränderung der Marktanteile der Länder 2010–2012



QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

- 1** Eigene Berechnung und NPE 2011: Nationale Plattform Elektromobilität (2011). Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. Berlin: Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität (GGEMO).
- 2** Diese Studie entstand im Rahmen des Begleitforschungsvorhabens „Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität“ (EMOTOR), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter der Förderbekanntmachung „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität“ (STROM).
- 3** Bundesregierung 2011: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktortechnologie (BMU), BMBF (2011). Regierungsprogramm Elektromobilität. Berlin: GGEMO.
- 4** BMU/BMVI 2014: BMU, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014). Gemeinsame Pressemitteilung: Kabinett verabschiedet Elektromobilitätsgesetz. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMU: <http://www.bmub.bund.de/N51149/>
- 5** BMBF 2007: BMBF (2007). Bekanntmachung „... von Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld ‚Lithium-Ionen-Batterie (LIB 2015)‘“. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMBF: <http://www.bmbf.de/foerderungen/11799.php>
- 6** KLiB 2014: Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterie e.V. (2014). Über KLiB. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des KLiB: <http://www.klib-org.de/index.php?id=6>
- 7** BMBF 2010-1: BMBF (2010). Bekanntmachung „... von Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld ‚Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität‘“. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMBF: <http://www.bmbf.de/foerderungen/14611.php>
- 8** BMBF 2014-1: BMBF (2014). Forschungsprojekt e performance. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMBF: <http://www.bmbf.de/de/22352.php>
- 9** Fraunhofer ISI 2009: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (2009). Roadmapping „Lithium Ionen Batterie LIB 2015“. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des Fraunhofer ISI: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-lib-2015-roadmapping.php>
- 10** DLR 2011: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (2011). STROMbegleitung: Begleitforschung zu Technologien, Perspektiven und Ökobilanzen der Elektromobilität. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des DLR: http://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-2974/1445_read-36945/
- 11** Fraunhofer ISI 2011: Fraunhofer ISI (2011). Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität (EMOTOR). Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des Fraunhofer ISI: <http://www.emotor.isi-projekt.de/emotor/index.php>
- 12** Beise 2006: Beise, M. (2006). Die Lead-Markt-Strategie : Das Geheimnis weltweit erfolgreicher Innovationen. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- 13** RA 2014: RA Rohstoffallianz GmbH (2014). Rohstoffallianz. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der RA: <http://www.rohstoffallianz.com/de/rohstoffallianz/>
- 14** ZSW 2014: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) (2014). Presseinformation: Weltweit einmaliges Batterieforschungszentrum eLaB in Ulm nun komplett. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des ZSW: <http://www.zsw-bw.de/infoportal/aktuelles/aktuelles-detail/weltweit-einmaliges-batterieforschungszentrum-in-ulm-nun-komplett.html>

15 MEET 2014: Münster Electrochemical Energy Technology (2014). MEET - Where science MEETs industry. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des MEET: <http://www.uni-muenster.de/MEET/>

16 BMBF 2010-2: BMBF (2010). Bekanntmachung „... von Richtlinien über die Förderung von ‚Exzellenz und technologische Umsetzung der Batterieforschung – (ExcellentBattery)‘“. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMBF: www.bmbf.de/foerderungen/15574.php

17 BMBF 2014-2: BMBF (2014). Bekanntmachung „... von Richtlinien zur Förderung von ‚Batteriematerialien für zukünftige elektromobile und stationäre Anwendungen (Batterie 2020)‘“. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMBF: <http://www.bmbf.de/foerderungen/24417.php>

18 MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>

19 MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>

20 Roland Berger 2014: Roland Berger Strategy Consultants Holding GmbH, Automotive Competence Center & Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (2014). Index Elektromobilität Q1/2014. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von Roland Berger: http://www.rolandberger.de/medien/publikationen/2014-03-01-rb-sc-pub-Index_Elektromobilitaet.html

21 PwC Autofacts 2014: PricewaterhouseCoopers Autofacts Datenbank (2014). Prognose- und Informationsdatenbank: Q1 Data Release. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von PwC: <http://www.pwc.de/de/automobilindustrie/angebote-des-pwc-automotive-institute.jhtml>

22 Das Projektteam des Fraunhofer ISI führte in den Jahren 2012 und 2013 eine internationale Umfrage unter Beteiligung von über neunzig Batterieexperten und -expertinnen aus bzw. in den sechs untersuchten Ländern durch.

