

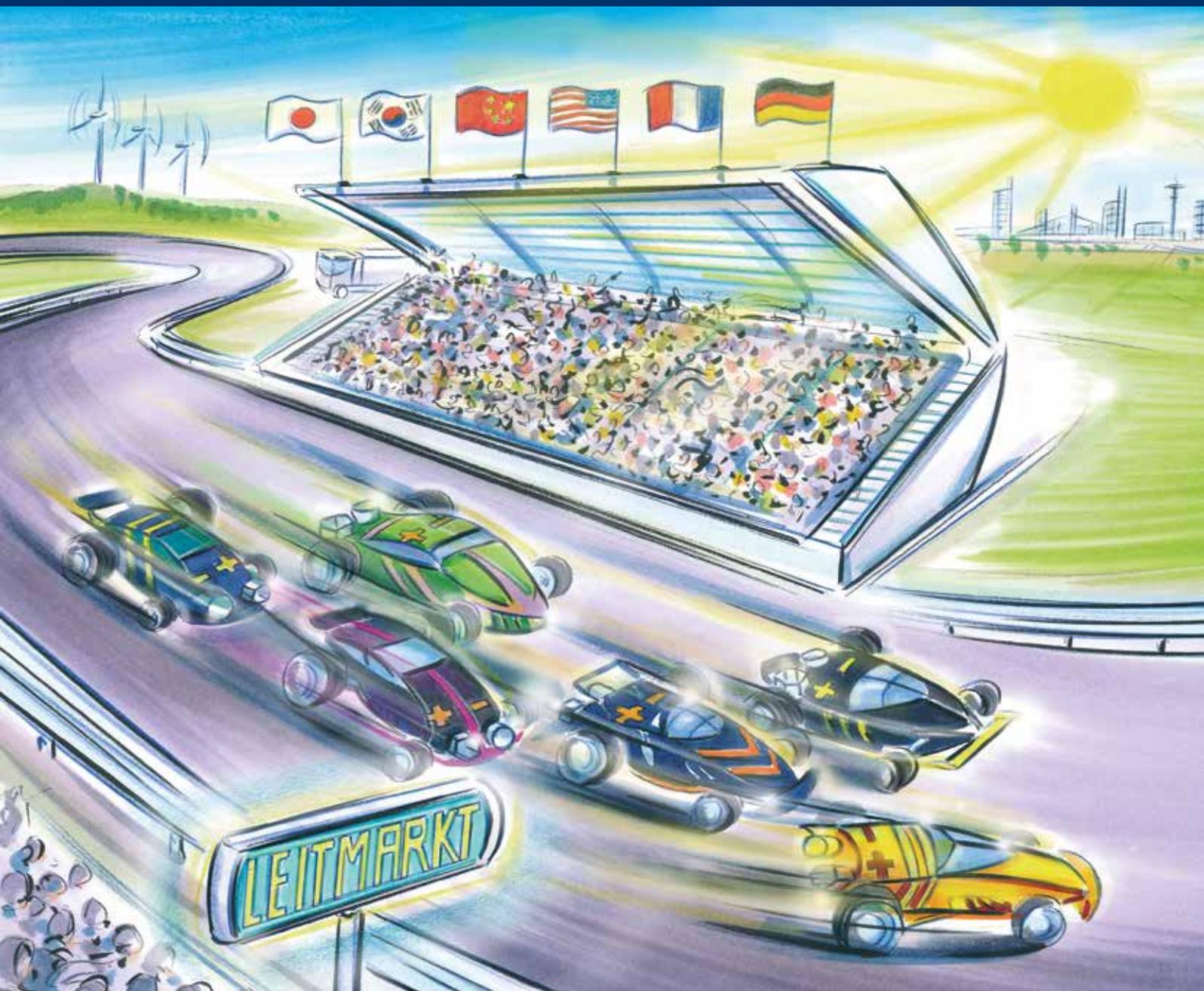


Fraunhofer

ISI

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG ISI

ENERGIESPEICHER-MONITORING 2016 DEUTSCHLAND AUF DEM WEG ZUM LEITMARKT UND LEITANBIETER?



ENERGIESPEICHER-MONITORING 2016 (UPDATE 2016)

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	2
EXECUTIVE SUMMARY	3
EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG	8
ENERGIESPEICHER-MONITORING (STATUS QUO): GLOBALES ANGEBOT UND NACHFRAGE	10
ENERGIESPEICHER-MONITORING: SZENARIEN DER MARKTDIFFUSION UND MARKTPHASEN	12
LEITMARKT UND LEITANBIETER	16
METHODIK UND VORGEHENSWEISE	18
INDIKATOREN DER KATEGORIE NACHFRAGE	20
INDIKATOREN DER KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN	22
INDIKATOREN DER KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE	24
INDIKATOREN DER KATEGORIE INDUSTRIE	26
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND HANDLUNGSOPTIONEN FÜR DEUTSCHLAND	28
INDIKATORENVERZEICHNIS	35
QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS	68
PUBLIKATIONEN ROADMAPPING UND MONITORING	78
IMPRESSUM	80

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

3C	Consumer, Computer, Communication	NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organisation (Japan)
ANR	Agence Nationale de la Recherche	NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
BEV	Rein elektrisches Fahrzeug, engl. „battery electric vehicle“	NEV	New energy vehicle
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	NIP	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	NMC	Lithium-Nickel-Mangan-Kobaltoxid bzw. $\text{Li}(\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2)$ basierte Kathoden
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung	NPE	Nationale Plattform Elektromobilität
BMVI	Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur	OEM	Engl. „original equipment manufacturer“, synonym verwendet für Automobilhersteller
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie	PHEV	Plug-in-hybridelektrisches Fahrzeug, engl. „plug-in hybrid electric vehicle“
BYD	Build your dreams, chinesisches Unternehmen	Pkw	Personenkraftwagen
CAGR	Compound Annual Growth Rate (jährliche Wachstumsrate)	STROM	Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität
Co	Kobalt	Tier 1	direkter OEM-Zulieferer
DOE	Department of Energy	TWh	Terawattstunde
EMOTOR	Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität	WGI	World Governance Index
EPI	Environmental Performance Index	WLTP	World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure
ESS	Stationäre Energiespeichersysteme	xEV	Sammelbegriff bzw. -kürzel für alle elektrisch angetriebenen Fahrzeugkonzepte, insbesondere HEV, PHEV und BEV
EU	Europäische Union		
EV	Elektrofahrzeug, engl. „electric vehicle“		
FCEV	Brennstoffzellenfahrzeug, engl. „Fuel cell electric vehicle“		
Fraunhofer ISI	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI		
FuE	Forschung und Entwicklung		
GCI	Global Competitiveness Index		
GWh	Gigawattstunden		
HEV	Hybridelektrisches Fahrzeug, engl. „hybrid electric vehicle“		
IPC	International Patent Classification		
KLiB	Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien		
kWh	Kilowattstunde		
Lkw	Lastkraftwagen		
LiB	Lithium-Ionen-Batterie		
MEET	Münster Electrochemical Energy Technology		
MOST	Ministry of Science and Technology (China)		
MOTIE	Ministry of Trade, Industry and Economy, (Korea)		

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

Deutschland soll weiterhin Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität werden¹. Die Leitanbieterschaft bezieht sich insbesondere auf Schlüsseltechnologien der Elektromobilität. Aufgrund ihres heute noch hohen Anteils der Herstellungskosten von 20 bis 40 Prozent² am Gesamtfahrzeug spielt die Batterie aus Sicht der Fahrzeugkosten eine zentrale Rolle, gefolgt von elektrischen Motoren und der Leistungselektronik. Zukünftig wird die eingesetzte Batterietechnologie mit dem stetigen Ausbau von Batterieproduktionskapazitäten weltweit zwar kostengünstiger werden jedoch weiterhin darüber bestimmen, welche Fahrzeugkonzepte und -designs (inkl. Reichweite, Kosten, Ladedauer, Lebensdauer, Qualität) sich realisieren lassen und mit dem Argument der Designflexibilität langfristig eine Schlüsseltechnologie für die Entwicklung neuer Mobilitätskonzepte darstellen. Für den Einsatz in Elektrofahrzeugen mit Fokus auf Plug-in Hybride (PHEV) und reine batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) sind optimierte Lithium-Ionen-Batterien (LIB) in absehbarer Zukunft die erste und einzige Wahl. Mit ihr wird sich der globale Markthochlauf und vermutlich auch die Diffusion und Erschließung der Massenmärkte in den kommenden Dekaden vollziehen. Dabei finden LIB neben Elektro-Pkws auch in leichten und zunehmend schweren Nutzfahrzeugen sowie in vielfältigen Anwendungen zur stationären Energiespeicherung Einsatz. Elektro-Pkw stellen dabei aber den größten und dynamischsten Markt für LIB dar. Sie sind Innovationstreiber für die Weiterentwicklung der LIB-Technologie, den Ausbau von Produktionskapazitäten, damit einhergehenden Kostensenkungspotenzialen und sie sind schließlich Plattformtechnologie für weitere zahlreiche Anwendungsfelder und Anwendungen – von kleinen, tragbaren über größere mobile bis zu großen, dezentralen und stationären Energiespeicheranwendungen.

Die vorliegende Studie³ untersucht, ob Deutschland im Bereich der Batterietechnologien für Elektromobilität (Fokus auf Elektro-Pkw als Innovationstreiber für die Batterieentwicklung) 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 Leitanbietergedanke bezieht sich eher darauf, wer heute oder in naher Zukunft die zuerst im Leitmarkt gehandelten 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 Leitanbieterkategorien.

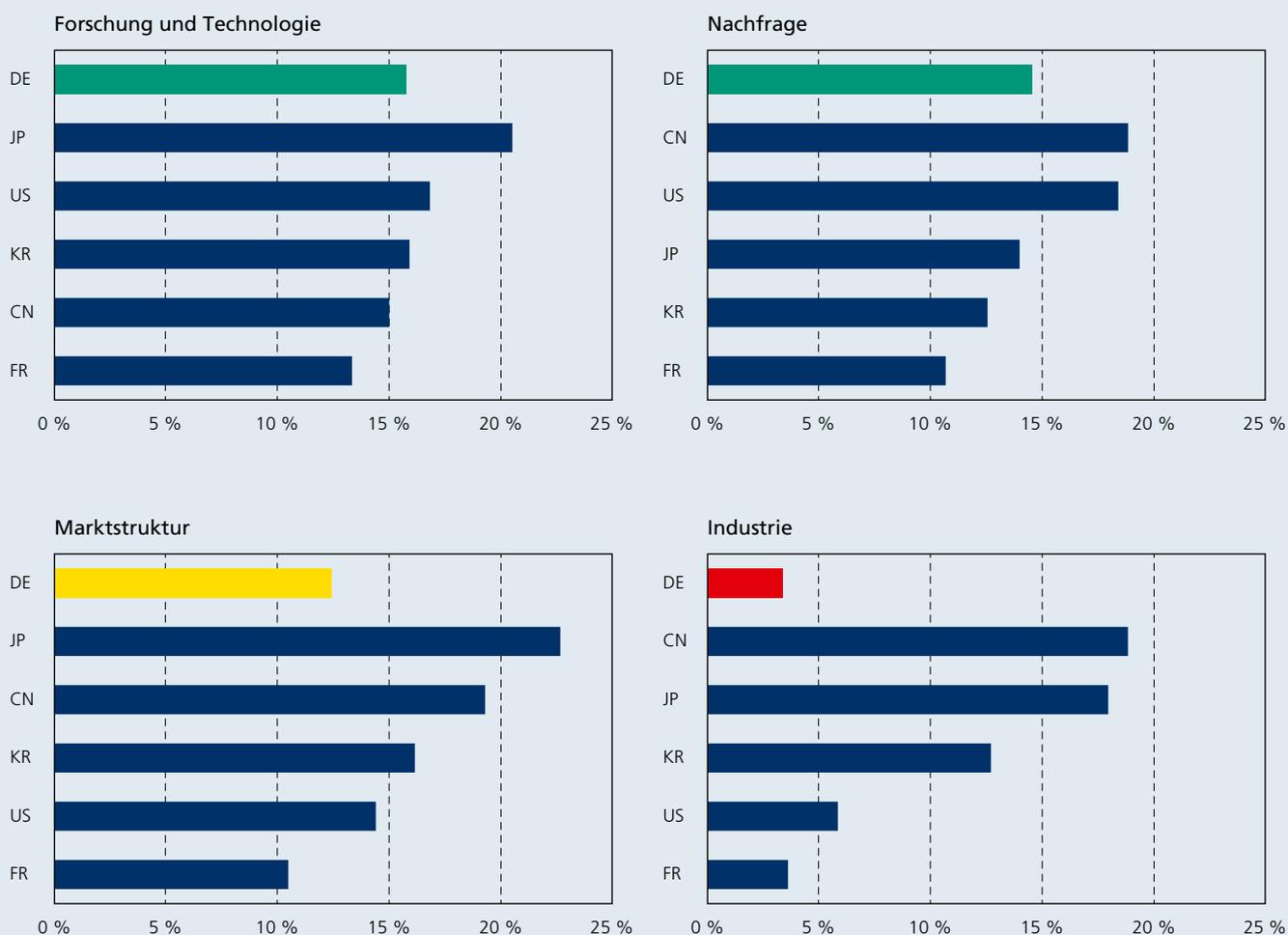
Deutschlands Positionierung wird in einem umfassenden Benchmarking auf der Basis einer Datenerhebung für 30 Indikatoren wie z. B. Patente, Produktionskapazitäten oder Lieferbeziehungen mit den weltweit führenden Ländern im Bereich der Energiespeicher für die Elektromobilität – Japan, Korea, China, den USA und Frankreich – verglichen.

Kernaussagen der Studie

Deutschland ist weiterhin kein Leitmarkt für Fahrzeugbatterien. Hier führt mittlerweile China vor den USA (siehe Abbildung Energiespeicher-Monitoring 2016, Nachfrage). Beide Länder erbringen den mit Abstand größten Anteil der Elektrofahrzeugproduktion, auch gekoppelt mit heimischem Absatz und gestützt durch finanzielle Kaufanreize und sonstige Marktanreizprogramme. Sie haben deshalb auch den mit Abstand höchsten Anteil des weltweiten Bedarfs nach Lithium-Ionen-Batterien und erzeugen die größte Nachfrage nach Elektromobilität. China wird aufgrund der aktuellen Dynamik und des enormen Wachstumsmarkts die aktuelle Führungsposition gegenüber den USA in den nächsten Jahren sicher weiter ausbauen. Zieht man die aktuellen Produktionsprognosen sowie die Vielzahl an angekündigten Modellen für Elektrofahrzeuge heran, so befindet sich Deutschland (als Nachfrager nach Batterien) derzeit aber auch in einem Aufholprozess.

Die japanische Industrie exportiert weiterhin in hohem Maße ihre hergestellten Batteriezellen (50 Prozent Weltmarktanteil der über 14 GWh nachgefragten Pkw-Batterien in 2015) unter anderem in die USA, zugleich werden Produktionskapazitäten in den Absatzmärkten vor Ort aufgebaut (z. B. Tesla Gigafactory,

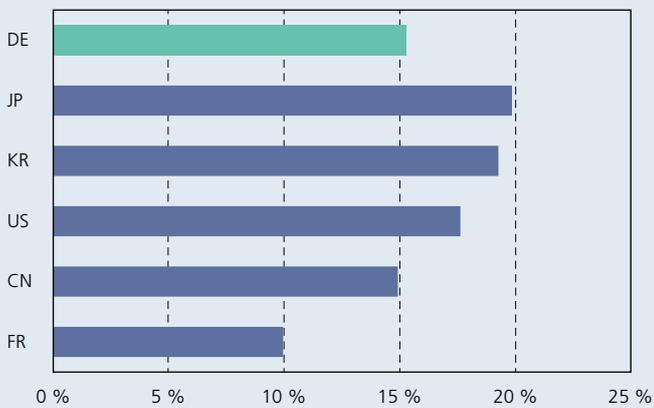
Energiespeicher-Monitoring 2016



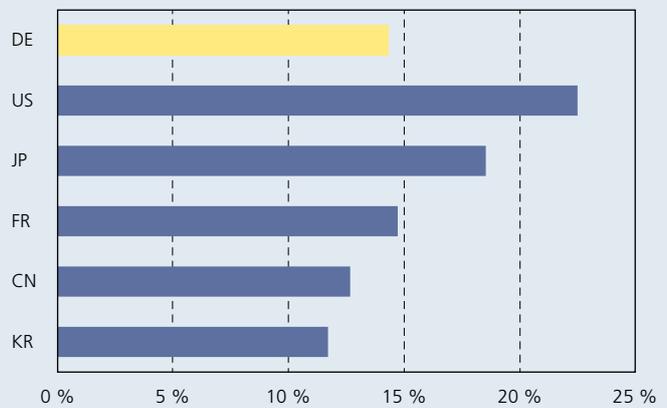
Positionierung der im Kontext von „Energiespeichern für die Elektromobilität“ führenden Länder in vier Kategorien. Angegeben sind jeweils aus 30 Einzelindikatoren aggregierte Gesamtindikatoren (max. möglich erreichbar sind 25 Prozent je Kategorie). Die Farbgebung der deutschen Positionierung ergibt sich aus dem Rückstand zur jeweils führenden Nation (<5 % = grün, 5-15 % = gelb, >15 % = rot).

Energiespeicher-Monitoring 2014

Forschung und Technologie



Nachfrage



Marktstruktur



Industrie



Positionierung der im Kontext von „Energiespeichern für die Elektromobilität“ führenden Länder in vier Kategorien. Angegeben sind jeweils aus 33 Einzelindikatoren aggregierte Gesamtindikatoren (max. möglich erreichbar sind 25 Prozent je Kategorie). Die Farbgebung der deutschen Positionierung ergibt sich aus dem Rückstand zur jeweils führenden Nation (<5 % = grün, 5–15 % = gelb, >15 % = rot).
(Download: <http://www.emotor.isi-projekt.de/>)

Panasonic); China hingegen nutzt als enormer Binnenmarkt die in den letzten Jahren rapide aufgebauten Zellproduktionskapazitäten (rd. 16 GWh Kapazitäten bis 2015; in 2015 30 Prozent bzw. 4,2 GWh Weltmarktanteil für Pkw-Batterien sowie über 11 GWh für Nutzfahrzeuge/Busse) im Inland. Während in Korea die heimische Nachfrage nach Fahrzeugbatterien weiterhin gering ist, hat Korea den drittgrößten Weltmarktanteil an der aktuellen Fahrzeugbatterieproduktion (von fast 17 Prozent in 2015) und ist somit wie Japan sehr exportorientiert (Produktionskapazitäten wurden und werden zudem in den USA und China aufgebaut). Durch das hohe Maß an Lieferbeziehungen koreanischer Zellhersteller (insbesondere LG Chem) ist in den nächsten Jahren mit einem Ausbau des Marktanteils für Fahrzeugbatterien zu rechnen. Insgesamt wäre China somit als Leitanbieter einzustufen (siehe Abbildung Energiespeicher-Monitoring 2016, Industrie). Zieht man allerdings auch die FuE-Aktivitäten (siehe Abbildung Energiespeicher-Monitoring 2016, Forschung und Technologie) sowie Exportorientierung als Leitanbieter Kategorien in Betracht, so wäre Japan als führender Leitanbieter einzustufen.

Richtet man den Blick auf die derzeit herrschenden Marktstrukturen (siehe Abbildung Energiespeicher-Monitoring 2016, Marktstruktur), so 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, also vom Ausgangsmaterial bis hin zur Herstellung, abdecken. Dagegen decken deutsche Unternehmen (ähnlich wie in den USA) ebenso wie 2014 auch aktuell nur einzelne 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. Neben der Verbesserung der Position Chinas haben sich die Positionen der weiteren Länder im Bereich der Marktstrukturen seit 2014 nicht wesentlich geändert. In den Bereichen Forschung und Technologie (siehe Abbildung, Forschung und Technologie) hatte Deutschland bis 2014 einen enormen und erfolgreichen Aufholprozess gestartet, seitdem

aber an Dynamik verloren, d. h. das erreichte Niveau gehalten. Japan hat sein Niveau als Technologieführer halten bzw. noch leicht ausbauen können, sodass der Abstand weiterhin bestehen bleibt. Allerdings haben sich die weiteren Länder in den letzten zwei Jahren bewegt: die (insbesondere) öffentlichen FuE-Aktivitäten Koreas haben etwas nachgelassen, die USA haben ihre Batterieförderung zwar weiter ausgebaut (auf rd. 90 Mio € alleine durch das DOE in 2015, die vergleichbaren Fördergeber/Ministerien der weiteren Länder haben ihre Förderung auf ähnlichem Niveau von 30–40 Mio € stabilisiert), z. T. aber an Dynamik verloren, insbesondere ist die Unternehmensbeteiligung in der FuE in den USA geringer als in den anderen Ländern. Frankreich hat in der Batterie FuE wieder etwas aufholen können, sodass sich in 2016 nach dem absolut führenden Japan alle weiteren Länder deutlich untereinander angenähert haben.

Insgesamt ist Deutschland auch in 2016 ein gutes Stück von einem Leitmarkt und einer Leitanbieterschaft für Energiespeicher für die Elektromobilität entfernt. Leitmarkt ist derzeit vor allem China (wobei Japan bzgl. der Marktstrukturen dominiert und die USA bzgl. der Nachfrage mit China gleich aufliegen). Als Leitanbieter wären China (bzgl. Industrie) bzw. Japan (bzgl. FuE sowie Exportorientierung) einzustufen.

Handlungsempfehlungen

Deutschland hat seine aufgebaute technologische Leistungsfähigkeit seit 2014 gegenüber den wichtigsten Wettbewerbern zwar halten können, diese bewegen sich jedoch ebenfalls. Um weiterhin den Aufschwung bei der technologischen Leistungsfähigkeit bei Batterien zu stützen und möglichst weiter auszubauen, ist eine im Umfang stabile sowie langfristig ausgerichtete Förderstrategie zu empfehlen, welche immer die mögliche industrielle, produktionstechnische Umsetzung und Nutzung von FuE-Ergebnissen in Deutschland bzw. Europa im Auge haben sollte. Die Arbeit an optimierten LIB (Material-, Prozess, Produktionsforschung bis Systemintegration) bietet ebenso langfristige Forschungsaufgaben wie die Entwicklung neuer Batterie- bzw.

Energiespeichersysteme (post-LIB) und sie sollten gleichermaßen gefördert werden. Die Förderung der Batterieforschung in Deutschland liegt derzeit auf hohem und international vergleichbarem Niveau, jedoch nicht höher als die der wichtigsten Wettbewerbsländer und sollte daher mindestens beibehalten werden, um nicht wieder in der technologischen Leistungsfähigkeit abzufallen.

Die Herausforderung für Forschung, Industrie und Politik in Deutschland liegt weiterhin darin, das gewonnene wissenschaftliche und technologische Know-how in heimische Wertschöpfung umzuwandeln. Die Studie zeigt auf, dass Deutschland gerade bei der Industrialisierung der Zellproduktion für LIB auch weiterhin einen großen Rückstand hat. Die weltweiten Marktgrößen sowie -dynamiken müssen im Auge behalten werden, um den Wettbewerbsnachteil von Deutschland besser einschätzen zu können (Monitoring und Benchmark). So wird die strategische Bedeutung einer heimischen Zellfertigung zwar stets propagiert, jedoch gibt es bislang kaum eine Einschätzung darüber, welche technischen, wirtschaftlichen, strategischen Abhängigkeiten eine künftig fehlende Zellfertigung im direkten Vergleich zu den Kosten und dem Aufwand einer vorliegenden Zellfertigung in Deutschland tatsächlich für die Marktteilnehmer bedeuten würde (d. h. wie wichtig eine Leitanbieterschaft zu Batterien für Deutschland tatsächlich ist). So sollten die tatsächlichen positiven volkswirtschaftlichen Effekte einer heimischen Zellproduktion kritisch geprüft werden. Auch wäre zu analysieren, welchen Einfluss eine vorliegende oder auch nicht vorliegende künftige Zellfertigung in Deutschland auf Bereiche mit traditioneller deutscher Stärken wie dem Anlagen- und Maschinenbau, der Chemieindustrie als Material-/Komponentenhersteller sowie zahlreiche Systemintegratoren und Zulieferer der Automobilindustrie letztlich haben würde. Dies erfordert aber einen ganzheitlichen systemischen Ansatz, welcher neben wirtschaftlichen Daten auch Beschäftigung, Abhängigkeiten auch mit Blick auf nachgelagerte Zukunftsmärkte etc. berücksichtigt. Ein noch besseres Verständnis der sich ändernden Industrie- und Marktstrukturen, Abhängigkeiten in globalen Wertschöpfungsketten

bei gleichzeitiger Beobachtung der Nachfrageentwicklung wird künftig immer wichtiger werden, um Risiken bei Investitionen, dem zeitlichen Einstieg etc. zu minimieren. Die deutsche Industrie hat offenbar in den letzten Jahren entschieden, dass ein wettbewerbsfähiger Einstieg in die Batterieproduktion heute noch nicht die Investitionen, den Aufwand und das Risiko des Scheiterns und damit von Verlusten rechtfertigt. Dabei ist aber auch zu berücksichtigen, dass sich die Struktur und Kultur der deutschen Industrie anders darstellt als die großer asiatischer Konglomerate oder eher risikofreundlicher Kulturen wie in den USA.

Wenn Deutschland in Zukunft stärker den Leitmarktgedanken für Batterietechnologie in den Vordergrund stellen möchte, so nehmen gesetzlichen Rahmenbedingungen wie CO₂-Grenzwerte für Fahrzeugflotten eine wichtige Bedeutung und Treiberfunktion ein. So wären erweiternd auch Flottengrenzwerte für große Nutzfahrzeuge wie Lkw festzulegen, um indirekt und technologieoffen auf die Nachfrage und Verbreitung neuer Mobilitätskonzepte hinzuwirken. Aber auch Transparenz gegenüber den Autokäufern bzgl. dem Entwicklungsstand und Perspektiven der Elektroautos (reale Reichweite vs. NEFZ, Schnell-/Normalladeinfrastruktur, Handhabung, Nutzungs-, Dienstleistungsmodelle etc.) ist wichtig für die Akzeptanz und Übernahme der neuen Technologie. Eine Diffusion der Elektromobilität wird in Deutschland nicht ohne Beteiligung der Gesellschaft zu erzwingen sein. Maßnahmen wie Totalverbote müssten mit der Technologiereife (Angebot) und gesellschaftlichem Wandel (Nachfrage) einhergehen.

Die in dieser Studie abgeleiteten differenzierten Handlungsoptionen zeigen insgesamt ein Spektrum möglicher Maßnahmen auf, wobei die Auswahl bzw. Fokussierung auf konkrete Maßnahmen stark von der Zielsetzung abhängen. Insgesamt 30 Indikatoren und Einflussgrößen zeigen, dass eine Wettbewerbsfähigkeit bzw. Führungsrolle auf viele Arten erreicht werden kann. Im Wesentlichen wird es darum gehen, Deutschland auch in diesem Zukunftsfeld künftig wirtschaftliche Stärke und Wachstum sowie Beschäftigung zu bringen.

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 künftig auch als ein ‚Leitanbieter Elektromobilität‘ etablieren.“⁴ Dabei ist die deutsche Industrie gefordert, ihre technologische Spitzenstellung auch im Bereich der Elektromobilität zu sichern und ihre Elektrofahrzeuge mit den dazugehörigen Systemen, Komponenten und Dienstleistungen in Deutschland und auf den Weltmärkten erfolgreich zu vermarkten.⁵ Die Bundesregierung hat deshalb im Bereich der Elektromobilität bereits einige richtungsweisende Schritte eingeschlagen, beispielsweise 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, welches Kommunen ab dem Frühjahr 2015 die Möglichkeit geben sollte, weitere Anreize für die Elektromobilität zu setzen.⁶ Mit der Einführung des Umweltbonus (Kaufprämie von 4000 € für rein elektrische Fahrzeuge und 3000 € für Plug-In Hybride), steuerlichen Anreizen (Rückkehr zur 10-jährigen KFZ-Steuerbefreiung, steuerfreies Laden beim Arbeitgeber) und einem Förderprogramm zum Aufbau von Ladestationen (300 Mio € zwischen 2017 und 2020) wurden in 2016 weitere monetäre und nicht-monetäre Anreize für eine Verbreitung der Elektromobilität geschaffen.⁷

Eine zentrale Rolle für die weitere Entwicklung der Elektromobilität spielen Schlüsseltechnologien für energieeffiziente, ressourcenschonende, sichere, bezahlbare und leistungsfähige Elektrofahrzeuge. 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 CO₂-armer bis -freier Technologien zu entwickeln.⁸ Eine wichtige Rolle spielte in diesem Kontext die bereits im November 2007 geschlossene und gleichnamige Innovationsallianz, welche die deutschen Anstrengungen in der Forschung und Entwicklung an Lithium-Ionen-Batterien koordinierte und in den letzten Jahren in das „Kompetenznetz-



werk Lithium-Ionen-Batterien“ (KLiB) einfluss.⁹ Das Fraunhofer ISI führte in diesem Rahmen einen Roadmapping-Prozess durch, welcher bis Dezember 2015 zur Veröffentlichung von insgesamt neun Energiespeicher-Roadmaps führte.¹⁰

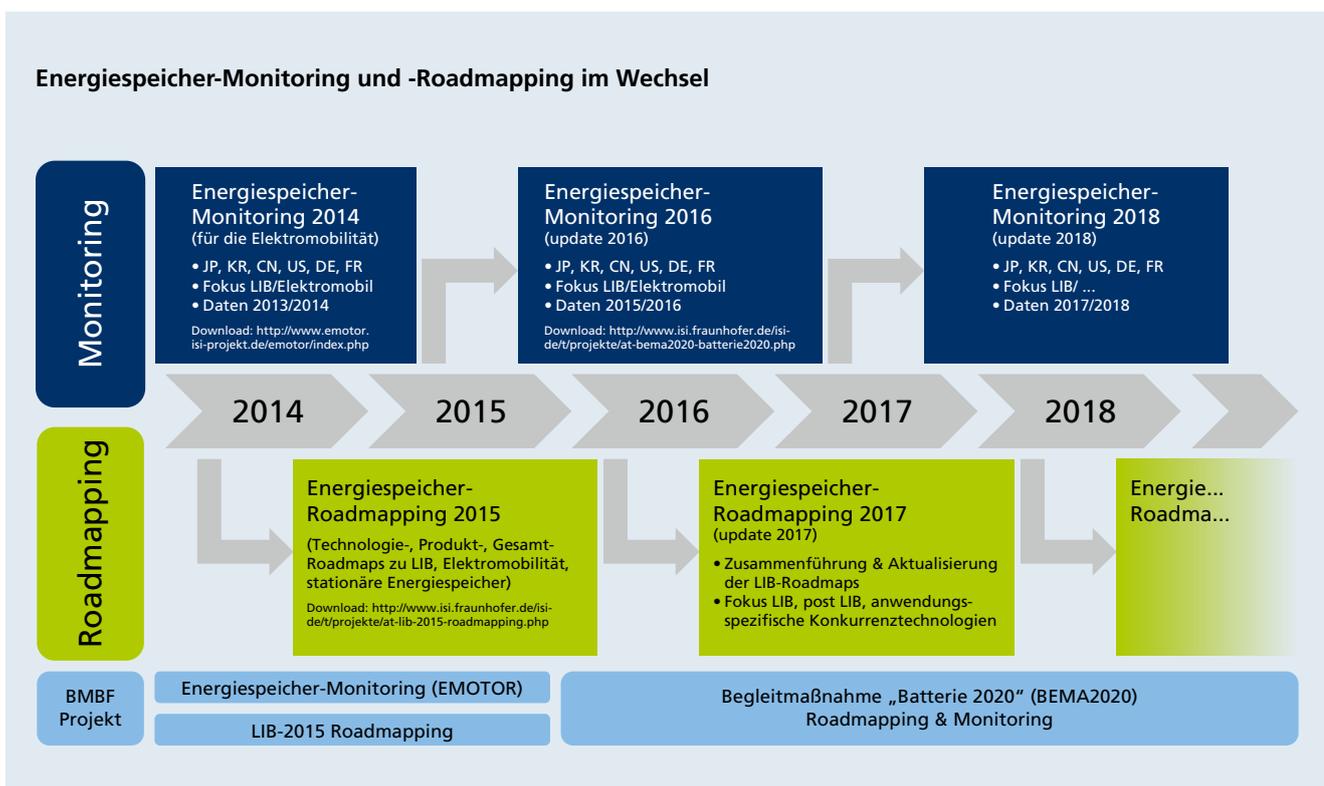
Im Rahmen der Förderbekanntmachung „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität“ (STROM, 2011-2014)¹¹ stand die Forschung an und Entwicklung von neuartigen, innovativen Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung aller hierfür erforderlichen Subsysteme im Mittelpunkt. Gefördert wurden Arbeiten in den Bereichen Gesamtfahrzeugsysteme, Batterieentwicklung und -integration, Energiemanagement sowie die entsprechende Werkstoff- und Materialforschung. Das Begleitforschungsvorhaben „Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität“ (EMOTOR) im Rahmen des Programms STROM, auf dessen Basis in 2014 die Broschüre „Energiespeicher für die Elektromobilität – Deutschland auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter?“¹² entstand (hier „Energiespeicher-Monitoring 2014“ genannt), baute auf das national ausgerichtete LIB 2015-Roadmapping des Fraunhofer ISI auf und ergänzte die nationale Dimension mit einem Monitoring sowie Benchmarking der international führenden Länder in diesem Bereich.

