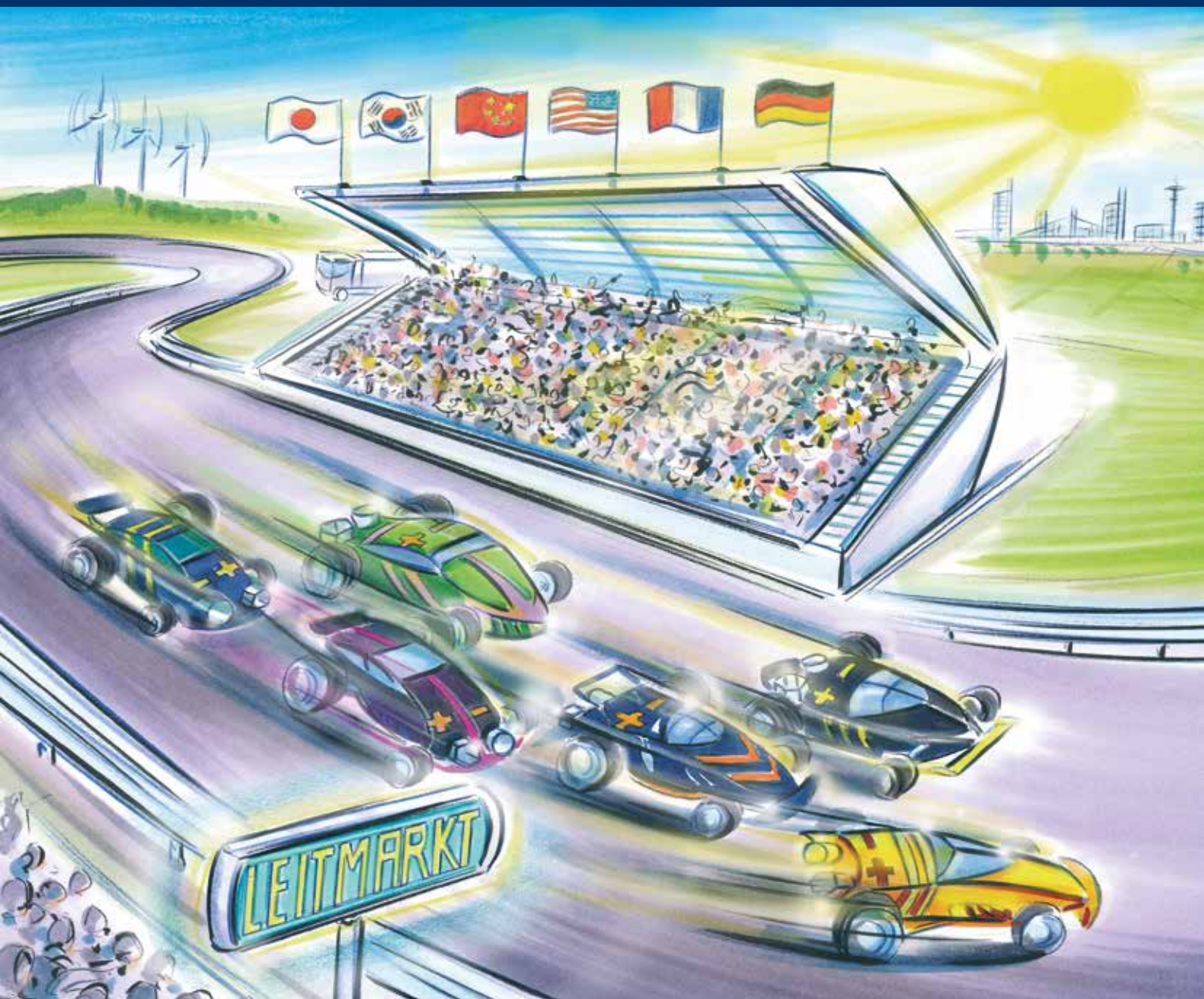


ENERGIESPEICHER-MONITORING 2018
LEITMARKT- UND LEITANBIETERSTUDIE:
LITHIUM-IONEN-BATTERIEN FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT



Energiespeicher-Monitoring 2018
Leitmarkt- und Leitanbieterstudie:
Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität

Dr. Axel Thielmann
Dr. Christoph Neef
Chiara Fenske
Prof. Dr. Martin Wietschel

Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI

Karlsruhe, Dezember 2018

Gefördert vom Bundesministerium für
Bildung und Forschung (BMBF)
Referat 523, Werkstoffinnovationen, Batterie; KIT; HZG
Förderkennzeichen: 03XP0040B

INHALTSVERZEICHNIS

EXECUTIVE SUMMARY	4
LEITMARKT- UND LEITANBIETER	
EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG	6
BATTERIENACHFRAGE UND -PRODUKTION	8
SZENARIEN DER MARKTDIFFUSION FÜR ELEKTROFAHRZEUGE	10
ENTWICKLUNG DES GLOBALEN WETTBEWERBS	14
HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DEUTSCHLAND UND EUROPA	18
METHODIK UND INDIKATOREN	
DEFINITION LEITMARKT UND LEITANBIETER	26
METHODIK UND VORGEHENSWEISE	28
INDIKATOREN DER KATEGORIE NACHFRAGE	30
INDIKATOREN DER KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN	32
INDIKATOREN DER KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE	34
INDIKATOREN DER KATEGORIE INDUSTRIE	36
INDIKATORENVERZEICHNIS	39
KATEGORIE NACHFRAGE	
INDIKATOR 1: AKTUELLER LIB-BEDARF	40
INDIKATOR 2: INLÄNDISCHE PRODUKTION XEV	41
INDIKATOR 3: INLÄNDISCHE PRODUKTIONSPROGNOSE XEV	42
INDIKATOR 4: MARKTGRÖSSE UND -DYNAMIK	43
INDIKATOR 5: MARKTANREIZPROGRAMME	44
INDIKATOR 6: UMWELTPOLITISCHE PKW-REGULIERUNGSMASSNAHMEN	46
INDIKATOR 7: PRO-KOPF-EINKOMMEN (KAUFKRAFT)	47
KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN	
INDIKATOR 8: ANZAHL UNTERNEHMEN 2015 (MIT MEHR ALS EINEM PROZENT MARKTANTEIL)	48
INDIKATOR 9: UNTERNEHMENSGRÖSSE	49
INDIKATOR 10: ABDECKUNG DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE IM LAND	50
INDIKATOR 11: PRODUKTION UND HANDEL VON ROHSTOFFEN	51
INDIKATOR 12: RECYCLING	52
INDIKATOR 13: ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX (UMWELTINDIKATOR)	53
INDIKATOR 14: GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX (GENERELLE TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT)	54
INDIKATOR 15: WORLDWIDE GOVERNANCE INDICATORS (QUALITÄT DER REGIERUNGSFÜHRUNG/STABILITÄT)	55

KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

INDIKATOR 16:	FuE-ANTEIL DER UNTERNEHMEN	56
INDIKATOR 17:	AUSBILDUNG/FACHKRÄFTE	57
INDIKATOR 18:	PUBLIKATIONEN	58
INDIKATOR 19:	PATENTE	59
INDIKATOR 20A:	POLITISCHE ZIELE	60
INDIKATOR 20B:	FRISTEN DER MASTERPLANUNG	61
INDIKATOR 21:	(ÖFFENTLICHE) LIB/BATTERIE-FORSCHUNGSFÖRDERUNG	62
INDIKATOR 22:	VERHÄLTNIS FUE-INTENSITÄT PRIVAT/ÖFFENTLICH	63
INDIKATOR 23:	ZIELVORGABEN BEZÜGLICH DER BATTERIEPARAMETER	64

KATEGORIE INDUSTRIE

INDIKATOR 24:	INLÄNDISCH (REAL) PRODUZIERTE ZELLEN UND POTENZIAL DER EIGENBEDARFSDECKUNG	65
INDIKATOR 25:	PRODUKTIONSPROGNOSE FÜR INLÄNDISCHE ZELLPRODUKTION 2015–2020	66
INDIKATOR 26:	ANZAHL AN LIEFERVERTRÄGEN	67
INDIKATOR 27:	GRÖSSE DES ABSATZMARKTES FÜR KOMPONENTEN UND BATTERIEN IM EIGENEN LAND	68
INDIKATOR 28:	PRODUKTIONSKAPAZITÄT AN ZELLEN FÜR PKW-ANWENDUNGEN DES LANDES	69
INDIKATOR 29:	MARKTANTEILE IN WELTMÄRKTEN FÜR ZELLEN UND KOMPONENTEN	70
INDIKATOR 30:	WACHSTUM DES WELTMARKTANTEILS FÜR ZELLEN UND KOMPONENTEN	71

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	72
-----------------------	----

LITERATURVERZEICHNIS UND KOMMENTARE	73
-------------------------------------	----

PUBLIKATIONEN ROADMAPPING UND MONITORING	86
--	----

IMPRESSUM	88
-----------	----

EXECUTIVE SUMMARY

Die vorliegende Studie untersucht sechs verschiedene Länder (Japan, Südkorea, China, USA, Deutschland und Frankreich) hinsichtlich Ihrer technologischen, wirtschaftlichen und politischen Aktivitäten zu Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität und identifiziert, wer Leitanbieter und Leitmarkt für diese Technologie ist. Die Positionierung der Länder wird mittels eines umfassenden Benchmarking auf der Basis von 30 Indikatoren in den Kategorien Nachfrage, Marktstrukturen, Industrie sowie Forschung und Technologie bereits seit 2014 alle zwei Jahre verglichen.¹

Kernaussagen der Studie

Zwischen 2016 und 2018 hat sich China international zum Leitanbieter für Batterien und zum Leitmarkt für Batterien und Elektromobilität entwickelt. Zurückzuführen ist der Erfolg auf eine hohe politisch induzierte Binnennachfrage sowie gleichzeitig auf den strategischen Auf- und Ausbau der kompletten Wertschöpfungskette rund um Elektro-Pkw. Bei Betrachtung weiterer batterie relevanter Märkte wie Nutzfahrzeuge oder industrielle und stationäre Anwendungen würde das Bild noch deutlicher zugunsten Chinas ausfallen.

Deutschland (ebenso wie Frankreich) liegen auf den hinteren Plätzen. Deutschland konnte seine Position zwischen 2014 und 2018 insgesamt, aber auch in den vier einzelnen Kategorien Nachfrage, Marktstrukturen, Forschung und Technologie sowie Industrie zwar halten, die Dynamik lässt wie bei allen untersuchten Ländern jedoch nach – mit Ausnahme Chinas, das seine Führungsposition weiter ausbaut.

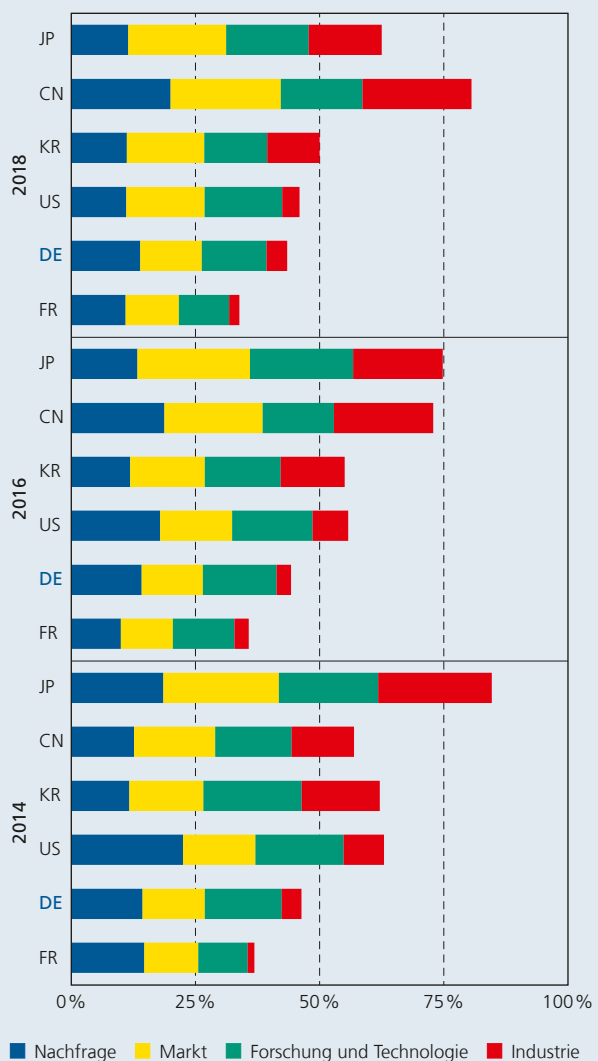
Die globale Batterienachfrage wird gerade in den kommenden Jahren drastisch steigen. Gegen 2025 dürfte sie bei 1 bis 1,5 TWh liegen. Zu diesem Zeitpunkt wird voraussichtlich der „Tipping Point“ der Elektromobilität – also der Übergang vom Nischen- in den Massenmarkt – erreicht sein. Der Zeitraum bis dahin wird entscheidend für die globale Transformation hin zur elektromobilen Ära sein. Um 2030 dürfte die Batterienachfrage dann bereits bei 3 bis 6 TWh liegen. Da diese Nachfrage alleine durch Hersteller von Elektroautos (OEM) generiert wird, die rein batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (BEV) bzw. Plug-In-Hybride (PHEV) herstellen, könnten sich die Markt-/Nachfrage-seitigen Indikatoren für Deutschland bzw. Europa bei einer weiterhin starken Automobilindustrie in den kommenden Jahren verbessern. Jedoch müssen europäische Zulieferer und Zellhersteller jetzt reagieren – denn aktuell sind es die asiatischen Zellhersteller aus China, Japan und Korea, die ihre Zellfertigungskapazitäten in Europa ausbauen. Sie planen, die derzeitige Kapazität von über 10 GWh in den kommenden Jahren an mehreren europäischen Standorten auf insgesamt 60 bis 100 GWh auszubauen.

Der Aufbau einer deutschen bzw. europäischen Zellfertigung hat sich in den letzten Jahren mehrfach verzögert. Aktuell gibt es mehrere unterschiedlich konkrete Pläne und europäische Konsortien, welche vorsehen eine Zellfertigung aufzubauen. Ein reines „Halten der Position“ in dem bevorstehenden Wachstumsmarkt wird in Zukunft nicht ausreichen und könnte langfristig sogar ein Aus für den deutschen bzw. europäischen Batterie-standort bedeuten. Ein großer Teil der Batterie-Wertschöpfung findet schon heute im Ausland statt. Bei der Systemintegration von Batteriezellen, also dem letzten Schritt in der Wertschöpfungskette, ist Deutschland besser positioniert, da sich die OEM und ihre Zulieferer auf die Modul- und Packherstellung sowie deren Fahrzeugintegration konzentrieren.

Wollen Deutschland bzw. Europa langfristig im Batteriezellgeschäft erfolgreich sein, so sind mittelfristig Investitionen von mindestens 10 Milliarden Euro sowohl in die produktionsnahe Forschung und Entwicklung als auch in den Aufbau einer Zellproduktion nötig. Die Industrie wird hiervon den Großteil finanzieren und langfristig Beträge im 100 Milliarden Euro Bereich investieren müssen. Selbst mit einer massiven Industriepolitik kann die öffentliche Förderung hierbei nur einen Bruchteil beitragen. Die Politik sollte aber weiter an der Schaffung der geeigneten und zeitlich aufeinander abgestimmten Rahmenbedingungen arbeiten.

So gilt es neben der Batterie- und Fahrzeugentwicklung (Reichweite, Schnellladen, Kostenreduktion etc.) und dem Fahrzeugmodellangebot etliche weitere Hürden zu bewältigen, wie der flächendeckende Ausbau der Ladeinfrastruktur und Schnittstellen (inkl. internationale Standards), der Aufbau einer nachhaltigen Batteriekreislaufwirtschaft (inklusive Zugang zu Primär/Sekundär-Rohstoffen, stabile Zuliefer-Abnehmerstrukturen, sauberer Energiemix, Geschäftsmodelle etc.) und nicht zuletzt der massive Aufbau von Wissensträgern (Humankapital).

Leitmarkt und Leitanbieter: Positionierung der Länder 2014–2018



Positionierung der im Kontext von „Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität“ führenden Länder in 2014, 2016 und 2018. Angegeben sind jeweils aus 30 Einzelindikatoren aggregierte Gesamtindikatoren der Kategorien Nachfrage, Marktstrukturen, Forschung und Technologie sowie Industrie (max. möglich erreichbar sind 25 Prozentpunkte je Kategorie und insgesamt 100 Prozentpunkte).

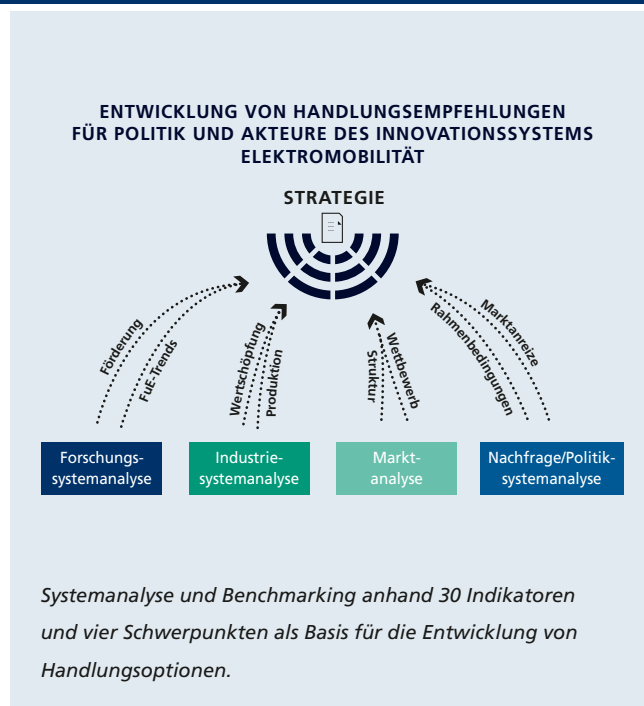
LEITMARKT UND LEITANBIETER

EINFÜHRUNG UND ZIELSETZUNG

Bereits 2007 erklärte die Bundesregierung im Integrierten Energie- und Klimaprogramm die Förderung der Elektromobilität zu einem entscheidenden Baustein für den Klimaschutz. 2009 folgte mit dem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ dann der maßgebliche Handlungsrahmen. Das „Regierungsprogramm Elektromobilität“² aus dem Jahr 2011 formulierte schließlich die bis heute maßgebliche Strategie und die zugehörigen Instrumente. Ziel ist, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu entwickeln.^{3, 4, 5}

„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.“² Insgesamt hat die Bundesregierung hierzu seit 2009 gut 2,2 Milliarden Euro für die Forschung und Entwicklung zur Verfügung gestellt: beispielsweise durch 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 Millionen Euro 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 „Kompetenznetzwerk 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

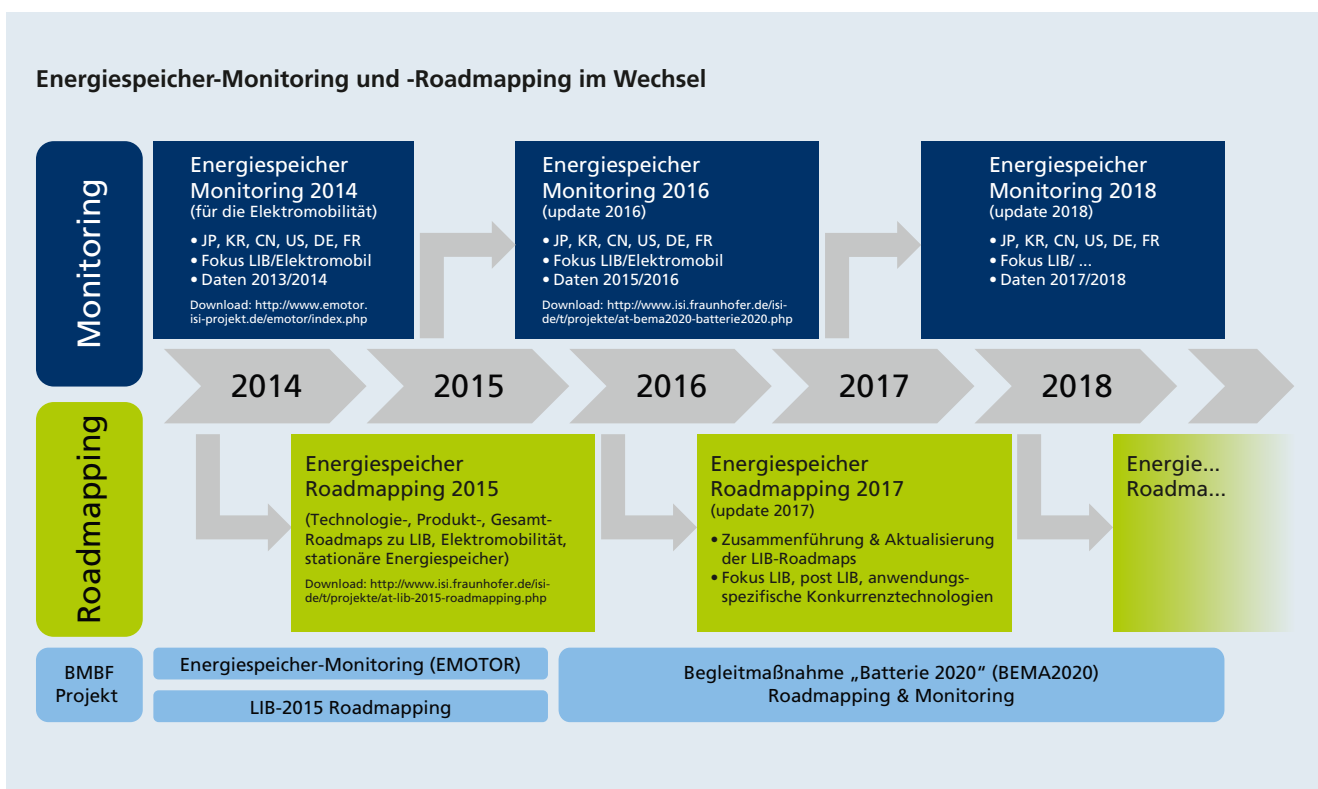
Im Rahmen der Förderbekanntmachung „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität“ (STROM, 2011–2014)¹¹ stand die Forschung an und Entwicklung von neuartigen, innovativen Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung aller hierfür erforderlichen Subsysteme im Mittelpunkt. Das Begleitforschungsvorhaben „Energiespeicher-Monitoring 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 („Energiespeicher-Monitoring 2014“), 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.

Das Monitoring und Roadmapping wird seit 2015 unter der Begleitmaßnahme zur BMBF-Förderinitiative „Batterie 2020“¹³ fortgeführt. Im jährlichen Wechsel entstanden Updates: in 2016 das „Energiespeicher-Monitoring 2016“, in 2017 die „Energiespeicher-Roadmap 2017“ sowie in 2018 das hier vorliegende „Energiespeicher-Monitoring 2018“.

Die Analyse im Monitoring konzentriert sich auf alle aktuellen und sich für die Zukunft abzeichnenden Entwicklungen von Energiespeichern (insbesondere Lithium-Ionen-Batterien) für die Elektro-Pkw (Schwerpunkt auf HEV, PHEV, BEV). Es wird

ein auf quantitativen Indikatoren basierendes System genutzt, um die sechs Länder Japan, China, Korea, USA, Deutschland Frankreich bzgl. ihrer Position als Leitanbieter für Energiespeicher und Leitmarkt für Elektromobilität zu vergleichen. Das Indikatorensystem in dem hier vorliegenden „Energiespeicher-Monitoring 2018“ umfasst 30 Einzelgrößen verteilt auf die Kategorien Nachfrage, Marktstrukturen, Industrie sowie Forschung und Technologie. Das Energiespeicher-Monitoring 2018 (mit Daten aus 2017, Hochrechnungen für 2018 sowie teilweise Vorhersagen bis 2019) ist somit direkt mit dem Energiespeicher-Monitoring 2014 und 2016 vergleichbar und erlaubt somit auch einen Vergleich der Entwicklung über die vergangenen Jahre hinweg.