23 China

MIIT 2012: Ministry of Industry and Information Technology (2012). Entwicklungsplan für Energieeffizienz und eine neue xEV-Industrie (2012-2020) (eigene Übersetzung) bzw. 节能与新能源汽车产业发展规划 (2012-2020年) (Originaltitel). Peking: MIIT

Europäische Union (EU) bzw. Deutschland und Frankreich

EUR-Lex 2014: EUR-Lex – Access to European Union Law (2014). Regulation (EC) No 443/2009 of the European Parliament and of the Council: Reduction in CO2 emissions of new passenger cars. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von EUR-Lex: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1415206894672&uri=URISERV:mi0046>

Japan

METI 2007: Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) (2007). Final Report of Joint Meeting between the Automobile Evaluation Standards Subcommittee, Energy Efficiency Standards Subcommittee of the Advisory Committee for Natural Resources and Energy and the Automobile Fuel Efficiency Standards Subcommittee, Automobile Transport Section, Land Transport Division of the Council for Transport Policy – Concerning revisions of evaluation standards for Manufacturers with regard to improvement of automobile energy consumption efficiency. Zuletzt

abgerufen am 5. November von der Webseite von The Energy Conservation Center: http://www.eccj.or.jp/top_runner/pdf/tr_passenger&freight_vehicles_gasoline&diesel_mar2007.pdf

VDI/VDE/IT 2014: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Deutsche Industrie- und Handelskammer in Japan (2014). Trendbericht – Elektromobilität in Japan. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des VDI/VDE/IT: <http://www.vdivde-it.de/publikationen/studien/trendbericht-elektromobilitaet-in-japan>

Korea

TransportPolicy.net 2013: International Council on Clean Transportation, DieselNet (2013). South Korea: Light-duty: Fuel Economy and GHG. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite TransportPolicy.net: http://www.transportpolicy.net/index.php?title=South_Korea:_Light-duty:_Fuel_Economy_and_GHG

USA

Anderman 2013: Anderman, M. (2013). Assessing the Future of Hybrid and Electric Vehicles: The xEV Industry Insider Report (2nd Edition). Oregon House/California, USA: AAB (Advanced Automotive Batteries)

24 Beise 2006: Beise, M. (2006). Die Lead-Markt-Strategie : Das Geheimnis weltweit erfolgreicher Innovationen. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

25 statista 2014: Statista GmbH (2014). Das Statistik-Portal – Statistiken und Studien aus über 18.000 Quellen. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von statista: <http://de.statista.com/>

Die Werte für Japan, Korea, China, die USA und Frankreich wurden in US-Dollar, der Wert für Deutschland in Euro von statista 2014 bezogen wie folgt:

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/14439/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-japan/>

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/14440/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-suedkorea/>

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/19407/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-china/>

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/14454/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-den-usa/>

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/14432/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-frankreich/>

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/188766/umfrage/bruttoinlandsprodukt-bip-pro-kopf-in-den-eu-laendern/>

Zur Umrechnung wird der Faktor verwendet, der sich aus der Division der Euro- und US-Dollar-Angaben des Bruttoinlandsproduktes pro Kopf für Frankreich ergibt (1 US-Dollar = 0,78 Euro).