Die Analyse konzentrierte sich auf alle aktuellen und sich für die Zukunft abzeichnenden Entwicklungen von Energiespeichern (insbesondere Batterien) für die Elektromobilität. Der Schwerpunkt lag dabei auf der Fahrzeugintegration in HEV, PHEV, BEV, womit vor allem Lithium-Ionen-Batterien im Fokus standen. Im Ergebnis wurde ein auf quantitativen Indikatoren basierendes System entwickelt, um Deutschlands Fortschritte auf dem Weg zum Leitmarkt für Energiespeicher und Leitmarkt für Elektromobilität zu messen.

Das Indikatorensystem in dem hier vorliegenden „Energiespeicher Monitoring Update 2016“ umfasst 30 Einzelgrößen verteilt auf die Kategorien Nachfrage, Marktstrukturen, Industrie sowie Forschung und Technologie. Das Energiespeicher-Monitoring 2016 (mit Daten aus 2015 sowie teilweise Vorhersagen bis 2016/2017) ist somit direkt mit dem Energiespeicher-Monitoring 2014 (mit Daten aus 2013) vergleichbar und soll künftig alle zwei Jahre

wiederholt werden (nächstes Update geplant für 2018 mit Daten aus 2017). Somit soll auch künftig eine „Ist-Aufnahme“ der internationalen Aktivitäten ermöglicht werden, zugleich sollen prognostizierte Entwicklungen ex-post überprüft werden.

Im Rahmen des „nationalen“ Energiespeicher-Roadmappings, welches ebenfalls alle zwei Jahre aktualisiert werden soll (Roadmaps aus 2015 sollen in 2017 zusammengeführt und aktualisiert werden), wird dem Monitoring („Ist-Aufnahme“) ein zeitliches Planungsinstrument gegenübergestellt. Das Roadmapping geht vertieft auf die Perspektiven der Batterie-Technologieentwicklung ein und verbindet diese mit Anforderungen der Anwendungen in der Elektromobilität und stationären Energiespeicherung. Energiespeicher-Monitoring und -Roadmapping werden somit im Wechsel auch jenseits 2016 im Rahmen der BMBF geförderten Begleitmaßnahme „Batterie 2020“ fortgeführt und eng miteinander verzahnt.¹³



ENERGIESPEICHER-MONITORING (STATUS QUO): GLOBALES ANGEBOT UND NACHFRAGE

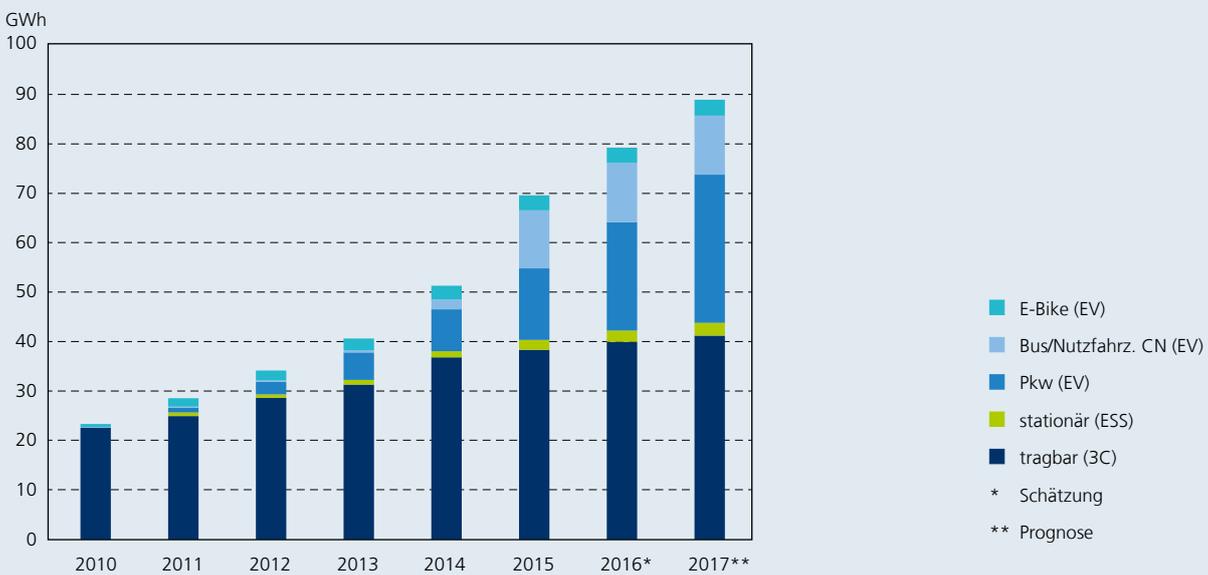
Die globale Nachfrage nach Lithium-Ionen-Batterien (LIB) hat sich seit ihrer Einführung in den 1990er Jahren in der Konsumelektronik erst seit den 2000er Jahren aus dem GWh Bereich zu 20 GWh in 2010 und aktuell rd. 40 GWh entwickelt.¹⁴ Dabei liegen die Wachstumsraten für kleinformige Zellen im Bereich tragbarer Anwendungen (3C: Consumer, Computer, Communication) bei typischerweise 8 bis 10 Prozent, teilweise höher (siehe Abbildung).¹⁵ Der Markt für Fahrzeugbatterien (EV), darunter Pkw, Nutzfahrzeuge, E-Bikes, E-Motorbikes etc., hat sich seit 2010 rasant entwickelt. Auslöser war der internationale Fokus auf die Entwicklung einer emissionsarmen bzw. -freien Mobilität und damit verbundene international formulierte Ziele und Roadmaps flankiert durch politische Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen.

Die Nachfrage nach LIB für Elektro-Pkw hat sich dabei zwischen 2013 und 2015 fast verdreifacht und dürfte sich bis 2017 auf mindestens 30 GWh nochmals verdoppeln.^{16, 17} Die Wachstumsraten dürften sich nach anfänglich sehr hohem Wachstum in den kommenden Jahren unter 40 Prozent jährlichem Wachstum einpendeln und im Zuge der Marktdiffusion weiter fallen. Das Wachstum für stationäre Energiespeichersysteme (ESS), E-Bikes etc. hat sich bereits auf Wachstumsraten zwischen (immerhin hohen) 20 bis 40 Prozent eingeschwungen. Der Markt für Nutzfahrzeuge Batterien ist erst im Begriff sich zu entwickeln, hier könnte die Einführung von CO₂-Flottengrenzwerten auch für schwere Nutzfahrzeuge wie Lkw einen Treiber für eine wachsende Nachfrage darstellen. Die in 2015 speziell in China mit dem inländischen Verkauf von Elektrobussen eingesetzte sprunghafte Nachfrage sticht in der LIB-Nachfragedynamik heraus, wird jedoch schnell zu einer Marktsättigung führen, weshalb sich die Wachstumsraten nicht auf diesem Niveau weiterentwickeln können.

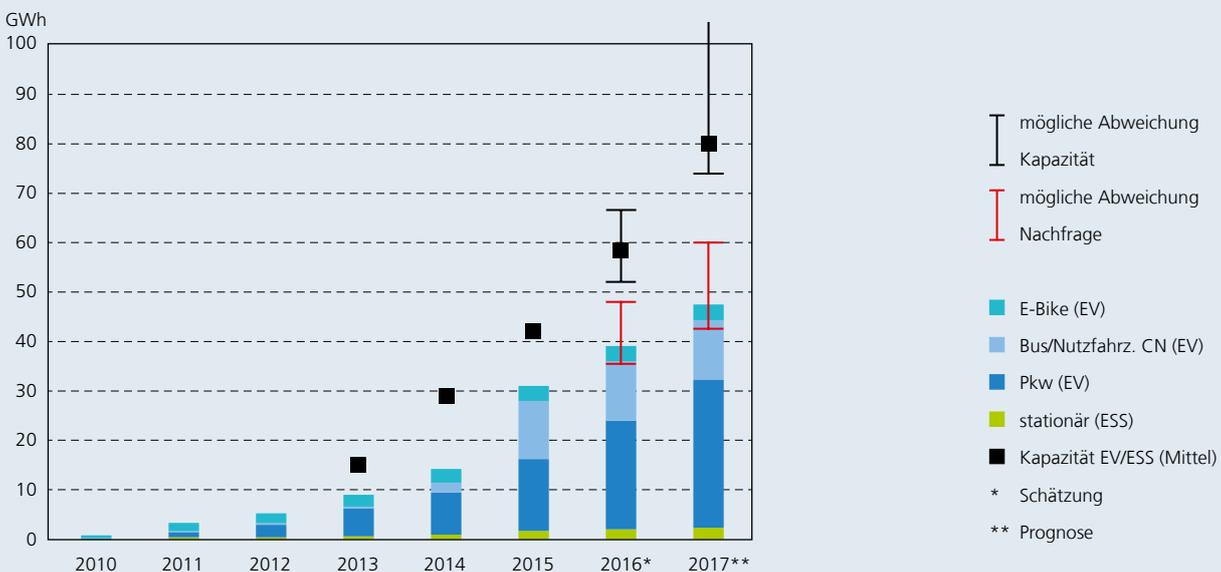
Es bleibt aber festzustellen, dass speziell die Nachfrage nach Elektro-Pkw und darin eingesetzten LIB (kleinformige zylindrische, großformatige prismatische sowie Pouch Zellen in ähnlichem Maß) in den kommenden Jahren erwartungsgemäß so stark anwachsen wird, dass diese die Nachfrage in anderen Anwendungen absolut dominieren werden. Somit nehmen Elektro-Pkw und die Anforderungen der OEM an die eingesetzten Energiespeicher eine klare Rolle als Innovationstreiber ein, wobei weitere Anwendungen von der Entwicklung optimierter LIB profitieren können. Die mit Abstand größte Nachfrage nach Zellkapazitäten wird jedoch für Elektro-Pkw erwartet.

Aus diesem Grund fokussiert das Energiespeicher-Monitoring ebenso wie in 2014 (mit Daten aus 2013) auch in 2016 (mit Daten aus 2015) auf die Entwicklung optimierter LIB für die Elektromobilität. Dies beinhaltet ein Monitoring der FuE-Aktivitäten, Industrie- und Marktstruktur der Marktteilnehmer entlang der Wertschöpfungskette bis hin zur Nachfrage nach LIB. Speziell im Fall Chinas ist es schwierig ausschließlich auf Elektro-Pkw Batterien zu fokussieren, da z. B. kaum differenziert werden kann, für welche Einsatzzwecke die aufgebauten LIB-Produktionskapazitäten¹⁸ (vgl. Abbildung) verwendet werden. Entsprechende betroffene Indikatoren werden diesbezüglich in der Studie erläutert. Sollten sich künftig jenseits der Elektro-Pkw Batterien signifikante (d. h. deutlicher Anteil der LIB-Nachfrage) weitere Nachfragemärkte entwickeln (z. B. Nutzfahrzeuge), so wären auch diese in einem künftigen Energiespeicher-Monitoring 2018 (mit Daten aus 2017) zu berücksichtigen. Dabei sollen auch jeweilige Prognosen (siehe Abbildung, teilweise gibt es Indikatoren hierzu) auf ihr Eintreten hin verifiziert werden.

Globale LIB-Nachfrage in GWh¹⁵⁻¹⁸



Globale LIB-Nachfrage vs. Zellproduktionskapazitäten für EV/ESS¹⁵⁻¹⁸



ENERGIESPEICHER-MONITORING: SZENARIEN DER MARKTDIFFUSION UND MARKTPHASEN

Eine langfristige Abschätzung der Marktentwicklung für die Elektromobilität sowie der sich hieraus ergebenden Nachfrage nach Energiespeicherkapazitäten ist komplex. Einerseits lässt sich nur auf eine Entwicklung weniger Jahre zurückblicken und andererseits sind die Einflussfaktoren vielfältig: z. B. Entwicklung der Größe des Gesamtmarktpotenzials für Elektromobilität, Entwicklung der Mobilitätskonzepte, Batterietechnologieentwicklung (inkl. technische Leistungsparameter und Kosten), Art, Umfang und Intensität politischer Rahmenbedingungen, gesellschaftliche bzw. Nutzerakzeptanz und gesellschaftliche Veränderungen, Nutzungs- und Dienstleistungsmodelle etc. Das Energiespeicher-Monitoring soll auch zukünftig im 2-Jahresrhythmus fortgesetzt werden, mit den Leitmarkt- und Leitanbieterkategorien sowie Einzelindikatoren einen breiten systemischen Ansatz verfolgen und schließlich zu Handlungsoptionen für den Standort Deutschland führen, welche in unterschiedlichen Phasen der Marktentwicklung unterschiedlich geeignete Instrumente umfassen können. Daher ist es wichtig neben dem Status quo auch die Phasen und Entwicklungsperspektiven der Marktdiffusion zu kennen.

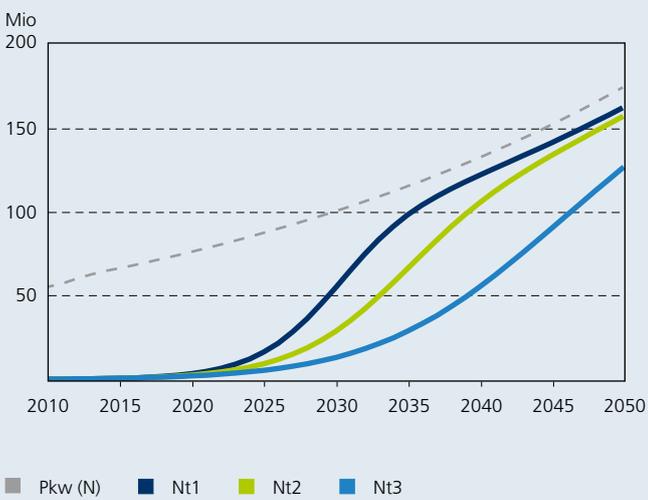
Das Diffusionsmodell von Bass¹⁹ ist hierbei nach dem exponentiellen oder logistischen Diffusionsmodell das einfachste Modell zur Beschreibung der Markteinführung und Diffusion innovativer Produkte unter Berücksichtigung von Innovations- und Imitationseffekten, welches die globale Entwicklung der Elektro-Pkw Verkäufe seit 2010 bis 2015 (inkl. aktueller Hochrechnung bis 2016) hinreichend exakt reproduziert und für die Zukunft die Spannbreite existierender Marktprognosen wieder gibt²⁰. Das Modell betrachtet den Anteil von Erstkäufen aufgrund der Neuartigkeit des Produktes (Innovatoren, Innovationskoeffizient p) bzw. aufgrund seiner Verbreitung (Imitatoren, Imitationskoeffizient q). Eine Parametrisierung des Modells lässt sich mit den Koeffizienten p [0,00078, 0,0012] und q [0,2, 0,4] am besten erreichen, außerhalb des Bereichs weichen die Modellergebnisse zu stark von den Verkaufszahlen 2010 bis 2016 ab. Die Werte ($p_1=0,00078$, $q_1=0,4$), ($p_2=0,00095$, $q_2=0,3$) und ($p_1=0,0012$, $q_2=0,2$) führen dabei zu den größtmöglichen Variationen.

In den Abbildungen sind die xEV-Neuzulassungen (Nt1, Nt2, Nt3) nach den somit aufgespannten drei Szenarien, die xEV-Diffusion (D1, D2, D3) in Prozent (für die Pkw-Neuzulassungen als Gesamtmarkt wird ein durchschnittliches Wachstum von 2,8 Prozent auf Basis der historischen Entwicklung fortgeschrieben)²¹, die sich ergebende Batterienachfrage (GWh1, GWh2, GWh3)²², die jährlichen Wachstumsraten für Neuzulassungen (CAGR1, CAGR2, CAGR3)²³ sowie die Entwicklung der neuen Erstkäufer von xEV (nt1, nt2, nt3) gezeigt.

Szenario 1 führt zu der schnellsten und aggressivsten Diffusion, wobei bereits 2030 50 Prozent der Neuzulassungen xEV wären. Selbst das IEA 2° Szenario mit 150 Mio xEV Bestandsziel wäre um das 1,5-fache übertroffen²⁴. Eine globale Diffusion wäre bereits bis 2040 erreicht, verbunden mit einer Batterienachfrage jenseits 5 bis zu 10 TWh. Da sich ein solches Szenario nicht aus einer technologischen Reife und wirtschaftlichen Darstellbarkeit neuer Elektromobilitätskonzepte ergeben würde (diese bräuchten eine längere Entwicklungszeit)²⁵, nennen wir dieses Szenario 1 eine „erzwungene Diffusion“. Demnach müssen äußere Faktoren wie ein gesellschaftlicher Wandel oder vielmehr politische Maßnahmen (Gesetzgebung, Marktanreize etc.) auf die Diffusion Einfluss nehmen.

Aktuell sind tatsächlich derartige Maßnahmen in einzelnen Ländern zu beobachten: so wurde Ende Oktober 2016 über das chinesische Industrie- und Informationstechnologieministerium ein Gesetzentwurf mit einem Kreditpunktesystem für Automobilverkäufe ähnlich dem Zertifikatshandel mit Emissionsrechten bekannt, das schon ab dem Jahr 2018 gelten soll. Danach muss jedes Unternehmen, das in China Automobile verkaufen möchte, eine von 2018 (8 Prozent) über 2019 (10 Prozent) bis 2020 (12 Prozent) ansteigende Kreditpunktquote der insgesamt verkauften Automobile erreichen, die mit entweder 2 (PHEV) oder 4 (BEV) Kreditpunkten pro verkauftem Elektrofahrzeug erreicht werden kann.^{26,27} Auch die Regierungen in Korea²⁸ und Québec in Kanada²⁹ denken über Elektrofahrzeug-Quoten nach.

Globale xEV-Neuzulassungen



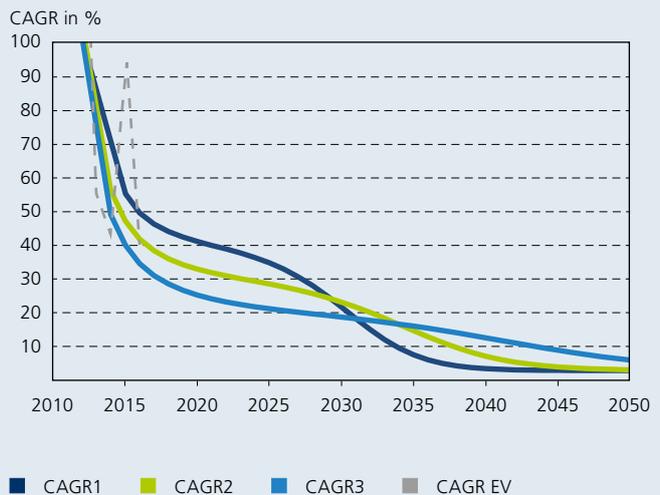
Globale xEV-Pkw-Diffusion



Globaler LIB-Bedarf für xEV



Jährliche Wachstumsraten



Diffusion der Elektromobilität (Elektro-Pkw: BEV, PHEV) nach dem Diffusionsmodell von Bass (vgl. Seite 13) für drei Szenarien: Szenario 1 – „erzwungene Diffusion“, Szenario 2 – „frühe Diffusion“, Szenario 3 – „technologische Diffusion“. Parametrisierung auf Basis der realen globalen Entwicklung 2010–2015.

ENERGIESPEICHER-MONITORING: SZENARIEN DER MARKTDIFFUSION UND MARKTPHASEN

CO₂-Grenzwerte, wie sie bereits in einigen Regionen (insbesondere der EU) gelten und weiter verschärft werden, haben prinzipiell den gleichen Effekt. Zunehmend werden von Ländern und Regionen aber auch Totalverbote ab einem bestimmten Zeitpunkt gefordert oder gar angekündigt.³⁰ Würden solche Maßnahmen flächendeckend umgesetzt, so könnte sich ein solches Szenario ergeben.

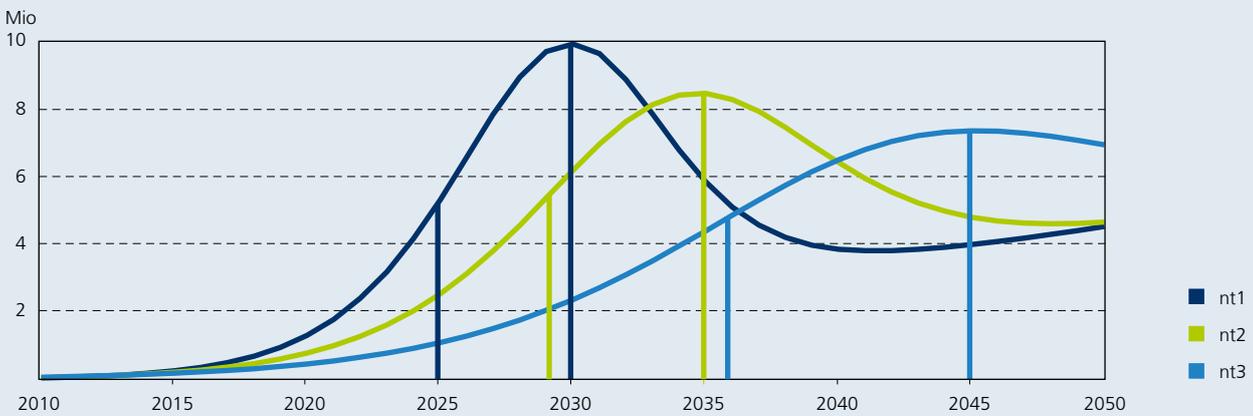
Szenario 2 wäre ähnlich der Paris Declaration³¹ und würde zu den bislang optimistischsten Szenarien gehören.³² Wir nennen es daher „frühe Diffusion“. Szenario 3 ist ggf. das realistischste Szenario, wenn die Marktdiffusion Hand in Hand mit dem technischen Fortschritt der Batterietechnologie und entsprechender Mobilitätskonzepte (ohne massive Regulierung, Förderung, Marktanzreizprogramme etc.) fortschreitet. Es entspricht dem Trendszenario der „Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030“³³, wir nennen es hier die „technologische Diffusion“.

Trotz der Spannbreite der Szenarien lässt sich schließen, dass die bisherige Entwicklung der Elektroautoverkäufe auf eine globale Diffusion zwischen 2030 und 2050 hinweist. Der Bedarf nach Batteriekapazitäten dürfte spätestens ab 2030 auf über 1 TWh (rd. 30 Tesla/Panasonic-Gigafactories) und langfristig die Dimension von 10 TWh (bis 300 Gigafactories) ansteigen.

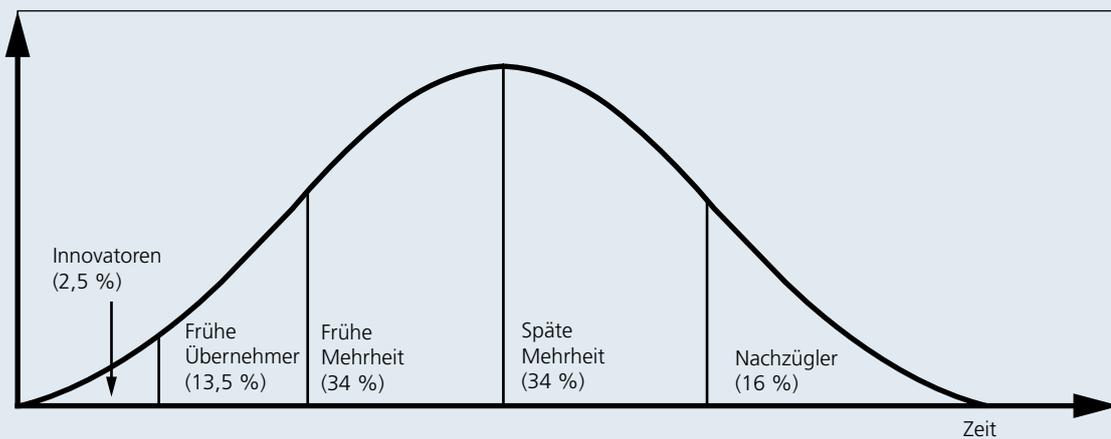
Eine wichtige Erkenntnis aber für die nächsten Jahre ist, dass es weiterhin Zeit für die Entwicklung eines globalen Massenmarktes bedarf, wenn man die mit den Elektroautoverkäufen verbundenen Käufertypen betrachtet (dies kann sich regional natürlich unterschiedlich vollziehen).

Das Diffusionsmodell von Rogers³⁴ gibt hierzu die Verteilung des Übernahmezeitpunkts einer Innovation als Glockenkurve (Normalverteilung) wieder. Dabei werden fünf Verbrauchertypen unter den Erstkäufern unterschieden: Innovatoren („innovators“), früher Übernehmer („early adopter“), frühe Mehrheit („early majority“), späte Mehrheit („late majority“) und Nachzügler („laggards“). Für eine schnelle Verbreitung einer Innovation spielen Faktoren wie Kompatibilität, Außergewöhnlichkeit auf dem Markt, geringes Risiko der Übernahme, Verständlichkeit oder Ersichtlichkeit der Vorteile der Innovation eine wichtige Rolle. Vergleicht man die Kurven, welche sich aus dem Bass-Modell für neue Erstkäufer von xEV ergeben, so wird deutlich, dass selbst bei einer „erzwungenen Diffusion“ noch mindestens bis 2025, bei einer „frühen Diffusion“ bis 2030 und einer „technologischen Diffusion“ bis etwa 2035 frühe Übernehmer für die Elektroautoverkäufe Zielgruppe sein werden. Erst danach wird das System in einen Massenmarkt umschlagen. Dies ist wichtig, um zu verstehen, dass in unterschiedlichen Marktphasen unterschiedliche Maßnahmen zur Diffusion einer Technologie greifen. So wird mindestens für die nächsten 10 Jahre die weitere technologische Reife und daher Förderung von Batterien und Elektrofahrzeugen bzw. -konzepten sowie der Infrastruktur entscheidend sein, um einer breiten Masse Ängste bzgl. Kompatibilität (z. B. Laden, Ladeinfrastruktur), einem risikoreichen Kauf (z. B. weiter fallende Kosten, steigende Reichweite, zu früher Kauf) zu nehmen und die wachsenden Vorteile der Technologie aufzuzeigen.

Neue Erstkäufer von xEV



Neue Erstkäufer nach Rogers³⁴



Diffusion der Elektromobilität (Elektro-Pkw: BEV, PHEV) nach dem Diffusionsmodell von Bass (vgl. Seite 13) für drei Szenarien: Szenario 1 – „erzwungene Diffusion“, Szenario 2 – „frühe Diffusion“, Szenario 3 – „technologische Diffusion“. Parametrisierung auf Basis der realen globalen Entwicklung 2010–2015.

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, welches sich 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, welche schwer zu imitieren sind. Die deutsche Industrie, unterstützt von der Politik, strebt beispielsweise derzeit eine Leitanbieterschaft beim Thema Industrie 4.0 an, bei welcher Produkte und internetbasierte Dienste zu Smart Services verschmelzen. 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, und auf die frühzeitige Produktion folgt 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, welcher 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 von Bedeutung. Effiziente Regulierung ist oftmals überhaupt erst Voraussetzung für die Herausbildung einer entsprechenden Nachfrage.

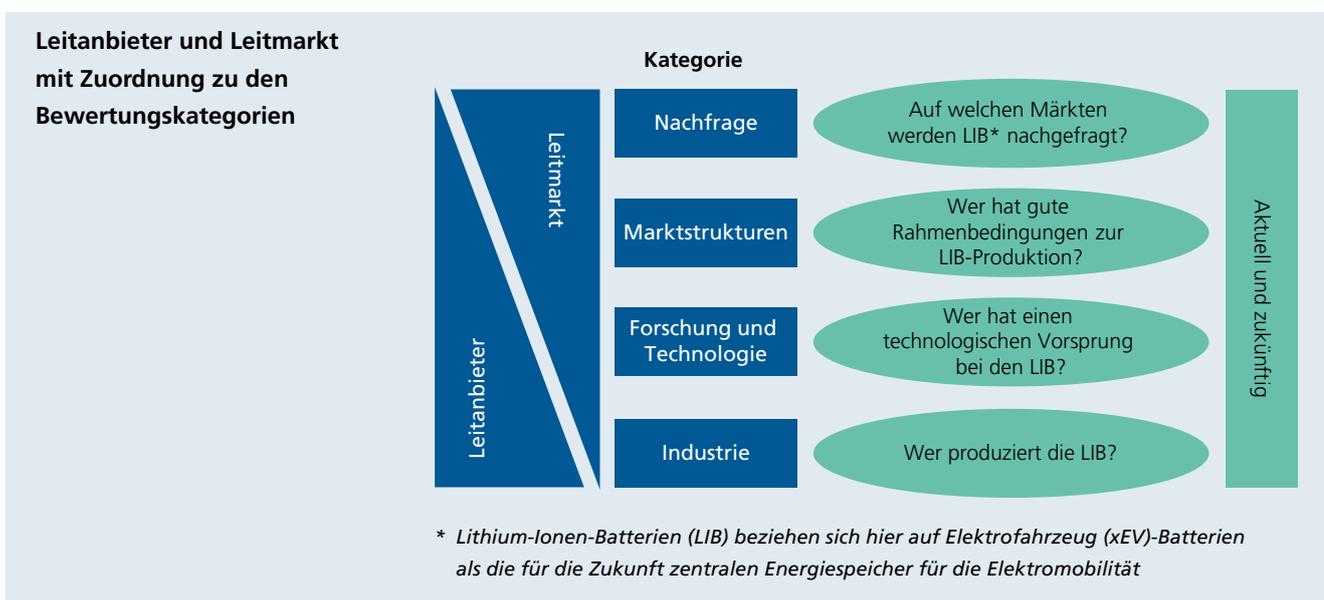
Forschung und Technologie

Zur Erzielung eines Wettbewerbsvorsprungs bei technologieintensiven Produkten, wie sie bei Energiespeichertechnologien benötigt werden, sind erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (FuE) bei Unternehmen und Forschungseinrichtungen ebenso eine unabdingbare Voraussetzung wie ein gut entwickelter Ausbildungsbereich von Fachkräften.

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, sodass 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 verlangt spezifische Kenntnisse und Kompetenzen im internationalen Marketing.



METHODIK UND VORGEHENSWEISE

In der vorliegenden Studie wurden Einflussfaktoren analysiert, welche 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 im Rahmen des Projektes „Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität“ (EMOTOR) in 2014. Zur Messung dieser Einflussfaktoren wurden Indikatoren entwickelt. Für insgesamt 30 Indikatoren wurden in dem vorliegenden Update 2016 länderübergreifend Daten erhoben, sodass die im Bereich „Energiespeicher für die Elektromobilität“ derzeit führenden sechs Länder Japan, Korea, China, USA, Deutschland, Frankreich anhand vergleichender Kennzahlen bewertet werden können.

Die 30 Indikatoren sind in die oben eingeführten vier Kategorien Nachfrage, Marktstruktur, Forschung und Technologie sowie Industrie eingeteilt. Je Kategorie wurden sieben bzw. acht Indikatoren herangezogen. Bei den Indikatoren wurde Wert auf eine möglichst hohe Relevanz und Objektivität durch Nachvollziehbarkeit gelegt und es wurden Indikatoren gewählt, welche sich für derartige Analysen bewährt haben, wie z. B. die Entwicklung von Publikations- und Patentanmeldungen, Zellproduktions- und Verkaufszahlen von Elektrofahrzeugen 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, welche Aussagen dazu treffen, 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. Unter-

bewertungen 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) 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 (hier i. d. R. 2015) 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, welche für einen Zeitraum von etwa ein bis zwei Jahren als stabil gelten sollte, danach aber aktualisiert werden muss.