BATTERIENACHFRAGE UND -PRODUKTION

Die globale Nachfrage nach Lithium-Ionen Batterien (LIB) hat sich seit deren Einführung in den 1990er-Jahren in der Konsumelektronik erst seit den 2000er-Jahren aus dem GWh-Bereich zu 20 GWh in 2010 und aktuell auf über 150 GWh entwickelt. Dabei liegen die Wachstumsraten für kleinformatige Zellen im Bereich tragbarer Anwendungen (3C: Consumer, Computer, Communication) bei typischerweise 8 bis 10 Prozent. Der Markt für Fahrzeugbatterien (EV), darunter Pkw, Nutzfahrzeuge, E-(Motor)bikes etc. hat sich seit 2010 rasant entwickelt. Auslöser war der internationale Fokus auf die Entwicklung einer emissionsarmen bzw. -freien Mobilität und den damit verbundenen international formulierten Zielen und Roadmaps, flankiert durch politische Rahmenbedingungen und Fördermaßnahmen.

Die Nachfrage nach LIB für Elektro-Pkw hat sich dabei von 2015 mit rd. 16 GWh (unter 20 Prozent Anteil an der Gesamtnachfrage) bis 2017 mit rd. 36 GWh (über 30 Prozent Anteil) entwickelt und wird 2020 voraussichtlich bei 160 bis 200 GWh liegen (rd. 60 Prozent Anteil).¹⁴ Die Wachstumsraten dürften sich nach anfänglich sehr hohem Wachstum in den kommenden Jahren (spätestens ab 2025) auf einen Wert von unter 40 Prozent einpendeln und im Zuge der Marktdiffusion weiter fallen. Der Markt für Nutzfahrzeuge-Batterien ist erst im Begriff sich zu entwickeln, hier dürfte 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 auch in den Folgejahren heraus.

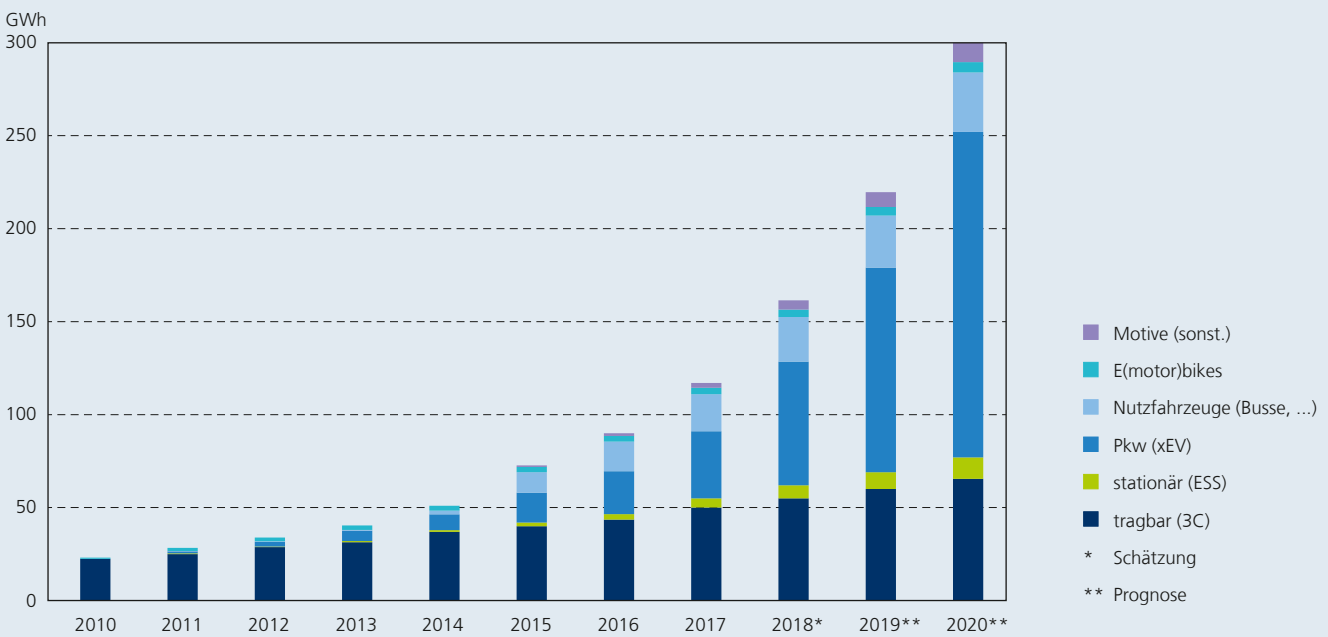
Es bleibt insgesamt festzustellen, dass speziell die Nachfrage nach Elektro-Pkw und den darin eingesetzten LIB (kleinformatige zylindrische, großformatige prismatische sowie Pouch-Zellen in ähnlichem Maß) in den kommenden Jahren so stark anwachsen wird, dass diese die Nachfrage in anderen Anwendungen bereits wenige Jahre nach 2020 absolut dominieren wird – gleichzeitig wird der Übergang der Elektromobilität in den Massenmarkt erwartet. 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 dauerhaft für Elektro-Pkw erwartet.

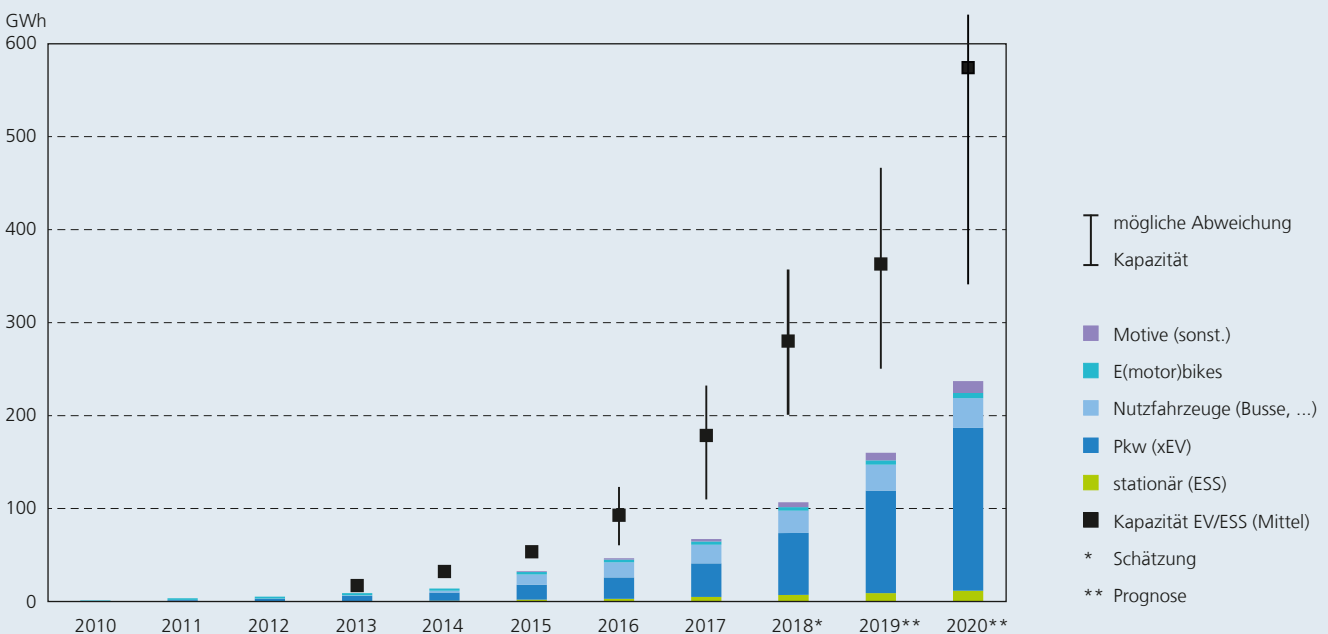
Aus diesem Grund fokussiert das Energiespeicher-Monitoring ebenso wie in 2014 und 2016 auch in 2018 auf die Entwicklung optimierter LIB für die Elektroautos. Dies beinhaltet ein Monitoring der FuE-Aktivitäten, Industrie- und Marktstruktur der Marktteilnehmer entlang der Wertschöpfungskette bis hin zur 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-Produktionskapazitäten¹⁵ verwendet werden. Auf entsprechend betroffene Indikatoren wird in der Studie hingewiesen.

Mit Blick auf die globale Batterieproduktion (großformatige und zylindrische 21700 LIB-Zellen) zeigt sich ein massiver Aufbau von Produktionskapazitäten seit 2016. Während bis dorthin jährlich noch etwa 15 GWh zugebaut wurden, errichten die asiatischen Zellhersteller mittlerweile bis zu 100 GWh neue Produktionskapazitäten pro Jahr. In 2018 dürften zwischen 200 und 360 GWh Produktionskapazitäten aufgebaut worden sein, für 2020 liegen die Ankündigungen bei 400 bis 800 GWh und bis 2025 bei mittlerweile 1300 bis 1500 GWh¹⁶. Eine vergleichbare Dimension besitzen jedoch auch die Unsicherheiten (mögliche Abweichungen) bzgl. der jeweils pro Jahr real verfügbaren Produktionskapazitäten.

Globale LIB-Nachfrage in GWh



Globale LIB-Nachfrage vs. Zellproduktionskapazitäten für EV/ESS



SZENARIEN DER MARKTDIFFUSION FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

Eine langfristige Abschätzung der Marktentwicklung für die Elektromobilität sowie der sich hieraus ergebenden Nachfrage nach Energiespeicherkapazitäten ist komplex. Zwar lässt sich mittlerweile auf eine Entwicklung einiger Jahre zurückblicken, jedoch 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. Da mit den Leitmarkt- und Leitanbieterkategorien sowie Einzelindikatoren ein breiter systemischer Ansatz verfolgt wird und schließlich Handlungsoptionen für den Standort Deutschland/Europa abgeleitet werden sollen, welche in unterschiedlichen Phasen der Marktentwicklung unterschiedlich geeignete Instrumente umfassen können, ist es wichtig, neben dem Status quo auch die Phasen und Entwicklungsperspektiven der Marktdiffusion zu kennen.

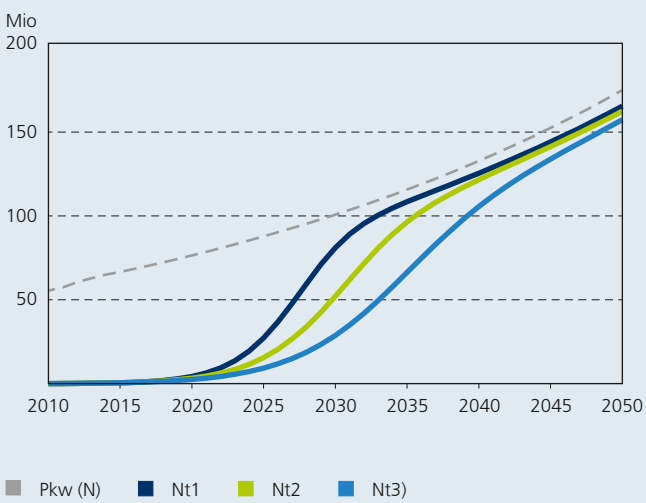
Das Diffusionsmodell von Bass¹⁷ ist hierbei nach dem exponentiellen oder logistischen Diffusionsmodell das einfachste Modell zur Beschreibung der Markteinführung und Diffusion innovativer Produkte unter Berücksichtigung von Innovations- und Imitationseffekten, welches die globale Entwicklung der Elektro-Pkw-Verkäufe seit 2010 bis 2017 (inkl. aktueller Hochrechnung bis 2018) hinreichend exakt reproduziert und für die Zukunft die Spannweite existierender Marktprognosen wieder gibt¹⁸. 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 Koeffizienten im Bereich p [0,00058, 0,0095] und q [0,30, 0,51] am besten erreichen, außerhalb des Bereichs weichen die Modellergebnisse zu stark von den Verkaufszahlen 2010 bis 2018 ab. Es werden Koeffizienten ermittelt, die zu der kleinsten quadratischen Abweichung führen, wenn die realen BEV- und PHEV-Verkaufszahlen bis 2018 (Szenario 1: p_1, q_1), 2017 (Szenario 2: p_2, q_2) bzw. 2016 (Szenario 3: p_3, q_3) zugrunde gelegt werden.

In den Abbildungen sind die xEV (BEV- und PHEV-Pkw)¹⁹ 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)²⁰, die sich ergebende Batterienachfrage (GWh1, GWh2, GWh3)²¹, die jährlichen Wachstumsraten für Neuzulassungen (CAGR1, CAGR2, CAGR3)²² sowie die Entwicklung der neuen Erstkäufer von xEV (nt1, nt2, nt3) gezeigt.

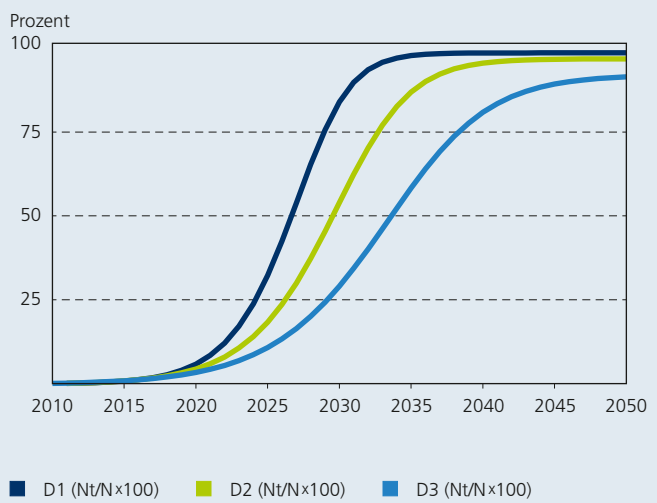
Szenario 3 entspricht den Zielen der Paris Declaration (IEA 2° Szenario, New Policies Scenario)²³ und zählte bis 2016 noch zu den optimistischsten Szenarien.¹⁸ Es entspricht dem mittleren bzw. Trend-Szenario („frühe Diffusion“) aus dem Energiespeicher-Monitoring 2016 mit einem politischen Commitment zur Elektromobilität. Das Szenario der „technologischen Diffusion“ (ehemals Szenario 3 im Energiespeicher-Monitoring 2016), wenn die Marktdiffusion Hand in Hand mit dem technischen Fortschritt der Batterietechnologie und entsprechender Mobilitätskonzepte verläuft (ohne massive Regulierung, Förderung, Marktanzreizeprogramme etc.), wurde zwischen 2016 und 2017 deutlich übertroffen und gilt offensichtlich nicht mehr.

Szenario 2 führt zu einer deutlich schnelleren und aggressiveren Diffusion, wobei bereits 2030 50 Prozent der Neuzulassungen xEV wären. Selbst das IEA 2° Szenario mit 120 Mio xEV Bestandsziel wäre um das bis zu 2-fache übertroffen (es entspricht dem EV30@30 Szenario der IEA)²⁴. Eine globale Diffusion wäre bereits bis 2040 erreicht, verbunden mit einer Batterienachfrage von 3 bis 8 TWh zwischen 2030 und 2040. Szenario 2 (Szenario der „erzwungenen Diffusion“ im Energiespeicher-Monitoring 2016) geht von äußeren Faktoren wie deutlichen politischen Maßnahmen aus (Gesetzgebung, Marktanzreize, Elektrofahrzeug-Quoten, Verbrennerverbote etc.), welche auf die Diffusion Einfluss nehmen. Tatsächlich zeigt sich seit 2016 anhand von Ankündigungen immer weiterer Länder und Regionen, Elektrofahrzeug-Quoten einzuführen oder Totalverbote von Autos mit Verbrennungsmotor (teilweise ab 2030) einzuführen, ein deutlicher Wandel hin zur

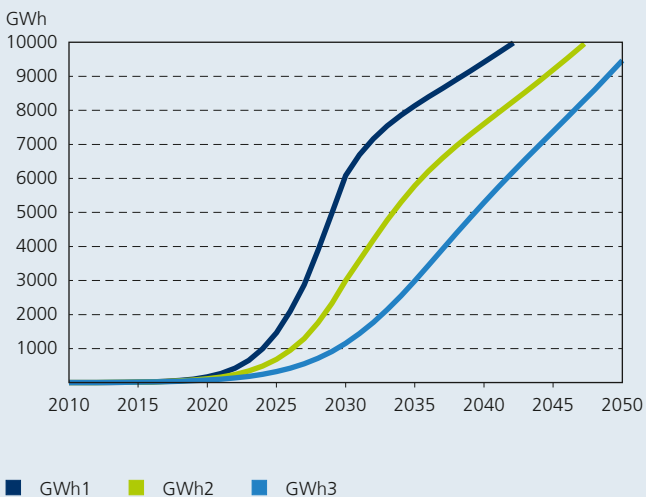
Globale xEV-Neuzulassungen



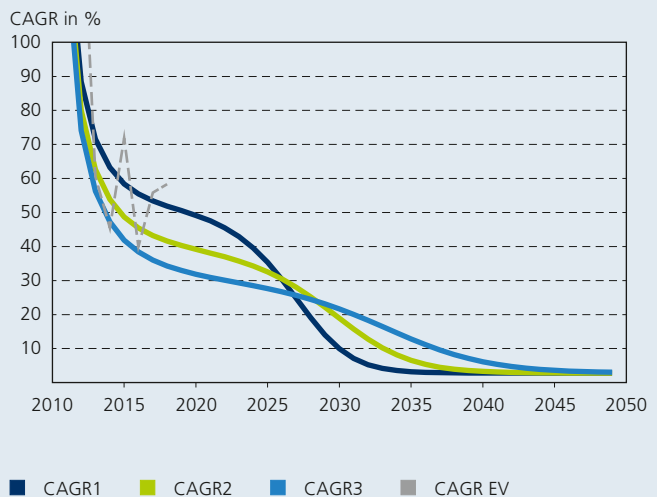
Globale xEV-Pkw-Diffusion



Globaler LIB-Bedarf für xEV



Jährliche Wachstumsraten



Diffusion der Elektromobilität (Elektro-Pkw: BEV, PHEV) nach dem Diffusionsmodell von Bass für drei Szenarien:
 Szenario 1 – „politisch erzwungene und durch OEM unterstützte Diffusion“, Szenario 2 – „erzwungene Diffusion“,
 Szenario 3 – „frühe Diffusion“. Parametrisierung auf Basis der realen globalen Entwicklung 2010–2018.

Elektromobilität. CO₂-Grenzwerte, wie sie bereits in einigen Regionen (insbesondere der EU) gelten und weiter verschärft werden haben hierbei prinzipiell den gleichen Effekt. Werden solche Maßnahmen flächendeckend umgesetzt, so dürfte die Diffusion der Elektromobilität weiterhin diesem Szenario folgen.

Szenario 1 ergibt sich nun auf Basis der aktuellsten Verkaufszahlen von BEV und PHEV. In 2017 wurden 1,1 bis 1,2 Mio BEV/PHEV-Pkw verkauft, für 2018 liegen die Verkäufe bei bis zu rd. 2 Mio. In 2019 und 2020 dürften die BEV/PHEV-Verkäufe bereits bei 3 Mio bzw. 4 bis 5 Mio liegen. Somit fand zwischen 2016 und 2018 nicht nur ein Wandel hin zur steigenden Elektroauto-Nachfrage statt sondern es befindet sich auch die Anzahl der angebotenen Modelle sowie die Produktion von Fahrzeugbatterien in einer massiven Aufbauphase: Tesla erreicht beispielsweise seit Herbst 2018 mittlerweile eine Produktion von 1000 E-Autos pro Tag²⁵, die Anzahl der am Markt verfügbaren Elektro-Autos (HEV, BEV, PHEV) liegt aktuell bei rd. 315 Modellen und wird sich bis 2020 auf über 500 Modelle erweitern.^{26, 27} Kurz nach 2020 sind bis über 600 Modelle geplant und bis 2025 planen zunehmend mehr OEM 15 bis 25 Prozent Elektroautos zu verkaufen.²⁴ Einzelne OEM geben sogar bereits den Ausstieg aus der Ära des Verbrennungsmotors nach 2025 bekannt.²⁸ Gleichzeitig erhöht sich die Batteriekapazität in den Elektroautos von derzeit durchschnittlich 40 bis 45 kWh (BEV) auf 60 bis 70 kWh (BEV) in 2025. Angesichts dieser massiven und dynamischen Entwicklungen beschreibt Szenario 1 ein „politisch erzwungenes“ aber dabei zugleich von OEM mit unterstütztes Szenario, in welchem aus einer Phase heute noch bestehender Lieferengpässe und eines beschränkten Angebots eine zunehmend attraktive Elektromobilität mit breitem Angebot und wachsender Nachfrage entsteht.

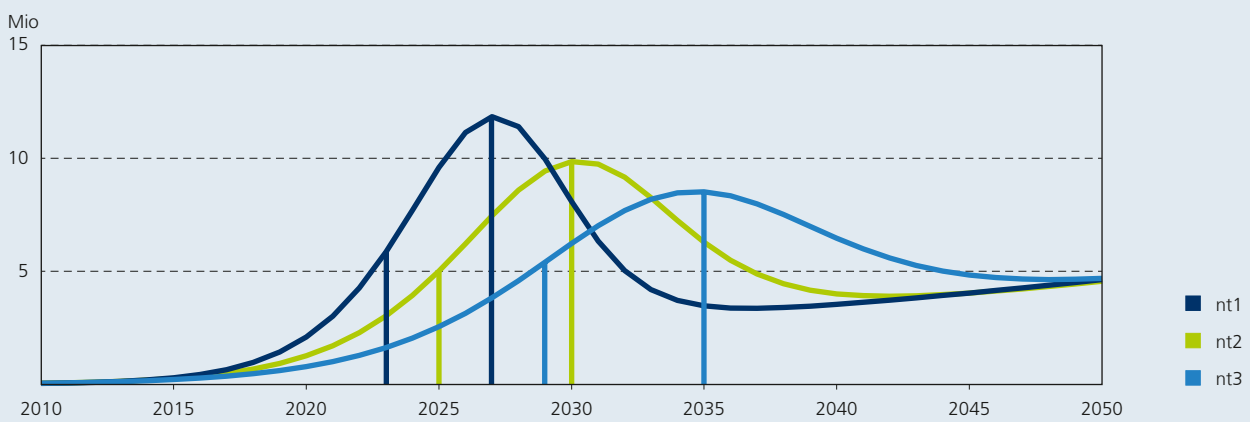
Trotz der Spannweite der Szenarien lässt sich schließen, dass die bisherige Entwicklung der Elektroautoverkäufe nun zunehmend auf eine globale Diffusion zwischen 2030 und 2040 hinweist. Der Bedarf nach Batteriekapazitäten dürfte um 2025 bereits bei 0,5 bis 1,5 TWh liegen (10 bis 30 Mio Elektroautos) und um

2030 auf bis zu 6 TWh angestiegen sein (30 bis 80 Mio Elektroautos). Der Zeitraum 2023–2026 dürfte daher den sogenannten „tipping point“ und Einstieg in den Massenmarkt darstellen (d. h. nach Innovatoren und frühen Übernehmern beginnt eine frühe Mehrheit Elektroautos zu kaufen).