26 Avicenne 2013: avicenne ENERGY (2013). The Worldwide rechargeable Battery Market 2012 – 2025 (22nd Edition). Puteaux Cedex, Frankreich: avicenne ENERGY

27 Anderman 2013: Anderman, M. (2013). Assessing the Future of Hybrid and Electric Vehicles: The xEV Industry Insider Report (2nd Edition). Oregon House/California, USA: AAB (Advanced Automotive Batteries)

28 MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>

29 Eigene Recherche in Jahresberichten und auf Unternehmenswebseiten.

30 Vgl. Warrier et al. 2009 und Frost & Sullivan 2010: Warrier et al. 2009: Warrier, D., Osborne, J., Odama, Y. (2009). The Race For The Electric Car: A Comprehensive Guide To Battery Technologies And Market Development. San Francisco/California, USA: Thomas Weisel Partners LLC
Frost & Sullivan 2010-1: Frost & Sullivan (2010). Global Opportunity Analysis for Chemical and Material Suppliers in the Electric Vehicle Batteries Market. Mountain View/California, USA: Frost & Sullivan

31 Vgl. Anderman 2013 und Avicenne 2013:

Anderman 2013: Anderman, M. (2013). *Assessing the Future of Hybrid and Electric Vehicles: The xEV Industry Insider Report* (2nd Edition). Oregon House/California, USA: AAB (Advanced Automotive Batteries)

Avicenne 2013: avicenne ENERGY (2013). *The Worldwide rechargeable Battery Market 2012 – 2025* (22nd Edition). Puteaux Cedex, Frankreich: avicenne ENERGY

32 USGS 2014: United States Geological Survey (2014). *USGS Mineral Information – Commodity Statistics and Information*. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der USGS: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>

33 IntierraRMG 2013: IntierraRMG Resource Sector Intelligence (2013). *Raw Materials Data – Mining database, mining report, mining industry analysis, mine maps*

34 UNComtrade 2014: United Nations Comtrade Database (2014). *Analytical Tables and Data Services*. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von UNComtrade: <http://comtrade.un.org/>

35 PATSTAT 2014: European Patent Office (EPO) *Worldwide Patent Statistical Database (PATSTAT)* (2014). Product 14.24 Description, Coverage, Format, Volume, Media, Price. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des EPO: http://www.epo.org/searching/subscription/raw/product-14-24_de.html

36 Scopus 2014: Elsevier B.V. (2014). *Abstract- und Zitationsdatenbank*. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von Scopus: <http://www.scopus.com/>

37 Das Projektteam des Fraunhofer ISI führte im Jahr 2014 eine Recycling-bezogene internationale Umfrage in den sechs untersuchten Ländern durch.

38 Vgl. Retrievtech 2014 und Umicore 2014:

Retrievtech 2014: Retriev Technologies (2014). *Locations*. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von Retrievtech: <http://www.retrievtech.com/locations>

Umicore 2014: Umicore N.V. (2014). *Access Routes, By Country/ Location*. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von Umicore: <http://www.umicore.com/en/addressbook/>

39 Erneuerbar-mobil.de 2009: VDI/VE Innovation + Technik GmbH (2009). *LiBRi – Entwicklung eines realisierbaren Recyclingkonzepts für die Hochleistungsbatterien zukünftiger Elektrofahrzeuge*. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite Erneuerbar-mobil.de: <http://www.erneuerbar-mobil.de/de/projekte/foerderprojekte-aus-dem-konjunkturpaket-ii-2009-2011/batterierecycling/libri>

40 Erneuerbar-mobil.de 2009: VDI/VE Innovation + Technik GmbH (2009). *LithoRec: Recycling von Lithium-Ionen-Batterien*. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite Erneuerbar-mobil.de: <http://www.erneuerbar-mobil.de/de/projekte/foerderprojekte-aus-dem-konjunkturpaket-ii-2009-2011/batterierecycling/lithorec>

41 Erneuerbar-mobil.de 2012: VDI/VE Innovation + Technik GmbH (2009). *LithoRec II: Recycling von Lithium-Ionen-Batterien*. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite Erneuerbar-mobil.de: <http://www.erneuerbar-mobil.de/de/projekte/foerderung-von-vorhaben-im-bereich-der-elektromobilitaet-ab-2012/forschung-und-entwicklung-zum-thema-batterierecycling/lithorec-ii>