Vorgehen

Nach der Datenerhebung wurden die einzelnen Indikatoren gebildet. Bei zusammengesetzten Indikatoren, das heißt 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. Beispielsweise werden Batteriekomponenten 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 aggregiert, wobei alle Indikatoren summiert werden (Schritt 3). Diese Methode findet in einer vergleichbaren Form auch im Leitmarkt-Ansatz von Beise³⁵ Verwendung. Abweichend von einer Gleichgewichtung kann die Addition auch nach erwarteter Einflusstärke 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 Expertenpanels im Projekt EMOTOR in 2014 vorgenommen wurde. Andere Gewichtungsergebnisse (das heißt bei Variation) werden diskutiert. Auf eine Gewichtung der vier Kategorien untereinander wird hier verzichtet. Dies würde einen weiteren Gewichtungsschritt notwendig machen, welcher schwierig zu begründen ist. Wie gewichtet man die Kategorie Nachfrage zum Beispiel 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 Lithium-Ionen-Batterien als auch Marktanreizprogramme zur Ankurbelung der Nachfrage nach Elektrofahrzeugen untersucht, da diese die Nachfrage nach Energiespeichern indirekt beeinflussen. Die Kombination dieser Indikatoren ermöglicht eine Prognose, wie stark in den Ländern aktuell und künftig Energiespeicher für Elektrofahrzeuge 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 Elektrofahrzeuge 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 Lithium-Ionen-Batterien für Elektrofahrzeuge eine entscheidende Rolle spielen. Die Indikatoren umfassen den Batteriebedarf, die Produktion von Elektrofahrzeugen als Indiz für die heutige und potenzielle künftige Entwicklung eines heimischen Absatzmarktes bis hin zu Marktgröße und -dynamik, Marktanzreizprogramme, Pkw-Regulierungsmaßnahmen und der Kaufkraft als mögliche Nachfragetreiber (siehe Abbildung). Für die Bildung des Komposit-Indikators wird von einer Gesamtgewichtung ausgegangen, welche zusammen mit nationalen Experten in einem Expertenpanel 2014 im Rahmen des „Energiespeicher-Monitoring 2014“ erarbeitet wurde (Gewichtung siehe Abbildung).

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Der aufsummierte Gesamtindikator der Nachfrage zeigt eine absolute Stärke Chinas (noch) direkt gefolgt von den USA. China hat im Bereich Nachfrage im Vergleich zum „Energiespeicher-Monitoring 2014“ deutlich aufgeholt. Japan ist demgegenüber abgefallen und folgt nun zusammen mit Deutschland und Korea im Mittelfeld. Frankreich hat gegenüber 2014 nachgelassen und folgt somit in 2016 auf dem letzten Platz. Auch Variationen in der Gewichtung, die Nicht-Berücksichtigung einzelner Indikatoren oder eine Gleichgewichtung aller Indikatoren führen zu robusten Ergebnissen. Das Ranking der Länder ist durch die Summe der Indikatoren und nicht durch Einzeleffekte bestimmt. Die Einzelindikatoren werden auf den Seiten 36 bis 43 erklärt.

Ländervergleich der Kategorie Nachfrage



Indikatoren (Gewichtung)

- Pro-Kopf-Einkommen (Kaufkraft) (15,0 %)
- Umweltpolitische Pkw-Regulierungsmaßnahmen (18,0 %)
- Marktanzreizprogramme (20,0 %)
- Pkw Marktgröße und -dynamik (15,0 %)
- Inländische Produktionsprognose xEV bis 2017 (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

China

Die politischen Maßnahmen Chinas zur Ankurbelung der Marktnachfrage der letzten Jahre haben gewirkt und in 2015 zu einem sprunghaften Absatz an Elektrofahrzeugen geführt (rd. 230 000 Elektro-Pkw und rd. 117 000 Elektro-Busse). Damit hat China begonnen sein enormes inländisches Marktpotenzial (2015 rd. 24,5 Mio Pkw- und Nutzfahrzeug-Neuzulassungen) zu erschließen. Die inländische xEV-Produktion in 2015, der sich hieraus ergebende LIB-Bedarf ebenso wie die Prognose für die nächsten Jahre führen China damit aus dem hinteren Feld auf Rang 1 und dieser dürfte sicherlich weiterhin verteidigt und ausgebaut werden.

USA

Die USA verfügen über eine hohe Produktion von Elektrofahrzeugen, insbesondere von PHEV und BEV, und einen daraus resultierenden hohen Bedarf an Lithium-Ionen-Batterien im eigenen Land (besonders durch verkaufte BEV von Tesla mit hoher Kapazität von 60 bis 100 kWh). Bei der inländischen Produktionsprognose für Elektrofahrzeuge bis zum Jahr 2017 liegt Deutschland allerdings bereits mit den USA gleich auf (betrachtet wird die Produktion und nicht der Absatz im Land!). Die Marktgröße, Anreizprogramme, umweltpolitische Regulierungsmaßnahmen und die Kaufkraft lassen die USA schließlich eine Spitzenposition halten, jedoch auf Rang 2 direkt nach China.

Deutschland und Japan

Deutschland und Japan führen das Mittelfeld im Bereich Nachfrage an. Beide Länder haben eine deutlich geringere Pkw-Marktgröße und -dynamik als China und die USA. Dennoch liegt für beide Länder der Indikator für die inländische Produktion an Elektrofahrzeugen höher bzw. auf dem Niveau der USA. Dabei handelt es sich bei Japan hauptsächlich um HEV-Modelle, während bei den BEV die USA und Deutschland führend sind. Marktanzreizprogramme und umweltpolitische Regulierungsmaßnahmen gleichen sich in Deutschland und Japan in etwa aus. Insgesamt

liegt Deutschland bei der vorliegenden Gewichtung minimal vor Japan. Gegenüber 2014 hat sich die Position Japans verschlechtert und die Deutschlands verbessert.

Korea

Korea hat im Vergleich zu den anderen Ländern relativ spät mit der Einführung von Marktanzreizprogrammen begonnen, liegt aber dank dieser sowie seiner umweltpolitischen Regulierungsmaßnahmen in 2016 vor Frankreich. Eine Auswirkung auf die inländische Produktion von Elektrofahrzeugen ist dennoch weiterhin kaum zu beobachten. Die Pkw-Produktion erreicht mit 4,15 Millionen produzierten Fahrzeugen im Jahr 2015 rd. 72 Prozent des deutschen Produktionsvolumens, der Anteil der Elektrofahrzeuge darin ist mittlerweile gleich, da Deutschland stark aufgeholt hat. Der Bedarf an LIB ist dennoch nicht sehr ausgeprägt, da es sich weiterhin 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 (insbesondere für LIB).

Frankreich

In Frankreich verhindern die starken umweltpolitischen Regulierungsmaßnahmen ein noch stärkeres Abfallen gegenüber den anderen Ländern. Marktanzreizprogramme in anderen Ländern haben sich mittlerweile deutlich verbessert und auch die Produktionsprognosen für Frankreich fallen hinter denen der anderen Länder ab. Vor diesem Hintergrund ist auch der aktuelle Batteriebedarf gering im Vergleich zu der enormen Nachfrage in China und den USA. Frankreich fällt in 2016 im Bereich Nachfrage vom Mittelfeld auf Rang 6 ab.

INDIKATOREN DER KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN

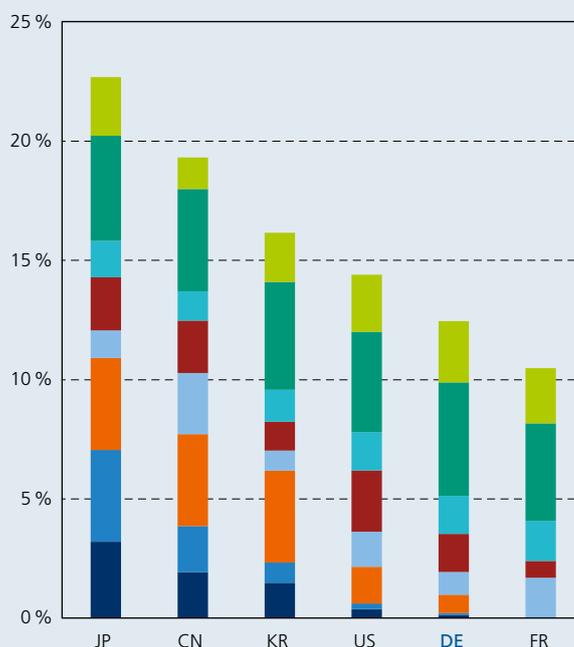
Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Marktstruktur 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 im World Governance Index widerspiegelt) und 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 Gewichtungen der nationalen Experten aus dem Expertenpanel 2014 im Rahmen des „Energiespeicher-Monitoring 2014“ verwendet (Gewichtung siehe Abbildung).

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Die absolute Stärke Japans zeigt sich mit Ausnahme von Rohstoffproduktion und -handel in allen Indikatoren ebenso wie in 2014 auch in 2016. Im Mittelfeld liegt mit mittlerweile geringerem Abstand als in 2014 China, mit nun etwas größerem Abstand gefolgt von Korea und den USA. Jeweils mit etwas Abstand folgen Deutschland und zuletzt Frankreich. Das Gesamtbild ist auch bei Variationen der Gewichtung generell robust. Da Korea und die USA im Mittelfeld jedoch eng beieinander liegen, kann es hier bei starken Änderungen der Gewichtung zu Verschiebungen im Ranking kommen. So ist in der Gewichtung auf Basis von Experteneinschätzungen der GCI mit fast 20 Prozent mit Abstand der wichtigste Indikator, während der Stabilität der Regierungsführung auf Basis des WGI leicht unterproportionale Bedeutung beigemessen wird. Dadurch würden die USA bei einer Gleichgewichtung der Indikatoren vor Korea landen, da Korea beim GCI bessere Werte als die USA aufweist, im WGI jedoch leicht dahinter liegt. Die Einzelindikatoren sind auf den Seiten 44 bis 51 erklärt.

Ländervergleich der Kategorie Marktstrukturen



Indikatoren (Gewichtung)

- WGI – Qualität der Regierungsführung/Stabilität (10,3 %)
- GCI – Generelle technologische Leistungsfähigkeit (19 %)
- EPI – Umweltindikator (6,7 %)
- Recycling (10,3 %)
- Produktion und Handel von Rohstoffen (10,3 %)
- Abdeckung der Wertschöpfungskette im Land (15,4 %)
- Unternehmensgröße (15,4 %)
- Anzahl Unternehmen 2015 (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 weiterhin am besten ab. Ein zentraler Vorteil ist der reife Markt, gekennzeichnet durch zahlreiche, große Unternehmen, welche alle Bereiche der Wertschöpfungskette abdecken. Lediglich im Bereich 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 und Korea meist kleineren Firmen und einer etwas geringeren Marktkonzentration als in Japan. Allerdings hat China hier gegenüber 2014 aufgeholt und sich dem Spitzenreiter Japan nähern können. Eine Stärke von China im Bereich der Marktstrukturen ist weiterhin der Rohstoffzugang im eigenen Land und die Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette, mit dem Unternehmen BYD sogar innerhalb eines einzigen Konzerns. Derzeit bestehen noch spezifische Schwächen hinsichtlich der Umweltbewertung 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 welchen jeweils nur einzelne große Akteure aktiv sind. Korea ist insbesondere mit seinen Zellherstellern LG Chem, Samsung SDI, SK Innovation sehr gut aufgestellt. 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. Die Abdeckung der Wertschöpfungskette von Komponenten bis Zellfertigung für Elektroautos mit dem Kriterium >1 Prozent Marktanteil auf den jeweiligen Stufen ist in den USA nicht gegeben. Die USA gleichen an anderer Stelle z.B. durch starke Patentaktivitäten im Bereich Recycling aus und halten sich somit vor Deutschland und Frankreich.

Deutschland

Deutschland nimmt eine Spitzenposition hinsichtlich Regierungsführung, allgemeiner Wettbewerbsfähigkeit ein, liegt aber insgesamt in der Kategorie Marktstrukturen nur im unteren Mittelfeld. Im Vergleich zu den asiatischen Ländern kann Deutschland die Bereiche Kathodenmaterialien in der Wertschöpfungskette nur in geringem Maße abdecken, könnte aber künftig mit Unternehmen wie BASF, BASF Toda im Bereich der Kathoden- und Elektrolytmaterialien weiter aufholen. Auch hinsichtlich Produktion und Handel von Rohstoffen schneidet Deutschland sehr schwach ab, weil es derzeit nur wenige deutsche Unternehmen gibt, welche in diesen Bereichen tätig sind. Jedoch sind sowohl Materialhersteller als auch die OEM selbst in der Entwicklung und Produktion von Lithium-Ionen-Batteriekomponenten sowie der Fahrzeugintegration aktiv. Insbesondere durch die enge Einbindung in die Automobilindustrie ist dies weiterhin eine gute Ausgangsbasis für die weitere Entwicklung. Hinsichtlich der Rohstoffe ist Deutschland wie Korea stark vom Weltmarkt abhängig.

Frankreich

Frankreich nimmt den letzten Platz ein, da hier ähnlich wie in Deutschland nur einzelne Akteure aktiv sind. Die Wertschöpfungskette wird mit der Hürde von mindestens 1 Prozent Marktanteil auf keiner der Stufen mehr abgedeckt. Frankreich schneidet hinsichtlich der allgemeinen politischen Rahmenbedingungen und Umweltfaktoren (hier führend) ähnlich gut wie die allgemein führenden Länder ab. Die allgemeine Wettbewerbsfähigkeit wird jedoch etwas schlechter bewertet.

INDIKATOREN DER KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Forschung und Technologie umfasst acht Indikatoren, welche (förder-)politische Ziele und FuE-Zielvorgaben für die Batterieentwicklung, öffentliche 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 Gewichtungen der nationalen Experten aus dem Expertenpanel 2014 im Rahmen des „Energiespeicher-Monitoring 2014“ verwendet (Gewichtung siehe Abbildung).

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Insgesamt ergibt sich in der Kategorie Forschung und Technologie eine Führung Japans. Gegenüber 2014 ist Korea relativ zu Japan wieder abgefallen und liegt jetzt in einem großen Mittelfeld mit den weiteren Ländern. Frankreich konnte gegenüber 2014 aufholen und den Abstand zu dem großen Mittelfeld verringern, bleibt aber Schlusslicht. Gegenüber 2014 musste aufgrund fehlender Daten auf zwei Indikatoren verzichtet werden, die Ergebnisse zeigen sich aber auch bei Nicht-Berücksichtigung einzelner Indikatoren weitgehend robust. Das Mittelfeld liegt allerdings sehr eng beieinander. Durch starke Änderungen der Gewichtung oder Vernachlässigung von einzelnen Indikatoren kann es daher zu kleinen Verschiebungen im Ranking kommen³⁶, die aber die Gesamtaussage, dass es ein eng beieinander liegendes Mittelfeld gibt und Japan mit Abstand an der Spitze liegt nicht ändert. Die Einzelindikatoren sind auf den Seiten 52 bis 60 erklärt.

Ländervergleich der Kategorie Forschung und Technologie



Indikatoren (Gewichtung)

- Zielvorgaben bzgl. der Batterieparameter (14,4 %)
- Verhältnis FuE-Intensität privat/öffentlich (7,2 %)
- (Öffentliche) LIB/Batterie Forschungsförderung (14,4 %)
- Politische Ziele & Fristen der Masterplanung (7,2 %)
- Patente (18,7 %)
- Publikationen (9,4 %)
- Ausbildung/Fachkräfte (14,4 %)
- FuE-Anteil der Unternehmen (14,4 %)

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 „Lithium-Ionen-Batterien“ 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 Führungsposition im Bereich Forschung und Technologie zu halten, wie bereits 2014 für das vorliegende Update 2016 prognostiziert.

USA

Die USA weisen spezifische Stärken in der mittlerweile stärksten Förderung von der Forschung und Entwicklung insbesondere disruptiver Batterietechnologien auf (also Technologien, welche in mindestens einem Leistungsparameter wie z. B. der Energiedichte ganz wesentliche Verbesserungen gegenüber heutigen Lithium-Ionen-Batterien aufweisen). Die hohen wissenschaftlichen Aktivitäten (Publikationen) und aufgebautes Humankapital (insbesondere Universitäten) verhelfen den USA zum Anführer des großen Mittelfelds nach Japan.

Korea

Korea konnte mit seinen massiven angekündigten Fördermaßnahmen (insbesondere mit Bezug auf Materialstrategien und Batterieproduktion) als „second mover“ in der Kategorie Forschung und Technologie nicht mithalten und fällt in das große Mittelfeld mit den USA, Deutschland und China ab. Denn das ehemals angekündigte Projekt „Battery 2020“ wurde offenbar nicht fortgeführt, dafür wurde Ende 2015 ein 5-Jahres-Plan der Regierung zur Verbreitung von „Green Cars“ bekannt. Allerdings werden das politische Engagement und die FuE-Anstrengungen

der Unternehmen (d. h. großen Konglomerate) weiterhin hoch eingestuft. Korea zeichnet sich durch hohe technologische Aktivitäten (Patentanmeldungen) aus.

Deutschland

Deutsche Unternehmen spielen eine relativ aktive Rolle mit hohen FuE-Anstrengungen. Auch Humankapital konnte durch die Forschungsförderung der letzten Jahre klar aufgebaut werden. Die politischen Ziele und Roadmaps haben sich bei allen Ländern deutlich angeglichen und damit eine Differenzierung der hier untersuchten sechs Länder verwischt. Die starke Wachstumsdynamik in FuE aus 2014 hat allerdings nachgelassen, was mit einer künftig weiterhin kontinuierlichen Förderung stabilisiert werden dürfte. Allerdings fördern die Vergleichsländer auf gleichem Niveau, was auch in diesem Indikator zu keiner deutlichen Differenzierung führt.

China

China verfügt über ein enormes Humankapital und zeigt eine sehr hohe wissenschaftliche Aktivität (Publikationen). Die technologischen Aktivitäten (Patentanmeldungen) gewinnen an Dynamik. Insgesamt liegt China mit den USA, Deutschland und Korea praktisch gleich auf.

Frankreich

Frankreich bildet insgesamt und auch anhand nahezu aller Einzelindikatoren das Schlusslicht in dieser Kategorie. Durch seine traditionell starke Batterieforschung hat Frankreich zwar Potenziale, auch zukünftig die Batterieentwicklung mit voranzutreiben. Allerdings wird Frankreich im Bereich Forschung und Technologie wohl auch künftig abgeschlagen hinter den fünf führenden Ländern liegen.

INDIKATOREN DER KATEGORIE INDUSTRIE

Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Industrie analysiert die industriellen Rahmenbedingungen innerhalb der Länder anhand von sieben Indikatoren (siehe Abbildung). Die Indikatoren beschreiben die Produktion und Produktionsprognose für Zellen sowie das Potenzial zur Deckung des Eigenbedarfs an Lithium-Ionen-Batterien. 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 Gewichtungen der nationalen Experten aus dem Expertenpanel 2014 im Rahmen des „Energiespeicher-Monitoring 2014“ verwendet (Gewichtung siehe Abbildung).

Robustheit der Ergebnisse und Gesamtfazit

Die deutliche Führungsposition Japans aus 2014 wird in 2016 durch China eingeholt. China nimmt neben den in 2015 erreichten Werten im Bereich Industrie besonders durch die Wachstumsdynamik (Komponenten und Zellproduktion und Absatzmarkt) und Aussichten bis 2017 die neue Führungsposition vor Japan ein. Korea liegt nunmehr auf einem klaren Platz 3. Denn die „Nachfrage-Länder“ USA, Deutschland und Frankreich folgen mit Abstand gegenüber den Asiaten. Das Gesamtbild ist auch bei Variationen in der Gewichtung weitestgehend robust. Die Ausnahme sind China und Japan, die an der Spitze sehr eng beieinander liegen. Chinas führende Position ist insbesondere durch das Wachstum des Weltmarktanteils für Zellen und Komponenten sowie die inländische Produktionsprognose für Zellen bestimmt. Fällt einer dieser Indikatoren heraus, würde Japan Rang 1 einnehmen. Japan schneidet im Vergleich mit China insbesondere bei den Indikatoren Absatzmarkt für Komponenten und Batterien im eigenen Land und Marktanteil für Zelle und Komponenten sehr gut ab. Die Einzelindikatoren werden auf den Seiten 61 bis 67 genauer spezifiziert.

Ländervergleich der Kategorie Industrie



Indikatoren (Gewichtung)

- Wachstum des Weltmarktanteils für Zellen und Komponenten (19,5 %)
- Marktanteile in Weltmärkten für Zellen und Komponenten (13,0 %)
- Produktionskapazitäten an Zellen für Pkw-Anwendungen des Landes (13,0 %)
- Größe des Absatzmarktes für Komponenten und Batterien im eigenen Land (13,0 %)
- Anzahl an Lieferverträgen (15,6 %)
- Produktionsprognose für inländische Zellproduktion bis 2020 (min) (13,0 %)
- Inländisch real produzierte Zellen und Potenzial der Eigenbedarfsdeckung (13,0 %)

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

China

China hat durch die ab 2015 entstandene und durch politische Maßnahmen erreichte Nachfrage nach Elektrofahrzeugen (zentral sind die Zulassungsvorteile für Elektrofahrzeuge gegenüber Verbrennern) eine große sowie schnell wachsende Nachfrage nach inländisch produzierten LIB-Zellen geschaffen. In diesem Kontext wurden Zellproduktionskapazitäten (neben Pkw auch für Elektro-Busse, -Räder etc.) aufgebaut, mit weiter wachsender Dynamik in den kommenden Jahren. China nimmt somit im Bereich Industrie die Führungsposition ein und löst Japan ab. Chinas Ansatz, gepaart aus technologischer Aufholjagd mit ergänzendem Protektionismus, hat sich vor diesem Hintergrund bereits als erfolgreich bewiesen und wird vermutlich auch in Zukunft praktiziert werden, was sich schon heute z. B. mit den in Regierungskreisen diskutierten Elektrofahrzeugquoten auch für ausländische Fahrzeughersteller andeutet.

Japan

Japan liegt aktuell fast gleichauf mit China. Stärken liegen weiterhin in der inländischen Zellproduktion, breit aufgestellten Lieferbeziehungen zwischen Komponenten-, Zell- und Automobilherstellern und schließlich den weltweiten Marktanteilen für Zellen und Komponenten. Japan punktet somit durch seine industriellen Strukturen sowie die Exportorientierung, d. h. bei jeweils zu China eher komplementären Indikatoren.

Korea

Die Stärken Koreas als mittlerweile Drittplatziertem liegen ebenso wie die von Japan und China bei den real produzierten Zellen, der Deckung des Eigenbedarfs und den vorhandenen Produktionskapazitäten. Korea weist zudem ein hohes Wachstumspotenzial der Marktanteile auf, insbesondere bei den Zellen. Durch den geringen Absatz im eigenen Land sowie die geringeren Marktanteile bei Komponenten und Zellen in 2015 erklärt sich der Abstand zu Japan und China. Korea hat aber das Potenzial diesen Abstand in den nächsten Jahren zu verringern.

USA

Die USA schneiden auf der Anbieterseite deutlich schlechter ab als in der Kategorie Nachfrage. Zwar besteht in den USA ein Markt für Elektrofahrzeuge und entsprechend stark ist auch der Absatzmarkt für Lithium-Ionen-Batteriekomponenten. Auch Produktionskapazitäten sind in nennenswertem Umfang vorhanden (hier zählen auch die Standorte ausländischer Zellhersteller wie Panasonic, LG Chem etc. in den USA), jedoch reichen die durch amerikanische Zellhersteller selbst produzierten und in Elektroautos eingesetzten Kapazitäten bei weitem nicht aus, um den Eigenbedarf nach Lithium-Ionen-Batterien mit heimischer Produktion zu decken.

Deutschland

Deutschland kann in der Kategorie Industrie lediglich bei den Lieferverträgen der OEM punkten. Geringe LIB-Produktionskapazitäten im Land waren in 2015 mit der Firma LiTec noch vorhanden, ausländische Zellhersteller produzieren weiterhin nicht am Standort Deutschland. Würden die Pack- und Modulhersteller an dieser Stelle mit einbezogen, so würde sich der Bereich Industrie entsprechend der Nachfrage durch deutsche OEM verbessern. Die Wachstumspotenziale deutscher Zell- aber auch Komponentenhersteller sind insgesamt gering, sie wirken sich an dieser Stelle bei Deutschland ebenso wie Frankreich positiv aus, da andere Länder wie Japan mit Verlusten rechnen müssen, der Indikator wird aber insgesamt als positiver Wert ausgegeben und gewichtet. An dieser Stelle wird deutlich, dass der relative Abstand zwischen den Ländern als wesentliches Bewertungsmaß zu betrachten ist.

Frankreich

Frankreich belegt in der Gesamtbetrachtung dieser Kategorie daher weiterhin den letzten Rang, auch wenn französische OEM bereits Elektrofahrzeuge in Serie produzieren, vereinzelte Lieferverträge der OEM mit Zellherstellern bestehen und geringe Zellproduktionskapazitäten von Bolloré/batscap vorliegen.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND HANDLUNGSOPTIONEN FÜR DEUTSCHLAND

Die Ergebnisse der Studie zeigen insgesamt, dass Deutschland weiterhin davon entfernt ist, Leitanbieter oder Leitmarkt für Energiespeicher für die Elektromobilität zu werden. Seit dem Energiespeicher-Monitoring 2014 hat Deutschland seine Position in der Forschung und Technologie sowie seinen Marktstrukturen relativ zu Japan zwar halten können, jedoch haben sich die weiteren Länder teilweise aneinander angenähert und somit wird eine Differenzierung schwieriger. Die schlechte Positionierung im Bereich Batterie-Industrie erklärt sich durch die spätestens seit Ende 2015 nicht mehr vertretene deutsche Zellproduktion für Elektrofahrzeugbatterien. Diese würde allerdings angesichts des massiven Aufbaus von Zellkapazitäten durch asiatische Hersteller auch nicht ins Gewicht fallen. Die einzelnen sich positionierenden Komponentenhersteller können die Gesamtbewertung dabei

nicht wesentlich beeinflussen. Lediglich bei der Systemintegration, das heißt der Produktion von Batteriesystemen insgesamt, ist Deutschland besser positioniert (nicht in den Indikatoren abgebildet, da nur bis zur Zellproduktion betrachtet), da sich einige OEM und Zulieferer in Deutschland auch auf die Modul- und Packherstellung sowie deren Fahrzeugintegration konzentrieren. Dies hängt aber direkt mit der Nachfrage nach Batteriekapazität in Deutschland zusammen, welche durch die steigenden Elektroautoverkäufe deutscher OEM gerade in 2015 deutlich gestiegen ist.

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

Handlungsoptionen

Nachfrage

- Gesetzliche Rahmenbedingungen anpassen, um die Nachfrage indirekt zu steigern
- Marktanreizprogramme zur direkten Unterstützung der Nachfrage fortführen
- Aufklärung der Bevölkerung und Vermarktung der Elektromobilität intensivieren
- Energiespeichertechnologien 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 unterstützen

Forschung und Technologie

- Erfahrung in der Prozess- und Materialentwicklung auf- und ausbauen
- Forschung an und Entwicklung von Post-Lithium-Ionen-Batterietechnologien intensivieren
- Dauerhafte Förderstrategien (20 bis 30 Jahre) etablieren

Industrie

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

Nachfrage

Handlungsoptionen im Bereich Nachfrage zielen darauf ab, Maßnahmen zu identifizieren, welche eine inländische, d. h. deutsche Nachfrage nach Elektrofahrzeugen und somit auch den darin verwendeten Energiespeichern – den Lithium-Ionen-Batterien – verstärken.

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. Gerade in 2016 kündigten einige Nationen weltweit nahezu aggressive Maßnahmen wie angepasste gesetzliche Rahmenbedingungen aber auch erweiterte Marktanreizprogramme an.

Neben CO₂-Grenzwerten, wie sie bereits in einigen Regionen (insbesondere der EU) gelten und weiter verschärft werden, dürften sich E-Auto-Quoten wie aktuell von China ab 2018 geplant (weitere Länder überlegen diesem Beispiel zu folgen) zu einem wesentlichen Treiber für das Angebot neuer Elektrofahrzeugmodelle und -konzepte sowie der Nachfrage nach Elektroautos und damit Batterien entwickeln. Zunehmend werden von Ländern und Regionen aber auch Totalverbote ab einem bestimmten Zeitpunkt (meist 2025, 2030 oder 2035) gefordert oder gar bereits angekündigt. Diese **gesetzlichen Rahmenbedingungen** steigern die Nachfrage indirekt und technologieoffen, denn sie erhöhen insbesondere den Druck auf die Automobilindustrie sich zunehmend und schnell in Richtung Elektromobilität zu bewegen und dürften damit das richtige Ziel einer Treiberfunktion in jedem Fall erreichen.

Neben dem Fokus auf Pkw wird es aber auch wichtig sein, bald Maßnahmen wie z. B. Flotten-Grenzwerte für Lkw einzuführen.³⁷ Denn erste Märkte für Elektro-Nutzfahrzeuge bilden sich bereits und deren Weiterentwicklung sollte unterstützt werden. Die USA, China, Kanada und Japan haben bereits CO₂-Vorgaben für Lkw eingeführt. Damit existieren in wichtigen Absatz-Märkten bereits Lkw-Standards, mit Ausnahme der EU.³⁸

Allerdings ist es wichtig, dass die Vorgaben und Rahmenbedingungen auch mit der technischen und ökonomischen Entwicklung sowie Zeitskala für neue Mobilitätskonzepte vereinbar sind. Daher müssen flankierend auch die technologische (z. B. Batterieforschung und Entwicklung sowie Anwendungsintegration u. a. zur Erreichung höherer Reichweiten, Lebensdauer, Schnellladefähigkeit, Sicherheit etc.), die ökonomische (Senkung der Batteriepreise, Elektrofahrzeugpreise für Endkunden), die infrastrukturelle (Ladeinfrastruktur, auch Schnellladen, zur Akzeptanz bzw. Reduktion der Reichweitenangst) sowie gesellschaftliche Entwicklung (Verbraucheraufklärung und Beratung bzgl. Stand und Entwicklung der Elektrofahrzeuge, des Verbrauchs – Transparenz bzgl. NEFZ mit Einführung des WLTP,³⁹ Unterstützung auch eines gesellschaftlichen Wandels – Car-Sharing, Wandel in der Nutzung der Mobilität etc.) unterstützt werden. Diese Entwicklungen werden mindestens die kommenden 10 bis 20 Jahre benötigen und intensive und nachhaltige Unterstützung wie Marktanreizprogramme bzw. Förderung benötigen.

Ein **Marktanreizprogramm** zur direkten Unterstützung der Nachfrage ist der Infrastrukturaufbau: Die NPE hat einen Finanzbedarf von rd. 550 Mio € für 7100 Schnellladesäulen und 70000 Normalladepunkte bis 2020 ermittelt.^{40, 41} Mit dem Förderprogramm Ladeinfrastruktur des Bundes, welches von 2017 bis 2020 laufen soll, sind 300 Mio € (200 Mio € für 5000 Schnellladesäulen und 100 Mio € für 10000 Normalladesäulen) vorgesehen. Damit kommt der Bund den wesentlichen Forderungen der NPE, wie dem „10000 Säulenprogramm“ nach. Insgesamt sollen somit mindestens 15000 Ladestationen zusätzlich aufgebaut werden. Gefördert wird öffentlich-zugängliche Ladeinfrastruktur, die vorgesehene Förderquote liegt bei 60 Prozent.⁴² Das Programm ist Teil des Marktanreizprogramms Elektromobilität der Bundesregierung. Weitere Fördermaßnahmen sind das 140 Mio € Förderprogramm „Elektromobilität vor Ort“, die 247 Mio € Förderung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) sowie die 268 Mio € umfassende Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie.⁴³ Insgesamt ergibt sich eine Förderung rund um die Elektromobilität von rd. 1 Mrd € in den kommenden Jahren.