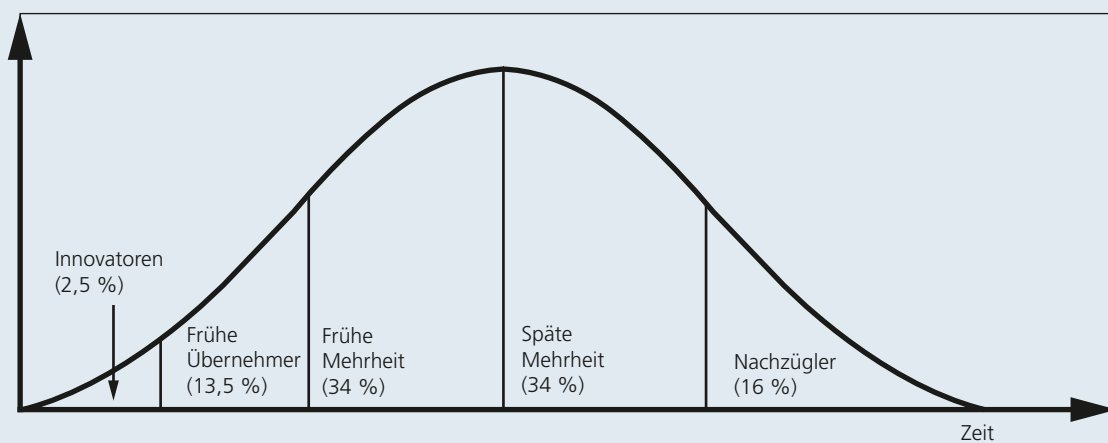
Das Diffusionsmodell von Rogers²⁹ gibt hierzu die Verteilung des Übernahmezeitpunkts einer Innovation als Glockenkurve (Normalverteilung) wieder. Dabei werden fünf Verbrauchertypen unter den Erstkäufern unterschieden: Innovatoren („innovators“), früher Übernehmer („early adopter“), frühe Mehrheit („early majority“), späte Mehrheit („late majority“) und Nachzügler („laggards“). Für eine schnelle Verbreitung einer Innovation spielen Faktoren wie Standardisierung, 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 je nach Szenario zwischen 2023 und spätestens 2029 ein Übergang zu einer „frühen Mehrheit“ der Erstkäufer und damit einem Massenmarkt zu rechnen ist (Szenario 1 und 2 identifizieren wir aktuell als realistischste Szenarien). Die Entwicklung der Elektromobilität kann sich regional natürlich unterschiedlich vollziehen und ist ganz besonders durch China getrieben bzw. gestützt.

In unterschiedlichen Marktphasen greifen nun unterschiedliche Maßnahmen zur Diffusion einer Technologie und es lässt sich für Deutschland und Europa folgern, dass in den nächsten 5 Jahren eine massive, noch steigende Förderung der Batterietechnologie, -produktion, der Entwicklung von Elektrofahrzeugen bzw. -konzepten sowie der (Lade-)Infrastruktur entscheidend ist, um noch eine wettbewerbsfähige Industrie für Batterien etablieren zu können. Der Bevölkerung müssen Ängste bzgl. Kompatibilität (z. B. Laden, Ladeinfrastruktur), einem risikoreichen Kauf (z. B. weiter fallende Kosten, steigende Reichweite, zu früher Kauf) etc. genommen werden und die Vorteile sowie die Notwendigkeit der neuen Technologie aufgezeigt werden.

Neue Erstkäufer von xEV



Neue Erstkäufer nach Rogers



Diffusion der Elektromobilität (Elektro-Pkw: BEV, PHEV) nach dem Diffusionsmodell von Bass für drei Szenarien: Szenario 1 – „politisch erzwungene und durch OEM unterstützte Diffusion“, Szenario 2 – „erzwungene Diffusion“, Szenario 3 – „frühe Diffusion“. Parametrisierung auf Basis der realen globalen Entwicklung 2010–2018.

ENTWICKLUNG DES GLOBALEN WETTBEWERBS

Die in der vorliegenden Studie ermittelten Indikatoren in vier Kategorien bieten ein umfassendes Bild der Entwicklung der globalen Wettbewerbssituation der betrachteten Länder seit 2014.

Kategorie Nachfrage

China hat sich bis 2018 zum Leitmarkt für Fahrzeugbatterien entwickelt und hat sich gegenüber den ehemals führenden USA und Japan und damit auch von allen weiteren Ländern deutlich abgesetzt (siehe Abbildung Nachfrage, CN 2018). Dies ist durch die Marktgröße und -dynamik, die inländische Produktion, Produktionsprognose und schließlich den Bedarf nach Fahrzeugbatterien begründet. China dürfte aufgrund der aktuell ungebrochenen Dynamik und des zu erschließenden enormen Wachstumsmarkts die aktuelle Führungsposition auch in den kommenden Jahren noch weiter ausbauen. Die Produktion von rd. 575 000 BEV und PHEV (fast 50 Prozent der globalen BEV/PHEV-Produktion) und die damit verbundene Nachfrage von 16,5 GWh LIB-Zellen in 2017 (über 45 Prozent der globalen Nachfrage im Elektro-Pkw-Bereich) dürften bereits in den kommenden Jahren (2019/2020) auf 1,5 bis 2,5 Mio BEV und PHEV sowie 50 bis 100 GWh LIB-Zellnachfrage ansteigen.

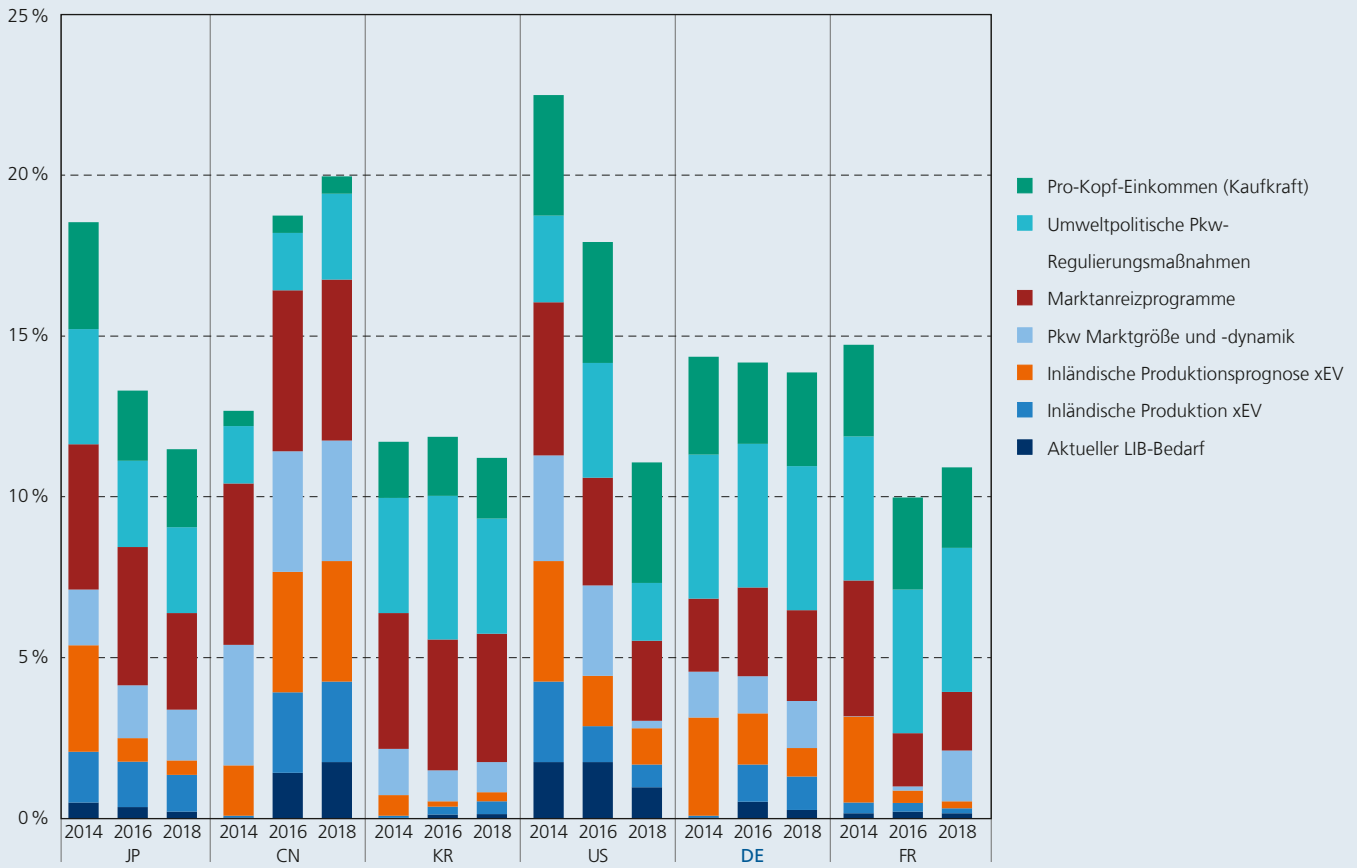
Demgegenüber ist in den USA die Produktion zunehmend auf Tesla konzentriert, obgleich Tesla mittlerweile 1000 Elektroautos pro Tag produziert und seine Gigafactory damit kurzfristig voll hochgefahren und ausgelastet haben wird. In Japan und Korea ist die Nachfrage stark an HEV mit geringer Batteriekapazität gekoppelt und resultiert in einer entsprechend vergleichsweise geringen Nachfrage nach LIB-Zellen. Deutschland liegt mit der Produktion ebenso wie der Produktionsprognose fast gleichauf mit den USA. Die LIB-Zellnachfrage ist angesichts des höheren PHEV-Anteils sowie der aktuell noch geringeren BEV-Batteriekapazitäten im Vergleich zu den USA dagegen geringer. Durch die steigende Zahl der durch deutsche OEM auf den Markt kommenden PHEV sowie BEV mit höheren Batteriekapazitäten könnte sich Deutschland und erst recht Europa in den nächsten Jahren insgesamt bzgl. der BEV/PHEV- sowie Fahrzeugbatterie-Nachfrage gegenüber den USA sowie Japan und Korea stärker absetzen.

Kategorie Marktstrukturen

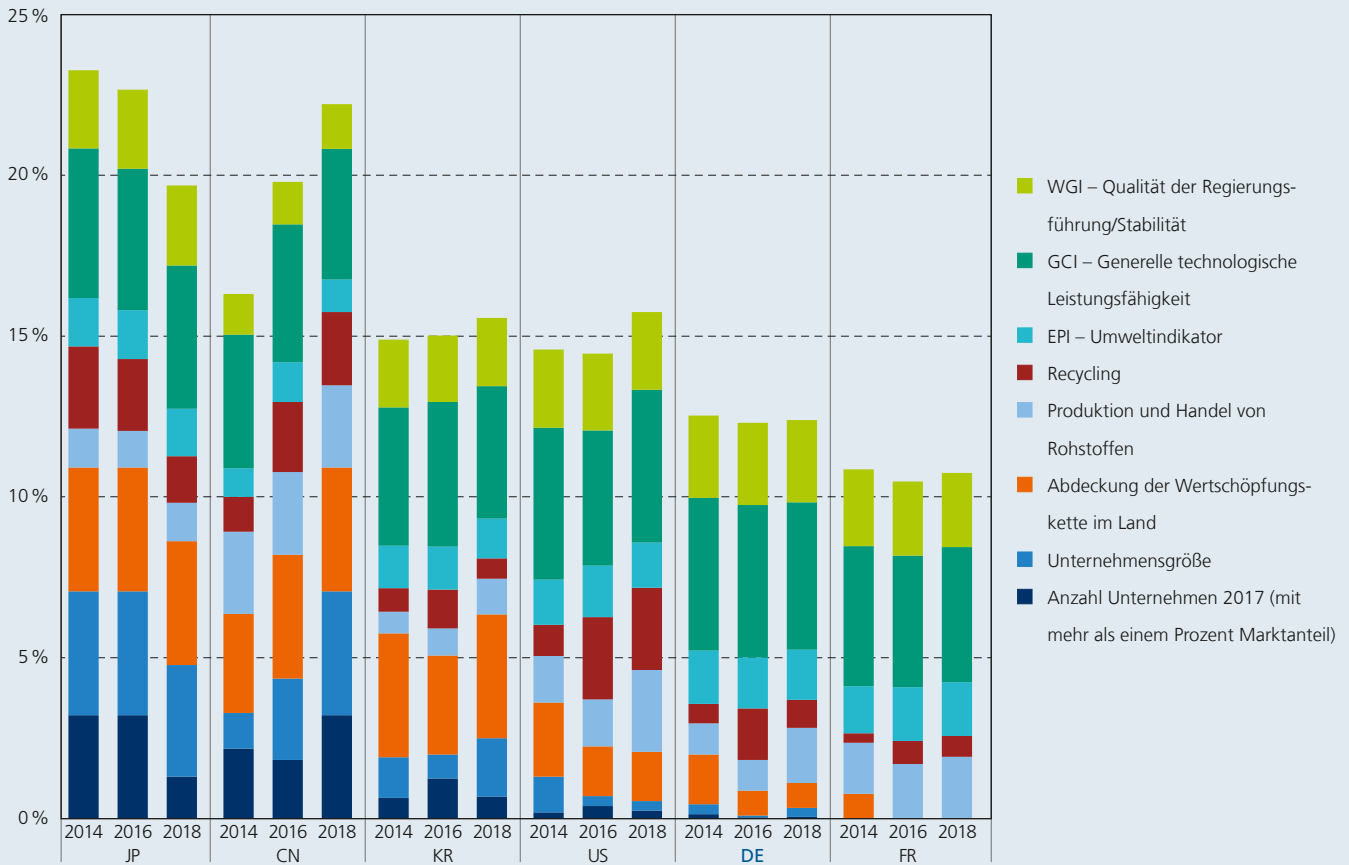
Richtet man den Blick auf die derzeit herrschenden Marktstrukturen (siehe Abbildung Marktstrukturen), so konnten sich durch die hohe Dynamik in der Nachfrage und ebenso den enormen Aufbau an Batterieproduktionskapazitäten in China auch kleine und mittelgroße Material-, Komponentenzulieferer und auch Zellhersteller entlang der Wertschöpfungskette etablieren. China dominiert mittlerweile bei der Produktion der Rohstoffe sowie im Komponenten- und Zellmarkt. Offenbar waren die Möglichkeiten des „Lernens am heimischen Markt“ und die steigende Nachfrage auch in weiteren Märkten wie E-Bikes, E-Busse, sonstige Nutzfahrzeuge, industrielle und stationäre Anwendungen förderlich für chinesische Unternehmen. Zwar decken auch Unternehmen in Japan und Korea die komplette Wertschöpfungskette der Fahrzeugbatterien ab, also vom Ausgangsmaterial bis hin zur Herstellung. Jedoch wird dort der Markt durch eher wenige große Konglomerate bestimmt.

Deutsche Unternehmen decken (ähnlich wie in den USA) nur einzelne Stufen der Wertschöpfungskette ab und Deutschland hat zudem deutliche Schwächen bei der Versorgung mit Lithium-Ionen-Batterie-spezifischen Rohstoffen. Jedoch bringen sich dt./europäische Materialzulieferer zunehmend in Position: So investiert die BASF in den Aufbau einer Produktion von Batteriematerialien in Finnland (Ressourcenzugang über Russisches Unternehmen Norilsk Nickel, Produktionsstart 2020)³⁰ und Umicore investiert in die Produktion von Kathodenmaterialien in Polen (geplanter Start 2020).³¹ Zudem wollen Northvolt, Umicore und BMW gemeinsam an einer nachhaltigen Zellfertigung und Kreislaufwirtschaft arbeiten.³²

Vergleich Nachfrage



Vergleich Marktstrukturen



Kategorie Forschung und Technologie

In den Bereichen Forschung und Technologie (siehe Abbildung, Forschung und Technologie) hatte Deutschland bis 2014 einen enormen und erfolgreichen Aufholprozess gestartet, seit 2016 bis 2018 aber zunehmend an Dynamik verloren. Das erreichte hohe Niveau konnte insgesamt zwar gehalten werden, jedoch kann ein alleiniges Stabilisieren und kontinuierliches Fortführen von FuE-Anstrengungen und -Aktivitäten sicher nicht ausreichen und sollte gerade in den kommenden Jahren massiv angehoben werden. Denn gerade in den nächsten Jahren wird der Transfer von FuE-Ergebnissen sowie Kompetenzen für den Aufbau einer wettbewerbsfähigen Zellfertigung benötigt. Sofern hierzu kein asiatisches Know-how eingekauft wird, müssen Lerneffekte mit höheren Investitionen kompensiert werden.

Japan hat im Bereich der Forschung und Technologie sein Niveau als Technologieführer halten können, teilt sich die Führungsposition jedoch mit China. Mit seinem massiv aufgebauten Humankapital und der ungebrochen hohen wissenschaftlichen (Publikationen) und technologischen (Patente) Aktivität holt China auch in diesem Bereich zügig auf und könnte die anderen Länder bald hinter sich lassen. Denn die Förderung und damit schließlich auch resultierende öffentliche FuE-Aktivitäten scheinen bei fast allen Ländern auf dem jeweiligen Niveau stabilisiert zu sein (in Japan hat die Batterieförderung des NEDO beispielsweise in den letzten Jahren gar abgenommen). Bedenkt man, dass mit der nun angehenden massiven Hochlaufphase schließlich auch massiv Arbeitsplätze entstehen, für welche ausgebildetes Fachpersonal (Know-how-Träger) benötigt wird, so scheint künftig nahezu einzig China auf diese enorme Nachfrage nach Fachkräften vorbereitet zu sein.

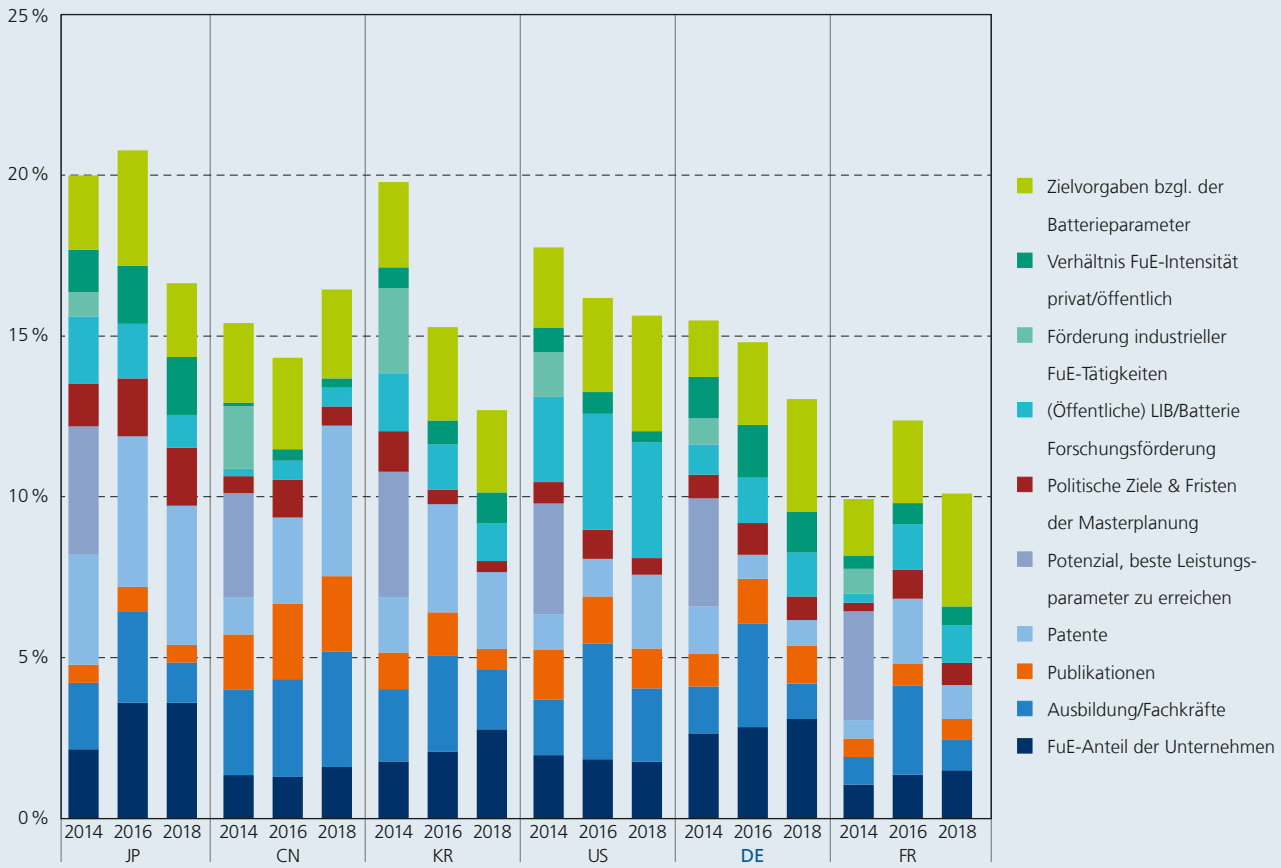
Kategorie Industrie

Im Bereich Industrie zeigen sich schließlich die drastischsten Veränderungen von 2014 bis 2018. Während Japan als ehemaliger Leitanbieter für Batterien vor einigen Jahren noch mit Südkorea als „second mover“ konfrontiert war, hat China beide Länder

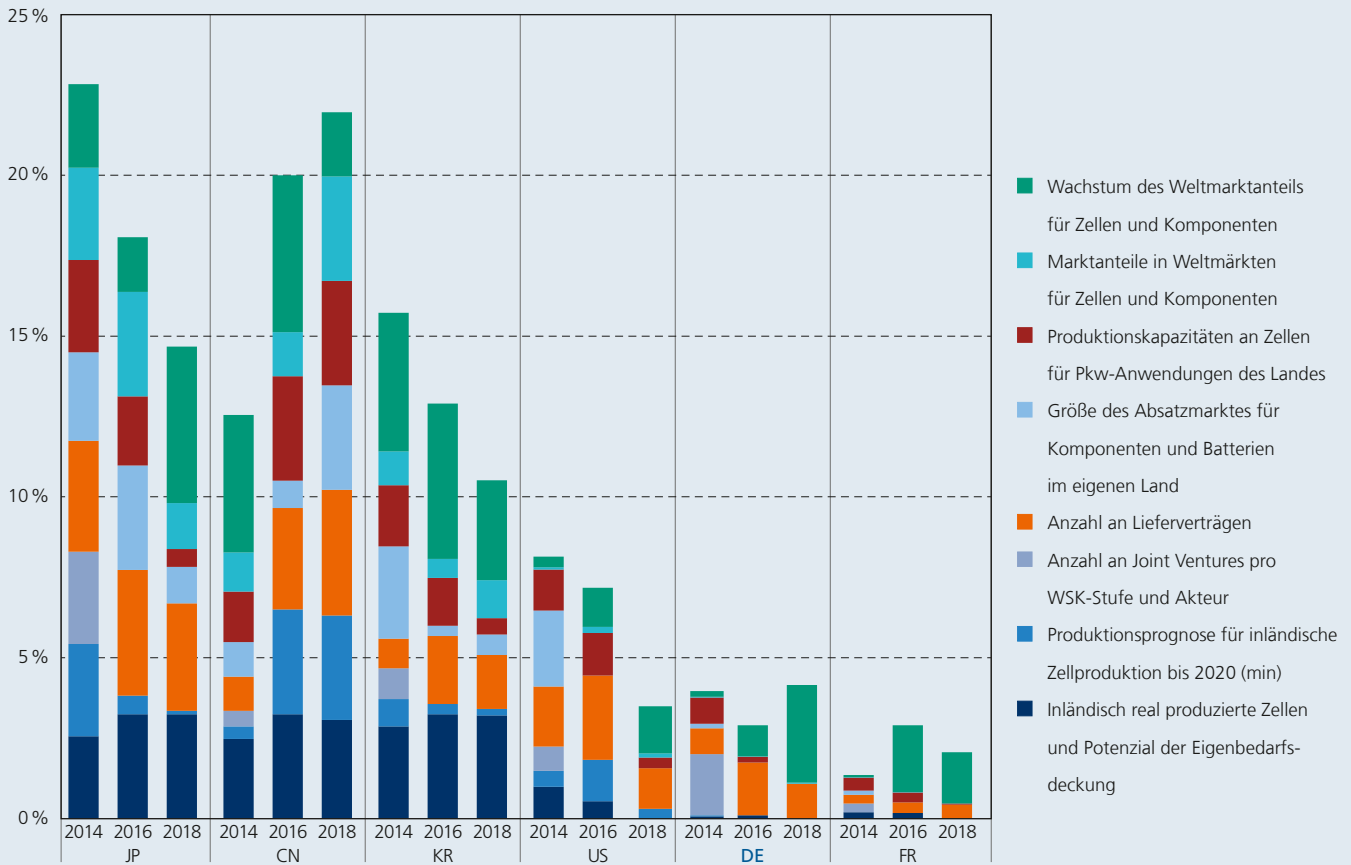
mittlerweile hinter sich gelassen. Sicherlich wird die entsprechende Batterieindustrie (in Japan Panasonic und weitere Unternehmen wie GS Yuasa sowie in Korea LG Chem, Samsung SDI, SK Innovation) in den kommenden Jahren ebenfalls massive Produktionskapazitäten aufbauen und hat sich Lieferverträge mit zahlreichen OEM gesichert. Jedoch drängen gerade die Unternehmen CATL und BYD in internationale Märkte mit Angeboten auch jenseits der Elektro-Pkw (besonders E-Busse) und auch zahlreiche weitere chinesische Zellhersteller versuchen sich in dem enormen Wachstumsmarkt China zu etablieren.