42 Frost & Sullivan 2010-2: Frost & Sullivan (2010). *Global Electric Vehicles Lithium-ion Battery Second Life and Recycling Market Analysis*. Mountain View/California, USA: Frost & Sullivan

43 Yale 2014: Yale University (2014). *Environmental Performance Index - Global Metrics for The Environment*. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der Yale University: <http://epi.yale.edu/>

44 World Economic Forum 2014: World Economic Forum (2014). Global Competitiveness. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des World Economic Forum: <http://www.weforum.org/issues/global-competitiveness>

45 World Bank 2014: The World Bank Group (2014). The Worldwide Governance Indicators (WGI) project. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der World Bank: <http://www.govindicators.org>

46 WoS 2014: Thomson Reuters (2014). Web of Science, Abstract- und Zitationsdatenbank. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des WoS: <http://apps.webofknowledge.com/>

47 Das Projektteam des Fraunhofer ISI führte in den Jahren 2012 und 2013 eine internationale Umfrage unter Beteiligung von über neunzig Batterieexperten und -expertinnen aus bzw. in den sechs untersuchten Ländern durch.

48

China

MOST 2012: Ministry of Science and Technology (MOST) (2012). Technologischer Entwicklungsplan für xEV im Rahmen des 12. Fünfjahresplans (2012-2020) (eigene Übersetzung) bzw. 电动汽车科技发展”十二五”专项规划 (2012-2020年) (Originaltitel). Peking: MOST

UN DESA 2011: United Nations Department of Economic and Social Affairs (2011). Background Paper No.9: Electric Vehicles in the Context of Sustainable Development in China. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der UN DESA: http://www.un.org/esa/dsd/resources/res_pdfs/csd-19/Background-Paper-9-China.pdf

Zhang 2010: Zhang, Z. (2010). The Status and Future of Electric Vehicles in China, Vortrag im Auftrag des MOST im Rahmen des U.S.-China Electric Vehicle and Battery Technology Workshop vom 30. August bis 1. September 2010 am Argonne National

Laboratory (ANL) in Lemont/Illinois, USA. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des ANL: http://www.transportation.anl.gov/batteries/us_china_conference/

Deutschland

Bundesregierung 2009: BMWi, BMVBS, BMU, BMBF (2009). Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMBF: <http://www.bmbf.de/de/22325.php>

Frankreich

Élysée 2009: Présidence de la République (2009). Pacte Automobile – Dossier de Presse. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November von der Webseite des Ministère du Redressement Productif (im Jahr 2014 aufgegangen im Ministère de l'Économie, du Redressement Productif et du Numérique: <http://archives.entreprises.gouv.fr/2012/www.industrie.gouv.fr/enjeux/auto/auto-pacte.html>). Das Dokument selbst zuletzt abgerufen am 5. November von der Webseite der Plateform de la Filière Automobile: http://www.pfa-auto.fr/files/5413/7839/0061/Pacte_Automobile.pdf

Japan

VDI/VDE/IT 2014: VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Deutsche Industrie- und Handelskammer in Japan (2014). Trendbericht – Elektromobilität in Japan. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des VDI/VDE/IT: <http://www.vdivde-it.de/publikationen/studien/trendbericht-elektromobilitaet-in-japan>

Korea

MKE 2010: Ministry of Knowledge Economy (und alle weiteren relevanten Ministerien) (2010). Plans to strengthen the Competitiveness on Rechargeable Batteries (eigene Übersetzung) bzw. 이차전지 경쟁력 강화방안 (Originaltitel). Seoul: MKE (und alle weiteren relevanten Ministerien)

USA

DOE 2011-1: United States (US) Department of Energy (DOE) (2011). US Department of Energy Vehicle Battery R&D: Current Scope and Future Directions. Washington/DC, USA: US DOE

Wurzelmann 2011: Wurzelmann, S. (2011). U.S. Department of Energy's Recovery Act Investments. Arlington/Virginia, USA: Pew Center on Global Climate Change