Mit der Einführung des Umweltbonus (Kaufprämie von 4000 € für rein elektrische Fahrzeuge und 3000 € für Plug-In Hybride, Bundesmittel 600 Mio € bis max. 2019), steuerlichen Anreizen (Rückkehr zur 10-jährigen KFZ-Steuerbefreiung, steuerfreies Laden beim Arbeitgeber) wurden in 2016 weitere monetäre und nicht-monetäre Anreize für eine Verbreitung der Elektromobilität geschaffen.⁴⁴ Wie die aktuell geringe Nachfrage nach der Kaufprämie zeigt, muss tatsächlich die Frage nach der besten zeitlichen Platzierung derartiger Marktanreize gefragt werden.⁴⁵ So adressiert eine Kaufprämie (wie im Kapitel Marktdiffusion anhand von Diffusionskurven gezeigt) noch mindestens in den nächsten 10 Jahren Innovatoren und frühe Übernehmer der Technologie (sog. early adopter). Eine frühe Mehrheit (also Massenmarkt) von Autokäufern, für welche eine Kaufprämie tatsächlich eine finanzielle Unterstützung darstellt und das entscheidende Zünglein an der Waage ist ein Elektroauto zu kaufen (d. h. den tatsächlichen Unterschied beider Konzepte finanziell ausgleicht), gibt es heute noch nicht. Die 600 Mio € hätten auf Basis dieser Erkenntnis besser in die weitere FuE und Maßnahmen zur Verkürzung der technologischen Reife der Elektromobilität investiert werden sollen.

Auf dem Weg dahin ist weiterhin große Überzeugungsarbeit bzw. Aufklärung 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. Um Vorbehalte und Ängste abzubauen, wurde in den letzten Jahren im Rahmen von Demonstrationsprojekten wie den Modellregionen oder den Schaufensterprojekte Elektromobilität „erfahrbar“ gemacht. Neben der konsequenten Aufklärung und Information der Öffentlichkeit und **Vermarktung der Elektromobilität** ist aber auch eine Transparenz wichtig und Verbraucher sollten nicht getäuscht werden, wie im Rahmen des „Diesel-Skandals“ oder Spritverbrauchs⁴⁶ in 2016 durch die Presse gegangen. So ist die Einführung des Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure (WLTP) als Testverfahren zur Bestimmung der Abgasemissionen (Schadstoff- und CO₂-Emissionen) und

des Kraftstoffverbrauchs von Kraftfahrzeugen zu befürworten. Das Testverfahren, welches ab 2017 in der Europäischen Union eingeführt werden und für Personenkraftfahrzeuge und leichte Nutzfahrzeuge gelten soll, wird den Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) ersetzen. Dieser bietet den Autobauer aktuell noch zu viele Grauzonen.⁴⁷ Denn es stellt sich auch für Elektrofahrzeuge die Frage, welche reale Reichweite im Vergleich zu den Angaben des NEFZ tatsächlich bleibt.

Eine entscheidende Voraussetzung für eine breite Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen wird aber wesentlich dadurch getrieben, dass Elektrofahrzeuge für die breite Bevölkerung erschwinglich werden. Kurzfristig und übergangsweise können hier Marktanzreizmassnahmen hilfreich sein (siehe oben). Entscheidend ist aber, dass die Kosten für die Produktion von Elektrofahrzeugen (und damit die Preise) sinken. Einen Schlüssel hierzu bietet weiterhin die Batterietechnologie, welche heute noch wesentliche Anteile der Fahrzeugkosten (20 bis 40 Prozent) ausmacht. Lithium-Ionen-Batterien 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. Lithium-Ionen-Batterien haben damit einen gewissen Vorteil gegenüber alternativen Technologien für die Elektromobilität, welche zum Beispiel 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 Elektrofahrzeuge 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 Elektrofahrzeugen 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 Elektromobilität zentralen Akteure unterstützen.

Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass Deutschland im Bereich der Materialentwicklung stark ist und beginnt sich mit einzelnen Unternehmen zu positionieren (insbesondere bei Kathoden- und Elektrolytmaterialien). Später in der Wertschöpfungskette bei der System- und Fahrzeugintegration weist Deutschland ebenfalls große Stärken auf, jedoch nicht in der Zellproduktion. Auch wenn eine Wertschöpfungskette für Energiespeicher und Elektrofahrzeuge 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 künftig relevanten Rohstoffen eine wichtige Rolle.

Eine (bundesweite) Rohstoffstrategie für Deutschland hat daher für das übergreifende Thema der Elektromobilität in Deutschland langfristig eine hohe Bedeutung. Da eine Rohstoffstrategie auf Bundesebene zu kleinteilig ausfallen könnte, wäre ggf. auch eine spezifisch für das Thema Elektromobilität entworfene **europäische Rohstoffstrategie** zu verfolgen, welche die bisherigen Aktivitäten auf EU-Ebene zuspitzt. In der Europäischen Union 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. Eine solche Strategie müsste dabei mehrere Risikofaktoren adressieren wie z. B.: Welche Zelltechnologie und Zellchemie wird sich im Massenmarkt durchsetzen und welchen Rohstoffverbrauch nach sich ziehen? Wie verändert der Technologiewandel (z. B. Co-reduzierte NMC Materialien, höhere Energiedichten, verbesserte Produktion, geringerer Ausschuss) den Rohstoffbedarf? Wann ergibt sich ein hinreichend großer Rücklauf von Fahrzeugbatterien und wie sind Recycling vs. Second Life Konzepte u. a. ökonomisch in der Zukunft zu bewerten? Standardisierung, Preisentwicklung, Skale-up der Produktion, Lebensdauer, Anwendungen und Geschäftsmodelle hängen hier künftig eng zusammen und benötigen eine **ganzheitliche systemische Betrachtung**. Deutschland bzw. Europa könnten sich zukünftig evtl. 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. Wichtige Argumente sind die Möglichkeit am Markt zu lernen, damit z. B. der Maschinenbau aber auch Material-/Komponenten-Zulieferer die Anforderungen, welche mit der Volumenproduktion⁴⁸ verbunden sind, verstehen können und ihre Produkte und Equipment durch einen direkten Zugang am heimischen Markt verbessern können.

FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

Handlungsoptionen im Bereich Forschung und Technologie zielen darauf ab, Maßnahmen zu identifizieren, welche deutsche Akteure dabei unterstützen, einen technologischen Vorsprung durch erfolgreiche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten aufzubauen, um zukünftig wettbewerbsfähig zu werden.

Für die kommenden Jahre (2017–2020) fordert die NPE für die FuE zur Elektromobilität 2,88 Mrd €, was bei einer 50 Prozent Förderquote 360 Mio € öffentlicher Förderung jährlich bedeuten würde. Hiervon sollen rd. 94 Mio € in IKT und Infrastrukturprojekte fließen, 142 Mio € in die Fahrzeug- sowie 124 Mio € in die Batterietechnologie.⁴⁹ Die in dieser Studie betrachteten Fördermittel für die Batterieforschung beziehen sich nur auf das BMBF. Unter Einbezug weiterer Fördermittelgeber dürfte die Förderung der Batterieforschung in Deutschland derzeit bei insgesamt rd. 80 bis 85 Mio € jährlich liegen (rd. 35 Mio € BMBF für Batterieforschung, rd. 15 bis 20 Mio € BMWi für elektrochemische Energiespeicher, rd. 25 Mio € Bundesländer für Energiespeicher, rd. 5 Mio € EU-Mittel für deutsche Energiespeicherprojekte unter Horizont 2020).⁵⁰⁻⁵³ Somit entspräche die Forderung der NPE im Bereich der Batterieforschung die durchschnittliche Förderung um 50 Prozent bzw. rd. 40 Mio € jährlich zu erhöhen. Dies ist tatsächlich eine Forderung, welche in etwa den Aufschluss der Förderung auf z. B. das Niveau der USA (vgl. 90 Mio € Batterieforschungsförderung nur durch das DOE) bedeuten würde. Dabei wäre aber auszuarbeiten, wie sich Fördermittel künftig verteilen. In den USA wird z. B. stark auf die Förderung disruptiver FuE-Themen gesetzt.

Asiatische Länder sind Deutschland in punkto Erfahrung in der Zellfertigung um viele Jahre voraus. Aktuell zeigt sich, dass Unternehmen aus Japan, China und Korea auch in Zukunft die Zellfertigung für Batterien bei dem Skale-up hin zu 150 bis 400 GWh absolut dominieren werden. Die Batterieförderung der letzten Jahre hat deutlich geholfen, die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in Deutschland wieder zu beleben. Im Rahmen des BMBF-Kompetenzclusters zur Batteriezellproduktion „ProZell“

sollen die aufgebauten nationalen Kompetenzen nun im Bereich der Zellfertigung gebündelt werden. Ziel dieses Kompetenzclusters ist es, die wissenschaftliche Basis für den Aufbau und die nachhaltige Weiterentwicklung einer international führenden, wettbewerbsfähigen Batteriezellenproduktion in Deutschland zu legen.⁵⁴ Diese zunehmende Schwerpunktsetzung auf die Entwicklung der **Prozess- und Produktionstechnologie** bei einer Hochskalierung der Zellproduktion aber auch die engere Verzahnung z. B. des Maschinenbaus in Batterieprojekten wird wichtig sein, um in der Batterieproduktion im industriellen Maßstab weiterhin Erfahrungen zu sammeln (Produktions-Know-how). Auch besteht in der **Materialentwicklung** für **optimierte Lithium-Ionen-Batterietechnologie** noch weiterhin Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Da die Lithium-Ionen-Batterietechnologie aber hinsichtlich variierender Zellchemien gewissermaßen eine Plattformtechnologie darstellt, können praktisch auch unabhängig von der Wahl der Zellkomponenten Lerneffekte erzielt werden.

Die Forschung und Entwicklung an sogenannten **Post-Lithium-Ionen-Batterietechnologien** (z. B. Lithium-Schwefel-, Metall-Luft-Batterien etc.) könnte bei einer Intensivierung und Verstärkung der Batterieforschung zu Fortschritten oder gar Durchbrüchen führen und Deutschland ggf. in der Zukunft wieder zur Wettbewerbsfähigkeit führen. In den letzten Jahren hat sich die Einschätzung ergeben, dass sich für Elektrofahrzeugbatterien der Zukunft am besten Feststoffbatterien eignen und hinsichtlich der Leistungsparameter gegenüber Lithium-Ionen-Batterien durchsetzen könnten (Lithium-Schwefel Batterien haben eine zu geringe volumetrische Energiedichte und Li-Luft Batterien eine zu geringe Zyklenstabilität, neben der Tatsache, dass alle diese Technologien noch deutlich in der Grundlagenforschung stecken). Die FuE an post-LIB-Ansätzen ist dabei aber langfristig sowie in Ergänzung zur industrienahen LIB-Technologie zu betrachten. Sie könnte zu Lerneffekten und Erkenntnissen auch für die optimierte LIB-Technologie führen und sollte sich nicht nur auf einzelne Systeme fokussieren sondern beliebigen neuen, vielversprechenden Ansätzen Förderchancen bieten. Allerdings müsste der mögliche Mehrwert erkennbar sein: z. B. umwelt-

freundliche, günstige Materialien, bestimmte Vorteile bzgl. Leistungsparametern, der Produzierbarkeit oder potenzielle Eignung für bestimmte Schlüsselanwendungen könnten Förderkriterien sein.

Insgesamt ist eine **kontinuierliche Förderung mit langem Atem und Entwicklung einer möglichst dauerhaften Strategie** (z. B. über 20 bis 30 Jahre hinweg, Denkweise entsprechend der Klima- und Energiepolitik bis 2030 bzw. teilweise 2050) sehr wichtig, um nachhaltig signifikante Erfolge zu erzielen. So erscheint eine Förderstrategie empfehlenswert, welche zielorientierte, anwendungsnahe Forschung um optimierte LIB mit technologieoffener Forschung zu post-LIB bzw. neuen Speicherkonzepten kombiniert und Übergänge zwischen beiden Elementen vorsieht. Eine kontinuierliche Beobachtung und Bewertung des Fortschritts in Forschung und Entwicklung im internationalen Kontext kann daher eine langfristig angelegte Strategie unterstützen.

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, welche 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 deutsche 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 Anfor-

derungen einer Zellproduktion erlangen, um wettbewerbsfähige Produkte zu entwickeln. Hinsichtlich der Kosten einer Batteriezellproduktionslinie ist mit Kosten jenseits einhundert Millionen Euro je GWh zu rechnen, die NPE errechnet z. B. 1,3 Mrd € Investition in eine 13 GWh Zellproduktion.⁵⁵ Asiatische Konglomerate besitzen gleich 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 angesichts der Zellproduktionskapazitäten bereits fast gleichauf im Bereich elektromobiler und stationärer Anwendungen).

Deutsche bzw. europäische OEM werden zukünftig großvolumig Elektrofahrzeuge bauen, sodass sich zukünftig auch in Europa alleine aus Transport- und logistischen Gründen eine Batterieproduktion ansiedeln muss. Asiatische Unternehmen errichten dabei in Europa bereits Produktionsstätten oder planen dies (siehe AESC, LG Chem und Samsung SDI).⁵⁶ Eine **heimische Batterieproduktion** wird in Zukunft am wahrscheinlichsten durch einen finanzstarken Automobilhersteller bzw. Tier 1-Unternehmen zu realisieren sein („Marktmacht“), welcher sowohl die nötige Nachfrage erzeugen als auch klare Anforderungen hinsichtlich Kosten, Leistungsparameter, Zellformat, Zellchemie, Zelldesign etc. formulieren kann (weniger in einem Konsortium mit vielen Unternehmen). Mit der nun von VW geplanten Pilotanlage zur Batteriezellproduktion⁵⁷ wird der Konzern offenbar seine Kompetenzen für eine mögliche künftige Zellfertigung ausbauen. Nach nun einigen Jahren mit Versuchen eine deutsche (global wettbewerbsfähige) Zellfertigung aufzubauen scheint dies aktuell der realistischste Einstieg in eine heimische großvolumige Zellfertigung zu sein. Klar wird aber, dass dies politisch kaum gesteuert werden kann sondern aus Initiative der Unternehmen (OEM) kommen muss, um dann unterstützt werden zu können.

Auch unabhängig hiervon wird letztlich deutlich, dass sich die deutsche und europäische Batterieindustrie mit Blick auf elektromobile Anwendungen auf einem langfristigen Weg hin zu einer Wettbewerbsfähigkeit befindet. Die Entwicklung einer **Strategie**

zu **disruptiven Batterietechnologien** (z. B. einer Feststoffbatterie) betrifft daher nicht nur die Forschungsförderung, sondern wäre auch von der Industrie bei entsprechenden Durchbrüchen schnell umzusetzen. Das heißt neben der Materialentwicklung sind auch Prozesstechnologien bis hin zu Kostenabschätzungen, Benchmarks (bzgl. Umfeldtechnologien und potenziellen Anwendungen) bereits frühzeitig in die FuE einzubeziehen.

Schließlich müssen die deutschen Marktteilnehmer auch **ohne** eine **heimische Zellproduktion** wettbewerbsfähig bleiben und dies in Strategien einbeziehen. Hohe Wertschöpfungspotenziale ergeben sich für material anbietende Unternehmen, modul- und packherstellende Unternehmen (z. B. Tier 1 oder OEM selbst) bis hin zu den OEM, die 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 und starke materialherstellende Unternehmen und systemintegrierende Unternehmen können eventuell größere Hebeleffekte erzielen als eine schwache Zellproduktion. Es zeigt sich aber auch, dass sich in den letzten Jahren zunehmend Systemintegratoren und Dienstleister am Zukunftsmarkt Energiespeicher für Elektroautos sowie für stationäre Anwendungen bis hin zu Second Life Konzepten positioniert haben und versuchen ihre Wettbewerbsfähigkeit auszubauen. Auch wenn hier eine künftige Konsolidierung normal sein wird, ergeben sich dennoch zunehmend Fragen, welche Geschäftsmodelle und Dienstleistungskonzepte sich künftig etablieren und behaupten können werden und wie stark sich eine Abhängigkeit deutscher Unternehmen von asiatischen Zellherstellern auswirken wird.

INDIKATORENVERZEICHNIS

KATEGORIE NACHFRAGE

Indikator 1:	Aktueller LIB-Bedarf	36
Indikator 2:	Inländische Produktion xEV	37
Indikator 3:	Inländische Produktionsprognose xEV	38
Indikator 4:	Marktgröße und -dynamik	39
Indikator 5:	Marktanreizprogramme	40
Indikator 6:	Umweltpolitische Pkw-Regulierungsmaßnahmen	42
Indikator 7:	Pro-Kopf-Einkommen (Kaufkraft)	43

KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN

Indikator 8:	Anzahl Unternehmen 2015 (mit mehr als einem Prozent Marktanteil)	44
Indikator 9:	Unternehmensgröße	45
Indikator 10:	Abdeckung der Wertschöpfungskette im Land	46
Indikator 11:	Produktion und Handel von Rohstoffen	47
Indikator 12:	Recycling	48
Indikator 13:	Environmental Performance Index (Umweltindikator)	49
Indikator 14:	Global Competitiveness Index (Generelle technologische Leistungsfähigkeit)	50
Indikator 15:	Worldwide Governance Indicators (Qualität der Regierungsführung/Stabilität)	51

KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

Indikator 16:	FuE-Anteil der Unternehmen	52
Indikator 17:	Ausbildung/Fachkräfte	53
Indikator 18:	Publikationen	54
Indikator 19:	Patente	55
Indikator 20A:	Politische Ziele	56
Indikator 20B:	Fristen der Masterplanung	57
Indikator 21:	(Öffentliche) LIB/Batterie-Forschungsförderung	58
Indikator 22:	Verhältnis FuE-Intensität Privat/Öffentlich	59
Indikator 23:	Zielvorgaben bezüglich der Batterieparameter	60

KATEGORIE INDUSTRIE

Indikator 24:	Inländisch (real) produzierte Zellen und Potenzial der Eigenbedarfsdeckung	61
Indikator 25:	Produktionsprognose für inländische Zellproduktion 2015–2020	62
Indikator 26:	Anzahl an Lieferverträgen	63
Indikator 27:	Größe des Absatzmarktes für Komponenten und Batterien im eigenen Land	64
Indikator 28:	Produktionskapazität an Zellen für Pkw-Anwendungen des Landes	65
Indikator 29:	Marktanteile in Weltmärkten für Zellen und Komponenten	66
Indikator 30:	Wachstum des Weltmarktanteils für Zellen und Komponenten	67

AKTUELLER LIB-BEDARF

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, den Bedarf nach Lithium-Ionen-Batterien (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 2015 weltweit verkauften Elektrofahrzeuge sowie deren spezifische Batteriekapazitäten ermittelt. Die landesspezifische Zuordnung erfolgt hierbei nicht nach der Herkunft des OEM, sondern anhand des Standortes, an dem das Modell gefertigt wird, also dem Land, in welchem die eigentliche Wertschöpfung stattfindet. Berücksichtigt werden alle Serienfahrzeuge mit den Antriebstechnologien Hybrid (HEV)⁵⁸, Plug-in-Hybrid (PHEV) oder rein elektrisch (BEV). Mit Kenntnis bestehender Lieferverträge (siehe Indikator 26) zwischen Automobil- und Batterie- bzw. Zellherstellern und

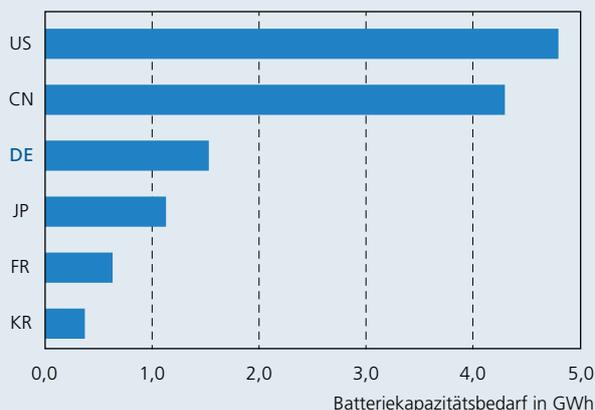
deren Produktionsstandorten lassen sich die Gesamtbedarfe nach Batteriekapazitäten einzelner Länder bestimmen. Da eine LIB aus einer unterschiedlichen Anzahl von Batteriezellen bestehen kann, wird die Gesamtkapazität der Batterie nicht in Anzahl der Zellen, sondern in Kilowattstunden (kWh) angegeben und als Basiseinheit für den Vergleich der Länder genutzt. Die verwendeten Absatzzahlen stammen vom Branchenportal MarkLines⁵⁹ und weiteren Quellen. Verwendet wurde die in-House Datenbank des Fraunhofer ISI⁶⁰.

Ergebnis und Interpretation

Die größte Nachfrage nach LIB bestand ebenso wie 2013 („Energiespeicher-Monitoring 2014“) auch in 2015 in den USA (4,8 GWh) und korreliert stark mit der Nachfrage durch Tesla. Allerdings resultierte der in 2015 deutlich anwachsende Absatz von Elektroautos in China (Elektro-Busse sind hier nicht berücksichtigt) in einer inländischen LIB-Nachfrage von 4,3 GWh. Deutschland folgt mit 1,5 GWh Nachfrage auf Platz 3 und hat gegenüber 2013 ganz wesentlich aufgeholt. Japan liegt mit

1,1 GWh Nachfrage auf Platz 4 und hat gegenüber 2013 nur geringfügig die Nachfrage der OEM am inländischen Standort steigern können. Auch die Nachfrage Frankreichs hat sich nur geringfügig auf 0,6 GWh in 2015 gesteigert. Gleiches gilt für Korea mit 0,4 GWh Nachfrage in 2015. Die größten Veränderungen gegenüber 2013 haben somit China und Deutschland (allerdings auf geringerem Niveau) erzielt. Die meiste Zellkapazität wird aber weiterhin in den USA verbaut.

Kapazitätsbedarf an LIB im Jahr 2015



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 2015 weltweit verkauften Elektrofahrzeuge nach ihren Produktionsstandorten ausgewertet (siehe Indikator 1, Fraunhofer ISI 2016⁶¹). In den wenigen Fällen, in welchen ein Modell in mehreren Ländern produziert wird, wurde eine Abschätzung über die Absatzländer/Regionen vorgenommen, in welche die Elektrofahrzeuge verkauft wurden und somit den jeweils nahegelegenen Produktionsstandorten zugeordnet. Für die sechs relevanten Märkte

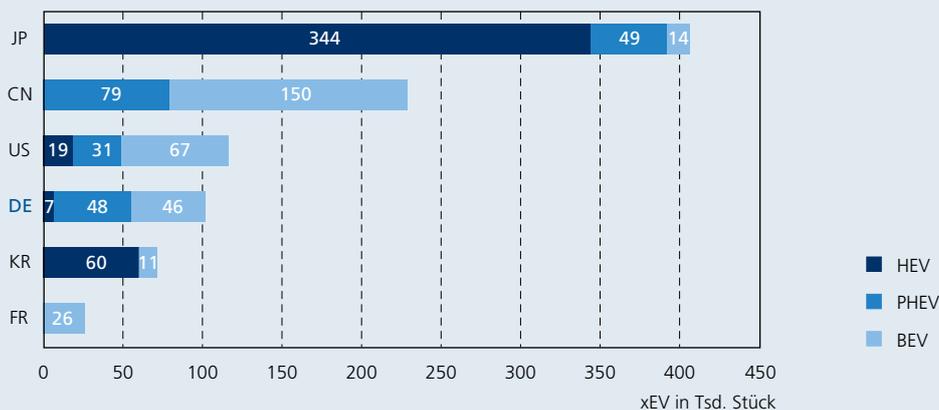
wurden die Fahrzeugmodelle dann entsprechend ihrer Antriebstechnik in, Hybrid (HEV), Plug-in-Hybrid (PHEV) und rein elektrische Fahrzeuge (BEV) unterteilt. Zur Bewertung des Indikators wurde eine Gewichtung der Antriebsarten vorgenommen, die der spezifischen Batteriekapazität der Fahrzeuge Rechnung tragen soll. Entsprechend ging die Anzahl der HEV mit 20 Prozent, die der PHEV mit 30 Prozent und der BEV mit 50 Prozent in die Indikatorberechnung ein.

Ergebnis und Interpretation

Japan produzierte in 2015 mit einer Summe von insgesamt circa 407 000 weltweit die meisten Elektrofahrzeuge, in welchen LIB verbaut sind. Besonders prägnant ist hierbei das große Ungleichgewicht im Mix der Antriebsarten zugunsten von HEV, welche mit 344 000 fast 85 Prozent der produzierten Fahrzeuge darstellen. Entsprechend ist der Anteil der PHEV mit ca. 49 000 Fahrzeugen und BEV mit circa 14 000 in Japan produzierten Fahrzeugen relativ gering. In China spielt die Produktion von HEV weiterhin keine Rolle, hingegen wurden 150 000 BEV und 79 000 PHEV produziert, ein Markt, welcher in 2013 (<22 000 Verkäufe) quasi nicht existent war. In den USA wurden nur noch 116 000 xEV produ-

ziert, die Produktion der HEV hat dabei abgenommen, die der BEV allerdings zugelegt. Durch den relativ großen Anteil an hochkapazitiven Fahrzeugen lässt sich auch der hohe Kapazitätsbedarf der USA aus dem vorangegangenen Indikator 1 begründen. Deutschland lag in 2015 fast mit den USA gleich auf, wobei 7 000 HEV, 48 000 PHEV, 46 000 BEV (gesamt 101 000 xEV) produziert wurden. Der geringere LIB-Bedarf in Deutschland gegenüber den USA erklärt sich mit dem höheren Produktionsanteil von PHEV sowie den mit geringerer Kapazität ausgestatteten BEV. In Korea ist eine große Anzahl produzierter Elektroautos den HEV zuzuschreiben. In Frankreich wurden in 2015 26 000 BEV produziert.

Produktion von xEV im Jahr 2015



INLÄNDISCHE PRODUKTIONSPROGNOSE xEV

ZIEL DES INDIKATORS

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

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die Zahlen zur Produktion von xEV (hier Fokus auf PHEV und BEV) in 2015 werden der in-house Datenbank des Fraunhofer ISI 2016⁶² entnommen. Die Produktionsprognose für 2017 wird wie folgt hergeleitet: mit der Annahme „Absatz in etwa gleich Produktion“ wurden die im 1. Halbjahr 2016 tatsächlich produzierten xEV ermittelt (aus MarkLines 2016⁶³) und auf das gesamte Jahr 2016 hochgerechnet. Eine Plausibilisierung der Ergebnisse erfolgte anhand aktueller Marktstudien und Pressemitteilungen. Für 2016 sind demnach mit etwa 750–800 000 PHEV und BEV

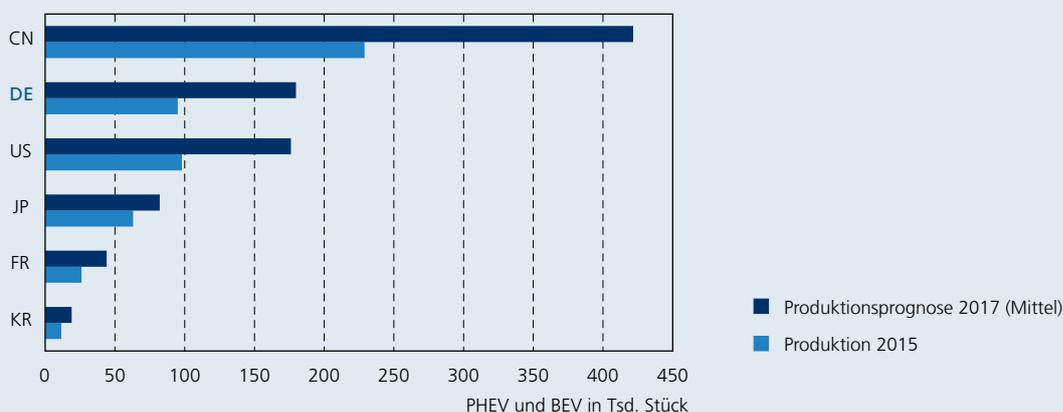
zu rechnen. Für 2017 wurde mit dem gleichen Wachstum wie 2015 zu 2016 fortgeschrieben. Die sich ergebende Prognose könnte durchaus um +/- 10 Prozent variieren. Durch die Kombination mit den Daten zur Produktion in 2015 (siehe Indikator 2) können Schlüsse gezogen werden, welche Verschiebungen es in der Produktionsstruktur zwischen den Ländern zukünftig geben könnte. Für den Komposit-Indikator geht als Indikator 3 die Produktionsprognose ein.

Ergebnis und Interpretation

Hinsichtlich der PHEV- und BEV-Produktion lag in 2015 China an der Spitze, Deutschland und die USA folgten mit fast 100 000 Verkäufen. Für 2017 zeichnet sich ein deutliches weiteres Wachstum für China ab und könnte bis zu einer Verdopplung der Produktion gegenüber 2015 führen. Ähnliches gilt für Deutschland und die USA, welche auch in 2017 in der Rangfolge nach China führen dürften.

Die inländische Produktion in Japan, Frankreich und Korea dürfte sich weniger dynamisch bzw. auf niedrigerem Niveau entwickeln. Hierbei ist zu beachten, dass sich die Produktion von Modellen wie z. B. dem Nissan Leaf auf Produktionsstandorte in den USA, England und Japan verteilt. Weitere Modelle der OEM werden z. T. in Nachbarländern produziert (z. B. Mexiko statt USA, europäische Nachbarländer etc.).

Aktuelle inländische Produktion (2015) und Produktionsprognose für PHEV und BEV (2017)



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

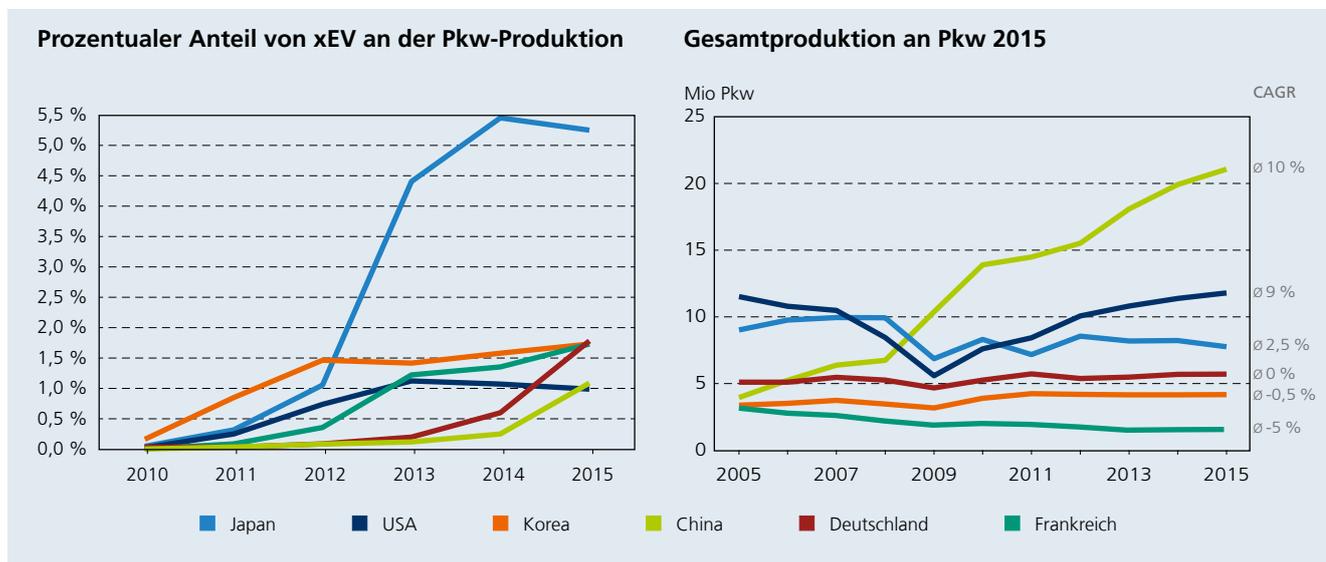
Der Indikator Marktgröße und -dynamik setzt sich aus zwei Messgrößen zusammen, welche gleichgewichtet eingehen. Zum Einen wird die Gesamtproduktion von Pkw ab dem Jahr 2005 bis 2015 in den sechs Ländern betrachtet (auf Basis MarkLines 2016⁶⁴). Ergänzend wird das durchschnittliche Marktwachstum (von Pkw)

als Indikator für die Dynamik verwendet. Die Abbildung (unten links) zeigt ergänzend den prozentualen Anteil der xEV (HEV, PHEV und BEV) an der gesamten Pkw-Produktion. Dieser Anteil 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 als auch die mittelfristige Bedeutung und Perspektive für den Absatz von Elektrofahrzeugen in diesem Markt, zu beurteilen. Dabei resultiert aus dem Gesamtmarkt und den entsprechenden Anteilen von Elektrofahrzeugen das Potenzial für eine Batterieproduktion im jeweiligen Land. Die Pkw-Produktion in China ist mit bereits über 21 Mio in 2015 enorm, der Anteil der Elektro-Pkw Zulassungen stieg in 2015

direkt auf 1 Prozent. Japan und die USA haben mit 8 bzw. 12 Mio produzierten Pkw in 2015 ebenso einen großen Anteil an der globalen Pkw-Produktion. Die hohen xEV-Anteile Japans von bis über 5 Prozent sind auf die große Zahl der produzierten HEV zurückzuführen. Die USA liegen mit dem xEV-Anteil bei rd. 1 Prozent. Korea, Frankreich und Deutschland haben mittlerweile Produktionsanteile von 1,5 bis 2 Prozent. Besonders für Deutschland zeigt sich von 2014 auf 2015 eine hohe Dynamik in der xEV-Produktion.