Somit komplettiert China seine wachsende Batterienachfrage, die aufgebauten Marktstrukturen und das Humankapital bzw. die Fachkräfte entlang der Wertschöpfungskette mit seinem nun wachsenden Angebot an wettbewerbsfähigen und mit Hochskalierung zunehmend kostenreduzierten Batterieprodukten. Chinas globale Marktanteile entlang der Wertschöpfungskette liegen i.d.R. bei 40 bis 70 Prozent (im Bereich der gesamten LIB-Zellnachfrage hatte China in 2017 einen Marktanteil von über 45 Prozent). Korea und Japan hatten in 2017 entsprechend nur noch über 25 Prozent bzw. 15 Prozent Marktanteile. Die Anteile US-amerikanischer und weiterer Länder lagen zusammen unter 5 Prozent. Wie die Indikatoren im Bereich Industrie seit 2014 und 2016 richtig zeigen (siehe Abbildung), konnte China das prognostizierte Wachstum der Komponenten- und Zellmarktanteile in aktuelle Marktanteile umsetzen. Korea konnte diese insgesamt etwa halten bzw. ausbauen. Japan hat hingegen deutlich verloren. Die aktuellen Wachstumstendenzen versprechen hingegen für die kommenden Jahre, dass sich die Batterieindustrie in Japan und Korea wieder Anteile zurückerobern dürften (bzw. diese zumindest halten wird). Immerhin wächst der Absatz an Zellen für die japanischen und koreanischen Unternehmen gemeinsam mit dem Verkauf der Elektroautos durch internationale OEM (jenseits Chinas), mit welchen zahlreiche Lieferbeziehungen bestehen. Eine künftige deutsche bzw. europäische Batterieindustrie hat neben der Herausforderung eine wettbewerbsfähige Zellproduktion aufzubauen auch diese Herausforderungen (den Aufbau nachhaltiger Lieferbeziehungen) noch vor sich.

Vergleich Forschung und Technologie



Vergleich Industrie



HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN FÜR DEUTSCHLAND UND EUROPA

Die Ergebnisse der Studie zeigen insgesamt, dass China klarer Leitanbieter für Batterien und Leitmarkt für Batterien und Elektromobilität (Elektro-Pkw) ist. China hat dies als Resultat einer hohen politisch induzierten Binnennachfrage sowie gleichzeitig dem strategischen Auf- und Ausbau der kompletten Wertschöpfungskette und der Verfolgung einer Ressourcenstrategie in rohstofffördernden Ländern erreicht. Bei einer zusätzlichen Betrachtung der Märkte für Nutzfahrzeuge (wie z. B. E-Busse, E-Lkw), weitere Mobilitätskonzepte wie E-Bikes, industrielle und stationäre Anwendungen würde das Bild noch deutlicher zugunsten Chinas ausfallen.

Deutschland hat seit dem Energiespeicher-Monitoring 2014 und 2016 auch in 2018 seine Position insgesamt, ebenso wie in den vier einzelnen Kategorien Nachfrage, Marktstrukturen, Forschung und Technologie sowie Industrie, zwar halten können, jedoch setzt sich China in dem aktuell in die entscheidende Hochlaufphase eintretenden Markt für Lithium-Ionen-Batterien für die Elektromobilität gegenüber allen Ländern durch und wird in den kommenden Jahren mit seinen Produkten auf die Weltmärkte drängen. Ein weiteres „Halten der Position“ wird daher in den kommenden Jahren nicht ausreichend sein und würde angebotsseitig ein langfristiges Aus für den deutschen bzw. europäischen Batteriestandort bedeuten. In Deutschland bzw. Europa fehlt weiterhin eine international wettbewerbsfähige Zellfertigung und entsprechend sind auch die Marktanteile der Zulieferindustrie und Fabrikasrüster gering. Bei der Systemintegration, d. h. der Produktion von Batteriesystemen insgesamt, ist Deutschland besser positioniert (dies ist nicht in den Indikatoren abgebildet, da nur bis zur Zellproduktion betrachtet wird), da sich die OEM und Zulieferer in Deutschland auch auf die Modul- und Packherstellung sowie deren Fahrzeugintegration konzentrieren.

Die Entwicklung der globalen Batterienachfrage zeigt, dass der Markt für Lithium-Ionen-Batterien (LIB) für Elektro-Pkw (BEV, PHEV) bereits in wenigen Jahren 80 Prozent und mehr der globalen LIB-Nachfrage ausmachen wird. Der „Tipping Point“ der Elektromobilität (d. h. Übergang vom Nischen- in den Massenmarkt) dürfte nach aktueller Datenlage etwa im Zeitraum zwischen 2023 und 2026 erreicht werden und markiert den entscheidenden Zeitraum für die globale Transformation hin zur elektromobilen Ära. Dabei gilt es noch hohe Hürden bzgl. Batterie- und Fahrzeugentwicklung (Reichweite, Schnellladen, Kostenreduktion, ...), dem Fahrzeugmodellangebot und der Ladeinfrastruktur sowie dem Aufbau einer nachhaltigen Batteriekreislaufwirtschaft zu bewältigen.

Die globale Batterienachfrage wird sich in den kommenden Jahren drastisch erhöhen: um 2025 dürfte sie bei 1 bis 1,5 TWh und um 2030 bereits bei 3 bis 6 TWh liegen. Da diese Nachfrage alleine auf die BEV/PHEV produzierenden OEM zurückzuführen ist, dürften sich die Markt-/Nachfrage-seitigen Indikatoren für Deutschland bzw. Europa mit einer weiterhin starken Automobilindustrie in den kommenden Jahren verbessern.

Angebotsseitig schaffen die asiatischen Zellhersteller jedoch bereits Fakten und bauen Zellfertigungskapazitäten in Europa noch vor europäischen Akteuren auf. So planen die fast ausschließlich asiatischen Hersteller aus China, Japan und Korea in den kommenden Jahren von derzeit rd. 10 GWh Zellproduktionskapazität auf über 60 GWh bis ggf. 100 GWh und mehr an europäischen Standorten hochzuskalieren. Es ist gerade jetzt für Deutschland wichtig mit dem Aufbau einer Zellfertigung schnell zu handeln, um den Anschluss an den globalen Wettbewerb nicht vollends zu verlieren. Die nächsten 5 Jahre (bzw. bis etwa 2025) dürften nun die entscheidenden verbleibenden Jahre sein, in welchen eine wettbewerbsfähige hochskalierte Zellfertigung aus europäischer Hand noch gelingen könnte. Allerdings müssten die angekündigten Fördermittel in Milliardenhöhe sehr kurzfristig fließen, mittelfristig wären Investitionen in der Größenordnung von 10 Milliarden Euro und langfristig von 100 Milliarden Euro durch die Industrie nötig. Denn die Herausforderungen

für einen erfolgreichen Einstieg in die Zellfertigung und in andere Wertschöpfungsstufen wachsen von Jahr zu Jahr. Die kritischen Produktionsvolumina, welche zum Erreichen der nötigen Skaleneffekte und Marktanteile aufgebaut werden müssten, wachsen mit dem Markthochlauf mit. Gleichzeitig muss die Produktions-

erfahrung zum Erreichen der nötigen Qualität und Produktperformance aufgebaut werden, denn jedes Prozent Ausschuss verringert die Wettbewerbsfähigkeit. Der Zugang zu Ressourcen und das Abschließen von Lieferverträgen mit Materialherstellern sind weitere Hürden, die es zu nehmen gilt.

Handlungsoptionen

Die 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 aus Industrie, Politik und Wissenschaft und gelten insbesondere für die kommenden 5 bis 10 Jahre.

Nachfrage

Gesetzliche Rahmenbedingungen und weitere Maßnahmen zur Gestaltung des Wandels zur Elektromobilität aufeinander abstimmen und umsetzen: z. B. EU-weite (internationale) Standards (z. B. Ladeinfrastruktur und Schnittstellen), um für Planungssicherheit zu sorgen, Unterstützung des gesellschaftlichen Wandels in der Nutzung der Elektromobilität etc.

Marktanreizprogramme konsequent und konzertiert fortführen

Modellangebot ausweiten (PKW ebenso wie Nutzfahrzeuge)

Marktstrukturen

Industriepolitik: Zugang zu heimischer (EU) Wertschöpfung sichern

EU-übergreifende Batteriekreislaufwirtschaft (inkl. Rohstoff-, Recycling-, Umweltstrategie etc.) etablieren

Forschung und Technologie

Kurzfristige hohe Investitionen zum Aufbau der zur kommerziellen Zellfertigung nötigen Kompetenzen tätigen (u. a. Forschungs(produktions)fabrik)

Förderstrategien zur Stärkung aller mit der Batteriewertschöpfung verknüpften Forschungsfragen schaffen (Materialien, Komponenten, Prozesstechnik und Equipment, Systeme) und Förderung auch abseits der Elektroautos

Dauerhafte Förderstrategien für die Entwicklung zukünftiger Speichertechnologien aufsetzen

Industrie

Europäische Zellfertigung im Volumen: Letzte Möglichkeit zum Einstieg in die Batterieindustrie

Plan B: Strategie zur Zusammenarbeit europäischer Zulieferer mit asiatischen Zellherstellern

Nachfrage

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

Seit 2016 kündigten einige Nationen weltweit deutlich aggressivere Maßnahmen zur Ankerbelung der Nachfrage nach Elektroautos wie angepasste gesetzliche Rahmenbedingungen, aber auch erweiterte Marktanzreizprogramme an: Neben CO₂-Grenzwerten, wie sie bereits in einigen Regionen (insbesondere der EU) gelten und weiter verschärft werden, werden sich auch E-Auto-Quoten (wie aktuell von China ab 2019³³ 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 nach Batterien entwickeln. Zunehmend werden von Ländern und Regionen aber auch Totalverbote ab einem bestimmten Zeitpunkt (meist 2025, 2030 oder 2035) gefordert bzw. angekündigt. Die CO₂-Flottenregelung in der EU, welche sowohl für Pkw als auch mittlerweile für Lieferwagen gilt, wird vermutlich ab 2022 deutliche Effekte zeigen, aktuell ist es für die Automobilhersteller allerdings strategisch noch klüger, ihre Flotten-CO₂-Ausstöße nicht allzu sehr zu reduzieren, um den 37,5 Prozent Rückgang von 2021 auf 2030 nicht zu gefährden.³⁴

Solche **gesetzlichen Rahmenbedingungen** steigern bzw. steuern die Nachfrage indirekt, denn sie erhöhen insbesondere den Druck auf die Automobilindustrie sich zunehmend und schnell in Richtung Elektromobilität zu bewegen. Dabei sollte auf **einheitliche Standards** geachtet werden, insbesondere bzgl. einer EU-weit ausgerollten öffentlichen Ladeinfrastruktur (auch mit Blick auf Schnellladen). Politik (lokal, regional und überregional) und Automobilindustrie müssen hier Hand in Hand arbeiten, um für Planungssicherheit zu sorgen und solche Standards weltweit ausrollen zu können. Tatsächlich fehlt es heute oftmals noch an kommunalen Strategien, wie künftig Ladesäulen aufgebaut werden sollen.

Zudem sollte weiterhin eine (politisch geförderte) kommunale Anschaffung von E-Fahrzeugen (Busse, weitere Nutzfahrzeuge) und damit der weitere Aufbau der Nachfrage in diesem Bereich erfolgen. Dabei ist es wichtig, dass die Rahmenbedingungen auch mit der technischen und ökonomischen Entwicklung sowie Zeitskala für neue Mobilitätskonzepte vereinbar sind, d. h. zum Beispiel die Ökobilanz sollte jenseits der Messung des aktuellen Flotten-CO₂-Ausstoßes berücksichtigt werden. Insgesamt sollte neben der technologischen (z. B. Batterieforschung und Entwicklung sowie Anwendungsintegration u. a. zur Erreichung höherer Reichweiten, Lebensdauer, Schnellladefähigkeit, Sicherheit etc.), der ökonomischen (Senkung der Batteriepreise, Elektrofahrzeugpreise für Endkunden) und der infrastrukturellen Weiterentwicklung (Ladeinfrastruktur, auch Schnellladen, zur Akzeptanz bzw. Reduktion der Reichweitenangst) auch die gesellschaftliche Akzeptanz und Übernahme (Verbraucheraufklärung und Beratung bzgl. Stand und Entwicklung der Elektrofahrzeuge, des Verbrauchs, Transparenz bzgl. realer Reichweiten (WLTP)³⁵, neue gesellschaftliche Nutzungsmodelle wie Car-Sharing) unterstützt werden. Diese Entwicklungen sollten mit dem sich nun abzeichnenden Übergang in einen Massenmarkt zwischen 2020 und 2030 folglich in den kommenden Jahren besonders intensiviert werden.

Ein **Marktanzreizprogramm** 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.^{36, 37} 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.³⁸ Das Programm ist Teil des Marktanzreizprogramms Elektromobilität der Bundesregierung. Weitere Fördermaßnahmen belaufen sich auf insgesamt rd. 1 Mrd € in den kommenden Jahren. Auch hier ist es wichtig, die Marktanzreizprogramme über 2020 hinaus kontinuierlich und konsequent weiter fortzuführen und kurzfristig mit den nötigen sehr hohen Fördermitteln zu unterfüttern.

Mit der Einführung des Umweltbonus (Kaufprämie von 4000 € für rein elektrische Fahrzeuge und 3000 € für Plug-In-Hybride, Bundesmittel von 600 Mio € bis max. 2019), steuerlichen Anreizen (Rückkehr zur 10-jährigen KFZ-Steuerbefreiung, steuerfreies Laden beim Arbeitgeber) wurden seit 2016 weitere monetäre und nicht-monetäre Anreize für eine Verbreitung der Elektromobilität geschaffen.³⁹ Mit dem ab 2020 aufkommenden zunehmenden Modellangebot der OEM wäre die Fortführung von Maßnahmen wie dem Umweltbonus gerade im Zeitraum 2020 bis 2030 richtig platziert und wirksam. Denn eine frühe Mehrheit (also ein Massenmarkt) von Autokäufern, für welche eine Kaufprämie tatsächlich eine finanzielle Unterstützung darstellt und das entscheidende Zünglein an der Waage ist, wird in diesem Zeitraum erwartet.

Zwischen 2020 und 2025 wollen Autobauer ein zunehmendes Angebot an Elektroautomodellen (über 600 HEV, PHEV, BEV Modelle) schaffen. Dies bedeutet eine Verdopplung des Angebots in den kommenden Jahren. Bis 2025 planen zudem zunehmend mehr OEM 15 bis 25 Prozent Elektroautos zu verkaufen und bis 2030 wird eine Elektrifizierung von meist 50 bis 70 Prozent erwartet. Somit zeigt sich eine deutliche Reaktion der Automobilindustrie auf die veränderten gesetzlichen Rahmenbedingungen der insbesondere letzten zwei Jahre. Für die nun bevorstehende Verbreitung der Elektromobilität wird eine deutliche **Ausweitung des Modellangebots** (neben Pkw auch Nutzfahrzeuge wie Busse, Lkw etc.) gerade in diesem Zeitraum dringend nötig sein. Es muss eine Modellvielfalt bzgl. Varianten (d. h. zum Beispiel Batteriekapazitäten, Kosten und Reichweite) ebenso wie nach Modellklassen durch die OEM geschaffen werden (momentan werden vor allem „kleinst“ oder Luxuswagen angeboten, welche i. d. R. als Zweitwagen genutzt werden).

Marktstrukturen

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

Im Fall Chinas hat sich gezeigt, dass der Aufbau solcher Marktstrukturen und die Festigung etablierter und neuer Akteure entlang der Wertschöpfungskette möglich ist, natürlich verbunden mit massiven Subventionen und einer klaren Industriepolitik. Generell stellt sich die Frage, ob eine zwar nun sichtlich intensiver angegangene **deutsche bzw. europäische Industriepolitik** noch dem globalen Wettbewerb gewachsen ist. Die starken staatlichen Eingriffe in China, die sich auch auf Exporte auswirken, die gesteuerte Binnennachfrage etc., aber auch das Unternehmertum und die Start-Up-Kultur in den USA, welche trotz guter FuE-Leistungen in Deutschland ggf. mehr Innovationen hervorbringt, sind bereits lange fest verankerte Merkmale der Länder.

Das Beispiel Photovoltaik zeigt, was im Extremfall mit einer vorhandenen Industrie passieren kann. Das Beispiel Batterien zeigt eher, dass Wirtschafts- und Klimaziele hinsichtlich ihrer Implikationen für die Industrie nicht konsequent und früh genug in praktische Wirtschaftspolitik umgesetzt wurden. Während Europa traditionell in Klimaschutzfragen häufig eine Vorreiterrolle eingenommen hat, so wurde der Aufbau einer Batteriewertschöpfung nun von außereuropäischen Marktentwicklungen überholt. Dies könnte exemplarisch einen Hinweis auf die Notwendigkeit eines neuen deutschen bzw. europäischen Weges beim Umgang mit neuen Technologien darstellen, welcher nicht ausschließlich auf die Innovationskraft der Unternehmen und typischer Kapitalgeber setzt, sondern strategische Entscheidungen noch früher durch die Politik vorgibt.

Für eine wettbewerbsfähige Zellproduktion sind enorme Investitionen nötig und Skaleneffekte spielen eine zentrale Rolle, um Gewinne erwirtschaften zu können. Jedoch ist auch der **Zugang der (heimischen) Akteure anderer Stufen der Wertschöpfungskette** von höchster Bedeutung und sollte sichergestellt werden. Die Material- und Komponentenzulieferindustrie wird künftig 80 Prozent und mehr an der Wertschöpfung einer Batteriezelle teilhaben und auch die Modul- und Packherstellung ist mit zusätzlicher Wertschöpfung und Arbeitsplätzen verbunden.

Der Zugang zu diesen Bereichen der Wertschöpfung muss folglich ebenso gesichert 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 Volumenproduktion verbunden sind, verstehen können und ihre Produkte und Equipment durch einen direkten Zugang am heimischen Markt verbessern können. Dabei besteht die Gefahr der zunehmenden vertikalen Integration der asiatischen Zellhersteller. So ist auch bei Eröffnung von Standorten ausländischer Hersteller (wie CATL, LG, SKI, SDI) in Europa darauf zu achten, dass ein Wissenstransfer stattfindet, ähnlich wie es in China auch umgekehrt praktiziert wird.

Denn mit oder ohne eine heimische Zellfertigung stellt sich auf der Abnehmerseite (also der Produkt-/Systemanbieterseite) die Frage, wie der Zugang zu Batteriezellen der geforderten Qualität, Leistung und Bepreisung zukünftig sichergestellt werden kann. So könnten beispielsweise durch die Vernetzung kleinerer Abnehmer in Europa (Sourcing-Strategie) **Batteriegenossenschaften** aufgebaut werden, welche sich z. B. auf ein Zellformat verständigen und damit auch zum ersten Großkunden für eine europäische Fertigung werden könnten.

Aber noch weitreichender sollte dringend eine **EU-übergreifende Batteriekreislaufwirtschaft** etabliert werden. Bundesweite Strategien hierzu würden zu kleinteilig ausfallen und der Fokus auf eine **Rohstoff-, Recycling-, Umweltstrategie** alleine wäre zu kurz gegriffen. In der Europäischen Union kann so künftig eine kritische Masse erreicht werden, welche die Ausgestaltung einer Batteriekreislaufwirtschafts-Strategie für die Elektromobilität tatsächlich lohnenswert erscheinen lässt. Es bestehen mehrere Herausforderungen, welche zwischen 2020 und 2030 umgesetzt werden sollten:

Kein einzelnes europäisches Land ist hinsichtlich aller Rohstoffe optimal versorgt, weshalb eine EU-weite Rohstoff- und Recycling-Strategie inkl. der Kapazitäten und des Know-hows dafür ab den Jahren 2025 bis 2030 wichtig sind, um neben der Primärrohstoffversorgung auch einen effizienten Zugang

zu Sekundärrohstoffen sicherzustellen. Dies umfasst z. B. politische Rahmenbedingungen, Geschäftsmodelle und Technologien für die Rückgewinnung der wichtigsten Batteriematerialien wie Lithium, Kupfer, Kobalt und Nickel und erstreckt sich über die Sammlung (nur ein kleiner Anteil der Altprodukte kommt typischerweise zurück; hier besteht ein deutlicher Bottleneck und Gesetzgebung sowie Geschäftsmodelle sind gefragt), Demontage und Aufbereitung (eine Modernisierung von „low-Tech“-Anlagen wäre wichtig, um die Effizienzen zu steigern) bis zum High-Tech-Recycling (die Effizienz in der Rückgewinnung ist hier mit rd. 95 Prozent sehr hoch).

Für eine Batteriekreislaufwirtschaft müssen zudem die ökologisch und ökonomisch sinnvollsten alternativen Pfade eines sich hochskalierenden Systems berücksichtigt werden: Können Altbatterien nach einem Erstleben noch einem Zweitleben (bzw. einer Kaskadennutzung) zugeführt werden und wie lassen sich Geschäftsmodelle gestalten? Ab wann führen Skaleneffekte (inkl. der beschriebenen nötigen modernen Recyclinginfrastruktur), Automatisierung etc. zu entsprechend niedrigen Recyclingkosten, sodass die erzielbaren Kosten für Sekundärmaterialien unter denen der Primärrohstoffe liegen (bzw. wie lange müssen Altbatterien ansonsten noch gelagert werden, bevor andere Pfade wirtschaftlicher sind)? Kann hierbei z. B. ein „Design for Recycling“ umgesetzt werden (dies erfordert die Zusammenarbeit von vielen Akteuren wie Material-/Chemie-, Maschinenbau-, Recycling- bis Automobilindustrie)?