49

China

MIIT 2012: Ministry of Industry and Information Technology (2012). Entwicklungsplan für Energieeffizienz und eine neue xEV-Industrie (2012-2020) (eigene Übersetzung) bzw. 节能与新能源汽车产业发展规划 (2012-2020年) (Originaltitel). Peking: MIIT

Deutschland

Bundesregierung 2009: BMWi, BMVBS, BMU, BMBF (2009). Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des BMBF: <http://www.bmbf.de/de/22325.php>

Frankreich

Élysée 2009: Présidence de la République (2009). Pacte Automobile – Dossier de Presse. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November von der Webseite des Ministère du Redressement Productif (im Jahr 2014 aufgegangen im Ministère de l'Économie, du Redressement Productif et du Numérique: <http://archives.entreprises.gouv.fr/2012/www.industrie.gouv.fr/enjeux/auto/auto-pacte.html>. Das Dokument selbst zuletzt abgerufen am 5. November von der Webseite der Plateform de la Filière Automobile: http://www.pfa-auto.fr/files/5413/7839/0061/Pacte_Automobile.pdf

Japan

Tanaka 2010: Tanaka, S. (2010). Japanese Automobile Industry and Automobile Industry Policy. Vortrag im Auftrag des Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) im Rahmen des Seminars „Towards the Improvement of the Green Car Environment: Latest Policy Developments and Possibility for Cooperation between EU and Japan“ am 26. Oktober 2010 im EU-Japan Centre for Industrial Cooperation Office in Europe in Brüssel, Belgien. Tokio: METI

Sato 2011: Sato, T. (2011). R&D of High-performance Batteries for Next generation Vehicles in NEDO. Vortrag im Auftrag der New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) im Rahmen des 7th International Energy-Efficiency and New Energy Vehicles Innovation Development Forum and Exhibition vom 6. bis 10. September 2011 im China National Convention Center (CNCC) in Peking, China. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der China Intelligent Transportation Systems Association (ITS China): <http://www.itschina.org/UserFiles/2011-9/22/2011922155650100.pdf>

Korea

Frost & Sullivan 2011: Frost & Sullivan (2011). Strategic Analysis of Battery Technologies for Electric and Hybrid Vehicles in South Korea. Mountain View/California, USA: Frost & Sullivan

MKE 2010: Ministry of Knowledge Economy (und alle weiteren relevanten Ministerien) (2010). Plans to strengthen the Competitiveness on Rechargeable Batteries (eigene Übersetzung) bzw. 이차전지 경쟁력 강화방안 (Originaltitel). Seoul: MKE (und alle weiteren relevanten Ministerien)

UNEP 2010: United Nations Environment Programme (2010). Overview of the Republic of Korea's National Strategy for Green Growth. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des UNEP: http://www.unep.org/PDF/PressReleases/201004_unep_national_strategy.pdf

USA

DOE 2011-1: United States (US) Department of Energy (DOE) (2011). US Department of Energy Vehicle Battery R&D: Current Scope and Future Directions. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von Educated Mind: <http://4dlab.info/energy/energy-storage-us-doe-vehicle-battery-r-d.pdf>

Wurzelmann 2011: Wurzelmann, S. (2011). U.S. Department of Energy's Recovery Act Investments. Arlington/Virginia, USA: Pew Center on Global Climate Change

50

China

RealLi 2014: RealLi Research (2014). Interview

Xu 2014: Xu, W. (2014). Interview mit Dr. Xu Wenxia von der School of Automotive Studies an der Tongji University in Shanghai

Deutschland

Bundesregierung 2014: BMBF (2014): Förderkatalog – Statistiken des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der Bundesregierung: <http://foerderportal.bund.de/foekat/jsp/StatistikAction.do?actionMode=list&ressort=BMBF>

Frankreich

l'Observatoire 2014: L'Observatoire Energies d'Entreprises der Electricité de France SA (2014). Stockage de l'énergie: la France sur les startings blocks. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des l'Observatoire: <http://www.observatoire-energies-entreprises.fr/2014/04/stockage-de-lenergie-la-france-sur-les-startings-blocks/>