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 wurden in vier Kategorien möglicher Marktanziehe untersucht: Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ), Indirekte Steuerbefreiungen für den privaten Erwerb (qualitativ), Sonstige Privilegien für xEV-Nutzer (qualitativ), Infrastrukturausbau (qualitativ).⁶⁵ Mit Ausnahme der ersten Kategorie, wo die Länder auf der Basis von Kaufprämien quantitativ verglichen und gerankt werden können, sind die Bewertungen in den anderen drei Kategorien

schwieriger: Politische Maßnahmen wie z. B. die Befreiung von Staugebühren in Korea (fallen je nach Fahrprofil unterschiedlich häufig an) oder die Zulassungsvorteile für xEV in China sind ohnehin überwiegend qualitativer Natur und lassen sich nicht einfach pauschal quantifizieren. Die Bewertung bzw. Gewichtung der sechs Länder untereinander erfolgt in diesen drei Kategorien nach einem dreiteiligen Ranking der Spitzengruppe, der Mittelgruppe und der Schlussgruppe.

Ergebnis und Interpretation

Kategorie I/Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ): Hier führt Korea (wobei allerdings nur 3000 BEV und 30 000 HEV gefördert werden) das Ranking deutlich vor China an. Die USA, Frankreich und Japan folgen vor Deutschland (geringer Umweltbonus Elektromobilität seit 2016).

Kategorie II/Indirekte Steuerbefreiungen für den privaten Erwerb (qualitativ): In diesem Ranking liegen China und Japan in der Spitzengruppe, Deutschland und Frankreich in der Mittelgruppe, Korea und die USA bilden die Schlussgruppe.

Kategorie III/ Sonstige Privilegien für xEV-Nutzer (qualitativ): China (Zulassungsvorteile für xEV!) und Korea (u. a. Befreiung von Staugebühren) bilden die Spitzengruppe, Deutschland und Frankreich befinden sich in der Mittelgruppe, Japan und die USA in der Schlussgruppe.

Kategorie IV/Infrastrukturausbau (qualitativ): Hier führen Japan (langjährige Investitionen) und die USA (große Ausbaupläne) deutlich vor Deutschland und Korea. China und Frankreich bilden die Schlussgruppe.

Länderübersicht in Kategorie I und II von möglichen Marktanziehungen⁶⁵⁻⁶⁷

Land	Kategorie I: Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ, in Euro) ⁶⁷ , [Rang]	Kategorie II: Indirekte Steuerbefreiungen für den privaten Erwerb (qualitativ), [Rang]
China	4704–8064*, [2]	Umfassende Anreize als Teil des „NEV Policy Support System“, [1]
Deutschland	1500 (PHEV) oder 2000 (BEV), [6]	Steuervorteile u. a. bei Kfz- und Einkommenssteuer, [2]
Frankreich	1000 (PHEV) oder 6300 (BEV), [4]	Steuervorteile in der Dienstwagen- und Zulassungsbesteuerung, [2]
Japan	5280**, [5]	Steuerbefreiungen schon seit vielen Jahren, z. B. Kfz-Steuer, [1]
Korea	12 064***, [1]	Steuervorteile spielen eine untergeordnete Rolle, unterschiedlich zwischen Regionen und Städten, [3]
USA	6525****, [3]	Nur ein föderaler Einkommenssteuernachlass (siehe Kat. I), [3]

VERTIEFUNGSDISKUSSION MARKTANREIZE

Kategorie I: Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ)

Hohe Subventionen in Korea sind nicht nur für eine begrenzte Anzahl von xEV verfügbar, sondern sollen auch bis zum Jahr 2020 gesenkt werden. In China hat ein Strategiewechsel der Zentralregierung dazu geführt, dass auch hier die Subventionen zwischen 2017 und 2020 reduziert und danach sogar ganz eingestellt werden sollen. Auch in den USA ist der föderale Einkommenssteuernachlass von 7500 US-Dollar auf 200000 xEV pro Hersteller begrenzt. Frankreich hat seit dem Jahr 2016 ein ausgeklügeltes Bonus-Malus-System etabliert, Japan hat noch eine Kaufprämie für BEV und PHEV, richtet den Fokus aber immer stärker auf FCEV. In Deutschland fällt der Umweltbonus Elektromobilität selbst in Kooperation mit der Industrie am geringsten aus.

Kategorie II: Indirekte Steuerbefreiungen für den privaten Erwerb (qualitativ)

China führt dieses Ranking deutlich an, mit zahlreichen Steueranreizen sowohl für Einzelverbraucher und Flottenbetreiber. Auch Japan bietet Steuerbefreiungen, z. B. bei der Kfz-Steuer, die von der Höhe des Kraftstoffverbrauchs und der Art des Fahrzeugs abhängt. Deutschland und Frankreich liegen ungefähr gleich auf, wobei die Steuervorteile teilweise auch erst seit dem Jahr 2016 in Kraft getreten sind. In Korea liegt der nationale Fokus deutlich auf direkten Subventionen, Steuervorteile spielen eine untergeordnete Rolle. In den USA gibt es auf nationaler Ebene lediglich einen föderalen Einkommenssteuernachlass.

Kategorie III: Sonstige Privilegien für xEV-Nutzer (qualitativ)

China führt auch hier aufgrund der Zulassungsvorteile für xEV, welche nicht an der staatlichen Nummernschild-Lotterie für herkömmliche Automobile teilnehmen müssen. In Korea sind eigentlich „nicht-monetäre“ Privilegien oft wieder (geldwerte) Befreiungen von Gebühren wie z. B. für Luftverschmutzung oder Stau. Deutschland und Frankreich befinden sich eher in der Mittelgruppe, weil die Regierungen Gesetze erlassen haben, mit denen Bundesländer und Regionen sowie einzelne Kommunen Privilegien für xEV erlassen können und diese Möglichkeit auch zahlreich in Anspruch genommen wird. In Japan und den USA ist Letzteres eher nicht der Fall.

Kategorie IV: Infrastrukturausbau (qualitativ)

In Japan ist der Infrastrukturausbau aufgrund der früh begonnenen, langfristigen Planungen der Regierung am weitesten fortgeschritten. In den USA hat die Obama-Administration im Jahr 2016 milliardengroße Pläne geäußert, deren Durchführung sehr stark von der Trump-Administration abhängig ist. Deutschland und Korea haben auch Ausbaupläne formuliert und mit deutlich geringeren Budgets als die USA versehen. Frankreich steht finanziell gesehen vor einer großen Herausforderung und fördert den Aufbau von häuslicher mehr als von öffentlicher Ladeinfrastruktur. China bildet noch das Schlusslicht, weil die Regierung insbesondere in den Großstädten Platzprobleme lösen muss.

Länderübersicht in Kategorie III und IV von möglichen Marktanreizen⁶⁵⁻⁶⁷

Land	Kategorie III: Sonstige Privilegien für xEV-Nutzer (qualitativ), [Rang]	Kategorie IV: Infrastrukturausbau (qualitativ), [Rang]
China	Zulassungsvorteile für xEV spielen eine überragende Rolle, [1]	Grundlegende Herausforderung des Platzbedarfs in Großstädten, [3]
Deutschland	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja (viele!), [2]	Finanzielle Unterstützung von Ausbauprogrammen (300 Mio € Programm), [2]
Frankreich	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja (einige), [3]	Deutlich geringere finanzielle Unterstützung öffentlicher, mehr häusliche Infrastruktur, [3]
Japan	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja, [3]	Weltweit führend im Ladeinfrastrukturausbau, [1]
Korea	Zahlreiche Privilegien wie z.B. keine Staugebühren, reduzierte Parkgebühren und Strompreise, [1]	Finanzielle Unterstützung von Ausbauprogrammen, [2]
USA	National keine bekannt, auf Ebene der Bundesstaaten ja, [2]	Große Pläne aufgestellt, abhängig von der Trump-Administration, [1]

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 Elektrofahrzeugen 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 die 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 100 Prozent für Rang 1, 80 Prozent für Rang 2, etc. ein.⁶⁸

Ergebnis und Interpretation

Die EU hat nach wie vor die strengsten umweltschonenden Standards festgelegt, weshalb Deutschland und Frankreich das Ranking anführen. Gleichauf bzw. geringfügig ambitionierter ist mittlerweile sogar Korea, das bis 2020 den gleichen Kraftstoffverbrauch und nur leicht höhere CO₂-Emissionen erreichen möchte. Die USA fordern ähnliche Werte erst bis zum Jahr 2025, weshalb

sie den zweiten Platz belegen. Japan fällt auf den dritten Platz zurück, weil insbesondere der bis 2020 zu erreichende Kraftstoffverbrauch deutlich höher, aber auch die erlaubten CO₂-Emissionen höher liegen. Chinas Normen sind nach wie vor am einfachsten zu erreichen, weshalb das Land auf dem vierten Platz stehen bleibt.

Umweltpolitische Pkw-Regulierungsmaßnahmen im Ländervergleich⁶⁸

Faktoren	Japan	China	Korea	USA	Frankreich	Deutschland
Kraftstoffverbrauch (bis 2020, l/100 km)	4,9	5	4,1	4,2**	4,1	4,1
CO ₂ -Emission (bis 2020, g/km)	105	117*	97	97 (bis 2025)	95 (bis 2021)	95 (bis 2021)
Ranking	3	4	1	2	1	1

* Chinas Zielwert berücksichtigt nur Benzinfahrzeuge. Das Ziel könnte höher sein, wenn auch xEV berücksichtigt werden.

** US-amerikanische Klimagas-Standards werden von der Environmental Protection Agency (EPA) festgelegt, welche von den Kraftstoffverbrauchsstandards aufgrund niedriger Globaler Klimaerwärmungspotenzial-Credits für die eingesetzten Kühlmittel abweichen.

PRO-KOPF-EINKOMMEN (KAUFKRAFT)

ZIEL DES INDIKATORS

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

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Wegen der heute noch immer relativ hohen Kaufpreise werden xEV generell als Luxusgüter betrachtet. Die Nachfrage nach Luxusgütern hängt stark von der sogenannten 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 haupt-

sächlich relevant, wenn deutliche Unterschiede im verfügbaren Einkommen bestehen.⁶⁹ Die Daten stammen von dem Statistik-Portal „Statista“⁷⁰ und zeigen das Einkommensniveau im Jahr 2015. Die Werte sind nominal angegeben und nicht kaufkraftbereinigt. Das Bruttoinlandsprodukt gibt den Gesamtwert der Waren und Dienstleistungen wieder, die im Untersuchungsjahr innerhalb eines Landes für den Endverbrauch produziert wurden.

Ergebnis und Interpretation

Auch im Jahr 2015 verfügten die US-amerikanischen Bürger über das mit Abstand höchste Pro-Kopf-Einkommen, mehr als 48 500 €. Das impliziert eine hohe potenzielle Nachfragemenge nach xEV in den USA. Japan steht bei über 28 000 €. Deutschland und Frankreich haben sich voneinander entfernt: Deutschland liegt bei circa 37 100 €, Frankreich bei circa 32 800 € pro

Kopf. Korea hat auf mehr als 23 500 € aufgeholt. Chinas Pro-Kopf-Einkommen liegt nach wie vor bei nur knapp unter 7 000 € pro Einwohner, mit heftigen Unterschieden zwischen einzelnen Bevölkerungsschichten. Während das Einkommen pro Einwohner in Frankreich, Japan und Korea zuletzt sank, stieg es in den anderen Ländern China, Deutschland und den USA.

Pro-Kopf-Einkommen im Jahr 2015



ANZAHL UNTERNEHMEN 2015 (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 Studien B3 Corporation 2015, 2016⁷¹ ermittelt. Für den Zellmarkt werden Daten aus Fraunhofer ISI 2016⁷² verwendet. Aus diesen Quellen werden die Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil in 2015 sowie mit Fokus auf Elektrofahrzeuge ermittelt und addiert (d. h. Märkte für „Consumer-Zellen“ werden hier nicht

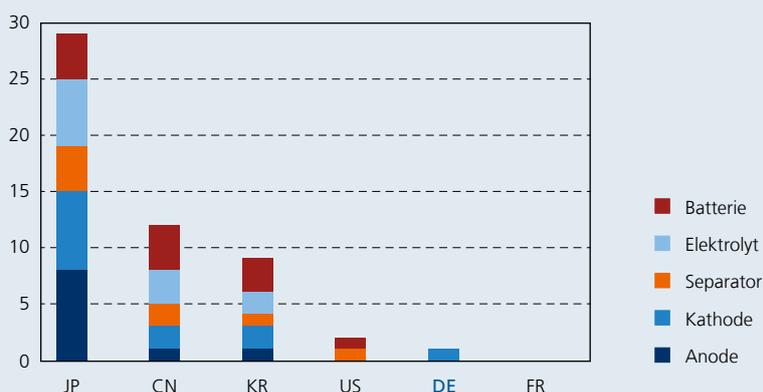
berücksichtigt, zur Vergleichbarkeit der Länder untereinander wird auch der Markt für Elektrobusse in China ausgeklammert). Firmen, welche auf mehreren Wertschöpfungskettenstufen vertreten sind, werden in jeder Stufe erfasst. Die Firmen werden über das Land des Hauptsitzes zugeordnet. Für den Komposit-Indikator werden die Ergebnisse der Teilmärkte gewichtet mit ihren Wertschöpfungsanteilen summiert.

Ergebnis und Interpretation

Die Analyse der Marktstrukturen zeigt, dass Japan in 2015 in allen Wertschöpfungskettenstufen mit mehreren Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil an den Komponenten und LIB-Zellmärkten für xEV vertreten war. Auch durch Unternehmen in China und Korea wurde in 2015 die Wertschöpfungskette abgedeckt. Bei den jeweiligen Komponentenherstellern konzentriert sich der Markt jedoch bereits auf einzelne Akteure. In den USA sind nur noch jeweils ein Unternehmen im Bereich der Separatoren (Polypore, jedoch wiederum Teil der japanischen Asahi Kasei Gruppe) sowie der Zellfertigung (Boston Power, wobei Boston Power tatsächlich in China produziert) mit mehr als einem Prozent Marktanteil in 2015 vertreten. Mit Blick auf Deutschland

konnte das 2014 gegründete Joint Venture BASF Toda in 2015 bereits einen Marktanteil über einem Prozent bezogen auf die Kathodenmaterialnachfrage für Elektroautos erzielen. Weitere Unternehmen mit mindestens einem Prozent Marktanteil sind in den hier betrachteten Wertschöpfungskettenstufen nicht vertreten. In Frankreich hat in 2015 kein Unternehmen einen Marktanteil von einem Prozent erreichen können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass kleinere Unternehmen, wie etwa der französische Hersteller batscap/Bolloré, das deutsche Unternehmen Li-Tec (in 2015 aufgelöst) sowie amerikanische Anbieter (z. B. Johnson Controls) aber auch weitere asiatische Anbieter im Zellbereich aufgrund der ein-Prozent-Grenze nicht berücksichtigt sind.

Anzahl der Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil je Wertschöpfungsstufe in den untersuchten Ländern (Komponenten und Batterien für xEV)



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, Unternehmenswebseiten und -datenbanken werden die Umsätze der unter Indikator 8 identifizierten Unternehmen mit mindestens einem Prozent Marktanteil in 2015 ermittelt. Diese beziehen sich in der Regel auf die Mutterkonzerne. Die Unternehmen werden auf Basis der Unternehmenserlöse in drei Gruppen unterteilt. Als „klein“ werden Unternehmen mit einem jährlichen Umsatz von bis zu einer

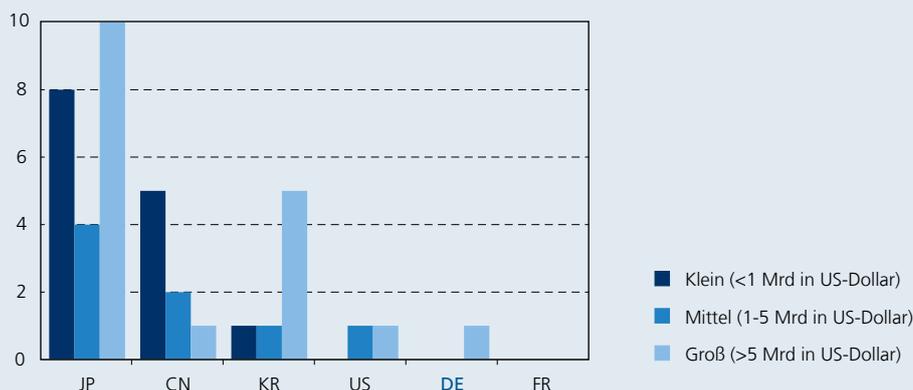
Milliarde Dollar bewertet, als „mittlere“ Unternehmen, wenn der Umsatz fünf Milliarden Dollar nicht übersteigt. Unternehmen, die diese Grenze überschreiten, werden als „groß“ bezeichnet. Im Gegensatz zu Indikator 8, wo Unternehmen nach Wertschöpfungskettenstufen einzeln betrachtet (und bei Abdeckung 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. In Japan und China sind Unternehmen aller Größenordnungen vertreten, anteilmäßig sind in China sogar

mehrere kleine Unternehmen vertreten. In Korea zeigt sich dagegen eine Konzentration auf wenige große Technologiekonzerne wie LG Chem, Samsung SDI und die SK Group. Aus den USA und Deutschland schaffen es nur einzelne etablierte bzw. große Unternehmen sich im Komponenten und Zellmarkt zu etablieren bzw. zu behaupten.

Anzahl der Unternehmen nach Umsatz



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 Teil-

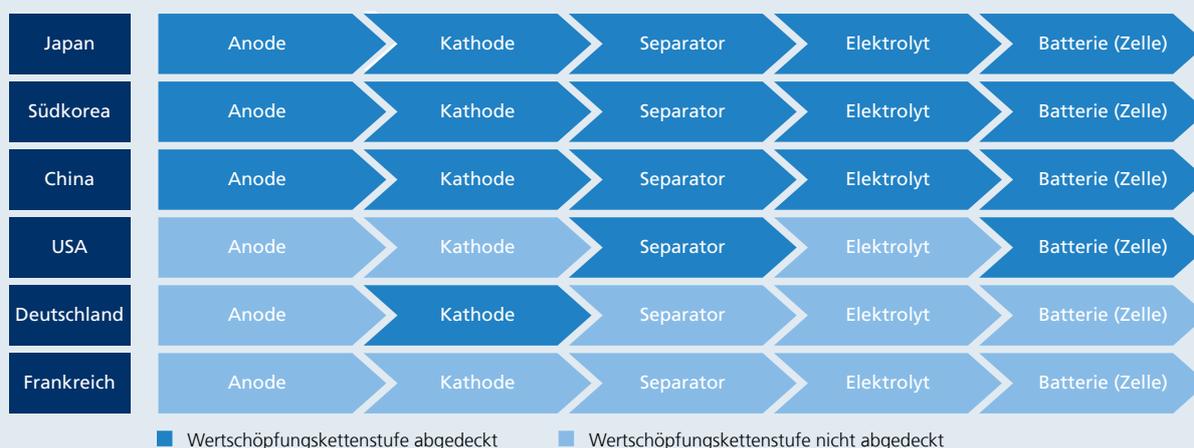
markt erreicht (siehe Indikator 8 und 29). Die Bewertung reicht somit von null bis fünf Punkten (Wertschöpfungskettenstufen).

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 mehrere Stufen abdeckt (sogar bis zum Elektrofahrzeug) oder der koreanische Anbieter LG Chem. 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. Insgesamt decken Japan, China und Korea die gesamte Wertschöpfungskette ab. In den USA erreichen Anoden-, Kathodenmaterial und Elektrolythersteller nicht die

ein Prozent Grenze. Unter den deutschen Unternehmen erreicht BASF Toda als Kathodenmaterialhersteller die ein Prozent Grenze. BASF ist zwar auch Anbieter von Elektrolytmaterialien, hier aber in 2015 als Zulieferer an Zellhersteller (LG, SDI, Lishen) im Bereich der Konsumelektronik bzw. kleinformatischen Gerätebatterien (nicht für großformatige Zellen) aktiv.⁷³ Es besteht damit aber das Potenzial, künftig die Wertschöpfung zu beiden Komponenten abzudecken. Bei der Zellfertigung haben die in 2015 noch durch die Li-Tec verkauften Zellen (rd. 50 MWh) in Deutschland nicht mehr ausgereicht, die ein Prozent Grenze von rd. 150 MWh zu erreichen, weshalb diese Wertschöpfungsstufe nach den hier zu Grunde gelegten Kriterien nicht abgedeckt ist. In Frankreich wird nach diesen Kriterien keine der Wertschöpfungsstufen abgedeckt.

Abdeckung der Wertschöpfungskette (Kriterium mindestens 1 Prozent Marktanteil für xEV in 2015)



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 50 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 2016)⁷⁴ für die Jahre 2011 bis 2013 untersucht. Darüber hinaus werden die Beteiligungen an ausländischen Minen bzw. Raffinerien angegeben in Produktionsmengen betrachtet. Raw Material Data (2014)⁷⁵ liefert die Datenbasis im Falle von Lithium für das Jahr 2009, im Falle von Kobalt und Mangan für das Jahr 2012 und von Nickel für 2013⁷⁶. Hohe Produktionsmengen werden hierbei positiv bewertet. Bei der Analyse des Rohstoffhandels werden die Importe der zu untersuchenden Länder

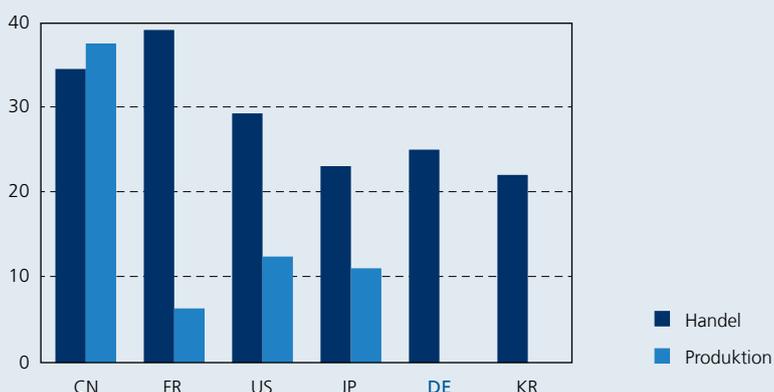
und mögliche Exporte dieser in LiB-produzierende Länder mittels der UN Comtrade Datenbank⁷⁷ zusammengestellt. Dazu werden die spezifischen Handelscodes von CoO_2 , Li_2CO_3 und LiOH , MnO und MnO_2 sowie NiCl_2 und Ni_2O_3 bezgl. der Rohstoffäquivalente zu den Ländern aus der Datenbank ausgewertet. Um anthropogene Rohstoffbestände auszuschließen, werden gemittelte Werte über die Jahre 2013 bis 2015 verwendet. Dabei wird ein niedriger Importwert gut bewertet, während beim Export hohe Werte gut bewertet werden. Dies drückt eine höhere Beteiligungswahrscheinlichkeit an der LiB-Wertschöpfungskette aus. Darauf aufbauend wird die Handelspartner-Konzentration untersucht und mit dem Herfindahl-Hirschman-Index (HHI) illustriert. Ein hoher Wert ist nun negativ, da mit monopolistischen Partnerschaften Risiken verbunden sind.

Ergebnis und Interpretation

Insbesondere weist China bei der Produktion einen klaren Wettbewerbsvorteil auf. Dies resultiert aus der Rohstoffpolitik Chinas⁷⁸. Im Gegensatz zu den anderen Ländern kann es bei allen betrachteten Rohstoffen eigene Minen oder ausländische

Beteiligungen aufweisen. Insbesondere Deutschland und Korea haben hier Schwächen bei der „Produktion“. 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



Zur Berechnung der Subindikatoren werden die absoluten Produktions- und Handelsdaten in t/a nach dem allgemeinen Vorgehen (Beste = 100) normiert. Daraufhin werden sie über die vier analysierten Rohstoffe arithmetisch gemittelt und gewichtet. Für den Indikator Rohstoffe werden die Produktion und der Handel gleichgewichtet.

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 Batterien (H01M 6/52) und verbrauchten Akkumulatoren (H01M 10/54). Es wird dabei unterstellt, dass Erfinder von Patenten zum Batterierecycling auch gleichzeitig Kenntnisse zum LiB-Recycling aufbauen. Mit einem Zeitraum von 2011 bis 2013 werden Anmeldungen der letzten drei verfügbaren Jahre verwendet (abgerufen über PATSTAT 2016)⁷⁹. Schließlich werden der jährliche mittlere Anteil sowie jährliche Wachstumsraten ermittelt. Weiterhin werden wissenschaftliche Publikationen zum Recycling analysiert. Dazu wird eine Schlagwortsuche in der

Scopus-Literaturdatenbank (Elsevier B.V. 2016)⁸⁰ durchgeführt. Es werden die Anteile der Publikationen der jeweiligen Länder an den Gesamtpublikationen eines Jahres bestimmt und über den Zeitraum von 2011 bis 2013 gemittelt. Auch im Falle der Publikationen werden die jährlichen Wachstumsraten berechnet und über den Zeitraum gemittelt. Die beiden Subindikatoren setzen sich jeweils mit 70 Prozent Gewichtung für den statischen und 30 Prozent für den dynamischen Anteil zusammen. Die Ergebnisse der Subindikatoren (Publikationen und Patente) werden wiederum mit jeweils 50 Prozent Gewichtung zum aggregierten Recyclingindikator zusammengesetzt.

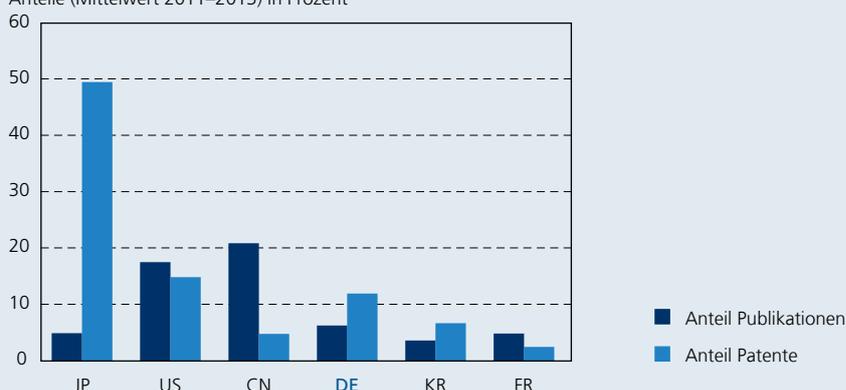
Ergebnis und Interpretation

Die Bibliometrie- und Patentanalysen zeigen, dass Deutschland beim Recycling im unteren Mittelfeld anzutreffen ist, Korea und Frankreich sind noch etwas schwächer. USA, Japan und China besitzen einen deutlichen Vorteil gegenüber den anderen Ländern. Japan patentiert mit großem Abstand die meisten

Recyclingtechnologien. China und USA weisen jedoch deutlich mehr wissenschaftliche Publikationen auf, was zu ihren traditionellen Stärken gehört. Allen Ländern ist gemein, dass sie zu Batterierecycling forschen und Bestrebungen Recyclingsysteme zu verbessern in den letzten Jahren weiter ausgebaut wurden.

Publikationen und Patente im Bereich Batterierecycling

Anteile (Mittelwert 2011–2013) 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 Environmental Performance Index (EPI) der Yale University⁸¹ 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 100 Punkte erreicht werden, die gewichtet zum aggregierten EPI zusammengesetzt werden. Bei der hier durchgeführten Untersuchung werden die aktuellen Werte von 2016 verwendet.

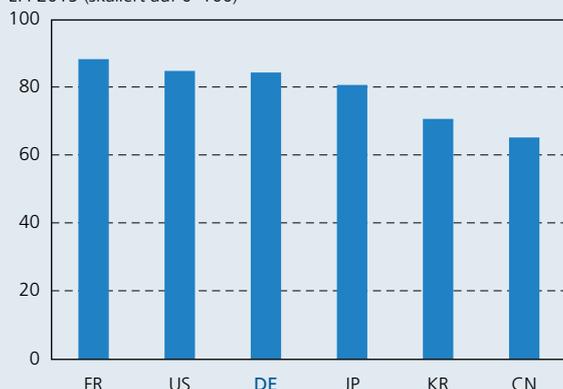
Ergebnis und Interpretation

Frankreich hat auf Basis des EPI die umweltfreundlichsten Produktionsbedingungen, da es insbesondere im Gesundheits- und Wasserbereich sowie der Biodiversität Stärken aufweisen kann. Insbesondere zeichnet es sich durch ein hohes Niveau in allen Bereichen aus. Demgegenüber determiniert der Indikator für China Schwächen aufgrund der schlechten Bewertung bei der Luftqualität. Hier liegt auch die Schwäche von Korea, sodass es in

dem hier durchgeführten Vergleich auf dem vorletzten Platz landet. Die übrigen Länder liegen alle gleichermaßen im Mittelfeld. Gegenüber dem „Energiespeicher-Monitoring 2014“ konnten alle untersuchten Länder ihre Werte verbessern und insbesondere Frankreich das bereits gute Ergebnis weiter ausbauen. Die größten Änderungen kann aber China aufweisen, das sich im zurückliegenden Zeitraum im Durchschnitt um 50 Prozent verbesserte.

Environmental Performance Index (EPI)

EPI 2015 (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 Global Competitiveness Index (GCI) soll die Frage beantworten, wie geeignet ein Land ist, Produktion für Hochtechnologien aufzubauen. Der GCI wird jährlich vom World Economic Forum⁸² 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 Leistungspotential 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 2015/2016 verwendet.

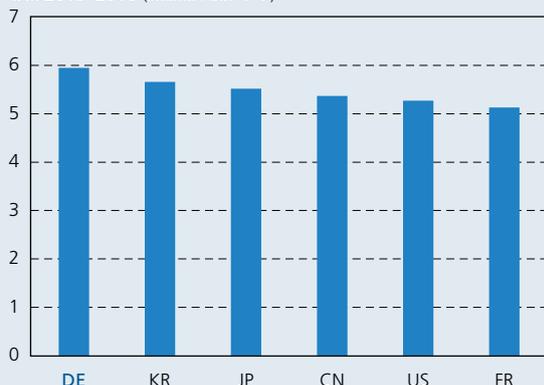
Ergebnis und Interpretation

Insgesamt liegen alle betrachteten Länder bezgl. des GCI im oberen Drittel des GCI-Rankings. Aufgrund einer ähnlichen wirtschaftlichen Struktur fallen die GCI Resultate für alle Länder analog in derselben Höhe aus. Deutschland besitzt klare Stärken und zeigt gegenüber Korea und Japan leichte Vorteile. Alle Länder

verbesserten ihr Ergebnis absolut im GCI-Ranking seit 2014. Insbesondere gilt dies für China, welches jetzt im Vergleich nicht mehr auf dem letzten Platz liegt. Dieser Platz wird im Jahr 2016 von Frankreich eingenommen.

Global Competitiveness Index (GCI)

GCI 2015–2016 (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 zum Beispiel für Elektromobilität und Batterieproduktion sind.

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Mit dem Worldwide Governance Indicator (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: 1) Mitspracherecht und Verantwortlichkeit, 2) Politische Stabilität und Abwesenheit von Gewalt, 3) Leistungsfähigkeit der

Regierung, 4) Staatliche Ordnungspolitik, 5) Rechtsstaatlichkeit und 6) 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 2015 verwendet⁸³. Diese Werte wurden auf eine Skala von null bis hundert normiert und darauf folgend der Mittelwert aus den sechs genannten Bereichen bestimmt.