Bzgl. des „Fußabdrucks“ von Lithium-Ionen-Batterien können die Ökobilanz und Recyclingfähigkeit bislang jedoch nur in den letzten Wertschöpfungsstufen (Zellintegration und Autointegration) aktiv durch EU Unternehmen gestaltet und durch Behörden effektiv kontrolliert werden. Für eine durchgängig „grüne Batteriekreislaufwirtschaft“ muss Einfluss auf alle Schritte der Wertschöpfung genommen werden können. So müssen bereits am Anfang der Kette Arbeits- und Umweltbedingungen bei der Rohstoffgewinnung verbessert werden. Mit der steigenden Nachfrage steigt auch die Verantwortung der Vertragspartner mit Minenkonzernen ökologische und humane Bedingungen bei der

Rohstoffgewinnung sicherzustellen. Auch hier zeigt sich, dass die EU bzw. EU-Unternehmen nur mit starken Materialproduzenten und der Unterstützung starker OEM besser Einfluss nehmen können. Eine nachhaltige EU-Batteriekreislaufwirtschaft erfordert somit entsprechend sichere, etablierte Marktstrukturen.

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. Generell gilt es den Transfer von Forschung zu Entwicklung bzw. Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen zu stärken.

Die unterschiedliche (produktions-)technische Reife und Leistungsfähigkeit von Hochenergie-Lithium-Ionen-Batterien (auf Basis von Flüssigelektrolyten) im Vergleich zu (sog. post-LIB oder beyond-LIB) Feststoffbatterien und sonstigen alternativen Batterietechnologien, welche sich zumeist noch in der Phase der Grundlagenforschung befinden, hat in den letzten Jahren deutlich gezeigt, dass diese mit unterschiedlichen Maßnahmen und Strategien adressiert werden sollten.

So sollten für State of the Art und optimierte Hochenergie-LIB **kurzfristige sehr hohe Investitionen zum Aufbau der zur kommerziellen Zellfertigung** nötigen Produktions- und Prozesskompetenzen getätigt werden. Dabei sollten Materialentwicklung und -verarbeitung, Prozesstechnik und Produktionsanlagen (stärkere Verzahnung mit dem Maschinenbau), Automatisierungstechnik, etc. integriert und skaliert (GWh-Bereich) weiterentwickelt werden und das Know-how in Form von Fachpersonal aufgebaut werden (Humankapital). Dabei müssen alle Forschungsfragen auf die Kostenreduktion der Batterie-kostenkomponenten (Material, Ausrüstung, Energieverbrauch, Ausschuss, Beschäftigte etc.) und dem Herausarbeiten eines Vorsprungs (Kosten und/oder Leistung) ausgerichtet sein, selbst wenn im Ergebnis lediglich ein Gleichziehen mit der asiatischen

Konkurrenz erreicht würde (denn auch dies würde eine Wettbewerbsfähigkeit bedeuten). Bestrebungen wie der Aufbau einer Forschungs(produktions)fabrik^{40, 41} sowie die Subventionierung einer dt. oder europäischen Zellfertigung in Milliardenhöhe (vgl. Bereich Industrie) stellen die äußersten möglichen Maßnahmen der öffentlichen FuE-Förderung dar. Die genannten Summen von 600 Mio € für eine Forschungsfabrik und 1 Mrd € Beihilfe für eine kommerzielle Zellfertigung sind dabei absolute Mindestbeträge, welche kurzfristig fließen und umgesetzt werden müssen, um entsprechende Erfahrung, Wissen und Wissensträger in den kommenden Jahren noch aufbauen zu können. Eine wettbewerbsfähige Zellfertigung kann also nur mit massiven Investitionen der Industrie aufgebaut werden.

Andererseits müssen dauerhafte, **langfristige Strategien** für eine ergebnisoffene Erforschung von alternativen und **zukünftigen Speichertechnologien** (post-LIB, beyond-LIB, Technologien jenseits der Batterien wie z. B. synthetische Kraftstoffe etc.) sowie Anwendungen außerhalb von Elektroautos umgesetzt werden, welche auch in den Zeitraum nach 2030 reichen. Dabei werden LIB anhand der Kosten und Leistungsparameter einen Benchmark darstellen, welchen es zumindest in bestimmten Aspekten (z. B. Kosten, Kreislaufführung von Rohstoffen, Lebensdauer etc.) zu übertreffen gilt, wenn solche Technologien die bis dahin ausgereiften Hochenergie-LIB in Elektroautos oder Technologien in anderen Anwendungen ablösen sollen.

Damit sollten aber auch unterschiedliche Evaluationsverfahren bei der öffentlichen Förderung angesetzt werden. Denn solche alternativen Technologien können folglich heute noch nicht mit den gleichen Alleinstellungsmerkmalen gemessen werden wie bereits in der Produktion befindliche LIB. Sicherlich sollten die Aspekte Produzierbarkeit und potenzielle Kosten solcher Technologien mitbedacht werden, jedoch sollten innovative Entwicklungen nicht behindert werden. Auch in der öffentlichen Darstellung sollten daher keine unrealistischen Erwartungen geweckt werden und der Status sowie Perspektiven solcher Technologien sorgfältig bewertet werden.

Deutschland hat sich in der Batterieforschung in den letzten Jahren zwar auf einem hohen Niveau etabliert, jedoch haben die Wachstumsraten (Publikationen, Patente) und damit auch der weitere Ausbau an Humankapital (Forscher) abgenommen. Mit einer kurz- bis mittelfristig stark intensivierten FuE-Förderung könnte Deutschland eine geschätzte Rolle als Innovator bei bestehenden Batterietechnologien einnehmen und mit einer dauerhaften Förderung auf hohem Niveau sich insbesondere als führende Forschungs nation bei vielen zukünftigen Technologien etablieren. Dies dürfte ohne eine solche Langfriststrategie und Förderung jedoch bedroht sein.

Schließlich sollte die Förderung noch deutlicher auf die **Stärkung aller mit der Batteriewertschöpfung verknüpften Forschungsfragen** ausgerichtet werden. Im Fall der Fahrzeugbatterien erstreckt sich der Forschungsbedarf von den Materialien, Komponenten, der Prozesstechnik und Produktionsanlagen von Zellen bis zur Modul-, Packherstellung und Systemintegration (BMS, Elektronik, Kühlung, Sicherheit). Letztlich können alle technischen, ökonomischen, ökologischen und gesellschaftlichen Einflussfaktoren erst aus der Perspektive einer Batteriekreislaufwirtschaft völlig verstanden und optimiert werden. Gleichzeitig wird sich die Elektrifizierung zukünftig auch jenseits der Pkw und Nutzfahrzeuge in unterschiedlichsten mobilen, industriellen und stationären (dezentralen) Anwendungen etablieren (Nischen-, Spezialmärkte aber auch Massenmärkte, welche oft einen signifikanten Anteil von Schadstoffen wie CO₂ und auch NO_x verursachen). Diese bringen unterschiedlichste Anforderungen (Nutzungsprofile) mit sich. Technologieübergreifende Vergleiche der künftig zu erwarteten Leistungsfähigkeit und eine bis auf Systemebene benötigte Gegenüberstellung mit den anwendungsspezifischen Anforderungen solcher unterschiedlichen Anwendungen fehlen heute noch – es fehlen sowohl vergleichbare Daten der i.d.R. unterschiedlich reifen Technologien als auch systematische Bewertungsmodelle, welche die Komplexität bis auf Systemebene und unter Berücksichtigung nicht technischer Einflussfaktoren erfassen.

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.

Deutschland und Europa setzen mit Blick auf eine heimische Zellfertigung aktuell bzw. in den kommenden Jahren offenbar auf eine deutlichere Industriepolitik. Denn tatsächlich dürften die kommenden etwa fünf Jahre die letzte Möglichkeit zum Einstieg in eine hochvolumige, wettbewerbsfähige europäische Zellfertigung darstellen.

So planen die fast ausschließlich asiatischen Hersteller aus China, Japan und Korea:¹⁵

- LG Chem (Standort Polen: aktuell bei rd. 5 GWh, Pläne ab/nach 2020 bei rd. 15 bis 24 GWh),
- Samsung SDI (Standort Ungarn: aktuell bei rd. 2,5 GWh, Pläne ab/nach 2020 bei rd. 15 GWh),
- SK Innovation (Standort Ungarn: Pläne ab 2020 bei rd. 7,5 GWh)⁴²,
- CATL (Standort Deutschland: Pläne ab 2020 bei rd. 14 GWh),
- AESC (Standort England: Bestand 2 GWh),
- sowie derzeit BYD⁴³ (CN), Panasonic (JP)⁴⁴, GS Yuasa (JP)⁴⁵, Farasis (USA)⁴⁶

in den kommenden Jahren von derzeit rd. 10 GWh Zellproduktionskapazität auf über 60 GWh bis ggf. 100 GWh und mehr an europäischen Standorten hochzuskalieren.

Die Pläne zum Aufbau einer dt./europäischen Zellfertigung haben sich in den letzten Jahren bereits mehrmals zerschlagen oder verzögert. Aktuell bestehen mehrere unterschiedlich konkrete Pläne und Konsortien:

- Northvolt (Standort Schweden: Pläne bis 2023: 32 GWh)⁴⁷
- TerraE (Standort: Deutschland, Pläne ab 2020 4 GWh, Mittelfristig 8 GWh)⁴⁸

- Saft (mit Siemens, Manz, Solvay; Standort Frankreich, Pläne (bzw. Schätzung) 2020 bis 2024: größer 10 GWh, um wettbewerbsfähig zu sein)⁴⁹
- Zellfertigung u. a. in der Lausitz gemeinsam mit Polen: „Altmaier-Pläne“⁵⁰ (1 Mrd € zur Förderung von bis zu drei Konsortien im Rahmen bis 2021, ab/nach 2021 könnten somit potenziell 10 bis 20 GWh je Konsortium, gesamt evtl. 30 bis 60 GWh aufgebaut werden)^{51, 52}

Somit könnten bis 2025 (bestenfalls) bis zu 60 oder 100 GWh Zellproduktionskapazitäten aus der Hand europäischer Hersteller aufgebaut werden, was insgesamt den in Europa entstehenden Bedarf kurz- bis mittelfristig decken könnte (um 2025 schätzen wir aktuell einen Bedarf von 200 bis 300 GWh in Europa). Allerdings schwingen stets die Bedenken mit, gegenüber den asiatischen Zellherstellern nicht wettbewerbsfähig werden zu können (vgl. Statement von Saft/ Total⁵³). Am konkretesten sind daher derzeit die Aktivitäten von Northvolt sowie ggf. die Ankündigung der BMZ-Gruppe bzgl. TerraE einzustufen. Für eine wettbewerbsfähige Zellproduktion wird bislang die Marke von 10 GWh angenommen (bei 130 bis 220 GWh Zellproduktionskapazitäten in 2017 etwa 5 bis 10 Prozent), um entsprechende Skaleneffekte, Marktmacht (z. B. bzgl. Zugang zu Batterierohstoffen und Komponenten) und Marktanteile zu erreichen. Mit dem Aufbau eines Angebots von 400 bis 800 GWh um 2020 und 1300 bis 1500 GWh um 2025 dürfte diese Grenze künftig bei 20 bis 80 bzw. langfristig bei über 100 GWh liegen.

Für die kommenden Jahre sind die Verträge allerdings bereits geschlossen und die OEM haben ihre Zulieferer qualifiziert. Hierzu zählen fast ausschließlich die global führenden Hersteller CATL, Panasonic, LG Chem, Samsung SDI, SK Innovation. Viele der kleineren, insbesondere chinesischen, Hersteller haben damit noch nicht den Sprung aus dem heimischen in globale xEV-Märkte geschafft. Es ist unwahrscheinlich, dass OEM künftig von europäischen Zellherstellern kaufen, falls diese keine vergleichbaren Preise bei mindestens der Qualität asiatischer Hersteller anbieten können.

Es sind daher zwei Szenarien denkbar: Entweder erfolgt eine Produktentwicklung und Optimierung gemeinsam mit OEM, wobei sich OEM z. B. an dem Ausbau der Produktion direkt beteiligen, um Design, Leistung, Qualität und Kosten der Zellen mitzubestimmen und die Lieferung mit Zellen sicherzustellen. Es könnte hieraus immer noch ein direkter Einstieg der OEM in eine Zellfertigung offengehalten werden. Dies sind Strategien wie sie VW, BMW, Daimler etc. verfolgen (können). Ein anderer Weg ist der Einstieg über den Markt für Konsumerzellen (beispielsweise TerraE/BMZ, teilweise Northvolt) und eine anschließende Optimierung bis diese auch für xEV tauglich sind.

Ob es der Industrie gelingt, eine global wettbewerbsfähige Zellfertigung aus dt./europäischer Hand in den wenigen noch verbleibenden Jahren aufzubauen und dabei neben den immensen nötigen Investitionen auch die bestehenden Defizite in der Beherrschung einer hochvolumigen Zellfertigung schnell genug auszugleichen, ist heute noch ungewiss. Anders als die bereits stattfindende Ansiedlung asiatischer Zellhersteller. Mit Blick auf diese gilt es eine Strategie, z. B. zur **Zusammenarbeit mit der europäischen Zulieferindustrie** (inkl. dem Maschinen- und Anlagenbau) zu entwickeln. Im chinesischen Markt zeigt sich, dass auch kleine und mittelgroße Material- und Komponentenzulieferer durchaus erfolgreich sein können und hohe Marktanteile erreichen. Dieser Teil der Batteriewertschöpfung stellt also durchaus interessante Einstiegsmärkte für den dt. oder europäischen Mittelstand dar. Mit hochperformanten Materialien und Komponenten könnte ein erfolgreicher Einstieg dann auch mit geringeren Investitionsvolumina im Vergleich zur Zellfertigung gelingen. Ein Plan B.

METHODIK UND INDIKATOREN

DEFINITION LEITMARKT UND LEITANBIETER

Ein erklärtes Ziel der Bundesregierung ist es bislang, 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 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.

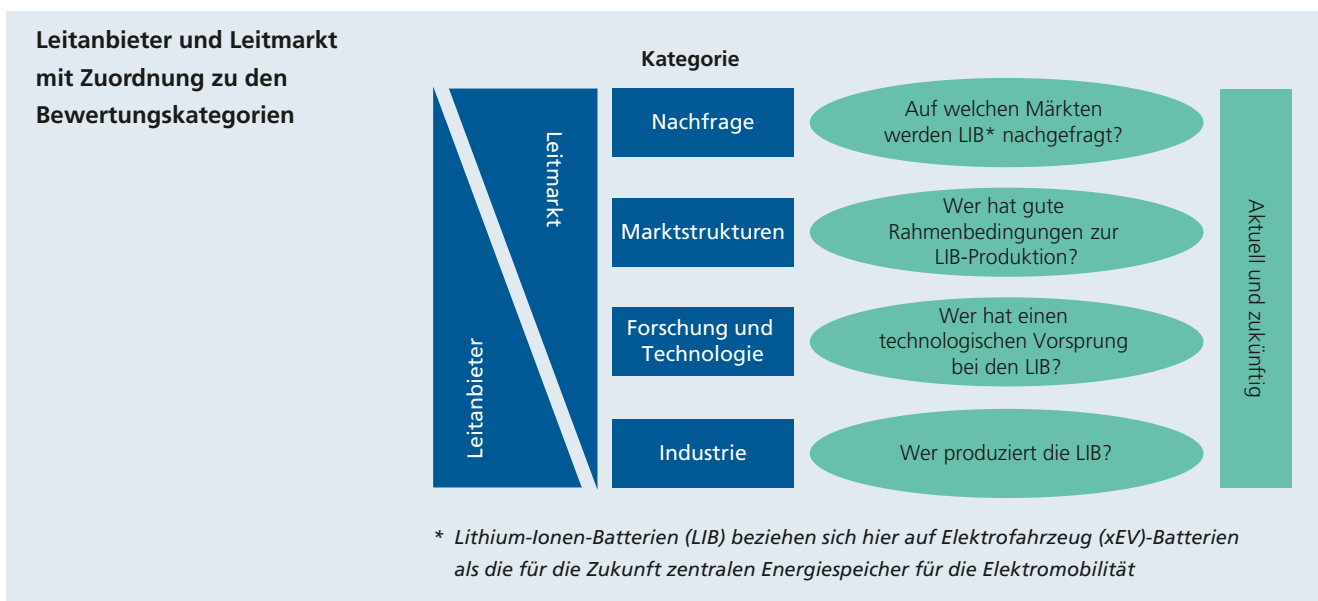
Forschung und Technologie

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 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 Energiespeicher-Monitoring 2018 (ebenso wie im Monitoring 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. 2017/2018) 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 Beise⁵⁴ 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

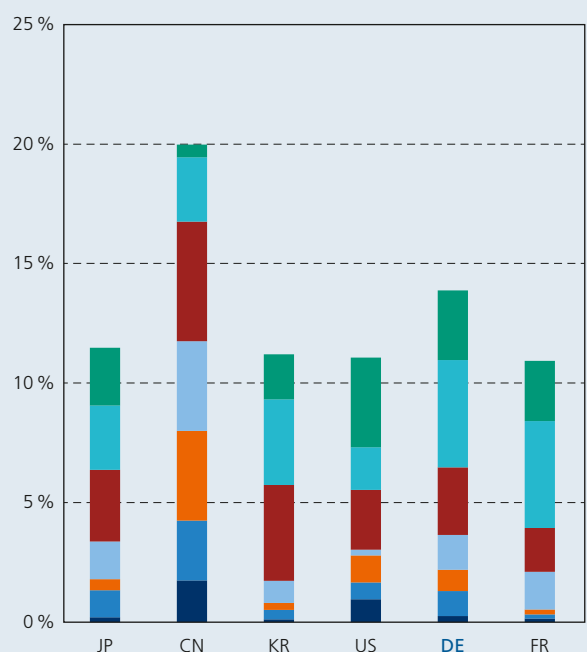
Zusammensetzung des Komposit-Indikators

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. China hat im Bereich Nachfrage im Vergleich zum Energiespeicher-Monitoring 2014 und 2016 aus einer abgeschlagenen Position heraus (damals führten die USA und Japan) aufgeholt und seine Führungsposition absolut gefestigt. Im Zeitraum 2015 bis heute hat sich China zu einem Leitmarkt und entsprechenden Nachfragemarkt für Elektroautos und Batterien entwickelt. Alle anderen Länder folgen mit großem Abstand, wobei Deutschland diese Gruppe aktuell anführt. Auch Variationen in der Gewichtung, die Nicht-Berücksichtigung einzelner Indikatoren oder eine Gleichgewichtung aller Indikatoren führen zu robusten Ergebnissen. Das Ranking der Länder Japan, Korea, USA, Frankreich kann sich mit einer anderen Gewichtung jedoch ändern, da diese Länder gleichauf liegen. Die Einzelindikatoren werden auf den Seiten 40 bis 47 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 (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 seit 2015 zu einem sprunghaften Absatz an Elektrofahrzeugen geführt (in 2017 574 000 Elektro-Pkw und 16,5 GWh der 36 GWh Batterienachfrage nach xEV; zudem bis zu 25 GWh Nachfrage aus dem Bereich der E-Busse, sonstiger Nutzfahrzeuge, E-Bikes etc.). Damit erschließt China weiterhin sein enormes inländisches Marktpotenzial (2017 rd. 25 Mio Pkw bzw. 29 Mio inkl. der Nutzfahrzeug-Neuzulassungen). Die inländische xEV-Produktion, der sich hieraus ergebende LIB-Bedarf ebenso wie die Prognose für die nächsten Jahre lassen China damit seine Führungsposition weiter ausbauen.

Deutschland

Deutschland führt die Länder im Bereich Nachfrage nach China an und nimmt Rang 2 ein. Deutschland trägt zwar nur mit 2,5 GWh Batterienachfrage bei, jedoch produzieren deutsche OEM etwa ebenso viele BEV und besonders PHEV wie die OEM in den USA. Besonders bei den Marktanzreizprogrammen punktet Deutschland mit einem vergleichsweise hohen Verhältnis der Ladestationen zu xEV und auch bei umweltpolitische Regulierungsmaßnahmen liegt Deutschland vorne. Gegenüber 2014 und 2016 hat sich Deutschland insgesamt im Bereich der 15 Prozentpunkte halten können.

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 (rd. 9 GWh in 2017) im eigenen Land (besonders durch verkaufte BEV von Tesla mit hoher Batteriekapazität). Bei der inländischen Produktionsprognose für Elektrofahrzeuge bis zum Jahr 2019 liegen die USA etwas vor Deutschland, allerdings liegen beide Länder bereits weit hinter China (betrachtet wird die Produktion und nicht der Absatz im Land!). Die USA liegen allerdings insgesamt vergleichbar mit allen anderen Ländern auf einem Niveau. Würde

der Bezug nicht nur auf Elektro-Pkw liegen, sondern auch Nutzfahrzeuge einbezogen (ein deutlich größerer Markt für die USA), so würden die USA deutlich besser abschneiden und die weiteren Länder im Ranking vor Deutschland eher anführen.

Korea und Japan

Korea hat im Vergleich zu den anderen Ländern wie Japan relativ spät mit der Einführung von Marktanzreizprogrammen begonnen, liegt aber dank dieser sowie seiner umweltpolitischen Regulierungsmaßnahmen in 2018 mit Japan, den USA und Frankreich gleichauf. Eine Auswirkung auf die inländische Produktion von Elektrofahrzeugen ist anhand hoher HEV-Produktionszahlen zu beobachten. Dennoch liegt Korea diesbezüglich und auch mit Blick auf die Produktionsprognose 2019 hinter Japan (Japan liegt durch seine HEV-Produktion bei den xEV-Produktionszahlen in 2017 noch fast mit China gleichauf, bezogen auf BEV/PHEV liegt Japan hier aber hinter Deutschland und den USA). Auch der Bedarf an LIB ist bei Korea etwa halb so groß wie in Japan. Korea verfolgt wie auch Japan eine stark exportorientierte Strategie (insbesondere für LIB).

Frankreich

In Frankreich führen die starken umweltpolitischen Regulierungsmaßnahmen, Marktanzreizprogramme und die zuletzt wieder wachsende Pkw Produktion zu einer Position ähnlich der USA, Japans und Koreas.

INDIKATOREN DER KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN

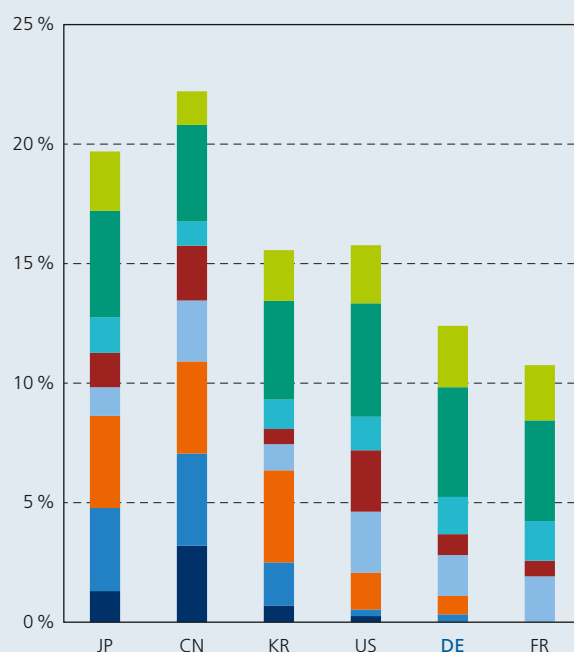
Zusammensetzung des Komposit-Indikators

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

Bislang (Monitoring 2014 und 2016) führte Japan noch im Bereich Marktstrukturen. In 2018 haben Japan und China jedoch ihre Position vertauscht. Im Mittelfeld liegen Korea und die 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 bei einander liegen, kann es hier bei starken Änderungen der Gewichtung zu Verschiebungen im Ranking kommen. Beispielsweise würde Korea bei einer höheren Gewichtung der Unternehmensgröße und Abdeckung der Wertschöpfungskette vor den USA landen und die USA sich bei einer höheren Gewichtung der Produktion und dem Handel von Rohstoffen sowie dem Recycling weiter vorne platzieren. Die Einzelindikatoren sind auf den Seiten 48 bis 55 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 2017 (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

China

China nimmt im Bereich der Marktstrukturen mittlerweile vor Japan den ersten Platz ein. Durch die hohe Dynamik in der Nachfrage und ebenso den enormen Aufbau an Batterieproduktionskapazitäten (Bereich Industrie) konnten sich neue Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette etablieren. Insbesondere zahlreiche im Vergleich zu Japan und Korea meist kleinere Firmen konnten sich seit 2016 im Wachstumsmarkt für Batterien und Elektromobilität China aufstellen. Eine Stärke von China im Bereich der Marktstrukturen ist weiterhin der Rohstoffzugang (Produktion) im eigenen Land und die Abdeckung der gesamten Wertschöpfungskette. Es bestehen weiterhin spezifische Schwächen hinsichtlich der Umweltbewertung und Regierungsführung, welche die Position Chinas hier aber nicht beeinflussen.