Japan

Sato 2011: Sato, T. (2011). R&D of High performance Batteries for Next generation Vehicles in NEDO. Vortrag im Auftrag der New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO) im Rahmen des 7th International Energy-Efficiency and New Energy Vehicles Innovation Development Forum and Exhibition vom 6. bis 10. September 2011 im China National Convention Center (CNCC) in Peking, China. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite der China Intelligent Transportation Systems Association (ITS China): <http://www.itschina.org/UserFiles/2011-9/22/2011922155650100.pdf>

Korea

MKE 2012: MKE (2012). Interview

USA

DOE 2010: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE) – US DOE (2010). Multi-Year Program Plan 2011 – 2015 – Vehicle Technologies Program. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des EERE: http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/program/vt_mypp_2011-2015.pdf

DOE 2011-2: Advanced Research Projects Agency – Energy (ARPA-E) – US DOE (2011). ARPA-E FY2010 Annual Report. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite des ARPA-E: http://arpa-e.energy.gov/sites/default/files/ARPA-E%20FY%202010%20Annual%20Report_1.pdf

51 Das Projektteam des Fraunhofer ISI führte in den Jahren 2012 und 2013 eine internationale Umfrage unter Beteiligung von über neunzig Batterieexperten und -expertinnen aus bzw. in den sechs untersuchten Ländern durch.

52 Joo 2013: Joo, K.-D. (2013). Chargers are key to EV market growth. Zuletzt abgerufen am 5. November 2013 von der Webseite des Korea JoongAng Daily (Teil des JoongAng Media Network): <http://koreajoongangdaily.joins.com/news/article/article.aspx?aid=2980587&clac=rss%7Cnews%7Cjoongangdaily>

53 CATARC 2014: China Automotive Technology & Research Center (CATARC) (2014). Interview

54 Fraunhofer ISI 2012: Fraunhofer ISI (2012). Technologie-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030. Karlsruhe: Fraunhofer ISI

55 Eigene Berechnung und MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>

56 Dudenhöffer 2010: Dudenhöffer, F. (2010). Batteriespitzen-technologie für automobile Anwendungen und ihr Wert-schöpfungspotential für Europa. 63. Jahrgang – ifo Schnelldienst 11/2010. S. 19–27

- 57** Roland Berger 2014: Roland Berger Strategy Consultants Holding GmbH, Automotive Competence Center & Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (2014). Index Elektromobilität Q1/2014. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von Roland Berger:
http://www.rolandberger.de/medien/publikationen/2014-03-01-rb-sc-pub-Index_Elektromobilitaet.html
- 58** MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>
- 59** Avicenne 2013: avicenne ENERGY (2013). The Worldwide rechargeable Battery Market 2012 – 2025 (22nd Edition). Puteaux Cedex, Frankreich: avicenne ENERGY
- 60** MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>
- 61** Anderman 2013: Anderman, M. (2013). Assessing the Future of Hybrid and Electric Vehicles: The xEV Industry Insider Report (2nd Edition). Oregon House/California, USA: AAB (Advanced Automotive Batteries)
- 62** Roland Berger 2014: Roland Berger Strategy Consultants Holding GmbH, Automotive Competence Center & Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen (2014). Index Elektromobilität Q1/2014. Zuletzt abgerufen am 5. November 2014 von der Webseite von Roland Berger:
http://www.rolandberger.de/medien/publikationen/2014-03-01-rb-sc-pub-Index_Elektromobilitaet.html
- 63** Avicenne 2013: avicenne ENERGY (2013). The Worldwide rechargeable Battery Market 2012 – 2025 (22nd Edition). Puteaux Cedex, Frankreich: avicenne ENERGY
- 64** MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>
- 65** Dudenhöffer 2010: Dudenhöffer, F. (2010). Batteriespitzen-technologie für automobiler Anwendungen und ihr Wertschöpfungspotential für Europa. 63. Jahrgang – ifo Schnelldienst 11/2010. S. 19–27
- 66** MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>
- 67** Vgl. Yano Research 2011, Avicenne 2013, MarkLines 2014:
Yano Research 2011: Yano Research Institute Ltd. (2011). Lithium-ion Battery Market: Cell & Components 2011. Nakano-ku/Tokyo, Japan: Yano Research
Avicenne 2013: avicenne ENERGY (2013). The Worldwide rechargeable Battery Market 2012 – 2025 (22nd Edition). Puteaux Cedex, Frankreich: avicenne ENERGY
MarkLines 2014: MarkLines Co., Ltd. (2014). Automotive Industry Portal. Webseite von MarkLines: <http://www.marklines.com/en/>