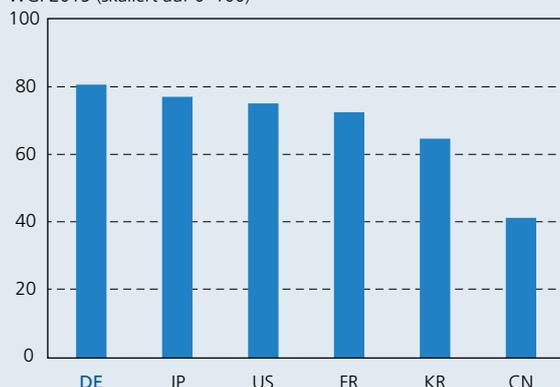
Ergebnis und Interpretation

Deutschland wird im WGI am besten bewertet, da es hier in den drei Bereichen bezüglich der Regularien den besten Platz erreicht. Dicht gefolgt kommen Japan, USA 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 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 das schlechte Ergebnis im Bereich von Mitspracherecht und Verantwortlichkeit reduziert den WGI von China. Gegenüber dem „Energiespeicher-Monitoring 2014“ gibt es kaum Änderungen bei diesem Indikator. Zwar konnten China, Japan und Deutschland ihre Resultate leicht verbessern, mit Veränderungen von maximal 6 Prozent sind diese jedoch nicht ausschlaggebend.

Worldwide Governance Indicators (WGI)

WGI 2015 (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 50 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 aktuellsten Jahre betrachtet. Publikationen (2011–2015) wurden auf Basis einer Schlagwortsuche zu „Lithium-Ionen

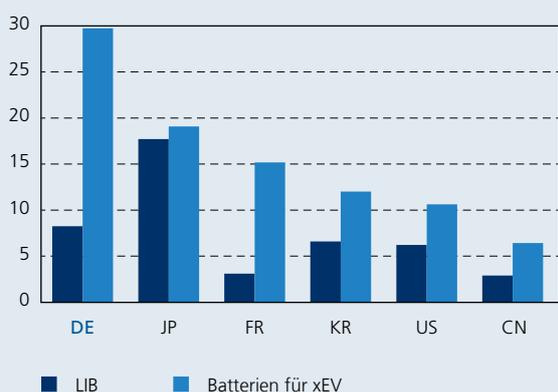
Batterien“ (LIB) sowie „Batterieforschung mit dem Einsatzzweck in elektromobilen Anwendungen“ (xEV) im Web of Science (WoS)⁸⁴ ermittelt. Patentanmeldungen (2011–2013) wurden auf Basis einer IPC-Abgrenzung ermittelt, welche LIB-Patentanmeldungen in Unterklassen der H01M sowie Batteriepatentanmeldungen im Bereich der Fahrzeuge (xEV) in den Unterklassen von H01M und B60 erfasst. Die Recherche erfolgte mit der Patentdatenbank PATSTAT.⁸⁴

Ergebnis und Interpretation

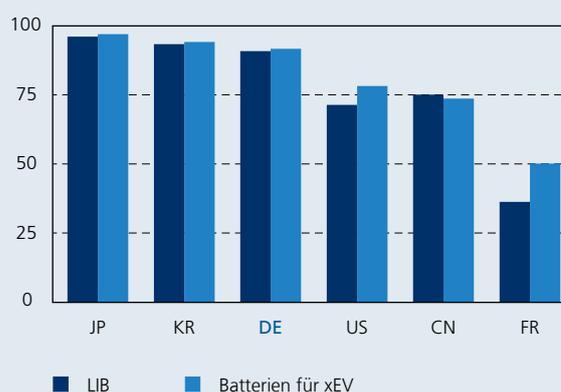
Gerade deutsche Unternehmen stechen (wie auch schon im Zeitraum 2009–2013) durch intensive Forschungsanstrengungen hervor, was für eine langfristige Vorbereitung der Industrie spricht. An etwa 30 Prozent der Publikation zu „Batterien für xEV“ sind deutsche Unternehmen beteiligt. Japan, Frankreich, Korea und die USA folgen mit abfallender Forschungsintensität der Unternehmen. Im Bereich der LIB zeigen sich Unternehmen in Japan im Ländervergleich deutlich forschungsintensiver und auf ähnlichem Niveau wie auch für Batterien in xEV (rd. 18 bis

19 Prozent Unternehmensbeteiligung). Bei Patentanmeldungen zeigen sich insgesamt typische hohe Anteile von meist über 90 Prozent (Japan, Korea, Deutschland). In den USA und China liegt der Anteil der Unternehmenspatente bei rd. 75 Prozent.⁸⁵ Einzig Frankreich sticht mit einem sehr geringen Anteil von Unternehmenspatenten mit weniger als 50 Prozent der Batterie- und Fahrzeugindustrie hervor. Marktnahe Entwicklungsaktivitäten von Forschungseinrichtungen spielen hier offenbar eine zentrale Rolle.

Anteil der Unternehmenspublikationen an Publikationen zu LIB/Batterien für xEV gesamt



Anteil der Unternehmenspatente an Patenten zu LIB/Batterien für xEV gesamt



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 aktuellsten drei Jahren (Patente 2011–2013, Publikationen 2013–2015) im Ländervergleich mit einer Gewichtung der Teilindikatoren sowie des Anteils und Wachstums des Humankapitals von

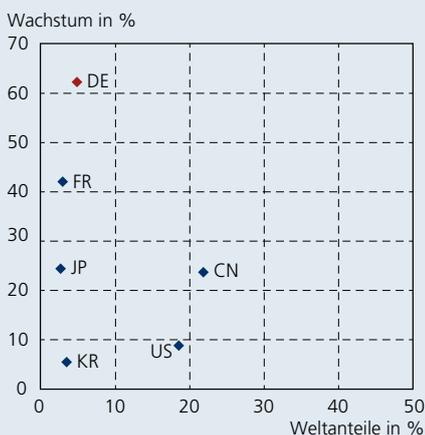
jeweils 50 Prozent. Basis sind die unter Indikator 16 vorgestellten Suchstrategien zu Batteriepublikationen und -patenten mit Fokus hier auf elektromobilen Anwendungen (xEV). Publikationen und Patente erfassen somit typischerweise Naturwissenschaftler bzw. Ingenieure im Bereich der Batterie- und Automobil-FuE und weniger technische Fachkräfte.

Ergebnis und Interpretation

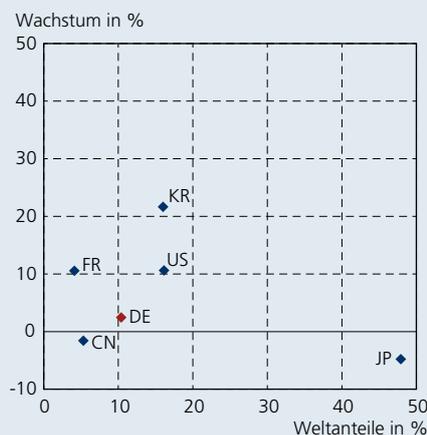
Vor allem hinsichtlich der Patente weist Japan auch im Vergleich zum Energiespeicher-Monitoring 2014 den mit deutlichem Abstand höchsten Anteil an Erfindern im Bereich der „Batterieentwicklung für die Elektromobilität“ auf. Japan ist traditionell und mit Blick auf die marktnahe Entwicklung extrem gut durch erfahrene Experten aufgestellt. Allerdings liegt das Wachstum mittlerweile im negativen Bereich und Länder wie Korea oder

die USA bauen (zwar auf niedrigerem Niveau) neues Humankapital auf. Ein hohes wissenschaftliches Humankapital gemessen anhand der Autorenanzahl bei Publikationen weisen insbesondere die USA und China auf. Deutschland weist hier aktuell aber die höchste Dynamik auf, gefolgt von Frankreich, Japan und China.

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 (2011–2015) 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 50 Prozent. Es werden Suchstrategien zu Batterien für elektromobile Anwendungen (xEV) sowie

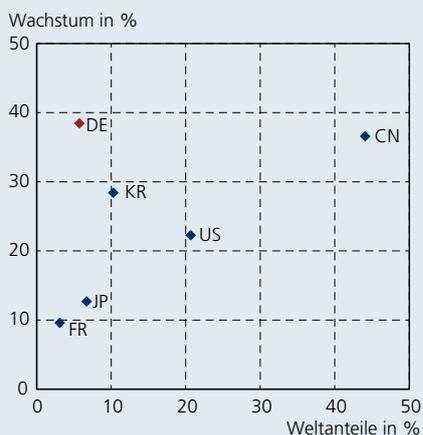
im Bereich der Lithium-Ionen-Batterieforschung (LIB) als Schlüsseltechnologie für Elektrofahrzeuge betrachtet. Damit werden sowohl Batteriematerial, -komponenten und -zellforschung als auch die Forschung im Bereich der Fahrzeugintegration der Batterien berücksichtigt.

Ergebnis und Interpretation

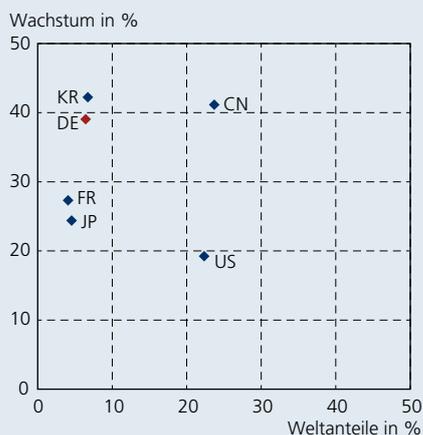
Der Ländervergleich zeigt anhand der Weltanteile, dass China und die USA in den vergangenen fünf Jahren eine vergleichsweise große Wissensbasis aufgebaut haben, welche im Fall Chinas weiterhin dynamisch wächst (rd. 40 Prozent jährliches Wachstum der Publikationen). Deutschland baut weiterhin

Know-how in der Batterieforschung auf (ebenfalls rd. 40 Prozent Wachstum, allerdings im Vergleich zu China auf geringerem Niveau). Nach China und den USA liegt Deutschland insgesamt mit Korea und Japan auf gleichem Niveau gemessen an den Weltanteilen. Frankreich ist Schlusslicht unter den sechs Ländern.

Publikationen Lithium-Ionen-Batterien



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 (2009–2013) 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 50 Prozent. Es werden Suchstrategien zu Batterien für elektromobile Anwendungen (xEV) sowie

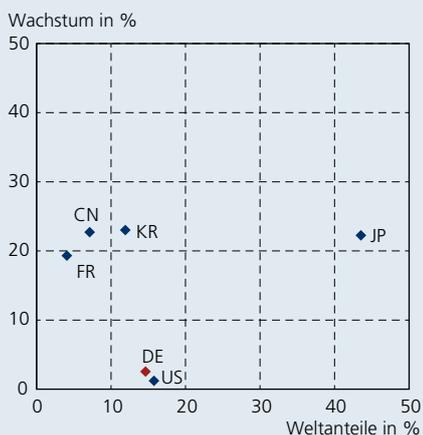
im Bereich der Lithium-Ionen-Batterieforschung (LIB) als Schlüsseltechnologie für Elektrofahrzeuge betrachtet. Damit werden sowohl Batteriematerial, -komponenten und -zellentwicklung als auch die Entwicklung im Bereich der Fahrzeugintegration der Batterien berücksichtigt.

Ergebnis und Interpretation

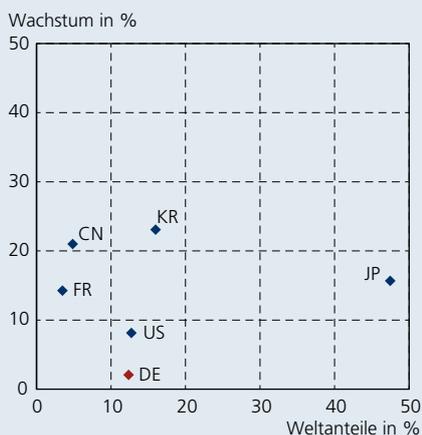
Japan zeigt sich sowohl im Bereich der Lithium-Ionen-Batterieentwicklung als auch Fahrzeugintegration der Batterien weiterhin als klarer Technologieführer mit den deutlich größten Weltanteilen. Die Patentanmeldedynamik hat allerdings gegenüber dem Energiespeicher-Monitoring 2014 von 30 bis 40 Prozent auf 15 bis 25 Prozent abgenommen und liegt etwa auf gleichem Niveau wie die Patentdynamik von China, Korea und Frankreich. Die Patentanteile dieser Länder sind allerdings geringer als die

Anteile Japans. Auffällig ist, dass die Patentanmeldedynamik der USA und Deutschlands auf unter 10 Prozent gesunken ist. Beide Länder weisen ähnliche Weltanteile auf und sind zusammen mit Korea die weltweit größten Anmelde Länder nach Japan. Dennoch bleibt für Deutschland festzuhalten, dass gerade im Bereich der FuE zu LIB der Weltanteil im Vergleich zum Monitoring 2014 von etwas über 5 Prozent auf 15 Prozent gesteigert werden konnte.

Patente Lithium-Ionen-Batterien



Patente Batterien für xEV



POLITISCHE ZIELE

ZIEL DES INDIKATORS

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

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Die Bewertung des politischen Engagements anhand nationaler Regierungsziele dient als qualitative Hintergrundinformation zu dem eigentlichen Indikator 20B und soll zeigen, aus welchen Gründen und Motiven die Regierungen der betrachteten Länder

den Bereich der Energiespeicher und die Elektromobilität unterstützen. Politische Dokumente nennen z. B. Hintergründe zu dem Engagement der Länder.⁸⁶

Ergebnis und Interpretation

Japan als Land ohne nennenswerte eigene Rohstoffvorkommen hat schon vor vielen Jahren damit begonnen, sich um die Reduzierung der Abhängigkeit von zu importierenden fossilen Energieträgern zu kümmern. Dazu tragen Batterieentwicklung und -forschung bzw. die breite Diffusion von Elektromobilität bei. In China sind bereits viele Steuergelder in die Subventionierung von xEV geflossen, aber insbesondere LIB aus der nationalen Batterieindustrie weisen heftige Qualitätsmängel auf. Mit „Made in China 2025“ wurde deshalb eine große Strategie aufgelegt, um chinesische Unternehmen mit ihren Produkten gegenüber den weltweit führenden OEM aufholen zu lassen. Korea möchte mit der langfristig angelegten „National Strategy for Green Growth“ (2009–2050) die Gesellschaft des Landes zu einer „Low Carbon Society“ umformen. Ein Baustein in diesem Plan sind xEV, die mit Batterien der einheimischen Batterie-

industrie ausgestattet sein sollen. In den USA arbeitet seit 1991 das Department of Energy (DOE) Vehicle Technologies Office (VTO) und das U.S. Advanced Battery Consortium LLC (USABC) daran, mit der FuE-Förderung eine einheimische fortgeschrittene Batterieindustrie aufzubauen, deren Produkte die Anforderungen einer breiten Vielfalt von xEV-Anwendungen erfüllen können. Auf dem Weg zum „Neuen industriellen Frankreich“ (seit 2013) wurden in einer zweiten Phase im Jahr 2015 insgesamt 34 potenzielle „Industrien der Zukunft“ definiert, wozu auch xEV und Batterie-FuE gehören. Deutschland hält nach wie vor am Ziel fest, bis 2020 zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu werden. Weil leistungsfähige Energiespeicher eine Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität darstellen, wird auch ihre FuE in Deutschland mit mehreren Förderprogrammen breit unterstützt.

Überblick über die politischen Ziele⁸⁶

Japan	Verringerung der Abhängigkeit von Importen fossiler Brennstoffe & Leitanbieter für FCEV
China	Made in China 2025: Qualitätsoffensive in der nationalen LIB-/Batterieindustrie und Elektromobilität
Korea	Energieunabhängigkeit und Abschwächung der Umweltverschmutzung/des Klimawandels („Low Carbon Society“)
USA	Verbesserung der Energiesicherheit, Absenkung von Klimagasemissionen und Stärkung der US-amerikanischen Wettbewerbsfähigkeit
Frankreich	Reindustrialisierung Frankreichs: Batterie-FuE und Elektromobilität als Teile der 34 Sektor-basierten Initiativen
Deutschland	Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität, dazu breite Förderung von Energiespeicher-FuE als Schlüsseltechnologie

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 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

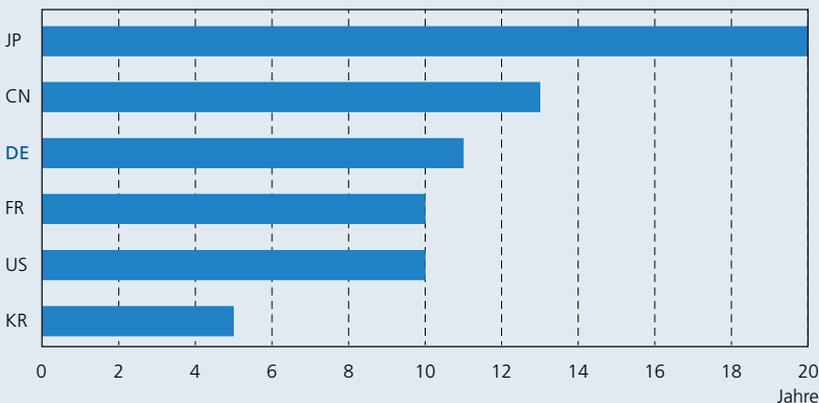
Markteinführung und -diffusion von xEV angekündigt. Obwohl alternative Technologien wie die Brennstoffzellentechnologie auch in die Diskussionen mit einbezogen sind, werden LIB als die Energiespeicherlösung für die zeitnahe Marktdurchdringung der Elektromobilität gesehen. Vor diesem Hintergrund werden hier die aktuellsten Masterpläne der sechs betrachteten Länder berücksichtigt und gemäß ihrer Planungsfristen bewertet.⁸⁷

Ergebnis und Interpretation

Japans langfristig angelegte „Next-Generation Vehicle Strategy“ (2010) wurde mit der „Japan Revitalization Strategy“ (2013) untermauert, bis 2030 sollen xEV 50 bis 70 Prozent Anteil an allen Neuzulassungen im Land ausmachen. Koreas Masterplanung begann mit dem „Act on the Promotion of Development and Distribution of Environment-Friendly Automobiles“ (2009) ein Jahr früher, die FuE an sogenannten „Green Cars“ ab 2011. Die Ziele für 2020 wurden zwischenzeitlich nach unten korrigiert, seit Ende 2015 läuft ein 5-Jahres-Plan, mit dem xEV bis 2020 einen Anteil von 20 Prozent der Neuzulassungen erreichen sollen. Das Projekt „Battery 2020“ wurde zwischenzeitlich ein-

gestellt. Deutschland hält an den Zielen aus dem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ fest, der bis 2020 angelegt ist. Eine Million xEV sind in den USA nicht mehr für 2015, sondern für 2020 vorgesehen. Im gleichen Zug sollen die Batterie-kosten deutlich sinken. Auch China hält am Entwicklungsplan zur Elektromobilität fest, der auch Entwicklungsziele für die einzusetzenden Energiespeicher vorsieht. Dazu kommt das „Made in China 2025“-Programm, welches auch ein Upgrade für die Batterie- und xEV-Industrie vorsieht. Frankreich plant im Rahmen einer großen Industriekampagne zum „Neuen industriellen Frankreich“ einen großen Schritt in die Zukunft.

Überblick über die Fristen der Masterplanung⁸⁷



- JP Next-Generation Vehicle Strategy (2010-20xx)
- CN Planning for the Development of Energy-saving and New Energy Automobile Industry (2012-2020), Made in China 2025 (2016-2025)
- DE Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität (2009-2020)
- FR Industry of the Future (2015-2025)
- US EV Everywhere (2012-2022), u. a. mit Battery 500-Konsortium (2016-2021)
- KR Act on the Promotion of Development and Distribution of Environment-Friendly Automobiles (2009-20xx), 5-Jahres-Plan

(ÖFFENTLICHE) LIB / BATTERIE-FORSCHUNGS-FÖRDERUNG

ZIEL DES INDIKATORS

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

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Sowohl Förderzeiträume und -schwerpunkte als auch -instrumente und fördernde Institutionen unterscheiden sich über alle Länder hinweg, was eine Bewertung erschwert. Es wird daher die Entwicklung der letzten Jahre betrachtet und Budgets der jeweiligen Programme über die Laufzeiten gemittelt. Der Fokus liegt auf der Batterieforschung allgemein, idealerweise natürlich LIB für die Elektromobilität. Förderprogramme können aber auch nicht LIB beinhalten oder die Förderung jenseits der Elektromobilität betreffen. Elektromobilität insgesamt wird aber nicht betrachtet.

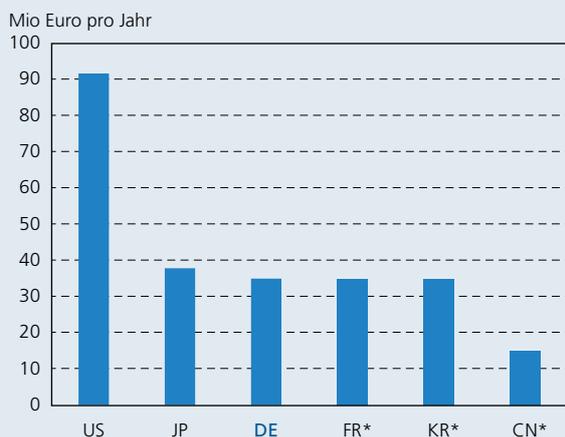
Weiterhin liegt der Fokus auf der Forschungsförderung von Batteriematerialien bis hin zur Zell- und Systemebene. Zur besseren Transparenz werden zentrale Förderorganisationen der Länder betrachtet, eine umfassende Bewertung der gesamten Forschungsförderung aller Länder ist kaum darstellbar.⁸⁸ Die ermittelten Fördervolumina können deshalb auch als untere Grenze verstanden werden. Die Werte wurden wie folgt umgerechnet: 1 JPY = 0,0088 €, 1 KRW = 0,0008 €, 1 US-Dollar = 0,87 €, 1 RMB = 0,1344 € (Stand: September 2016).

Ergebnis und Interpretation

In den USA werden vom Department of Energy (DoE) auch weiterhin die größten Budgets durchgesetzt: Im Jahr 2016 sind es 105,4 Mio US-Dollar, im Jahr 2015 waren es 82,7 Mio US-Dollar. In Japan ist das Budget gesunken, von 5,6 Bio Yen (2015) auf 4,3 Bio Yen (2016). Im Juli 2016 wurde bekannt, dass das größte Batterieforschungsprojekt Japans verlängert wird, „RISING II“. Hinsichtlich Korea ist auf Basis von Informationen zu einzelnen Programmen davon auszugehen, dass das Ministry of Trade, Industry and Economy (MoTIE) zwischen 37,5 und 50 Bio Won investiert. Batterien sind zum Beispiel eine von 27 Kerntechno-

logien in Koreas „Green Growth National Plan“, Batterien für xEV sind Teil von „Korea’s Growth Engines for the Future – Industries Likely to Emerge Over the Coming Decade“. Auch in China sind offizielle Zahlen des Ministry of Science and Technology (MoST) nicht erhältlich, in den letzten Jahren wurde der Schwerpunkt allerdings mehr auf Marktanreizprogramme als auf die Batterie-FuE gelegt. In Frankreich investiert die Agence Nationale de la Recherche (ANR) im Bereich der modernen Energietechnologien (auch Batterien) 73,1 Mio € im Jahr 2016.

Vergleich der öffentlichen Batterieforschungsförderung⁸⁸



Deutschland:

In Deutschland plant das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), auch weiterhin etwa 35 Mio € pro Jahr in die Batterie-FuE zu investieren. Dazu kommen wie in den anderen Ländern auch weitere Mittel aus anderen Ministerien (z. B. etwa 15 Mio € pro Jahr aus dem BMWi). Unter Einbezug weiterer Fördermittelgeber dürfte die Förderung der Batterieforschung in Deutschland derzeit bei insgesamt rd. 80 bis 85 Mio € jährlich liegen (vgl. S. 32).⁵⁰⁻⁵³

* Abschätzung

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 (2011-2015) zu Lithium-Ionen-Batterien 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 Publikations-

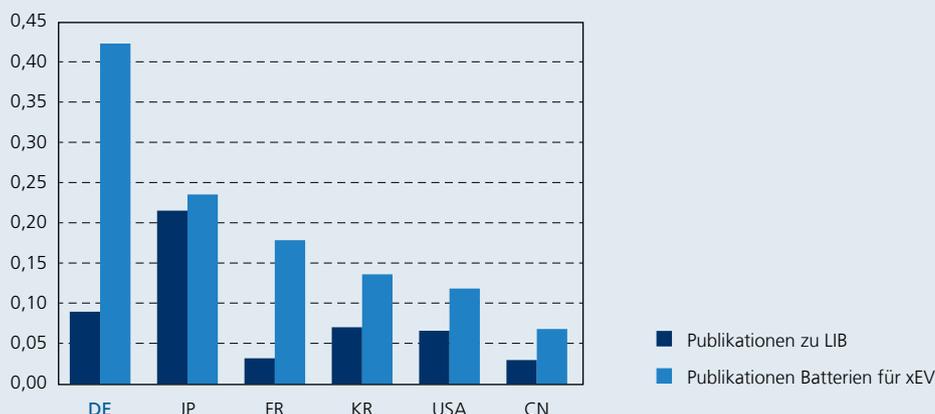
aktivitäten. Patentaktivitäten wurden hier daher nicht betrachtet. Auch spiegeln Publikationen in einer ausgewogeneren Form die dahinter stehende öffentliche Forschungsförderung wieder. Kosten für Patentanmeldungen sind zum Beispiel für Forschungseinrichtungen in der Regel durch Förderung nicht abgedeckt und Unternehmen machen dies ohne Fördergelder. Für Publikationen sind private und öffentliche Akteure eher ähnlich stark durch eine Förderung motiviert.

Ergebnis und Interpretation

Bezüglich der Publikationen zu „Lithium-Ionen-Batterien“ weisen nach Japan Deutschland, Korea und die USA die ausgewogenste Beteiligung des privaten Sektors an den Forschungsaktivitäten auf. Bezüglich der Publikationen zu „Batterien für die Elektromobilität“ sind Unternehmen in Deutschland (Verhältnis privat : öffentlich ist größer als 4:10) sogar deutlich forschungsintensiver als in Japan und Frankreich. Korea, die USA und China liegen

auf den letzten Plätzen. Deutschland stellt sich somit rund um die Energiespeicherforschung für Elektrofahrzeuge mit guter Unternehmensbeteiligung für die Zukunft auf. In China sind die reine Masse publizierender Forscher und in den USA der Ausbau der Aktivitäten vieler Universitäten (ggf. durch die intensive Forschungsförderung) sicherlich Gründe für die weniger ausgewogene Rollenverteilung.

Verhältnis der Publikationsanteile von Unternehmen zu Forschungseinrichtungen



ZIELVORGABEN BEZÜGLICH DER BATTERIEPARAMETER

ZIEL DES INDIKATORS

Es sollen Zielvorgaben bezüglich 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 Zielvorgaben bzgl. der Energiedichte (in Wh/kg, zunehmend auch volumetrisch in Wh/l) und Zellkosten festgelegt.⁸⁹ Dies weist auf den erwünschten Forschungsoutput 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 (Betrachtung jeweils der Zellebene).

Ergebnis und Interpretation

Der internationale Benchmark in der Energiedichte von großformatigen LIB-Zellen liegt bei >150 Wh/kg. Die Roadmaps der Regierungen bzw. Erwartungen der OEM haben sich in den letzten Jahren international angeglichen. Weiterhin gibt die NEDO Roadmap (aktuellste Version aus 2013) aus Japan Orientierung. In einem Papier der Europäischen Kommission (EU) aus 2016 werden ähnliche Ziele für die wichtigsten Leistungsparameter zusammengestellt (für FR und DE in Klammern angegeben). Somit liegen insgesamt die sechs Länder mit ihren Zielen die Energiedichte zu verbessern gleich auf. Die Ziele bis 2030 betreffen

offensichtlich post-LIB-Technologien für welche die produktionstechnische Umsetzung und damit auch Preisvorstellungen noch unklar sind. Hingegen gelten die Ziele in der Kostenreduktion jeweils für optimierte LIB, deren erreichbare Grenzen in der Energiedichte bei etwa 300 Wh/kg liegen dürften. Auch bzgl. der Kostenentwicklung werden gemäß der Roadmaps (insbesondere aber der Erwartungen der OEM an die asiatischen Zellproduzenten) ambitionierte Ziele von <100 €/kWh bereits im Zeitraum zwischen 2020 und 2030 erwartet.⁹⁰

Überblick über die Zielvorgaben bzgl. der Batterieparameter^{89, 90}

Faktoren	Japan	Korea	China	USA	Frankreich (EU)	Deutschland (EU)
Energiedichte (bis 2015, Wh/kg)	>150	>150	>150	>150	>150	>150
Energiedichte (bis 2020, Wh/kg)	250	250	300	250	k. A. (350)	250 (350)
Verbesserung Faktor x	1,7	1,7	2	1,7	k. A.	1,7
Energiedichte (bis 2030, Wh/kg)	500	k. A.	k. A.	500	k. A. (>400)	<300 (>400)
Kosten/Pack (bis 2015, €/kWh)	<300	<300	<250	<300	<300	<300
Kosten/Pack (bis 2020, €/kWh)	100–200	100–150	100–150	100–150	k. A. (90)	100–150
Verbesserung Faktor x	bis 3	bis 3	bis 2,5	bis 3	k. A.	bis 3
Kosten/Pack (bis 2030, €/kWh)	<100	<100	<100	k. A.	k. A. (75)	<100

INLÄNDISCH (REAL) PRODUZIERTE ZELLEN UND DAS 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 bezüglich der im Land gefertigten LIB, die für den Einsatz im Land gefertigter Pkw benötigt werden. Es werden also nur LIB berücksichtigt, die auch

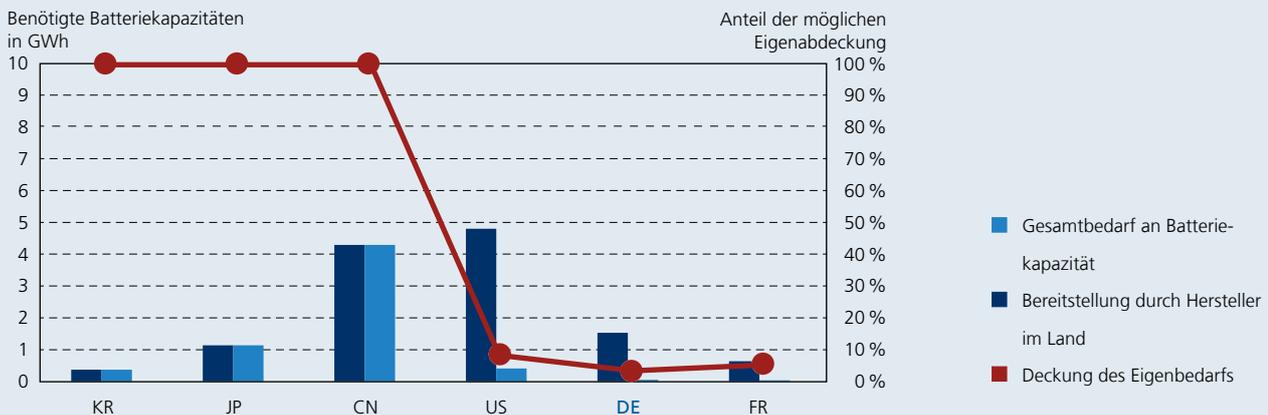
im Land selbst verbaut werden. Das resultierende Potenzial zur Deckung des Eigenbedarfs, als prozentuales Verhältnis von inländischer Produktion zu Nachfrage wird auf der Sekundärachse abgebildet. Dieser Wert stellt letztendlich den Beitrag für die Indikatorermittlung dar.

Ergebnis und Interpretation

Die asiatischen Länder haben das Potenzial ihren Bedarf aus eigener Produktion zu 100 Prozent zu decken. Einige wenige Zellhersteller aus Japan, Korea und China haben sich in den letzten Jahren fest als Zulieferer für OEM weltweit etabliert und somit weitere sowie kleinere Zellhersteller vom Markt verdrängt. Zellhersteller aus den USA, Deutschland und Frankreich deckten in 2015 nur noch zu wenigen Prozent den inländischen Bedarf ab. Durch die nun schnell voranschreitende Entwicklung der Elektromobilität und schnell steigende Nachfrage nach LIB-Kapazitäten

von asiatischen Zellherstellern (diese haben sich mit den weltweiten OEM Lieferverträge gesichert) dürfte die Eigenbedarfsdeckung in den USA, Deutschland und Frankreich bald in Richtung 0 Prozent abfallen. In 2015 sind z. B. in Deutschland noch Kapazitäten der nun aufgelösten Li-Tec berücksichtigt. In Frankreich ist die Eigenbedarfsdeckung mit Batterien von Batscap der Bolloré Gruppe für das in Italien hergestellte Blue Car verbunden. In den USA sind Kapazitäten von Boston Power (Produktion in China) und geringfügige Nachfragen bei JCI berücksichtigt.