Japan

Japan liegt im Bereich Marktstrukturen nun knapp hinter China. Ein wichtiger Vorteil ist zwar immer noch der reife Markt, gekennzeichnet durch weiterhin viele 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 passt zu dem reifen Markt für Batterien und zur Forschungsstärke Japans.

Korea

Korea nimmt hinsichtlich der Marktstrukturen eine stabile Position im Mittelfeld ein. Im Vergleich zu China und Japan sind deutlich weniger, aber große Firmen am Markt aktiv. Im Bereich der Komponenten versuchen sich einzelne neue kleinere Akteure zu etablieren. Korea ist insbesondere mit seinen Zellherstellern sehr gut aufgestellt. Eine weitere Stärke Koreas ist 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 sondern beschränkt sich auf Separatoren und Zellhersteller. Die USA gleichen dies an anderer Stelle z. B. durch starke Patentaktivitäten im Bereich Recycling aus und halten sich somit vor Deutschland und Frankreich.

Deutschland

Deutschland nimmt weiterhin eine Spitzenposition hinsichtlich Regierungsführung ein, liegt bei allgemeiner Wettbewerbsfähigkeit hinter den USA und im Umweltindikator hinter Frankreich. Im Vergleich zu den asiatischen Ländern kann Deutschland die Bereiche Elektrolytmaterialien 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. 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, wobei mit dem nun anziehenden Markthochlauf das Zeitfenster für den Aufbau der Marktstrukturen immer enger wird. 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 mind. 1 Prozent Marktanteil auf keiner der Stufen mehr abgedeckt. Frankreich schneidet hinsichtlich der allgemeinen politischen Rahmenbedingungen und Umweltfaktoren (hier weiter führend) ähnlich gut wie die allgemein führenden Länder ab.

INDIKATOREN DER KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

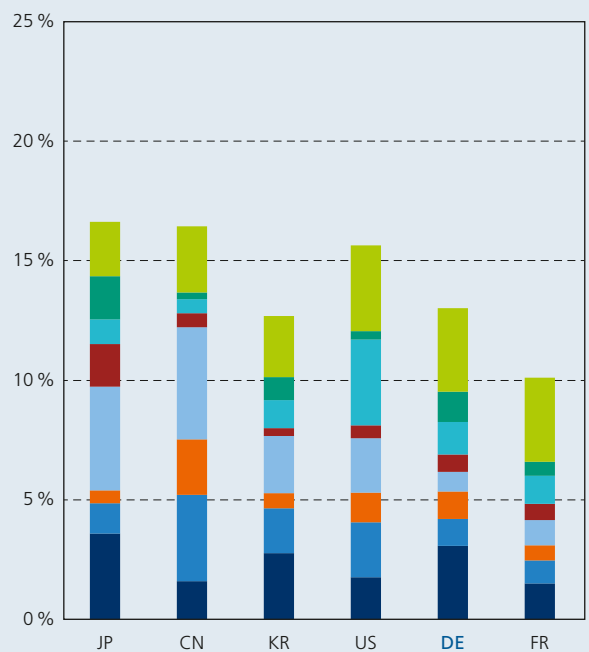
Zusammensetzung des Komposit-Indikators

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, Chinas und der USA. Es folgen Deutschland und Korea als zweite Gruppe sowie schließlich Frankreich auf dem letzten Platz. Gegenüber 2014 und 2016 zeigt sich eine zunehmende Annäherung der Länder zueinander. Gegenüber 2014 musste auf Grund fehlender Daten in 2016 und 2018 auf zwei Indikatoren verzichtet werden, die Ergebnisse zeigen sich aber auch bei Nicht-Berücksichtigung einzelner Indikatoren weitgehend robust. Durch die Annäherung der Länder liegen Japan und China gegenüber Frankreich jedoch nur noch etwa 6 Prozentpunkte auseinander. Eine starke Änderungen der Gewichtung oder Vernachlässigung von einzelnen Indikatoren kann daher zu Verschiebungen in der Art führen, dass die drei Ländergruppen verwischen und die Länder in der Reihenfolge Japan, China, USA, Deutschland, Korea, Frankreich sukzessive abfallen. Die Einzelindikatoren sind auf den Seiten 56 bis 64 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

Japan teilt sich die führende Position in der Kategorie Forschung und Technologie mittlerweile mit China sowie dicht gefolgt den USA. Zwar zeigt Japan ein langfristig ausgerichtetes politisches Engagement sowohl hinsichtlich der Elektromobilität als auch hinsichtlich Lithium-Ionen-Batterien, jedoch hat die Höhe der zwar kontinuierlichen öffentlichen Batterie-Förderung (insbesondere durch NEDO) von Jahr zu Jahr abgenommen. Es zeigen sich zwar weiterhin hohe FuE-Anstrengungen der Unternehmen, die Dynamik in der anwendungsnahen Batterieentwicklung (Patentanmeldungen) stagniert jedoch.

China

China verfügt über ein enormes Humankapitel und zeigt eine ungebrochene und sehr hohe wissenschaftliche Aktivität (Publikationen). Die technologischen Aktivitäten (Patentanmeldungen) zeigen weiterhin eine hohe Dynamik, sodass China in den kommenden Jahren zunehmend zu Japan aufschließen dürfte und die weiteren Länder hinter sich lässt.

USA

Die USA weisen spezifische Stärken in der mittlerweile stärksten Förderung der Forschung und Entwicklung von (insbesondere disruptiven) Batterietechnologien auf (also Technologien, welche in mindestens einem Leistungsparameter wie z. B. der Energiedichte ganz wesentliche Verbesserungen gegenüber heutigen Lithium-Ionen-Batterien aufweisen). Der Anteil der Unternehmen an FuE wird allerdings (wie in China) durch die hohe Aktivität, z. B. bei Publikationen, verwässert. Die FuE-Dynamik liegt zwar deutlich hinter China aber vor einigen anderen Ländern wie Japan und Deutschland. Die hohen wissenschaftlichen Aktivitäten (Publikationen) und aufgebautes Humankapital (insbesondere Universitäten) verhelfen den USA zu einer Position dicht hinter China und Japan.

Korea

Korea konnte mit seinen massiven angekündigten Fördermaßnahmen (insbesondere mit Bezug auf Materialstrategien und Batterieproduktion) als „second mover“ (vgl. Energiespeicher-Monitoring 2014 und 2016) in der Kategorie Forschung und Technologie nicht mithalten und fällt in das Mittelfeld mit Deutschland hinter Japan, China und den USA. Zwar werden das politische Engagement und die FuE-Anstrengungen der Unternehmen (d. h. großen Konglomerate) weiterhin hoch eingestuft, jedoch fällt Korea bei seinen technologischen Aktivitäten (Patentanmeldungen) bzgl. der Anteile hinter Japan und bzgl. der Dynamik hinter China zurück.

Deutschland

Deutsche Unternehmen spielen weiterhin eine relativ aktive Rolle mit hohen FuE-Anstrengungen. Auch Humankapital konnte durch die Forschungsförderung der letzten Jahre klar aufgebaut werden, jedoch lässt die Dynamik (insbesondere bei Patentanmeldungen) nach und droht weiter zu stagnieren. Die bereits etablierte und stabilisierte kontinuierliche Förderung wird daher zukünftig sicherlich nicht ausreichen und sollte deutlich angehoben werden. Dies gilt insbesondere mit Blick auf die nur noch wenigen verbleibenden Jahre sich in der Batterieproduktion wettbewerbsfähig zu positionieren. Zudem muss langfristig weiteres Humankapital zusammen mit dem Wachstum der Batterieproduktion (wenn auch ggf. aus asiatischer Hand) und mit Diffusion der Elektromobilität aufgebaut werden.

Frankreich

Frankreich bildet insgesamt und auch anhand der meisten 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

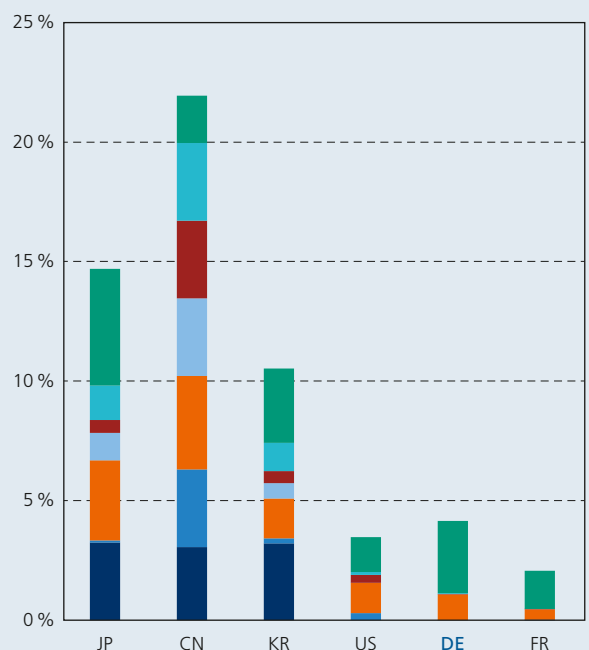
Zusammensetzung des Komposit-Indikators

Die Kategorie Industrie analysiert die industriellen Rahmenbedingungen innerhalb der Länder anhand von sieben Indikatoren (siehe Abbildung). Die Indikatoren beschreiben u. a. die Produktion und Produktionsprognose für Zellen sowie das Potenzial zur Deckung des Eigenbedarfs an Lithium-Ionen-Batterien, die Struktur der Wertschöpfungskette, den Absatzmarkt im eigenen Land, Weltmarktanteile und zeigen die Exportorientierung der Länder anhand der Anzahl von Lieferverträgen auf. 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 wurde bereits 2016 durch China eingeholt. China nimmt 2018 im Bereich Industrie nun die absolute Führungsposition ein. Hohe Wachstumsprognosen (Komponenten, Zellproduktion, Absatzmarkt) der letzten Jahre wurden nun in hohe Marktanteile umgesetzt. China führt nahezu über alle Indikatoren hinweg und erreicht ähnlich wie im Bereich Marktstrukturen deutlich über 20 der 25 möglichen Prozentpunkte. Japan und Korea folgen nun bereits deutlich abgeschlagen, wobei Japan durch eine hohe Zahl an Lieferverträgen sowie relativ höhere Wachstumsprognosen für die Zellproduktion noch vor Korea führt. Durch eine andere Gewichtung könnten sich Japan und Korea auch weiter annähern, jedoch würde China den Abstand zu Japan und Korea dann noch vergrößern. Die USA, Deutschland und Frankreich folgen wiederum mit Abstand gegenüber den Asiaten. Das Gesamtbild ist auch bei Variationen in der Gewichtung weitestgehend robust. Die Ausnahme sind die USA, Deutschland und Frankreich, die ohne Berücksichtigung der Wachstumsprognosen aktuell noch deutlich schlechter abschneiden würden und in der genannten Reihenfolge von wenigen bis auf fast Null Prozentpunkte im Fall Frankreichs abfallen würden. Die Einzelindikatoren werden auf den Seiten 65 bis 71 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 in 2016 bis 2018 weiter ausgebaut. Der resultierenden großen sowie schnell wachsenden Nachfragen auch nach inländisch produzierten LIB-Zellen hat China massive Produktionskapazitäten gegenübergestellt. In diesem Kontext wurden bis Ende 2017 bis zu 175 GWh Zellproduktionskapazitäten (neben Pkw auch für Elektro-Busse, -Räder etc.) in China aufgebaut, mit weiter wachsender Dynamik in den kommenden Jahren (bis zu 665 GWh alleine bis 2020). China kann damit trotz Ansiedlung koreanischer und japanischer Zellhersteller den Eigenbedarf im Land abdecken und wird in den kommenden Jahren massiv in die Weltmärkte drängen (besonders CATL, BYD). Lieferverträge mit ausländischen OEM werden bereits aufgebaut, der heimische Absatzmarkt für Komponenten wächst entsprechend mit und die globalen Marktanteile entlang der Wertschöpfungskette liegen i.d.R. bei 40 bis 70 Prozent.

Japan

Japan liegt mittlerweile deutlich hinter China auf Platz 2. Stärken liegen weiterhin in der inländischen Zellproduktion und breit aufgestellten Lieferbeziehungen zwischen Komponenten-, Zell- und Automobilherstellern. Allerdings liegen die weltweiten Marktanteile für Zellen und Komponenten nur noch bei 15 bis 30 Prozent (Zellen & Kathodenmaterialien rd. 15 Prozent, Anoden- und Elektrolytmaterialien über 25 Prozent und Separatoren über 50 Prozent). Japan punktet somit noch durch seine industriellen Strukturen sowie die Exportorientierung. Beides holt China aktuell auf und bedroht damit Japan und Korea gleichermaßen.

Korea

Die Stärken Koreas als aktuell 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 bei Separatoren auf. Allerdings liegen die welt-

weiten Marktanteile aktuell nur im Bereich der Zellen über 25 Prozent und der Kathodenmaterialien über 10 Prozent ansonsten unter 10 Prozent (Separatoren) oder im Bereich einzelner Prozente. Durch den geringen Absatz im eigenen Land sowie die geringeren Marktanteile bei Komponenten und Zellen in 2017 erklärt sich der Abstand zu Japan und China. Die koreanischen Zellhersteller LG Chem, Samsung SDI und SKI bauen jedoch in den kommenden Jahren ihre Produktionskapazitäten an Standorten in den USA, China und Europa weiter aus.

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 LIB-Komponenten. 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 LIB mit heimischer Produktion zu decken.

Deutschland

Deutschland kann in der Kategorie Industrie lediglich bei den Lieferverträgen der OEM punkten. Ausländische Zellhersteller wie CATL werden erst künftig in Deutschland produzieren. 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 (z. B. kämpfen die BASF und das JV BASF Toda um den Erhalt und Ausbau des rd. 1 Prozent Marktanteils bei Elektrolyt- und Kathodenmaterialien).

Frankreich

Frankreich belegt in der Gesamtbetrachtung dieser Kategorie daher weiterhin den letzten Rang.

Für 30 Indikatoren wurden länderübergreifend Daten erhoben, sodass die im Bereich „Energiespeicher für die Elektromobilität“ derzeit führenden sechs Länder

- Japan,
- Korea,
- China,
- USA,
- Deutschland und
- Frankreich

anhand vergleichender Kennzahlen bewertet werden können.

Jeweils sieben oder acht der 30 Indikatoren sind den vier Leitanbieter- und Leitmarktkategorien zugeordnet (vgl. Indikatorenverzeichnis). Jeder Indikator wird auf den folgenden Seiten wie folgt näher erläutert:

- Ziel des Indikators
(Was ist Ziel und was beschreibt der Indikator?)
- Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage
(Welche Datenquellen wurden verwendet, wie wurde der Indikator berechnet und wie wurde er für die Kompositindikatoren normiert?)
- Ergebnis und Interpretation
(Welches Ergebnis zeigt sich im Ländervergleich und wie lässt es sich interpretieren?)

INDIKATORENVERZEICHNIS

KATEGORIE NACHFRAGE

INDIKATOR 1:	AKTUELLER LIB-BEDARF	40
INDIKATOR 2:	INLÄNDISCHE PRODUKTION XEV	41
INDIKATOR 3:	INLÄNDISCHE PRODUKTIONSPROGNOSE XEV	42
INDIKATOR 4:	MARKTGRÖSSE UND -DYNAMIK	43
INDIKATOR 5:	MARKTANREIZPROGRAMME	44
INDIKATOR 6:	UMWELTPOLITISCHE PKW-REGULIERUNGSMASSNAHMEN	46
INDIKATOR 7:	PRO-KOPF-EINKOMMEN (KAUFKRAFT)	47

KATEGORIE MARKTSTRUKTUREN

INDIKATOR 8:	ANZAHL UNTERNEHMEN 2017 (MIT MEHR ALS EINEM PROZENT MARKTANTEIL)	48
INDIKATOR 9:	UNTERNEHMENSGRÖSSE	49
INDIKATOR 10:	ABDECKUNG DER WERTSCHÖPFUNGSKETTE IM LAND	50
INDIKATOR 11:	PRODUKTION UND HANDEL VON ROHSTOFFEN	51
INDIKATOR 12:	RECYCLING	52
INDIKATOR 13:	ENVIRONMENTAL PERFORMANCE INDEX (UMWELTINDIKATOR)	53
INDIKATOR 14:	GLOBAL COMPETITIVENESS INDEX (GENERELLE TECHNOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT)	54
INDIKATOR 15:	WORLDWIDE GOVERNANCE INDICATORS (QUALITÄT DER REGIERUNGSFÜHRUNG/STABILITÄT)	55

KATEGORIE FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE

INDIKATOR 16:	FuE-ANTEIL DER UNTERNEHMEN	56
INDIKATOR 17:	AUSBILDUNG/FACHKRÄFTE	57
INDIKATOR 18:	PUBLIKATIONEN	58
INDIKATOR 19:	PATENTE	59
INDIKATOR 20A:	POLITISCHE ZIELE	60
INDIKATOR 20B:	FRISTEN DER MASTERPLANUNG	61
INDIKATOR 21:	(ÖFFENTLICHE) LIB/BATTERIE-FORSCHUNGSFÖRDERUNG	62
INDIKATOR 22:	VERHÄLTNIS FUE-INTENSITÄT PRIVAT/ÖFFENTLICH	63
INDIKATOR 23:	ZIELVORGABEN BEZÜGLICH DER BATTERIEPARAMETER	64

KATEGORIE INDUSTRIE

INDIKATOR 24:	INLÄNDISCH (REAL) PRODUZIERTE ZELLEN UND POTENZIAL DER EIGENBEDARFSDECKUNG	65
INDIKATOR 25:	PRODUKTIONSPROGNOSE FÜR INLÄNDISCHE ZELLPRODUKTION BIS 2020	66
INDIKATOR 26:	ANZAHL AN LIEFERVERTRÄGEN	67
INDIKATOR 27:	GRÖSSE DES ABSATZMARKTES FÜR KOMPONENTEN UND BATTERIEN IM EIGENEN LAND	68
INDIKATOR 28:	PRODUKTIONSKAPAZITÄT AN ZELLEN FÜR PKW-ANWENDUNGEN DES LANDES	69
INDIKATOR 29:	MARKTANTEILE IN WELTMÄRKTEN FÜR ZELLEN UND KOMPONENTEN	70
INDIKATOR 30:	WACHSTUM DES WELTMARKTANTEILS FÜR ZELLEN UND KOMPONENTEN	71

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 2017 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. 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 Produktions-

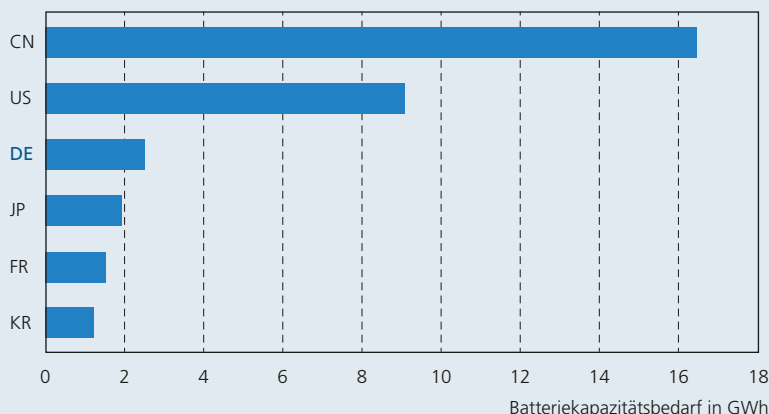
standorten zugeordnet. Berücksichtigt werden alle Serienfahrzeuge mit den Antriebstechnologien Hybrid (HEV)⁵⁵, Plug-in-Hybrid (PHEV) oder rein elektrisch (BEV). Da eine LIB aus einer unterschiedlichen Anzahl von Batteriezellen bestehen kann, wird die Gesamtkapazität der Batterie nicht in Anzahl der Zellen, sondern in Kilowattstunden (kWh) angegeben und als Basis-einheit für den Vergleich der Länder genutzt. Die verwendeten Absatzzahlen stammen vom Branchenportal MarkLines²⁷ und weiteren Quellen. Verwendet wurde die In-House-Datenbank des Fraunhofer ISI²⁶.

Ergebnis und Interpretation

Die größte Nachfrage nach LIB bestand im Jahr 2017 in China (16,5 GWh), welches die USA (9,1 GWh) mit deutlichem Abstand überholt hat. Die Reihenfolge von China und USA hat sich damit im Vergleich zu den Energiespeicher-Monitoring-Ausgaben 2014 und 2016 vertauscht, sodass China nun auf dem ersten Platz liegt. Elektro-Busse werden in China nicht berücksichtigt, andernfalls würde die Nachfrage hier nochmals deutlich höher ausfallen. Die Nachfrage in den USA korreliert weiterhin stark mit der Nachfrage durch Tesla. Auf Platz 3 folgt Deutschland mit einer

Nachfrage von 2,5 GWh, Japan liegt mit 1,9 GWh Nachfrage auf Platz 4, Frankreich folgt mit 1,5 GWh auf Platz 5, und Korea liegt mit 1,2 GWh auf dem letzten Platz. Die Nachfragen haben sich in allen betrachteten Ländern stark erhöht. Absolut betrachtet liegen Deutschland, Japan, Frankreich und Korea in einer ähnlichen Größenordnung, während sich die USA und China mittlerweile sehr weit abgesetzt haben. Für die Jahre 2018 und 2019 ist eine weitere Verfestigung dieser Positionen zu erwarten mit weiterhin sehr hohen Wachstumsraten.