PUBLIKATIONSÜBERSICHT

Folgende Veröffentlichungen sind über die EMOTOR-Webseite verfügbar:

<http://www.emotor.isi-projekt.de/>

- Trendbericht
- Bericht zur Produktion und Ökobilanzierung
- Länderbericht
- Strategiebericht

Die vorliegende Veröffentlichung „Energiespeicher für die Elektromobilität – Deutschland auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter?“ kann ebenfalls auf der oben genannten Webseite heruntergeladen werden.

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
Förderkennzeichen: 03X4616A

Projektträger

Projektträger Jülich (PtJ)
Geschäftsbereich Neue Materialien und Chemie (NMT)
52425 Jülich
www.fz-juelich.de

Ansprechpartner und wissenschaftliche Koordination

Dr. Axel Thielmann
Stellv. Leiter Competence Center Neue Technologien
Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI
Telefon +49 721 6809-299
axel.thielmann@isi.fraunhofer.de

Leitung des EMOTOR-Projekts

Dr. Thomas Reiß

Leitung des EMOTOR-Expertenpanels

Prof. Dr. Martin Wietschel

Inhaltliche Redaktion

Andreas Sauer
Dr. Nele Friedrichsen
Dr. Axel Thielmann
Prof. Dr. Martin Wietschel

Autoren

Dr. Axel Thielmann
Dr. Cheng Fan
Dr. Nele Friedrichsen
Till Gnann
Tim Hettesheimer
Torsten Hummen
Dr. Frank Marscheider-Weidemann
Dr. Thomas Reiß
Andreas Sauer
Prof. Dr. Martin Wietschel

Gestaltung

Karin Herrmann

Cover-Illustration

Heyko Stöber, Hohenstein

Druck

Stober GmbH, Eggenstein

Bestellung

Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI
Competence Center Neue Technologien
Dr. Axel Thielmann
Breslauer Straße 48
76139 Karlsruhe
Telefon +49 721 6809-299, Fax +49 721 6809-315
axel.thielmann@isi.fraunhofer.de

© Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI,
Karlsruhe, November 2014

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI analysiert Entstehung und Auswirkungen von Innovationen. Wir erforschen die kurz- und langfristigen Entwicklungen von Innovationsprozessen und die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien und Dienstleistungen. Auf dieser Grundlage stellen wir unseren Auftraggebern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft Handlungsempfehlungen und Perspektiven für wichtige Entscheidungen zur Verfügung. Unsere Expertise liegt in der fundierten wissenschaftlichen Kompetenz sowie einem interdisziplinären und systemischen Forschungsansatz.

Mit momentan rund 250 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in den Bereichen Wissenschaft, Technik und Verwaltung bieten wir ein hoch motiviertes Team. Die Steigerung des Jahresbudgets im Jahr 2013 auf knapp 24 Millionen Euro, das in mehr als 380 Projekten erwirtschaftet wurde, ist Ausdruck dieser erfolgreichen Arbeit. Als international führendes Innovationsforschungsinstitut pflegen wir einen intensiven wissenschaftlichen Dialog mit den USA, Japan sowie den BRICS-Ländern, beispielsweise durch den Austausch von Gastwissenschaftlern.

Das Fraunhofer ISI arbeitet eng mit seinen Partnern, dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der Universität Kassel, der Universität Straßburg, der ETH Zürich, dem Virginia Tech in den USA und dem Institute of Policy and Management (IPM) in Peking zusammen.