Kapazitätsbedarf und -abdeckung 2015



PRODUKTIONSPROGNOSE FÜR INLÄNDISCHE ZELLPRODUKTION 2015–2020

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

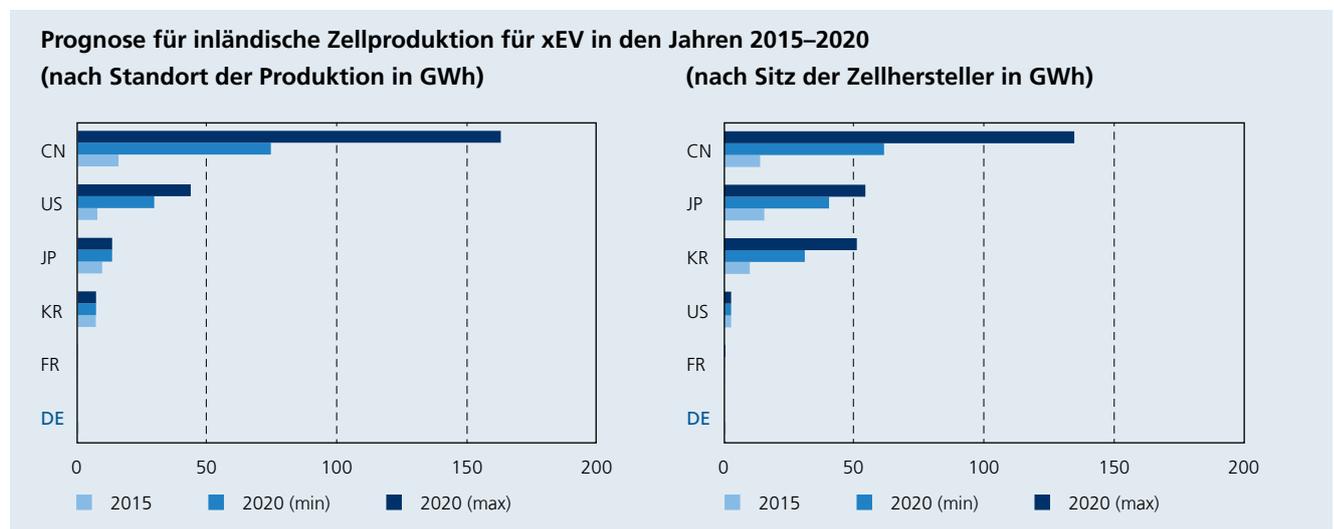
Die Zahlen zur Prognose der Zellproduktion wurden aus einer großen Anzahl von Marktstudien und Pressemitteilungen abgeleitet.⁹¹ Weitergehende Ergebnisse sind auch in dem Update der VDMA Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030⁹² veröffentlicht. Für 2015 sind die vorhandenen Zellproduktionskapazitäten angegeben. Für 2020 sind die geplanten Zellproduktionskapazitäten (min) der weltweiten Zellhersteller angegeben. Optionale

weitere Kapazitäten (und damit der Spielraum in welchem die Zellhersteller angeben agieren zu können) sind als obere Grenze (max) angegeben. Es sind jeweils die Kapazitäten nach Standort der Produktion sowie Sitz der Zellhersteller angegeben. Für den Gesamtindikator geht nur die Prognose 2020 (min) nach Standort der Produktion ein.

Ergebnis und Interpretation

Die Ausbaupläne der Zellproduzenten zeigen einen massiven Ausbau der Kapazitäten in China sowie durch chinesische Hersteller (Binnenmarkt). Da es nicht möglich ist die Zellproduktion nach Anwendungen (z. B. Pkw, Busse, stationär) zu trennen, ist für China davon auszugehen, dass Kapazitäten für den Bedarf durch Nutzfahrzeuge (insbesondere Busse) in den Plänen berück-

sichtigt sind. Für Japan und Korea zeigt sich, dass Zellhersteller dieser Länder vermehrt Produktionskapazitäten in anderen Ländern (insbesondere USA und China) aufbauen und damit die Standorte aus den Ländern heraus verlagern (Exporteure, Anbieter). Die USA stehen somit deutlich auf der Seite der Importeure bzw. Nachfrageländer für LIB-Zellen.



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 2015 bestanden. Die Informationen hierzu stammen aus B3 Corporation 2015 und 2016.⁹³ Konkret werden anhand der xEV-Verkaufszahlen (d. h. Serienproduktion) der OEM und verwendeter Fahrzeugbatterien von Zellherstellern die Lieferverträge nach einzelnen Fahrzeugmodellen analysiert, sodass ein Batterieher-

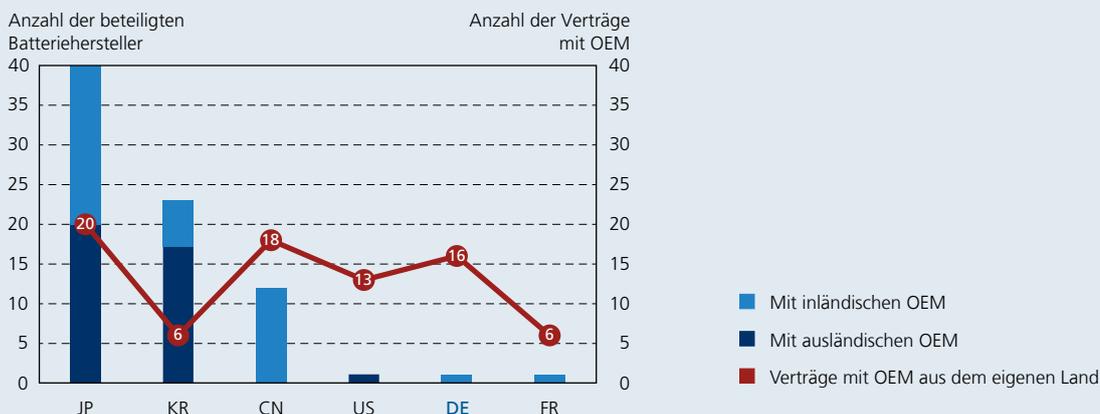
steller mehrere Lieferverträge mit einem OEM haben kann. Um welche Antriebstechnologie (HEV/PHEV oder BEV) es sich dabei konkret handelt ist irrelevant, solange eine LIB verbaut ist. Bei der Indikatorberechnung geht die Gesamtanzahl der Lieferverträge zu 40 Prozent ein und solche „mit ausländischen OEMs“ und „OEMs aus dem Land“ mit je 30 Prozent.

Ergebnis und Interpretation

Mit 40 Lieferverträgen (20 mit OEM aus Japan und 20 mit OEM außerhalb Japans) haben die japanischen Zellhersteller, noch vor Korea mit 23 (6 im Inland, 17 im Ausland) und China mit 12 (alle mit inländischen OEM), die meisten Verträge mit Automobilherstellern geschlossen. In den USA, Deutschland und Frankreich lagen jeweils nur einzelne Lieferbeziehungen zwischen (den zum Teil nicht mehr existierenden) inländischen Zellherstellern und OEM vor. Damit zeigt sich für Japan eine ausgewogene

Abdeckung von Zellherstellern und OEM Beziehungen, Japan deckt die Wertschöpfung im Land ab und ist zugleich Exporteur. Korea ist deutlich stärker Zellexporteur und China stellt einen Binnenmarkt dar. Anhand der Verträge der OEM aus Japan, China, USA und Deutschland zeigt sich, wo sich wichtige Nachfrägeländer befinden. In Korea und Frankreich gibt es jeweils sechs Fahrzeugmodelle von OEM, welche eine Nachfrage nach LIB-Zellen ergeben.

Lieferverträge 2015⁹³



GRÖSSE DES ABSATZMARKTES FÜR KOMponentEN UND BATTERIEN IM EIGENEN LAND

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Größe des heimischen Absatzmarkts für Batteriekomponenten zu vergleichen. Dies zeigt, wie gut die Möglichkeit 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 auf Basis der Marktstudien der B3 Corporation⁹⁴ berechnet. Dabei wird nicht der gesamte LIB-Komponenten-Markt in 2015 betrachtet sondern nur die durch die in xEV eingesetzten LIB entstandene Nachfrage, dies sind rd. 14 GWh der knapp 70 GWh Nachfrage nach LIB-Zellen in 2015 insgesamt. Als heimischer Markt wird

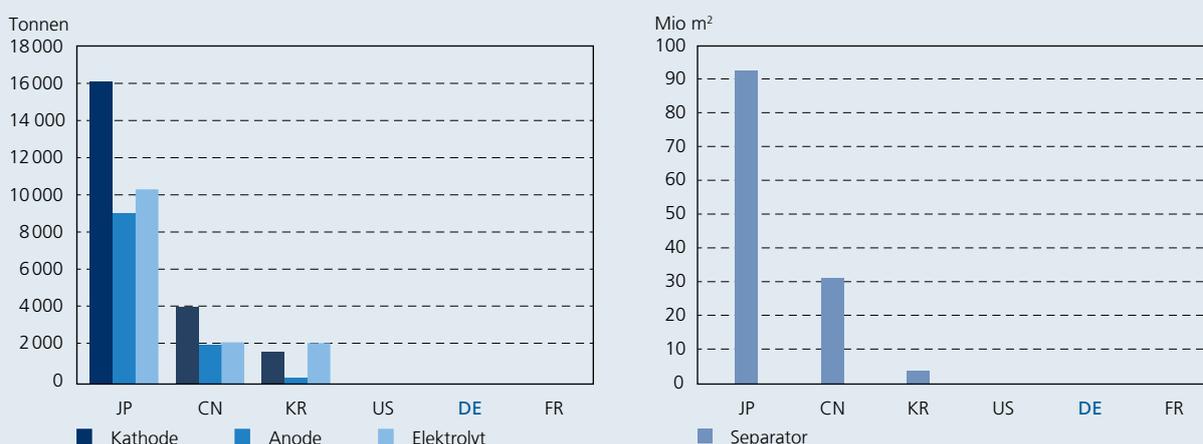
dabei die Nachfrage im jeweiligen Land gewertet, also alle Produkte, die auf diesem Markt abgesetzt werden. Verkauft beispielsweise ein japanischer Produzent von Kathodenmaterialien Produkte an einen koreanischen Zellhersteller, so wird dieser Absatz dem koreanischen Markt zugeordnet und taucht in der Betrachtung nicht auf.

Ergebnis und Interpretation

Lediglich die asiatischen Länder haben relevante heimische Absatzmärkte für Komponenten. Dabei setzten japanische Komponentenhersteller in 2015 mit Abstand die größten Mengen an Kathoden-, Anoden-, Elektrolytmaterialien und Separatoren im eigenen Land ab. Japanische Unternehmen haben somit weiterhin exzellente Bedingungen für ein Lernen am Markt. In China wurden in 2015 deutlich weniger Komponenten im Inland (für in China produzierte LIB für xEV) abgesetzt. Allerdings sind hier

einige der Zuliefer-Abnehmer-Beziehungen zwischen Komponentenherstellern und Zellherstellern nicht eindeutig zuzuordnen, weshalb der heimische Absatzmarkt entsprechend höher ausfallen dürfte (Binnenmarkt). In Korea hingegen kaufen Zellhersteller wie Samsung SDI, LG Chem weiterhin stark von Komponentenherstellern außerhalb des Landes ein. Insbesondere der Absatz von Anodenmaterialien und Separatoren durch inländische Zulieferer ist besonders gering.

Heimischer Absatzmarkt für Kathoden-, Anoden-, Elektrolytmaterialien sowie Separatoren⁹⁴



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.

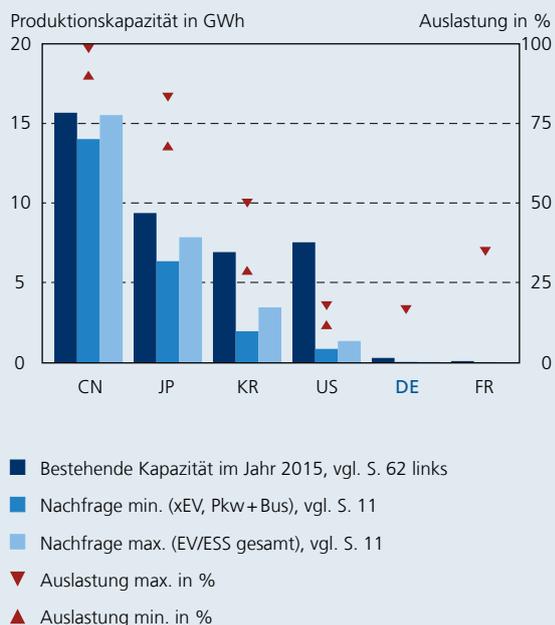
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der Indikator misst die installierten Produktionskapazitäten für LIB in einem Land für das Jahr 2015. Hierzu werden die Produktionskapazitäten der Zellhersteller im jeweiligen Land aufsummiert. Als Datengrundlage dienen die in Indikator 25 zitierten Quellen und hieraus hergeleiteten Daten. Um darüber hinaus auch Rückschlüsse auf deren ökonomischen Betrieb treffen zu können, wird die regionale Nachfrage nach LIB-Zellen ergänzend angegeben. Diese muss nach Anwendungsbereichen (xEV-Pkw, Busse, E-Bikes, stationäre Speicher) jeweils einzeln abgeleitet werden. Für E-Bikes und stationäre Speicher wurde eine Abschätzung der regionalen Nachfrage vorgenommen, weshalb sich ein Unsicherheitsintervall (min, max) ergibt. Im Ergebnis können regionale Auslastungen (in Prozent) als Verhältnis von Nachfrage und Kapazität angegeben werden.

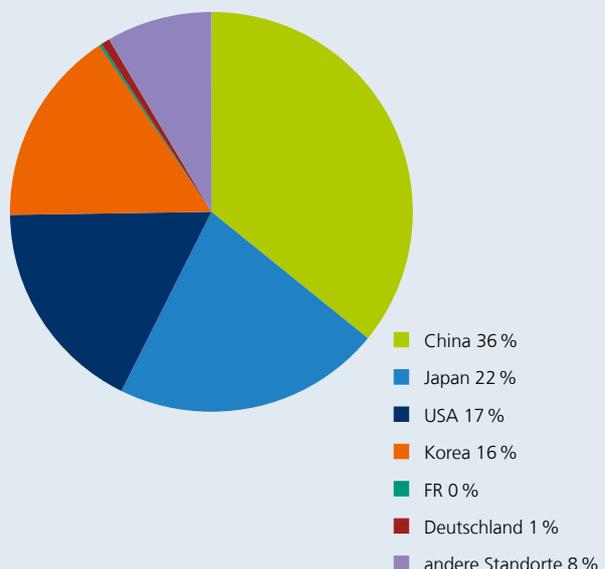
Ergebnis und Interpretation

Die weltweit größten Produktionskapazitäten befinden sich mittlerweile in China (Stand 2015), wobei große Kapazitäten auch für die Zellproduktion für Elektrobusse aufgebaut wurden. In Japan, Korea und den USA (dort insbesondere auch durch Panasonic, LG Chem, AESC) wurden bis 2015 ähnlich große Zellproduktionskapazitäten aufgebaut. In den kommenden Jahren werden in China und den USA weitere Kapazitäten aufgebaut werden (siehe Indikator 25). Die Auslastung ist insbesondere in China aktuell sehr gut durch die dynamische Nachfrage in 2015. Ähnliches gilt für Japan, wobei die Auslastung auf Ebene einzelner Unternehmen sehr unterschiedlich ausfallen kann. In Korea wird sich die Auslastung in den kommenden Jahren mit den steigenden Verkaufszahlen der xEV verbessern, diese lag in 2015 noch bei durchschnittlich maximal 50 Prozent. In Deutschland sind für 2015 die Daten für die aufgelöste LiTec und damit verbundene Zellnachfrage durch den Smart angegeben. In Frankreich beziehen sich die Daten auf den Hersteller batscap für LIB-Zellen des Blue Car. Neben den vernachlässigbaren Zellkapazitäten weist die geringe Auslastung zudem auf die geringe Nachfrage des französischen Elektroautos hin.

Globale Produktionskapazität



Verteilung der globalen Produktionskapazität im Jahr 2015 (nach Standorten der Zellhersteller)



MARKTANTEILE IN WELTMÄRKTEN FÜR ZELLEN UND KOMPONENTEN

ZIEL DES INDIKATORS

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

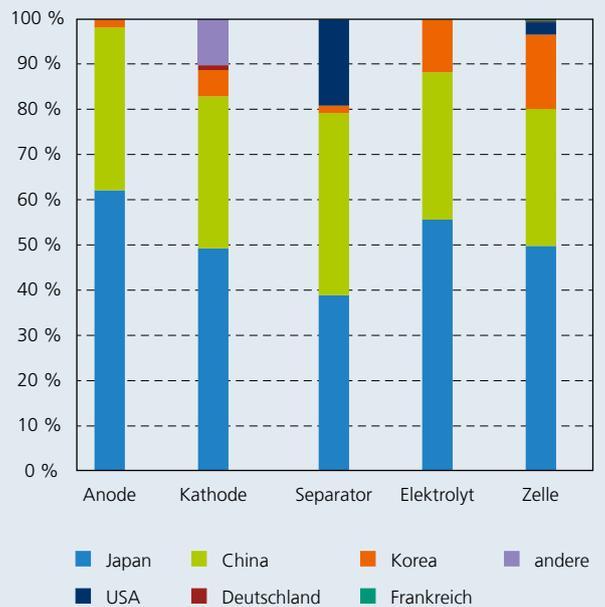
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der Marktanteil jedes Landes am Weltmarkt im Jahr 2015 wird einzeln für die Komponenten- und Zellmärkte ermittelt. Die Marktanteile für die Teilmärkte Kathode, Anode, Separator und Elektrolyt werden auf Mengengrundlage der Studien von B3 Corporation (2015, 2016)⁹⁵ entnommen (Märkte nur für LIB-Komponenten für xEV) und für das tatsächlich erreichte Ergebnis umgerechnet (rd. 14 GWh globale Nachfrage, zum Vergleich war die gesamte LIB-Nachfrage in 2015 rd. 70 GWh). Für den Zellmarkt wird die Marktgröße in GWh aus der Datenbank des Fraunhofer ISI 2016⁹⁶ verwendet. 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 9 Prozent, Kathode 32 Prozent, Separator 7 Prozent, Elektrolyt 11 Prozent, Zelle 41 Prozent) summiert (Abbildung unten).

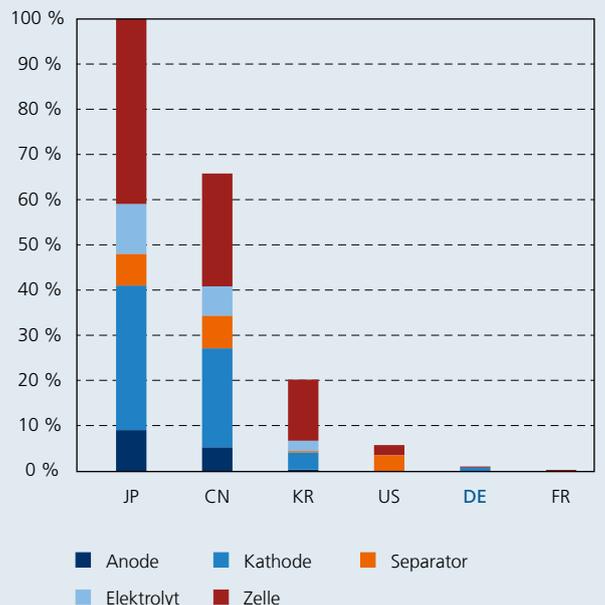
Ergebnis und Interpretation

Die asiatischen Länder dominieren in der Herstellung der Komponenten und der Zellen für Lithium-Ionen-Batterien. Japanische Unternehmen weisen über alle Komponenten sowie die Zellfertigung hinweg Marktanteile von 40 bis 60 Prozent auf. Auch Unternehmen aus China decken alle Bereiche mit hohen Marktanteilen ab.⁹⁷ Es ergibt sich das Bild, das chinesische Unternehmen mit 30 Prozent und mehr an den jeweiligen Teilmärkten beteiligt sind. Koreanische Unternehmen wiesen in 2015 nur bei Zellen und Elektrolyten Marktanteile über 10 Prozent auf. Im Bereich der Separatoren hielt Polypore (US) einen Marktanteil von fast 20 Prozent. Einzig bei den Kathodenmaterialien sind weitere Unternehmen Umicore (Belgien) und Johnson Matthey (UK) mit über 10 Prozent Marktanteil in 2015 aktiv. Durch die hohe Dynamik der Zell- und damit Komponentennachfrage für LIB in xEV können sich diese Anteile in den kommenden Jahren deutlich verschieben (vgl. Indikator 30). Die drei asiatischen Länder werden dabei aber sicherlich ihre signifikanten Anteile halten und wenig Spielraum für weitere Marktteilnehmer lassen.

Marktanteile in den Teilmärkten im Jahr 2015^{95, 96}



Normierte gewichtete Weltmarktanteile 2015 in den Teilmärkten im LIB-xEV-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.

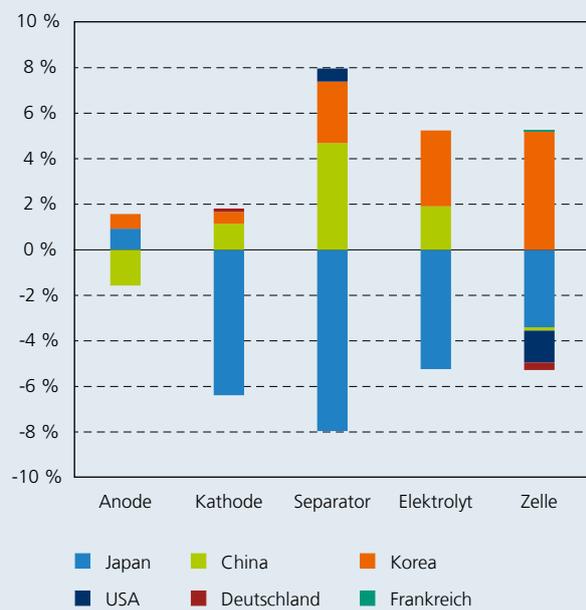
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Das relative Marktwachstum wird als Veränderung der Marktanteile über die Differenz der Marktanteile im Jahr 2015 und 2017 in Prozentpunkten ermittelt. Die Marktanteile 2015 sind in Indikator 29 dargestellt. Für das Jahr 2017 werden die Marktanteile auf Basis der Hochrechnung der xEV-Verkaufszahlen im 1. Halbjahr 2016 auf das gesamte Jahr 2016 und Fortschreibung für 2017 ermittelt, wobei angenommen wird, dass sich die OEM-Zellhersteller-Komponentenhersteller Beziehungen bis dahin nicht ändern.

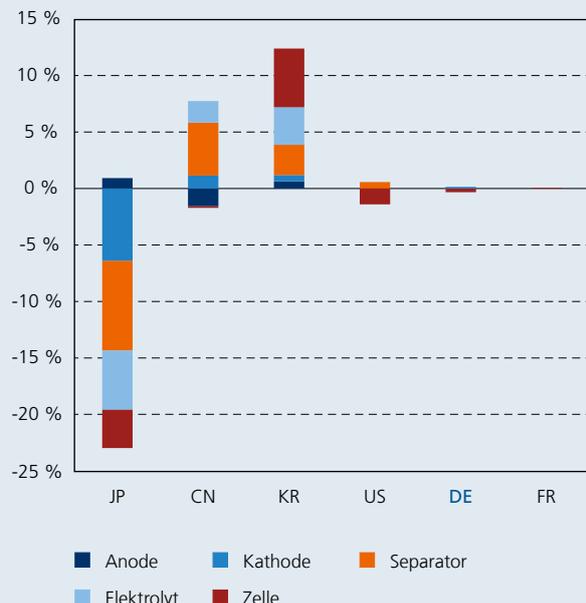
Ergebnis und Interpretation

Durch die hohe Dynamik im chinesischen Markt für Elektrofahrzeuge, aber auch das Wachstum des globalen Elektromobilitätsmarktes gesamt ist mit deutlichen Verschiebungen der Marktanteile unter den drei asiatischen Marktteilnehmern Japan, Korea und China zu rechnen. Koreanische Zellhersteller dürften durch zahlreiche etablierte Zulieferbeziehungen von LG Chem, Samsung SDI und SKI mit weltweiten (auch chinesischen) OEM deutliche Anteile am Zellmarkt gewinnen. Japan verliert demgegenüber und die Anteile der USA und Deutschlands aus 2015 verschwinden. Im Bereich der Komponenten verliert Japan zum Teil deutlich. China und Korea gewinnen Marktanteile. Insgesamt ergeben sich deutliche Verluste für Japan (da Japan aktuell auch die meisten Marktanteile hält). China und Korea gewinnen im Bereich der Komponenten, Korea besonders beim Zellmarkt.

Veränderung der Marktanteile in den Teilmärkten 2015–2017



Veränderung der Marktanteile der Länder 2015–2017



QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS

- 1** BMWi 2016: Leitmarkt und Leitanbieter, <https://www.bmw.de/DE/Themen/Industrie/Elektromobilitaet/leitmarkt-und-leitanbieter.html> [01.12.2016]
- 2** NPE 2011: Zweiter Bericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. Berlin: Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität (GGEMO); Fraunhofer ISI 2015: Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030
- 3** Die Studie entstand im Rahmen der Begleitmaßnahme zu „Batterie 2020“ (BEMA2020), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Unter BEMA2020 kooperieren das Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien (KLiB), das Münster Electrochemical Energy Technology (MEET) sowie das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI.
- 4** Regierungsprogramm Elektromobilität 2011. Herausgeber: BMWi, BMVBS, BMU, BMBF, https://www.bmbf.de/files/programm_elektromobilitaet.pdf [01.12.2016]
- 5** BMWi 2016: Leitmarkt und Leitanbieter, <https://www.bmw.de/DE/Themen/Industrie/Elektromobilitaet/leitmarkt-und-leitanbieter.html> [01.12.2016]
- 6** Gemeinsame Pressemitteilung des BMU mit dem BMVI 2014: „Kabinett verabschiedet Elektromobilitätsgesetz“, Webseite des BMU, <http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/kabinett-verabschiedet-elektromobilitaetsgesetz/> [01.12.2016]
- 7** Bundesregierung 2016: Elektromobilität – Verbesserte Förderung von Elektrofahrzeugen, <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2016/05/2016-05-18-elektromobilitaet1/2016-05-18-elektromobilitaet.html?sessionid=CBE5E12404F183EE3B29F4885673366Ds7t2?nn=437032#group1> [01.12.2016]
- 8** Bekanntmachung des BMBF: „... von Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld ‚Lithium-Ionen-Batterie (LIB2015)‘“, Webseite des BMBF, <http://www.bmbf.de/foerderungen/11799.php> [01.12.2016]
- 9** Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterien – Über KLiB, Webseite des KLiB e.V., <http://www.kLiB-org.de/> [01.12.2016]
- 10** Projekt: „Roadmapping ‚Lithium Ionen Batterie LIB 2015‘“, Webseite des Fraunhofer ISI, <http://isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-lib-2015-roadmapping.php> [01.12.2016]
- 11** Bekanntmachung des BMBF: „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität (STROM)“, Webseite des BMBF, <http://www.bmbf.de/foerderungen/14611.php> [01.12.2016]
- 12** Projekt: „Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität“ (EMOTOR), Webseite des Fraunhofer ISI, <http://www.emotor.isi-projekt.de/emotor/index.php>
- 13** Projekt: „Begleitmaßnahme Batterie 2020“ (BEMA2020), Webseite des Fraunhofer ISI, Download: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-bema2020-batterie2020.php>
- 14** B3 Corporation 2015: H. Takehita, LIB-equipped Vehicle Market Bulletin (15Q4) and Longterm LIB Market Forecast, Chapter 8; B3 Corporation 2016: H. Takeshita, LIB-equipped Vehicle Market Bulletin (16Q2), Chapter 2
- 15** Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Gesamt-Roadmap Lithium-Ionen-Batterien 2030. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2015
- 16** Marklines 2016: MarkLines Co., Ltd. (2016). Automotive Industry Portal. Website von MarkLines, https://www.marklines.com/portal_top_en.html [01.12.2016]

17 Fraunhofer ISI 2016: in-House Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.)

18 Vgl. auch VDMA 2016: Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030 (Update 2016), VDMA, RWTH Aachen und Fraunhofer ISI 2016

19 Bass, Frank M. (1969): A new product growth for model consumer durables. Management Science 15 215-227

20 Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030; Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2015

21 Auf Basis der OICA bzw. Marklines Datenbanken wurden die historischen Pkw-Zulassungen ermittelt und das durchschnittliche Wachstum errechnet. Die tatsächliche Entwicklung der Pkw-Zulassungen in der Zukunft könnte sich entsprechend politischer Rahmenbedingungen, gesellschaftlicher/Nutzer-Veränderungen (z. B. sharing societies) etc. durchaus deutlich anders gestalten und zu ganz anderen Zukunftsmärkten führen.

22 Es wird eine durchschnittliche Erhöhung der Batteriekapazität in einem xEV von 20 kWh in 2010 bis 60 kWh in 2050 angenommen. Dies gibt die Entwicklung zwischen 2010 und 2015 richtig wieder und wäre aus heutigen Erkenntnissen zu erwarten, da sich die in Elektroautos eingesetzte Batteriekapazität mit verbesserter Energiedichte und Kostenreduktion der Batterien erhöht. Siehe auch „Reichweite-optimierte Elektromobilität“ in: Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030; Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2015

23 Hier lässt sich der reale Verlauf des Wachstums auflösen. Während xEV-Neuzulassungen, Bestand, Batterienachfrage zwischen 2010 und 2015 genau reproduziert werden können wird hier der „Ausreißer“ in 2015 durch die sprunghafte Ankurbelung des chinesischen Markts durch die Regierung sichtbar. Aktuell fallen die Wachstumsraten wieder auf ein normales jedoch weiterhin hohes Niveau von rd. 40 Prozent.

24 OECD/IEA2016: GlobalEVOutlook2016, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf [01.12.2016]

25 Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030; Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2015

26 Im Jahr 2015 verkaufte beispielsweise die Volkswagen Group rund 3,55 Millionen Automobile in China, weshalb im Jahr 2018 eine Kreditpunktzahl von 284 000 erreicht werden müsste. Dazu ist eine Kombination zwischen 71 000 BEV oder 142 000 PHEV zu verkaufen. Die BMW Group verkaufte im Jahr 2015 insgesamt 464 000 Automobile in China, was im Jahr 2018 eine zu erreichende Kreditpunktzahl von 37 120 nach sich ziehen würde. Dazu ist eine Kombination zwischen 9280 BEV oder 18 560 PHEV zu verkaufen. Um diese Verkaufszahlen zu erreichen, müssen beide Unternehmen ihre Aktivitäten für Herstellung und Vertrieb von Elektrofahrzeugen in China schnell und deutlich ausweiten. Gelingt es einem Unternehmen nicht, die erforderliche Kreditpunktzahl zu erreichen, stehen mehrere mögliche Strafen zur Diskussion: Entweder muss die Produktion gedrosselt, anderen Herstellern Kreditpunkte abgekauft oder Strafzahlungen gezahlt werden. Während die beiden letztgenannten Konsequenzen zumindest teuer werden könnten, würde die Produktionsdrosselung sogar den zukünftigen Marktanteil eines Unternehmens im größten Automobilmarkt der Welt gefährden.