Kapazitätsbedarf an LIB für xEV im Jahr 2017



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 2017 weltweit verkauften Elektrofahrzeuge nach ihren Produktionsstandorten ausgewertet (siehe Indikator 1, Fraunhofer ISI 2018²⁶). 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

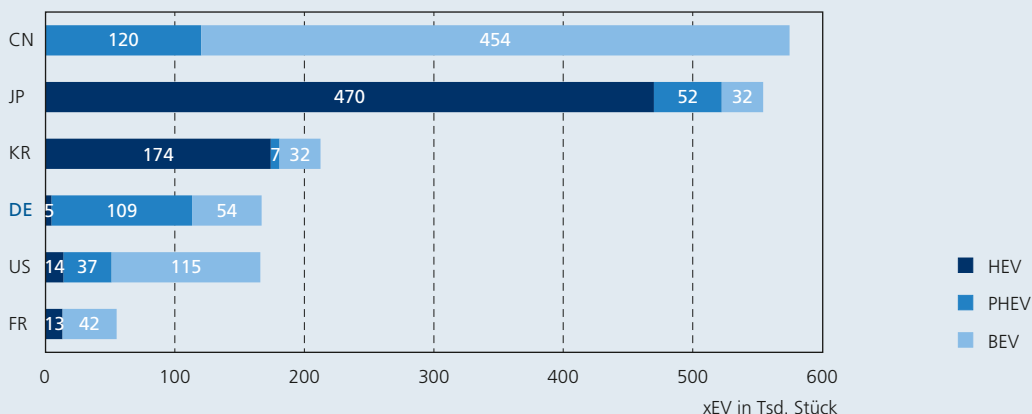
wurden die Fahrzeugmodelle dann entsprechend ihrer Antriebstechnik in Hybrid (HEV)⁵⁵, Plug-in-Hybrid (PHEV) und rein elektrische Fahrzeuge (BEV) unterteilt. Zur Bewertung des Indikators wurde eine Gewichtung der Antriebsarten vorgenommen, die der spezifischen Batteriekapazität der Fahrzeuge Rechnung 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

China hat Japan überholt und führt die Rangliste mit einer Summe von ca. 575 000 produzierten Elektrofahrzeugen, in welchen LIB verbaut sind, an. Japan liegt mit ca. 554 000 produzierten Elektrofahrzeugen eng dahinter auf Platz zwei. Besonders prägnant sind hier die großen Unterschiede im Mix der Antriebsarten: Während in Japan hauptsächlich Hybridfahrzeuge (HEV) produziert werden, dominieren in China rein elektrische Fahrzeuge (BEV). Die Trends, welche sich bereits 2015 beobachten ließen, setzen sich hiermit fort, wobei in China die Dominanz von BEV noch einmal ausgebaut wurde. In Korea, welches mit

ca. 212 000 produzierten Fahrzeugen auf dem dritten Platz folgt, zeichnet sich ein ähnlicher Mix wie in Japan ab, also ein hoher Anteil an HEV, während PHEV und BEV eher vernachlässigt werden. Deutschland und die USA liegen mit je 167 000 bzw. 166 000 produzierten xEV wie schon im Jahr 2015 weiterhin fast gleichauf. Im deutschen Mix dominieren PHEV, während BEV proportional gesehen im Vergleich zu 2015 deutlich zurückgefallen sind. Die USA haben weiterhin nicht zuletzt durch Tesla einen sehr hohen Anteil an BEV. Frankreich liegt mit rund 55 000 produzierten xEV abgeschlagen auf dem letzten Platz.

Produktion von xEV im Jahr 2017



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 2017 sind der In-house-Datenbank des Fraunhofer ISI 2018²⁶ entnommen. Die Produktionsprognose für 2018 wird wie folgt hergeleitet: Mit der Annahme, dass die Monate Oktober bis Dezember stets die absatzstärksten Monate eines Jahres darstellen, wurden die bis September 2018 tatsächlich produzierten xEV ermittelt (aus MarkLines 2018²⁷ sowie weiteren Quellen) und auf das gesamte Jahr 2018 hochgerechnet. Eine Plausibilisierung der Ergebnisse erfolgte anhand aktueller Marktstudien und Presse-

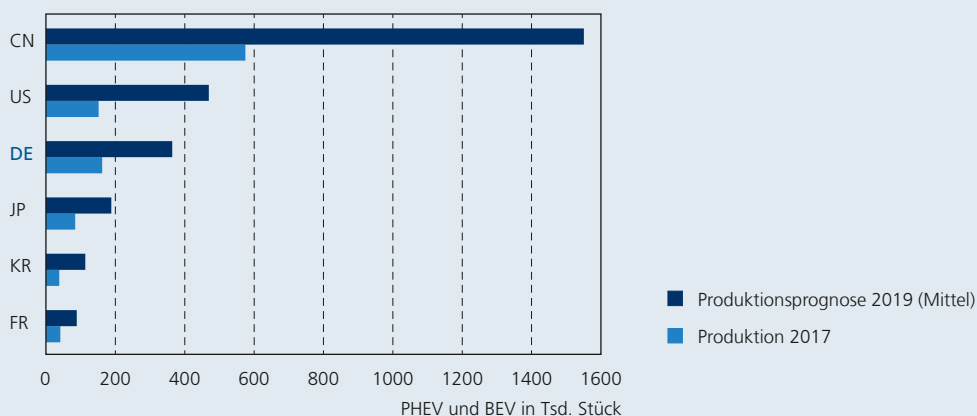
mitteilungen. Für 2018 ist demnach mit etwa 2,0 Mio PHEV und BEV zu rechnen. Für 2018 wurde mit dem gleichen Wachstum wie 2017 zu 2018 fortgeschrieben. Die Unschärfe der sich ergebenden Prognose könnte durchaus bei +/- 10 Prozent liegen. Durch die Kombination mit den Daten zur Produktion in 2017 (siehe Indikator 2) können Schlüsse gezogen werden, mit welchen Verschiebungen in der Produktionsstruktur zwischen den Ländern zukünftig zu rechnen ist. In den Komposit-Indikator geht für Indikator 3 die Produktionsprognose ein.

Ergebnis und Interpretation

Hinsichtlich der PHEV- und BEV-Produktion lag China 2015 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 2019 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 (2017) und Produktionsprognose für PHEV und BEV (2019)



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

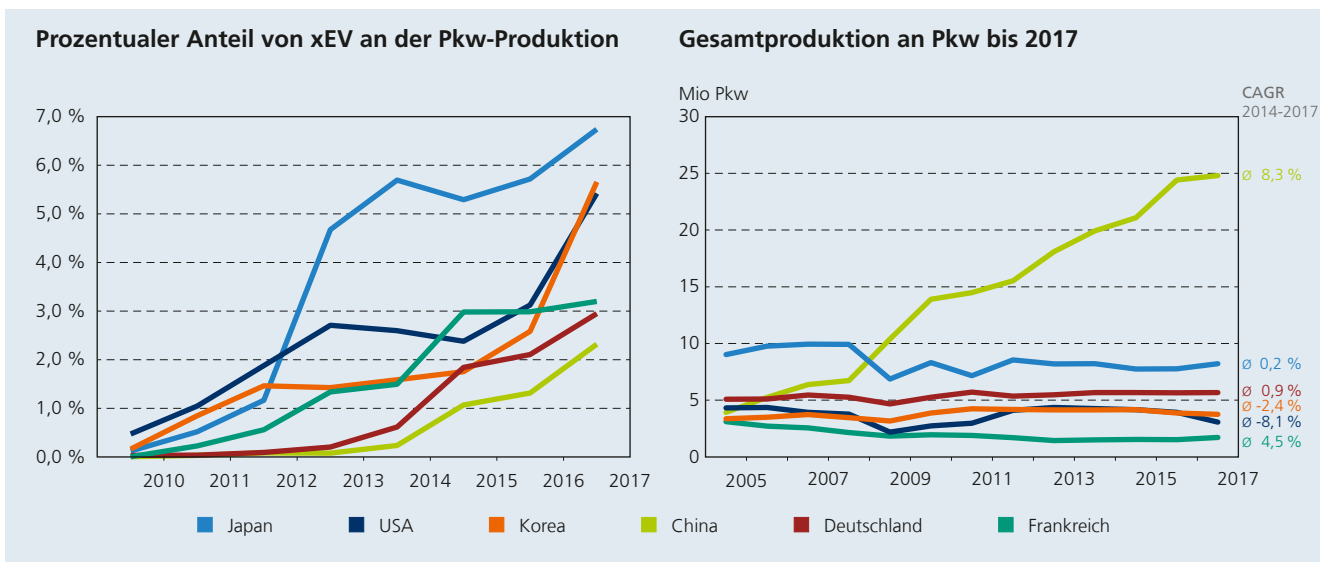
Der Indikator Marktgröße und -dynamik setzt sich aus zwei Messgrößen zusammen, welche gleichgewichtet eingehen. Zum einen wird die Gesamtproduktion von Pkw ab dem Jahr 2005 bis 2017 in den sechs Ländern betrachtet (auf Basis MarkLines 2018²⁷ und der In-house-Datenbank des Fraunhofer ISI 2018²⁶, siehe Abbildung unten rechts). Ergänzend wird das durchschnittliche Marktwachstum von 2014 bis 2017 von Pkw als Indikator für die

Dynamik verwendet. Die Abbildung unten links zeigt ergänzend den prozentualen Anteil der xEV (HEV, PHEV und BEV, jeweils ohne NiMH-Batterien) 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 hat sich seit 2015 nochmal um 4 Mio gesteigert und liegt mit 25 Mio Fahrzeugen deutlich oberhalb aller anderen betrachteten Länder. Auch die Absolutzahl in China produzierter xEV liegt mit 575.000 Stück an der Spitze

des Rankings, allerdings fällt China durch die stark wachsende Pkw-Produktion insgesamt mit den xEV Anteilen in Prozent (2,3 %) gegenüber der anderen Länder zurück. Neben der xEV-Diffusion wächst also auch der Absatzmarkt insgesamt in China. Die hohen xEV-Anteile Japans und Koreas sind auf die große Zahl der produzierten HEV zurückzuführen. Für die USA zeigt sich ein Rückgang der Pkw-Produktion im Betrachtungszeitraum, was den xEV-Anteil zusätzlich verstärkt (gegenüber dem Monitoring 2016 sind hier nur Pkw und keine „Nutzfahrzeuge“ wie Pick-ups berücksichtigt, ansonsten würde sich der xEV-Anteil reduzieren).



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 (quantitativ). Bei Kategorie I und IV werden die Länder quantitativ auf Basis von Kaufprämien und installierten Ladestationen im Verhältnis zu xEV verglichen. Für Kategorie I wurden Annahmen zu entsprechenden Durchschnittswerten gewählt, da die konkreten Subventionen von Faktoren wie Reichweite, CO₂-Ausstoß, Verkaufszahl und Ähnlichem abhängen. Kategorie IV beleuchtet quantitativ das Verhältnis der Anzahl öffentlich verfügbarer

Ladestationen zur Anzahl der im Zeitraum 2010 bis 2017 verkauften BEV und PHEV. Aufgrund dessen, dass öffentliche Ladestationen regelmäßig durch BEV, jedoch nur selten durch PHEV genutzt werden, werden letztere nur mit 20 Prozent ihrer Gesamtzahl berücksichtigt. Die Bewertung von Kategorie II und III ist schwieriger, da sich 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 nicht einfach pauschal quantifizieren lassen. Die Bewertung bzw. Gewichtung der sechs Länder untereinander erfolgt in diesen zwei Kategorien nach einem dreiteiligen Ranking der Spitzengruppe, der Mittelgruppe und der Schlussgruppe.

Ergebnis und Interpretation

Kategorie I/Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ): Die USA führen das Ranking an, gefolgt von Korea. China kürzt die Subventionen graduell und ist daher auf den dritten Platz zurückgefallen. Es folgen Frankreich, Deutschland (welches von den erhöhten Prämien profitiert) und auf dem letzten Platz Japan. 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, die USA befinden sich in der Mittelgruppe, Japan, Deutschland und Frankreich bilden die Schlussgruppe. Kategorie IV/Infrastrukturausbau (quantitativ): Deutschland hat das beste Verhältnis von Ladestationen zu xEV, gefolgt von Japan, Korea, China, und mit größerem Abstand Frankreich und den USA.

Länderübersicht in Kategorie I und II von möglichen Marktanziehe

Land	Kategorie I: Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ, in Euro), [Rang]	Kategorie II: Indirekte Steuerbefreiungen für den privaten Erwerb (qualitativ), [Rang]
China	BEV: 5304 €, PHEV: 3031 € [3] ⁵⁶	Umfassende Anreize als Teil des „NEV Policy Support System“, [1] ⁶²
Deutschland	BEV: 4000 €, PHEV: 3000 € [5] ⁵⁷	Steuervorteile u. a. bei Kfz- und Einkommenssteuer, [2] ⁶³
Frankreich	BEV: 6000 €, PHEV: 1000 € [4] ⁵⁸	Steuervorteile in der Dienstwagen- und Zulassungsbesteuerung, [2] ⁶⁴
Japan	BEV: 3500 €, PHEV: 1750 € [6] ⁵⁹	Steuerbefreiungen schon seit vielen Jahren, z. B. Kfz-Steuer, [1] ⁶⁵
Korea	BEV: 7834 €, PHEV: k.A. [2] ⁶⁰	Steuervorteile spielen eine untergeordnete Rolle, unterschiedlich zwischen Regionen und Städten, [3] ⁶⁶
USA	BEV: 6562 €, PHEV: 4717 € [1] ⁶¹	Nur ein föderaler Einkommenssteuernachlass, [3] ⁶⁷

VERTIEFUNGSDISKUSSION MARKTANREIZE

Kategorie I: Direkte Subventionierung des privaten Erwerbs (quantitativ)

Die USA bieten seit 2010 je nach xEV-Art, Batteriekapazität, Verkaufszahl und Gewicht einen föderalen Einkommenssteuernachlass von bis zu 7500 USD an. Korea hat seit 2018 ein neues, niedrigeres Subventionsschema, welches basierend auf der Batteriekapazität Subventionen von mehreren 10000 Won umfasst. China senkt seine Subventionen um 20 Prozent in 2017–2018 und möchte sie nach 2020 auslaufen lassen. Frankreich verfolgt ein Bonus-Malus-Schema auf Basis des CO₂-Ausstoßes und vergibt zusätzlich Abwrackprämien. Deutschland vergibt pauschale Kaufprämien für neue xEV bis zu einem maximalen Listenpreis von 60000 Euro. Japans Subventionierungsschema basiert seit 2017 auf der maximalen Reichweite des jeweiligen xEV.

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. 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. Dazu gibt es grüne Nummernschilder für xEV, welche mit Fahrerlaubnissen einhergehen. In Korea sind eigentlich „nicht-monetäre“ Privilegien oft wieder (geldwerte) Befreiungen von Gebühren wie z. B. für Luftverschmutzung oder Stau. In der Mittelgruppe befinden sich die USA, wo es insbesondere auf bundesstaatlicher Ebene zahlreiche Privilegien gibt. Deutschland, Frankreich und Japan bilden die Schlussgruppe.

Kategorie IV: Infrastrukturausbau (qualitativ)

Deutschland hat 300 Mio € für die finanzielle Unterstützung von Ausbauprogrammen bereitgestellt und liegt derzeit im Verhältnis von Ladestationen zu xEV auf dem ersten Platz. In Japan ist der Infrastrukturausbau aufgrund der früh begonnenen, langfristigen Planungen der Regierung ebenfalls sehr weit fortgeschritten. Auch Korea unterstützt die Ausbauprogramme finanziell. Dicht danach folgt China, auch wenn in den Großstädten weiterhin Platzprobleme bestehen. Frankreich fördert mehr den Aufbau von häuslicher als von öffentlicher Ladeinfrastruktur, weshalb es deutlich abgeschlagen zu den anderen Ländern liegt. Auf dem letzten Platz liegen die USA, wo die Trump-Administration weiterhin für Unsicherheit sorgt.

Länderübersicht in Kategorie III und IV von möglichen Marktanreizen

Land	Kategorie III: Sonstige Privilegien für xEV-Nutzer (qualitativ), [Rang]	Kategorie IV: Infrastrukturausbau – Ladestationen pro xEV (quantitativ), [Rang] ^{74, 75}
China	Zulassungsvorteile für xEV und Fahrerlaubnisse spielen eine große Rolle, [1] ⁶⁸	4,65 Ladestationen pro xEV, insgesamt 213 903, [4]
Deutschland	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja, [3] ⁶⁹	3,52 Ladestationen pro xEV, insgesamt 24 289, [1]
Frankreich	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja, [3] ⁷⁰	8,21 Ladestationen pro xEV, insgesamt 15 978, [5]
Japan	National keine bekannt, auf regionaler Ebene ja, [3] ⁷¹	4,41 Ladestationen pro xEV, insgesamt 28 834, [2]
Korea	Zahlreiche Privilegien wie z. B. keine Staugebühren, reduzierte Parkgebühren und Strompreise, [1] ⁷²	4,45 Ladestationen pro xEV, insgesamt 5 612 [3]
USA	National keine bekannt, auf Ebene der Bundesstaaten ja, [2] ⁷³	10,24 Ladestationen pro xEV, insgesamt 45 868, [6]

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 2020 (in Liter pro

100 Kilometer, Einheit: l/100 km) sowie die CO₂-Emissionen bis 2020 bzw. 2025 (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.⁷⁶

Ergebnis und Interpretation

Die EU hat nach wie vor die strengsten und umweltschonendsten Standards festgelegt, weshalb Deutschland und Frankreich das Ranking anführen. Ähnlich ambitioniert ist Korea, das bis 2020 den gleichen Kraftstoffverbrauch und nur leicht höhere CO₂-Emissionen erreichen möchte, darüber hinaus jedoch noch keine Ziele gesetzt hat. Japan liegt auf dem dritten Platz, für 2025 bestehen aktuell keine Verbrauchsziele. China hat sich mit der Marke von 4 l/100 km für 2025 des „Made in China“ Aktions-

plans weitere Reduktionsziele gesetzt und landet ebenso auf Platz 3. Aktuelle Verbrauchsziele für 2020 liegen in den USA noch deutlich über den Vergleichsländern. Zudem wird aktuell über das Aufweichen der Reduktionsziele für 2025 diskutiert. In den USA gestaltet sich die Erfüllung niedriger CO₂-Ziele aufgrund des nach wie vor hohen Anteils an Pick-Ups und großen SUVs als vergleichsweise schwierig.

Umweltpolitische Pkw-Regulierungsmaßnahmen im Ländervergleich⁷⁶

Faktoren	Japan	China	Korea	USA*	Frankreich	Deutschland
Kraftstoffverbrauch (Ziel 2020, l/100 km)	4,9	5	4,2	5,8	4,1	4,1
CO ₂ -Emission (bis 2020, g/km)	115	117	97	136	95 (bis 2021)	95 (bis 2021)
CO ₂ -Emission (bis 2025, g/km)	keine	94**	keine	91	81	81
Rang	3	3	2	4	1	1

* Zur Zeit ist noch offen, ob die CO₂-Zielwerte aus den „Corporate average fuel economy“ Standards auf den Wert für 2020 eingefroren werden sollen.

** Berechnet aus 4 l/100km Ziel.

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 hauptsächlich relevant, wenn deutliche Unterschiede

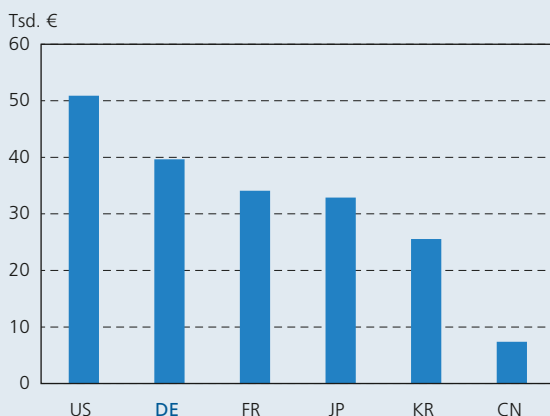
im verfügbaren Einkommen bestehen. Die Daten stammen von dem Statistik-Portal „Statista“⁷⁷ und zeigen das Einkommensniveau im Jahr 2017. Die Werte sind nominal angegeben und nicht kaufkraftbereinigt. Das Bruttoinlandsprodukt gibt den Gesamtwert der Waren und Dienstleistungen wieder, die im Untersuchungsjahr innerhalb eines Landes für den Endverbrauch produziert wurden.

Ergebnis und Interpretation

Auch im Jahr 2017 verfügten die US-amerikanischen Bürger mit fast 51 000 € über das mit Abstand höchste Pro-Kopf-Einkommen. Das impliziert eine hohe potenzielle Nachfragemenge nach xEV in den USA. Deutschland liegt bei circa 39 600 € stabil auf dem zweiten Platz. Frankreich steht bei 34 100 € und liegt damit beinahe gleichauf mit Japan, welches nahezu 33 000 € pro Kopf verzeichnet. Korea hat auf mehr als 25 500 € aufgeholt.

Chinas Pro-Kopf-Einkommen liegt nach wie vor bei nur rund 7 400 € pro Einwohner, mit heftigen Unterschieden zwischen einzelnen Bevölkerungsschichten. Das Einkommen pro Einwohner stieg bei allen betrachteten Ländern im Vergleich zum Jahr 2015 an, wobei Japan den stärksten Zuwachs zu verzeichnen hatte und Frankreich den schwächsten.

Pro-Kopf-Einkommen im Jahr 2017



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 2017⁷⁸ ermittelt. Für den Zellmarkt werden Daten aus Fraunhofer ISI 2018⁷⁹ verwendet. Aus diesen Quellen werden die Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil in

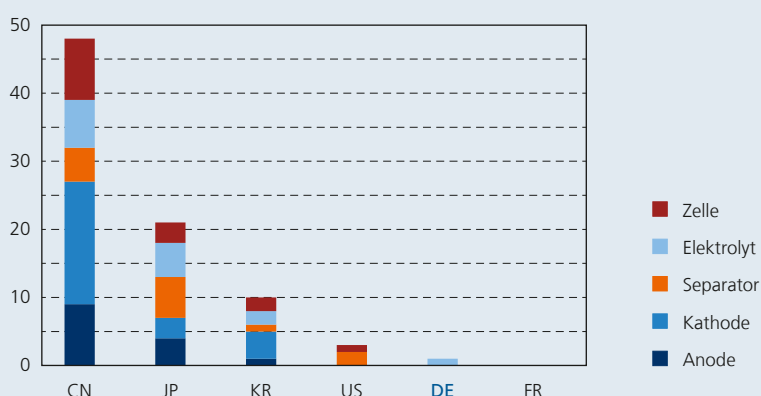
2017 ermittelt und addiert. Firmen, welche auf mehreren Wertschöpfungsstufen vertreten sind, werden in jeder Stufe erfasst. Die Firmen werden über das Land des Hauptsitzes zugeordnet. Für den Komposit-Indikator werden die Ergebnisse der Teilmärkte gewichtet mit ihren Wertschöpfungsanteilen summiert.

Ergebnis und Interpretation

Die Analyse der Marktstrukturen zeigt, dass China mittlerweile auf fast allen Stufen der Wertschöpfungskette, insbesondere jedoch bei der Produktion von Kathodenmaterialien, eine dominierende Rolle eingenommen hat. Auch Japan und Korea sind in allen Wertschöpfungskettenstufen mit einem oder mehreren Unternehmen mit mehr als einem Prozent Marktanteil an den Komponenten und LIB-Zellmärkten vertreten. Bei den jeweiligen Komponentenherstellern konzentriert sich der Markt jedoch bereits auf einzelne Akteure. In den USA sind zwei Unternehmen im Bereich der Separatoren (Polypore, jedoch wiederum Teil der japanischen Asahi Kasei Gruppe sowie Entek) sowie ein Unter-

nehmen im Bereich der Zellfertigung (Farasis Energy) mit mehr als einem Prozent Marktanteil in 2017 vertreten. Mit Blick auf Deutschland erreicht BASF in 2017 bereits einen Marktanteil von über einem Prozent bezogen auf die Elektrolytnachfrage. Weitere Unternehmen mit mindestens einem Prozent Marktanteil sind in den hier betrachteten Wertschöpfungsstufen nicht vertreten. In Frankreich hat in 2017 kein Unternehmen einen Marktanteil von einem Prozent erreichen können. Dabei ist zu berücksichtigen, dass kleinere Unternehmen, wie etwa der französische Hersteller batscap/Bolloré, aber auch weitere asiatische Anbieter im Zellbereich aufgrund der Ein-Prozent-Grenze nicht erfasst sind.