- 27** Quellen: <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/e-autos-deutsche-automobilhersteller-sind-entsetzt-ueber-chinesische-elektroquote-1.3228492> (Original-Berichterstattung #1), <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/neue-mobilitaet/autohersteller-fuerchten-elektroauto-quote-in-china-14505669.html> (Original-Berichterstattung #2), <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/china-wettrennen-gm-ueberholt-vw-als-groesster-autoverkaefer-a-1073981.html> (Verkaufszahl VW Group 2015 in China), <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/bmw-hat-2015-mehr-autos-verkauft-als-mercedes-und-audi-a-1071469.html> (Verkaufszahl BMW Group 2015 in China). [01.12.2016]
- 28** Korea Herald 10/2016: S. Korea mulling eco-friendly car supply quota, <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20161019000716> [01.12.2016]
- 29** CTV News 06/2016: New legislation could see more electric cars on Quebec roads, <http://montreal.ctvnews.ca/new-legislation-could-see-more-electric-cars-on-quebec-roads-1.2930093> [01.12.2016]
- 30** Electrive 12/2016: Pflicht zum E: Brauchen wir die Quote?, <http://www.electrive.net/2016/12/05/pflicht-zum-e-brauchen-wir-die-quote/> [01.12.2016]
- 31** OECD/IEA 2016: Global EV Outlook 2016, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf [01.12.2016]
- 32** Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030; Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2015
- 33** Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Produkt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030; Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2015
- 34** Rogers, Everett (1995): The Diffusion of Innovations, New York, NY: Free Press
- 35** Beise 2006: Beise, M. (2006). Die Lead Market Strategie: Das Geheimnis weltweit erfolgreicher Innovationen. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag
- 36** Die USA könnten u. U. hinter Korea landen, wenn die Indikatoren LIB/Batterie Forschungsförderung oder Ausbildung/Fachkräfte entfallen. Deutschland landet bei Gleichgewichtung leicht vor Korea, während es bei Expertengewichtung leicht dahinter liegt. Grund ist hier der Indikator Verhältnis FuE privat zu öffentlich, bei dem Deutschland besser abschneidet als Korea, der aber von den Experten als eher weniger wichtig eingeschätzt wurde und dadurch bei Gleichgewichtung deutlich stärker wirksam wird.
- 37** EU will CO₂-Grenzwerte für Lkw einführen, 07/2016, <http://www.spiegel.de/auto/aktuell/europaeische-union-will-co2-grenzwerte-fuer-lkw-einfuehren-a-1103245.html> [01.12.2016]
- 38** NABU 2016: Argumente für die Einführung von CO₂-Grenzwerten für Lkw, https://www.nabu.de/downloads/verkehr/160920-nabu-Hintergrundpapier_Lkw-Grenzwerte.pdf [01.12.2016]
- 39** Bundestag 09/2016: Der NEFZ soll 2017 durch ein realistischeres Verfahren World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure (WLTP) ersetzt werden. <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2016/kw36-pa-5ua-abgas/438352> [01.12.2016]
- 40** NPE 2015: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015
- 41** NPE 2016: Wegweiser Elektromobilität. Handlungsempfehlungen der Nationalen Plattform Elektromobilität, Juni 2016

- 42** Neue Förderprogramme für Ladeinfrastruktur, 11/2016, <http://www.cleanenergy-project.de/mobilitaet/7418-neue-foerderprogramme-fuer-ladeinfrastruktur-7418> [01.12.2016]
- 43** Beschlossen: Knappe Milliarde für Elektroauto-, Brennstoffzellen- und Erdgasantrieb-Ladenetz, 11/2016, <http://ecomento.tv/2016/11/10/955-millionen-euro-fuer-elektroauto-ladestationen-und-alternative-tankstellen/> [01.12.2016]
- 44** Bundesregierung 2016: Elektromobilität – Verbesserte Förderung von Elektrofahrzeugen, <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2016/05/2016-05-18-elektromobilitaet1/2016-05-18-elektromobilitaet.html;jsessionid=CBE5E12404F183EE3B29F4885673366D.s7t2?nn=437032#group1> [01.12.2016]
- 45** Statista 11/2016: Geringe Nachfrage nach Kaufprämie, <https://de.statista.com/infografik/6779/beantragte-kaufpraemien-fuer-elektroautos/> [01.12.2016]
- 46** ICCT 11/2016: From laboratory to road: A 2016 update, <http://www.theicct.org/laboratory-road-2016-update> [01.12.2016]
- 47** Bundestag 09/2016, <https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2016/kw36-pa-5ua-abgas/438352> [01.12.2016]
- 48** VDMA 2016: Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030, Update 2016. VDMA, RWTH Aachen und Fraunhofer ISI
- 49** NPE 2016: Wegweiser Elektromobilität. Handlungsempfehlungen der Nationalen Plattform Elektromobilität, Juni 2016
- 50** BMWi 2016: Bundebericht Energieforschung 2016, <http://www.bmwi.de/DE/Mediathek/publikationen,did=763804.html>. [01.12.2016] (insbesondere bzgl. BMWi, BMBF, Bundesländer, DE Anteil unter EU/Horizont 2020: 90 Mio € in 2014, 5,2 % für Speicher)
- 51** BMBF 2016: Von der Batterieforschung zur Batteriefertigung in Deutschland, 4/2016, <https://www.bmbf.de/de/von-der-batterieforschung-zur-batteriefertigung-in-deutschland-2650.html> [01.12.2016]
- 52** EU Förderung (unter Horizont 2020 rd. 75 Mrd € über 7 Jahre von 2013-2020, http://ec.europa.eu/research/horizon2020/pdf/press/fact_sheet_on_horizon2020_budget.pdf[01.12.2016]) bzgl. Batterien im Rahmen der Societal Challenge 4: „Smart, Green, Integrated Transport“ (6,34 Mrd € über 7 Jahre), hierunter Green Vehicles (GV), hierunter Batteries
- 53** Mittel weiterer Ministerien und der DFG noch nicht berücksichtigt. Durch den Fokus der Energiespeichertemen auf Elektrochemische Speicher und hierunter auf LIB, könnten die weiteren Mittel in etwa die mitgezählten Mittel für Energiespeicher jenseits Batterien/LIB ausgleichen.
- 54** BMBF 2016: Von der Batterieforschung zur Batteriefertigung in Deutschland, 4/2016, <https://www.bmbf.de/de/von-der-batterieforschung-zur-batteriefertigung-in-deutschland-2650.html> [01.12.2016]
- 55** NPE 2016: Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland, http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG2_Roadmap_Zellfertigung_final_bf.pdf [01.12.2016]
- 56** VDMA 2016: Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030, Update 2016. VDMA, RWTH Aachen und Fraunhofer ISI
- 57** VW steigt mit Pilotanlage in Batteriezellproduktion ein, <http://www.electrive.net/2016/11/18/kein-witz-vw-steigt-mit-pilotanlage-in-batteriezellproduktion-ein/> [01.12.2016]
- 58** Mit LIB-Technologie, nicht auf NiMH Basis

- 59** Marklines 2016: MarkLines Co., Ltd. (2016). Automotive Industry Portal. Website von MarkLines, https://www.marklines.com/portal_top_en.html [01.12.2016]
- 60** Fraunhofer ISI 2016: in-House Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.)
- 61** Fraunhofer ISI 2016: in-House Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.)
- 62** Fraunhofer ISI 2016: in-House Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.)
- 63** Marklines 2016: MarkLines Co., Ltd. (2016). Automotive Industry Portal. Website von MarkLines, https://www.marklines.com/portal_top_en.html [01.12.2016]
- 64** Marklines 2016: MarkLines Co., Ltd. (2016). Automotive Industry Portal. Website von MarkLines, https://www.marklines.com/portal_top_en.html [01.12.2016]
- 65** Japan (Kategorie I) Fraunhofer Representative Office Japan/October 2016, Kategorie II <http://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/japan/name-24924-en.php>, http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IZEV-incentives-comp_201606.pdf, http://www.jama-english.jp/publications/env_prot_report_2016.pdf, Kategorie III www.cev-pc.or.jp/event/pdf/evphvtown_report2013_en.pdf, Kategorie IV https://www.weforum.org/agenda/2016/05/japan-now-has-more-electric-charging-points-than-petrol-stations?utm_content=bufferd2475&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer, http://www.meti.go.jp/english/press/2015/0312_02.html).
China (Kategorie I) <http://www.bloomberg.com/news/articles/2016-01-23/china-plans-to-end-new-energy-vehicles-subsidies-after-2020>, Kategorie II <http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/recharging-chinas-electric-vehicle-aspirations>, http://www.cargroup.org/assets/speakers/presentations/272/mr_yonghe_huang_catarc_v6.pdf, http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IZEV-incentives-comp_201606.pdf, Kategorie III http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IZEV-incentives-comp_201606.pdf, Kategorie IV <https://www.techinasia.com/china-infrastructure-support-electric-vehicles>, http://english.gov.cn/policies/policy_watch/2016/02/25/content_281475296262204.htm).
Korea (Kategorie I) <http://eng.me.go.kr/eng/web/board/read.do?menuId=21&boardMasterId=522&boardId=492190&searchKey=titleOrContent&searchValue=electric>, Kategorie II und III <http://www.theicct.org/blogs/staff/promoting-electric-vehicles-in-korea>, Kategorie IV <http://english.yonhapnews.co.kr/news/2015/03/05/60/0200000000AEN20150305002000320F.html>).
USA (Kategorie I) <http://www.fueleconomy.gov/feg/taxevb.shtml>, Kategorie II <https://pluginamerica.org/why-go-plug-in/state-federal-incentives/>, Kategorie III http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_state-EV-incentives_20141030.pdf, Kategorie IV <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/07/21/fact-sheet-obama-administration-announces-federal-and-private-sector>).
Frankreich (Kategorie I-IV) <http://www.ave-re-france.org/Uploads/Documents/14666902910720b88df1f89e677a4f8922ae928be4-Comparaison%20politiques%20publiques%20Europe.pdf>, Kategorie II auch http://www.acea.be/uploads/publications/Electric_vehicles_overview_2016.pdf).
Deutschland (Kategorie I) <http://www.bafa.de/bafa/de/wirtschaftsfoerderung/elektromobilitaet/>, Kategorie II http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuerverguenstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge_node.html, <http://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Pressemitteilungen/Finanzpolitik/2016/05/2016-05-18-PM13.html>, <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2016/05/2016-05-18-elektromobilitaet.html>, Kategorie III <http://www.ave-re-france.org/Uploads/Documents/14666902910720b88df>

1f89e677a4f8922ae928be4-Comparaison%20politiques%20publiques%20Europe.pdf, <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/03/2015-03-27-elektromobilitaets-gesetz-bundesrat-beschluss.html?nn=694676>, Kategorie IV <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2016/05/2016-05-18-elektromobilitaet1/2016-05-18-elektromobilitaet.html>). [01.12.2016]

66 * 1_RMB = 0,1344 € (Stand: 21. September 2016)

** 1_PY = 0,0088 € (Stand: 21. September 2016)

*** 1_KRW = 0,0008 € (Stand: 21. September 2016)

**** 1_US-Dollar = 0,87 € (Stand: 21. September 2016)

67 Als weitere Referenz vgl. auch: OECD/IEA 2016: Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)/International Energy Agency (IEA) (2016). Global EV Outlook 2016 – Beyond one million electric cars. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf [01.12.2016]

68 Europäische Union (EU) bzw. Deutschland und Frankreich (http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm), Korea (http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/S.Korea%20FE%20GHG%20Policy%20Update_vFinal.pdf), USA (Kraftstoffverbrauch https://www.iea.org/media/training/presentations/etw2015/transportpresentations/transport3/D.8.1_Fuel_economy_regulations_and_labelling.pdf, CO₂-Emissionen http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/S.Korea%20FE%20GHG%20Policy%20Update_vFinal.pdf), Japan (Kraftstoffverbrauch http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_AMG_2014_Automotive_CO2_Emissions_Challenge.pdf, CO₂-Emissionen http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_EU-95gram_jan2014.pdf), China (Kraftstoffverbrauch http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlreports/ADL_AMG_2014_Automotive_CO2_Emissions_Challenge.pdf, CO₂-Emissionen http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_EU-95gram_jan2014.pdf). [01.12.2016]

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

70 Statista 2016: Statista GmbH (2014). Das Statistik-Portal – Statistiken und Studien aus über 18000 Quellen. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 01.12.2016 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 Europa von statista 2016 bezogen wie folgt: Japan (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/14439/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-japan/>), Korea (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/14440/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-suedkorea/>), China (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/19407/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-china/>), USA (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/14454/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-den-usa/>), Frankreich (<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/14432/umfrage/bruttoinlandsprodukt-pro-kopf-in-frankreich/>), Deutschland (<https://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 = 0,87_Euro). [01.12.2016]

71 B3 Corporation 2015: H. Takehita, LIB Cell Materials Market Bulletin (15Q3), Chapter 5; B3 Corporation 2016: H. Takeshita, LIB Cell Materials Market Bulletin (16Q1), Chapter 11

72 Fraunhofer ISI 2016: in-House Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.)

73 B3 Corporation 2015: H. Takehita, LIB Cell Materials Market Bulletin (15Q3), Chapter 5; B3 Corporation 2016: H. Takeshita, LIB Cell Materials Market Bulletin (16Q1), Chapter 11

- 74** U.S. Geological Survey (2016): USGS Minerals Information: Commodity Statistics and Information. USGS – U.S. Geological Survey, Mineral Resources Program, Minerals Information Team. Online verfügbar unter <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/> [01.12.2016]
- 75** IntierraRMG Resource Sector Intelligence (Hg.) (2014): Raw Materials Data. Mining database, mining report, mining industry analysis, mine maps. Online verfügbar unter <http://www.intierrarmg.com/Products.aspx> [01.12.2016]
- 76** Für die Analyse liegen keine aktuellen Werte für Kobalt, Lithium und Mangan vor, sodass Werte aus dem „Energiespeicher-Monitoring 2014“ benutzt wurden. Analysen zeigen, dass sich die Beteiligungsstruktur von Mienen und Raffinerien langsam ändern und damit nur geringe Auswirkungen auf den Indikator „Produktion und Handel von Rohstoffen“ durch die Datenlage zu erwarten sind.
- 77** UN Comtrade. Online verfügbar unter <http://comtrade.un.org/> [01.12.2016]
- 78** Die Rohstoffmarktstruktur ändert sich nur langsam, weshalb das Ergebnis ähnlich zu dem Ergebnis des „Energiespeicher-Monitoring 2014“ ist.
- 79** European Patent Office (Hg.) (2016): PATSTAT. Online verfügbar unter http://www.epo.org/searching/subscription/patstat-online_de.html [01.12.2016]
- 80** Elsevier B.V. (Hg.) (2016): Scopus – Document search. Online verfügbar unter <http://www.scopus.com/>, Suchstrategie: TITLE-ABS-KEY(„batter*“ AND „recycl*“) [01.12.2016]
- 81** Yale University (Hg.) (2016): Environmental Performance Index. Online verfügbar unter <http://epi.yale.edu/> [01.12.2016]
- 82** World Economic Forum (Hg.) (2016): Global Competitiveness. Online verfügbar unter <http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2015-2016/> [01.12.2016]
- 83** Weltbank (Hg.) (2015): WGI 2015 Interactive. Interactive Data Access. Online verfügbar unter <http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#reports> [01.12.2016]
- 84** WoS: Thomson Reuters, Web of Science, <http://apps.whoofknowledge.com/> [01.12.2016]
PATSTAT, https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat_de.html#tab1 [01.12.2016]
Während die Suche „Batterien für xEV“ eher die ingenieurtechnischen bzw. im Kontext der Elektrofahrzeuge spezifischen Veröffentlichungen identifiziert gibt die Suche zu „LIB“ Aufschluss über Batterie-FuE-Aktivitäten und wird tendenziell auch die Grundlagenforschung in diesem Bereich stärker berücksichtigen.
- 85** Öffentliche FuE-Einrichtungen und Universitäten sind in den USA stärker aktiv, in China ist zu berücksichtigen, dass die Anmeldezahlen der Weltpatente insgesamt geringer sind.
- 86** Japan (http://www.vdivde-it.de/publikationen/studien/trendbericht-elektromobilitaet-in-japan/at_download/pdf), China (<http://knowledge.cksb.edu.cn/2015/09/02/technology/made-in-china-2025-a-new-era-for-chinese-manufacturing/>, <http://china.ahk.de/flexible-newsletter/flexible-newsletters-ahk-china/emochina-newsletter-ausgabe-022016/#c1123603>), Korea (http://www.go4sem.eu/public/global-opportunities/copy_of_GO4SEM_CountryReport_SouthKorea.pdf), USA (http://energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/USABC%20v8_VTO-%20USABC%20Case%20Study%202015_01_15%20%2008-11-15%20FINAL%20CR.pdf, <http://www.uscar.org/guest/teams/12/U-S-Advanced-Battery-Consortium>), Frankreich (http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/nfi/NFI-anglais.pdf, <http://www.emag.suez-environnement.com/en/france-places-resource-management-at-the-heart-of-its-industry-of-the-future-plan-13704>),

Deutschland (https://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/Mobilitaet/podcast/_node.html, <https://www.bmbf.de/de/batterie-forschung-fuer-elektroautos-662.html>).

[01.12.2016]

87 Japan (<http://www.cev-pc.or.jp/english/events/okinawa2014/02.pdf>),

China (http://english.gov.cn/policies/policy_watch/2015/04/13/content_281475088192251.htm, http://www.cargroup.org/assets/speakers/presentations/272/mr_yonghe_huang_catarc_v6.pdf),

Korea (<http://law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=93627&urlMode=engLsInfoR&viewCls=engLsInfoR#0000>, <http://2014excom.citynet-ap.org/wp-content/uploads/2014/12/5.4-KOTI-Transport-Session-EV-Deployment-in-Korea.pdf>, <http://www.wsj.com/articles/south-korea-unveils-plan-to-rev-up-sales-of-greener-cars-1449544974>, <http://english.yonhapnews.co.kr/business/2016/09/20/0501000000AEN20160920010300320.html>),

USA (<http://energy.gov/eere/everywhere/about-ev-everywhere>, <http://www.sciencetimes.com/articles/8255/20160122/1m-electric-cars-target-moved-2020.htm>, http://energy.gov/sites/prod/files/2016/05/f31/everywhere_blueprint.pdf, <http://energy.gov/eere/vehicles/vehicle-technologies-office-batteries>),

Frankreich (http://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/secteurs-professionnels/industrie/nfi/NFI-anglais.pdf, <http://www.emag.suez-environnement.com/en/france-places-resource-management-at-the-heart-of-its-industry-of-the-future-plan-13704>),

Deutschland (https://www.bmbf.de/files/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf, <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2012/10/2012-10-12-elektromobilitaet/2012-10-12-elektromobilitaet.html>, <http://www.bmub.bund.de/bmub/parlamentarische-vorgaenge/detailansicht/artikel/antwort-der-bundesregierung-auf-die-kleine-anfrage-der-abgeordneten-baerbel-hoehn-annalena-baerbock-oliver-krischer-weiterer-abgeordneter-und-der-f/>).

[01.12.2016]

88 USA (http://energy.gov/sites/prod/files/2015/02/f19/FY2016BudgetVolume3_4.pdf, http://energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f23/es000_faguy_2015_o.pdf),

Japan (http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2016/pr/e/e_sangi_taka_06.pdf, http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2016/pr/e/e_sangi_taka_07.pdf, http://www.meti.go.jp/main/yosan/yosan_fy2015/pdf/energy2.pdf, http://www.kyoto-u.ac.jp/en/research/events_news/departments/sankangaku/news/2016/150518_1.html),

Deutschland (<https://www.bmbf.de/de/von-der-batterie-forschung-zur-batterie-fertigung-in-deutschland-2650.html>),

Frankreich (http://www.senat.fr/rap/a15-169-8/a15-169-8_mono.html),

Korea (<http://english.yonhapnews.co.kr/business/2016/09/20/0501000000AEN20160920010300320.html>, http://www.unep.org/PDF/PressReleases/201004_unep_national_strategy.pdf, <http://www.businesskorea.co.kr/english/news/politics/13610-future-growth-engines-huge-investment-scheduled-future-growth-opportunities>),

China (http://english.gov.cn/policies/policy_watch/2016/02/25/content_281475296262204.htm).

[01.12.2016]

89 USA (vgl. Energiespeicher-Monitoring 2014), China (vgl. Energiespeicher-Monitoring 2014 sowie aktuelle Marktstudien, z. B. Takeshita 2016), Korea (vgl. Energiespeicher-Monitoring 2014 sowie aktuelle Marktstudien, z. B. Takeshita 2016), Japan (NEDO Roadmap 2013, <http://www.nedo.go.jp/> sowie aktuelle Marktstudien, z. B. Takeshita 2016), Deutschland (http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG2_Roadmap_Zellfertigung_final_bf.pdf, https://setis.ec.europa.eu/system/files/action7_declaration_of_intent_0.pdf), Frankreich (https://setis.ec.europa.eu/system/files/action7_declaration_of_intent_0.pdf). [01.12.2016]

90 Für die Entwicklung von Energiedichten (Wh/kg, Wh/l) sowie Zellkosten (€/kWh) vgl. auch Thielmann, A.; Sauer, A.; Wietschel, M.; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Gesamt-Roadmap Energiespeicher für die Elektromobilität 2030. Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2015

- 91** [Anderman2016] Advanced Automotive Batteries (AAB) (2016). Tesla Battery Report. Kostenpflichtig zu erwerbende Studie: <http://www.totalbatteryconsulting.com/>
- [CEMAC2015] Clean Energy Manufacturing Analysis Center (CEMAC) (2015). Automotive Lithium-ion Battery (LIB) Supply Chain and U.S. Competitiveness Considerations: <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63354.pdf>
- [CEMAC2016] Clean Energy Manufacturing Analysis Center (CEMAC) (2016). Automotive Lithium-ion Cell Manufacturing: Regional Cost Structures and Supply Chain Considerations: <http://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66086.pdf>
- [CIAPS2016] China Industrial Association of Power Sources (CIAPS) (2016). Industry Development Status and Market Development Trends of China's Lithium Ion Battery in 2016. Keynote auf der China International Battery Fair (CIBF), die von der CIAPS alle zwei Jahre organisiert wird.
- [ICEF2015] Innovation for Cool Earth Forum (ICEF) (2015). Distributed Solar and Storage – ICEF Roadmap 1.0: https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2015/12/distributed_solar_and_storage-icef_roadmap.pdf
- [NPE2016] Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) (2016). Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland – AG 2 – Batterietechnologie: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG2_Roadmap_Zellfertigung_final_bf.pdf
- [enerkeep2016] Gridacy GmbH (2016). Weltweite Produktionskapazität für Lithiumbatterien explodiert: <http://enerkeep.com/blog/weltweite-lithium-produktion-2020> (inkl. der in der Quelle genannten Quellen)
- [GreenCarReports2016] Internet Brands Automotive Group (2016). LG Chem's Large Battery Plant In China Took Less Than 2 Years: http://www.greencarreports.com/news/1102256_lg-chems-large-battery-plant-in-china-took-less-than-2-years
- [etnews2016] The Electronic Times Co. & The Electronic Times Internet Co. (2016). SK Innovation to Increase Production of Battery Separator: <http://english.etnews.com/20160408200003>
- [A123Systems2015] A123 Systems, LLC (2015). A123 Systems to Double Global Manufacturing Capacity – All current facilities running at full utilization globally: <http://www.a123systems.com/25860b56-b942-4e8e-b4fd-fe262f7027df/media-room-2015-press-releases-detail.htm>
- [NikkeiAsianReview2015] Nikkei Inc. (2015). Panasonic to build green-car battery plant in China: <http://asia.nikkei.com/Business/Companies/Panasonic-to-build-green-car-battery-plant-in-China>
- [Reuters2016] Thomson Reuters (2016). Chinese automaker plans self-driving, electric car by 2020: <http://uk.reuters.com/article/uk-china-autos-tencent-holdings-idUKKCN0ZS08R>
- [CreditSuisse2015] Credit Suisse AG (2015). China Harmony New Energy Auto Holding Limited (Asia Pacific/China, Equity Research, Automobile Distributors): https://doc.research-and-analy-tics.csfb.com/docView?language=ENG&source=ulg&format=PDF&document_id=1051291521&serialid=QJVtvNAPV362tzyDevX7sionKfGJ0MhNK7pyLHQ6g90=
- [Boston-Power2015] Boston-Power Inc. (2015). Eco-EV Manufacturer Xindayang Selects Boston-Power to Supply Lithium-Ion Batteries Packs for High-Volume Production Vehicle: <http://www.boston-power.com/node/49>
- [TheBatteryShow2016] Smarter Shows Limited (2016). CATL made great growth in production capacity: <http://www.thebatteryshow.com/resources/news/2016/03/15/catl-made-great-growth-in-production-capacity/>
- [Changzhou2015] General Office and Foreign Affairs Office of Changzhou Municipal People's Government (2015). AVIC Technology Park & Lithium-ion Battery Project inaugurated in Jintan: http://www.changzhou.gov.cn/ns_news/490145345326892
- [GreenCarCongress2016] BioAge Group, LLC (2016). Lishen orders four Li-ion electrode slurry production lines from Bühler; new process for continuous production: <http://www.greencarcongress.com/2016/05/20160504-lishen.html>
- [Tesla2016] Tesla Motors (2016). Tesla Gigafactory: https://www.tesla.com/de_DE/gigafactory
- [ElectricVehicleNews2015] Evans Electric Pty Ltd. (2015). BYD to build battery Gigafactory to rival Tesla: <http://www.electricvehiclenews.com/2015/03/byd-to-build-battery-gigafactory-to.html>
- [Reuters2015] Thomson Reuters (2015). China's BYD takes aim at Tesla in battery factory race: <http://www.reuters.com/article/us-byd-battery-idUSKBN0M92MZZ20150313>

[Bloomberg2014] Bloomberg L.P. (2014). Foxconn to Invest 5 Billion Yuan in Its Shanxi Factories: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2014-09-03/foxconn-to-invest-5-billion-yuan-in-its-shanxi-factories>

[EnergyStoragePublishing2015] Energy Storage Publishing Ltd. (2015). Black Monday yet to affect China's Li-ion investment projects: <http://www.bestmag.co.uk/content/black-monday-yet-affect-china%E2%80%99s-li-ion-investment-projects>

[Linkedin2016] Linked in (2016). OptimumNano Energy company Co., Ltd: <https://www.linkedin.com/company/optimumnano-energy-co-ltd>

[CleanTechnica2015] Sustainable Enterprises Media, Inc. (2015). LG Chem To Open EV Battery Factory In Europe – Maybe In My City, Wroclaw!: <http://cleantechnica.com/2015/10/06/lg-chem-to-open-ev-battery-factory-in-europe-maybe-in-my-city-wroclaw/>

[TheChosunIlbo2015] Digital Chosun Inc. (2015). LG Chem to Build EV Battery Plant in Europe: http://english.chosun.com/site/data/html_dir/2015/09/24/2015092401020.html

[CleanTechnica2016] Sustainable Enterprises Media, Inc. (2016). LG Chem Battery Plant Production Takes Off In China: <http://cleantechnica.com/2016/02/16/lg-chem-battery-plant-production-takes-off-china/>

[EMvalley] EMvalley.com (2016). Top 10 Rankings on EV Battery Manufacturers and Battery Material Suppliers in China – Part 3: <http://www.emvalley.com/news/2016/01/page/2/>

[InsideEVs] Inside EVs (2015). Samsung SDI Opens EV Battery Plant In China: <http://insideevs.com/samsung-sdi-opens-ev-battery-plant-china/#>

[SAFT2016] Saft SAS (2016). Saft doubles its production capacity in China with a new larger advanced technology facility in Zhuhai: <http://www.saftbatteries.com/press/press-releases/saft-doubles-its-production-capacity-china-a-new-larger-advanced-technology>

[01.12.2016]

92 VDMA 2016: Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030, Update 2016. VDMA, RWTH Aachen und Fraunhofer ISI

93 B3 Corporation 2015: H. Takehita, LIB-equipped Vehicle Market Bulletin (15Q4) and Long-term LIB Market Forecast, Chapter 8; B3 Corporation 2016: H. Takeshita, LIB-equipped Vehicle Market Bulletin (16Q2), Chapter 2

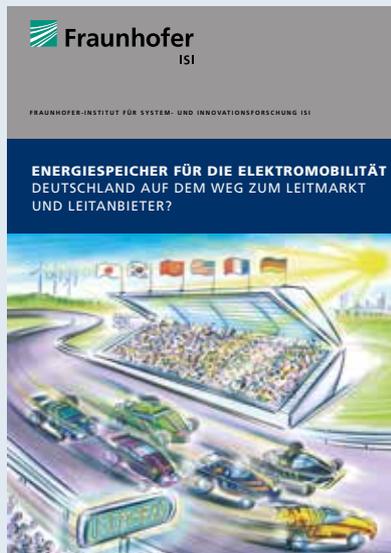
94 B3 Corporation 2015: H. Takehita, LIB Cell Materials Market Bulletin (15Q3), Chapter 5; B3 Corporation 2016: H. Takeshita, LIB Cell Materials Market Bulletin (16Q1), Chapter 11

95 B3 Corporation 2015: H. Takehita, LIB Cell Materials Market Bulletin (15Q3), Chapter 5; B3 Corporation 2016: H. Takeshita, LIB Cell Materials Market Bulletin (16Q1), Chapter 11

96 Fraunhofer ISI 2016: in-House Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u.a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie

97 Da in den Marktstudien nicht alle Marktteilnehmer ausgewiesen sind, wurden insbesondere mit dem chinesischen Zellmarkt zusammenhängende Komponenten-Zulieferer durch Ausschlussprinzip (Others, Differenz zu 100 Prozent) zugeordnet.

PUBLIKATIONSÜBERSICHT



ENERGIESPEICHER-MONITORING 2014

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

Folgende Veröffentlichungen sind weiterhin über die EMOTOR-Webseite verfügbar:

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



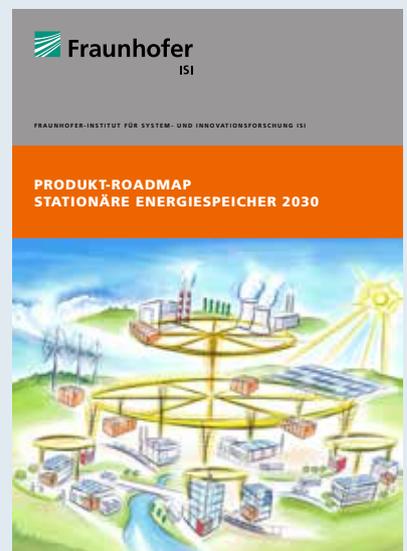
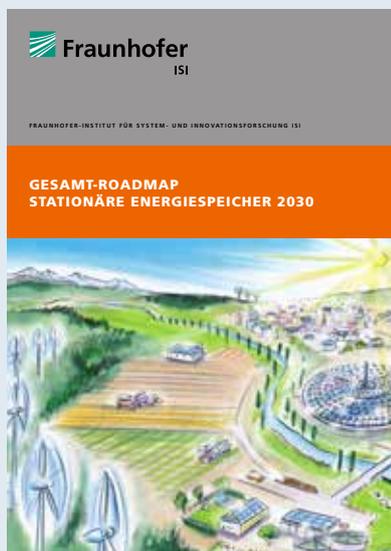
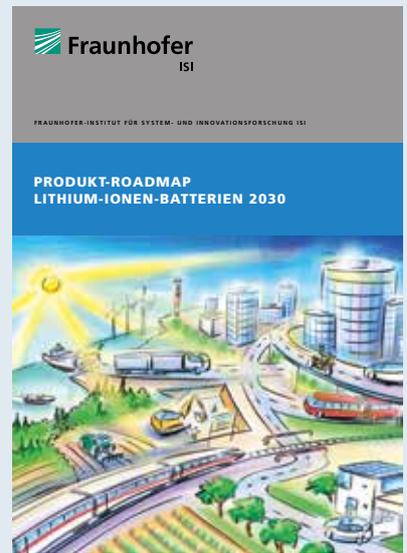
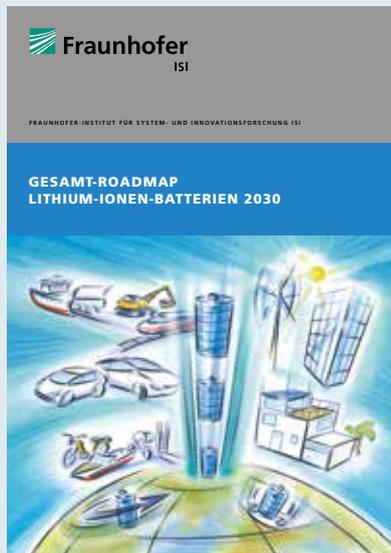
ENERGIESPEICHER-MONITORING 2016 (Update 2016)

Die vorliegende Veröffentlichung „Energiespeicher-Monitoring 2016 – Deutschland auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter?“ kann über folgenden Link heruntergeladen werden:

<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-bema2020-batterie2020.php>

LIB-ROADMAPPING AM FRAUNHOFER ISI (LIB 2015)

<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-lib-2015-roadmapping.php>



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: 03XP0040B

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

Autoren

Dr. Axel Thielmann
Dr. Nele Friedrichsen
Tim Hettesheimer
Torsten Hummen
Andreas Sauer
Christian Schneider
Prof. Dr. Martin Wietschel

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, Dezember 2016

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.

Heute beschäftigt das Fraunhofer ISI rund 230 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, die pro Jahr an rund 400 Forschungsprojekten arbeiten. Das jährliche Budget, knapp 21 Millionen Euro im Jahr 2015, wird vornehmlich durch Aufträge der nationalen und internationalen öffentlichen Hand, aus der Wirtschaft sowie von Stiftungen und Wissenschaftsorganisationen eingenommen.

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.