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



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 einem 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 2017 ermittelt.⁸⁰ Diese beziehen sich in der Regel auf die Mutterkonzerne. Die Unternehmen werden auf Basis der Unternehmensumsätze in drei Gruppen unterteilt. Als „klein“ werden Unternehmen mit einem jährlichen Umsatz von bis

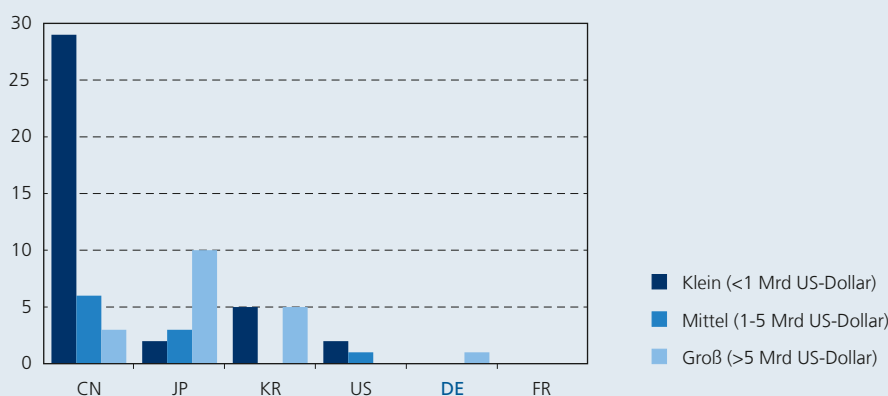
zu einer Milliarde Dollar bewertet, als „mittelgroß“, wenn ihr Umsatz fünf Milliarden Dollar nicht übersteigt. Unternehmen, die diese Grenze überschreiten, werden als „groß“ bezeichnet. Im Gegensatz zu Indikator 8, in welchem Unternehmen nach Wertschöpfungskettenstufen einzeln betrachtet (und bei Abdeckung 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, mittelgroße mit 0,5 und kleine Unternehmen mit 0,25.

Ergebnis und Interpretation

In allen Wertschöpfungsstufen 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 eine

große Zahl kleinerer Unternehmen vertreten. In Japan treten vor allem größere Chemiekonzerne und Zellhersteller hervor. In Korea zeigt sich eine Konzentration auf wenige große Technologiekonzerne wie LG Chem, Samsung SDI und die SK Group sowie einige kleinere Komponentenhersteller. Aus den USA und Deutschland schaffen es nur einzelne etablierte Unternehmen sich im Komponenten- und Zellmarkt 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

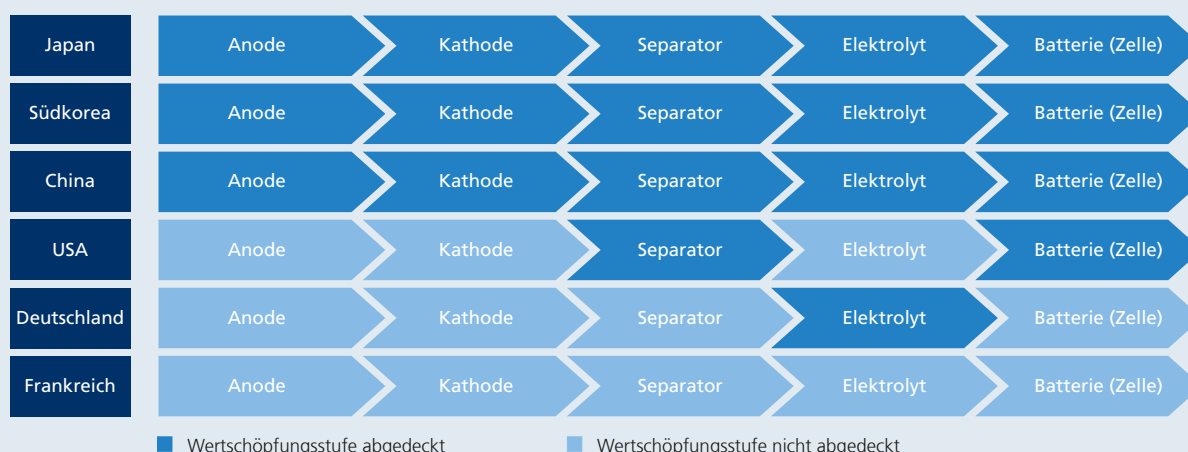
Ein Teilmarkt gilt als abgedeckt, sofern ein Unternehmen aus einem Land mehr als einem Prozent Marktanteil in diesem Teilmarkt erreicht (siehe Indikator 8 und 29). Die Bewertung reicht somit von null bis fünf Punkten (abgedeckte Stufen der Wertschöpfungskette).

Ergebnis und Interpretation

Die asiatischen Länder sind in allen Wertschöpfungsstufen aufgrund ihrer starken Komponenten- bzw. Zulieferindustrie dominierend. 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

Anodenmaterial-, Kathodenmaterial und Elektrolythersteller nicht die ein Prozent Grenze. Unter den deutschen Unternehmen ist BASF zwar auch Anbieter von Kathodenmaterialien (JV BASF Toda), erreicht jedoch in 2017 nur im Elektrolytgeschäft die ein Prozent Hürde.⁷⁸ Es besteht damit aber das Potenzial die Wertschöpfung zu beiden Komponenten künftig im Sinne dieses Indikators abzudecken. Bei der Zellfertigung haben die in 2017 in Deutschland ansässigen Produzenten nicht ausgereicht, um die Ein-Prozent-Grenze von rd. 1 GWh 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 in 2017)



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, Nickel und Graphit die wichtigsten LIB-spezifischen Rohstoffe analysiert. Entsprechende Verbindungen machen einen Großteil der für die LIB-Produktion notwendigen Materialien aus. Andere Rohmaterialien wie Eisen werden vernachlässigt. Zur Analyse der Rohstoffproduktion werden die Minenproduktionen im eigenen Land mit Daten aus USGS 2018⁸¹ für die Jahre 2016 bis 2017 untersucht. Darüber hinaus werden die Beteiligungen an ausländischen Minen gemessen in Produktionsmengen betrachtet. Raw Material Data (2014)⁸² 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 2013⁸³. Hohe Produktionsmengen

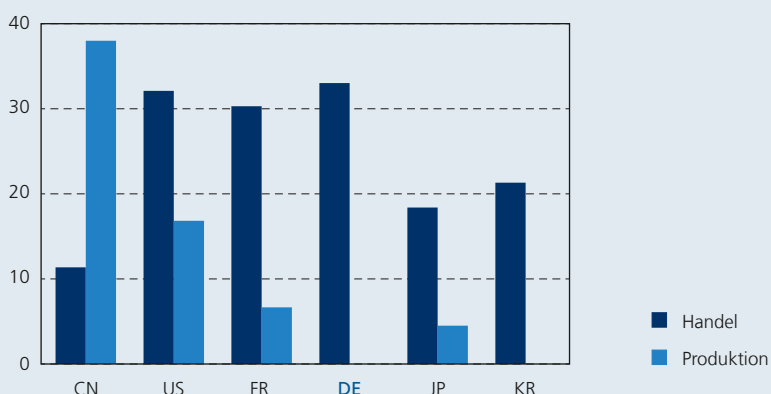
werden hierbei positiv bewertet. Bei der Analyse des Rohstoffhandels werden die Importe und Exporte der zu untersuchenden Länder mittels der UN Comtrade Datenbank⁸⁴ zusammengestellt. Dazu werden die spezifischen Handelscodes von Ni-, Mn- und Co-Erzen sowie von natürlichem und synthetischem Graphit der Rohstoffäquivalente zu den Ländern aus der Datenbank ausgewertet. Um anthropogene Rohstoffbestände auszuschließen, werden gemittelte Werte über die Jahre 2015 bis 2017 verwendet. Dabei wird ein niedriger Importwert gut bewertet, während beim Export hohe Werte gut bewertet werden. Dies drückt eine höhere Beteiligungswahrscheinlichkeit an dieser LIB-Wertschöpfungsstufe aus.

Ergebnis und Interpretation

Insbesondere weist China bei der Produktion einen klaren Wettbewerbsvorteil auf. Dies resultiert aus den guten Ressourcenvorkommen in China und der Rohstoffpolitik der Regierung⁸⁵. Im Gegensatz zu den anderen Ländern kann es bei allen betrachteten Rohstoffen eigene Minen vorweisen. Die USA besitzen

eigene Produktionsstätten für Cobalt, Nickel und Lithium. Deutschland, Frankreich, Japan und Korea haben hier Schwächen bei der „Produktion“. Der Handel von Rohstoffen ist allgemein ausgewogener verteilt. Deutschland kann hier gegenüber den USA und Frankreich aufholen.

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. 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 2013 bis 2015 werden Anmeldungen der letzten drei verfügbaren Jahre

verwendet (abgerufen über PATSTAT 2018)⁸⁶. Weiterhin werden wissenschaftliche Publikationen zum Recycling analysiert. Dazu wird eine Schlagwortsuche in der Scopus-Literaturdatenbank (Elsevier B.V. 2018)⁸⁷ durchgeführt. Es wird wieder der mittlere Anteil der Publikationen der jeweiligen Länder im Zeitraum von 2013 bis 2015 ermittelt. Die beiden Subindikatoren (Publikationen und Patente) werden mit jeweils 50 Prozent Gewichtung zum aggregierten Recyclingindikator zusammengesetzt.

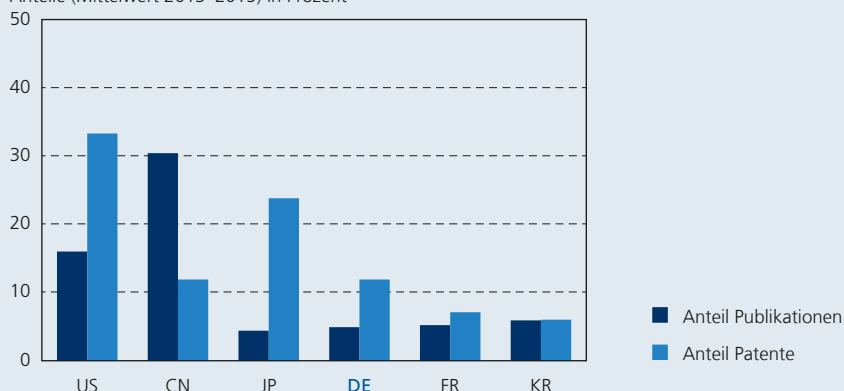
Ergebnis und Interpretation

Die Bibliometrie- und Patentanalysen zeigen, dass Deutschland beim Recycling im unteren Mittelfeld anzutreffen ist, Frankreich und Korea sind noch etwas schwächer. Die USA nehmen gegenüber dem Monitoring 2016 nun vor Japan insbesondere anhand der Patentanmeldungen die Spitzenposition ein.

China setzt sich vor Japan (und steht an der Spitze), wenn die Publikationsanteile betrachtet werden. Allen Ländern ist gemein, dass sie zu Batterierecycling forschen und ihre Bestrebungen Recyclingsysteme zu verbessern in den letzten Jahren verstärkt haben.

Publikationen und Patente im Bereich Batterierecycling

Anteile (Mittelwert 2013–2015) 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 University⁸⁸ 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 2018 verwendet.

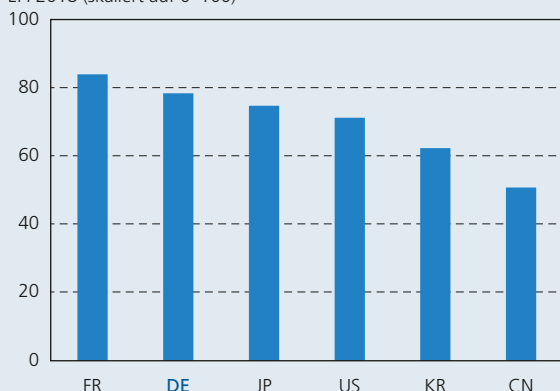
Ergebnis und Interpretation

Frankreich hat auf Basis des EPI die umweltfreundlichsten Produktionsbedingungen, da es insbesondere in den Bereichen Biodiversität, Luftqualität und Landwirtschaft Stärken aufweisen kann. Insbesondere zeichnet es sich durch ein hohes Niveau in fast allen Bereichen aus. Demgegenüber determiniert der Indikator für China Schwächen aufgrund der sehr schlechten Bewertung bei der Luftqualität sowie schlechten Werten bei Biodiversität

und Schwermetallen. Bei Luftqualität und Biodiversität liegen auch die Schwächen 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 2016“ haben sich jedoch die Werte aller Länder um 5 Prozent (Frankreich) bis 22 Prozent (China) verschlechtert.

Environmental Performance Index (EPI)

EPI 2018 (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 Forum⁸⁹ ermittelt. In dem Index werden die Bereiche Institutionen, Infrastruktur, makroökonomisches Umfeld, Gesundheit und Grundschulbildung, Hochschulbildung und Ausbildung, Markteffizienz, Arbeitsmarkteffizienz, Finanzmarktentwicklung, Technologische Bereitschaft, Marktgröße, Geschäftsraffinesse und Innovation berücksichtigt. Die einzelnen Bereiche werden mit einer Skala von 1 bis 7 bewertet und in die Kategorien „Faktorgetrieben“,

„Effizienzgetrieben“ und „Innovationsgetrieben“ gegliedert. Je nach Entwicklungsstand eines Landes (gemessen am BIP pro Kopf) wird der aggregierte GCI mit unterschiedlichen Gewichtungen für die Kategorien ermittelt. Mit dem GCI werden die Marktstrukturen in den untersuchten Ländern generell beschrieben und ein Leistungspotenzial angegeben. Zudem wird der LIB-Markt im Kontext des gesamten nationalen Marktes betrachtet und somit die allgemeinen Randbedingungen für das Agieren von LIB-Unternehmen in diesen Märkten dargestellt. Es wird der GCI für die Jahre 2017/2018 verwendet.

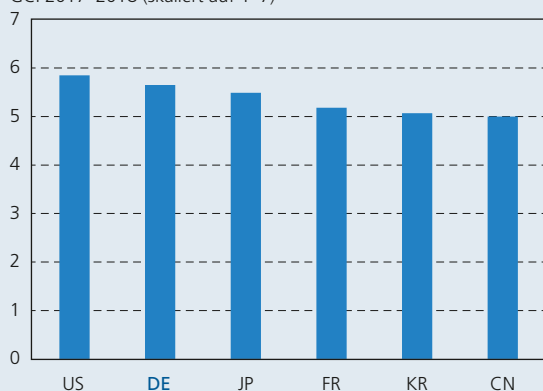
Ergebnis und Interpretation

Insgesamt liegen alle betrachteten Länder bezgl. des GCI im obersten Drittel des GCI-Rankings. Aufgrund einer ähnlichen wirtschaftlichen Struktur fallen die GCI Resultate für alle Länder analog in derselben Höhe aus. Deutschland wurde im Vergleich zum Ranking von 2016 von den USA überholt und liegt nun auf dem zweiten Platz. Im Vergleich zu 2016 konnten die USA und

Frankreich ihre Werte verbessern, während Deutschland, Japan, Korea und China Verluste zu verzeichnen haben. Grundsätzlich gilt, dass die USA, Deutschland und Japan weiterhin unter den besten 10 Ländern im GCI-Ranking zu finden sind, während Frankreich, Korea und China mit deutlichem Abstand im Bereich der Plätze 20 bis 30 liegen.

Global Competitiveness Index (GCI)

GCI 2017–2018 (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 2017 verwendet⁹⁰. Diese Werte wurden auf eine Skala von null bis hundert normiert und darauf folgend der Mittelwert aus den sechs genannten Bereichen bestimmt.

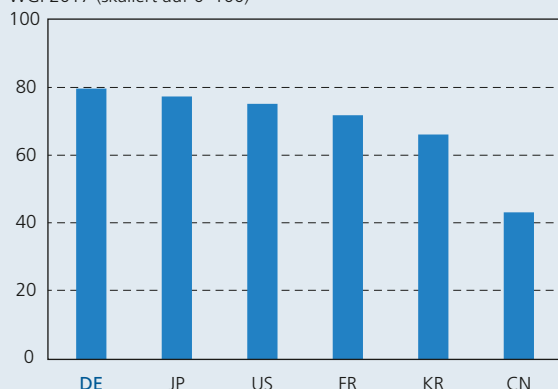
Ergebnis und Interpretation

Deutschland wird im WGI am besten bewertet, da es in den vier Bereichen Leistungsfähigkeit der Regierung, staatliche Ordnungspolitik, Rechtsstaatlichkeit und Korruptionskontrolle sehr hohe Werte erreicht. Dicht gefolgt kommen Japan, USA und Frankreich. Die politische Stabilität wird in Deutschland, den USA und Frankreich jeweils etwas schwächer bewertet als in Japan. Die genannten vier Länder können jedoch gegenüber Korea leichte Vorteile aufweisen, welches in den Bereichen Mitspracherecht und Verantwortlichkeit, politische Stabilität und Korruptionskontrolle tendenziell 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 2016“ gibt es kaum Änderungen bei diesem Indikator. Zwar konnten China und Korea ihre Resultate leicht verbessern und Deutschland verzeichnet eine minimale Verschlechterung, mit Veränderungen von maximal 6 Prozent sind diese jedoch nicht gravierend.

Worldwide Governance Indicators (WGI)

WGI 2017 (skaliert auf 0–100)



FuE-ANTEIL DER UNTERNEHMEN

ZIEL DES INDIKATORS

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

Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Gemessen wird der Anteil der Unternehmenspublikationen und -patentanmeldungen in einem Land, wobei die Teilindikatoren mit jeweils fünfzig Prozent gleichgewichtet werden. Publikationen geben eine Auskunft über stärker forschungsorientierte und längerfristige Aktivitäten und Patentanmeldungen über eher mittelfristige und marktnahe Entwicklungsarbeiten. Es werden jeweils die aktuellsten Jahre betrachtet. Publikationen (2015–2017) wurden auf Basis einer Schlagwortsuche zu „Lithium-Ionen-Batterien“ (LIB) sowie „Batterieforschung mit dem Einsatzzweck in

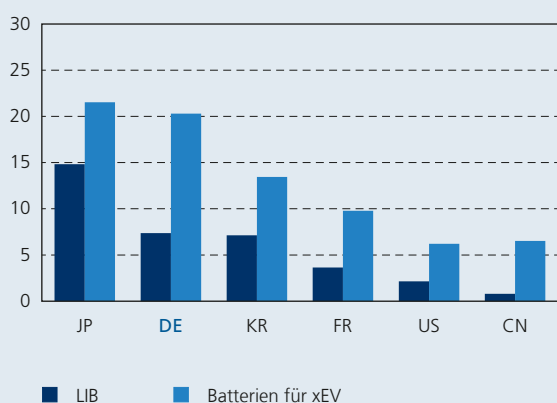
elektromobilen Anwendungen“ (xEV) im Web of Science (WoS)⁹¹ ermittelt. Patentanmeldungen (2014–2016) wurden auf Basis einer IPC-Abgrenzung (engl. „International Patent Classification“) ermittelt, welche „Lithium-Ionen-Batterie“ (LIB) Patentanmeldungen in Unterklassen der H01M sowie Batteriepatentanmeldungen im Bereich der Fahrzeuge (xEV) in den Unterklassen von H01M und B60 erfasst. Die Recherche erfolgte mit der Patentdatenbank PATSTAT.⁹²

Ergebnis und Interpretation

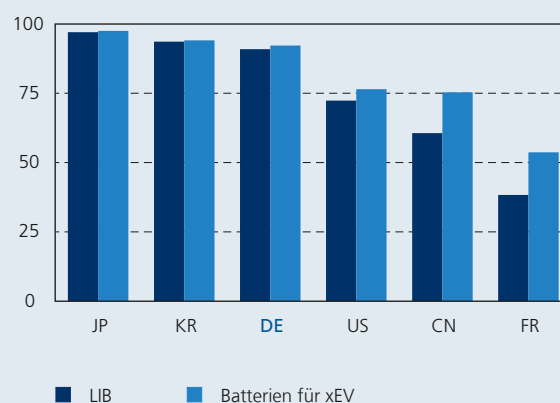
Japanische Unternehmen führen mittlerweile bei den Publikationsaktivitäten gegenüber dem Monitoring 2014 und 2016, so dass Japan nun vor Deutschland auf der Spitzenposition liegt. Dies liegt aber daran, dass sich der Anteil der Unternehmenspublikationen Deutschlands in den letzten Jahren verringert hat. An etwa 20 Prozent der Publikation zu „Batterien für xEV“ sind japanische und deutsche Unternehmen beteiligt, bei LIB-Publikationen liegen alle Länder deutlich hinter Japan. Korea, Frankreich, die USA und China folgen mit abfallender Publikations-

intensität der Unternehmen.⁹³ 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. Einzig Frankreich sticht mit einem sehr geringen Anteil von Unternehmenspatenten mit durchschnittlich etwa 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 2014–2016, Publikationen 2015–2017) im Ländervergleich mit einer Gewichtung der Teilindikatoren sowie des Anteils und Wachstums des Humankapitals von

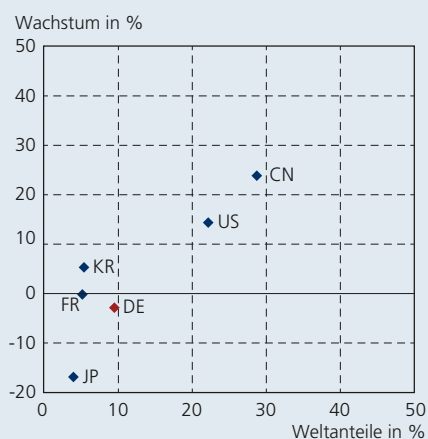
jeweils 50 Prozent. Basis sind die unter Indikator 16 vorgestellten Suchstrategien zu Batteriepublikationen und -patenten mit Fokus auf elektromobilen Anwendungen (xEV). Publikationen und Patente erfassen somit typischerweise Naturwissenschaftler bzw. Ingenieure im Bereich der Batterie- und Automobil-FuE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

Ergebnis und Interpretation

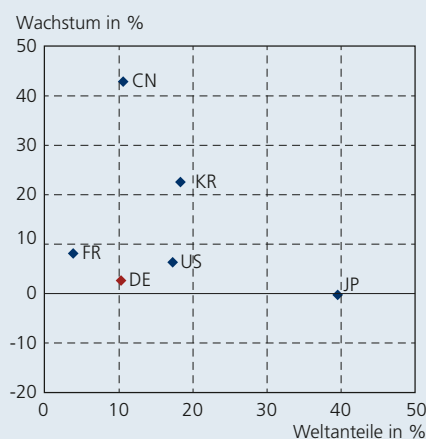
Vor allem hinsichtlich der Patente weist Japan auch im Vergleich zum Energiespeicher Monitoring 2016 weiterhin den mit deutlichem Abstand höchsten Anteil an Erfindern im Bereich der „Batterieentwicklung für die Elektromobilität“ auf. Japan ist traditionell und mit Blick auf die marktnahe Entwicklung extrem gut durch erfahrene Experten aufgestellt. Allerdings liegt im Vergleich zu anderen Ländern kein Wachstum vor. Hier sticht China mit über 40 Prozent Wachstum noch vor Korea mit über 20 Prozent Wachstum hervor. Ein hohes wissenschaftliches Humankapital und ebenso eine hohe Dynamik gemessen anhand

der Autorenanzahl bei Publikationen weisen insbesondere China und die USA auf. Deutschland, Frankreich und Korea fallen mit 5 bis 10 Prozent Anteil und geringer bis keiner Dynamik demgegenüber ab. Die Anzahl japanischer Autoren nimmt mit Blick auf die Forschung ab. In Kombination mit der Betrachtung der Erfinder (Patente) kann dies auch als hoher Reifegrad und eine etablierte FuE-Szene gewertet werden. Für Deutschland wird jedoch gegenüber der Vorjahre eine Sättigung sichtbar (wenn auch im Fall der Publikationsautoren auf einem höheren Niveau von rd. 10 Prozent gegenüber 5 Prozent im Monitoring 2016).

**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 (2013–2017) der Weltanteil und das Wachstum der wissenschaftlichen Arbeiten (Publikationen) der Länder im Vergleich mit einer Gewichtung der Teilindikatoren (Anteil und Wachstum) der Publikationen von jeweils 50 Prozent. Es werden Suchstrategien zu Batterien für elektromobile Anwendungen (xEV) sowie im Bereich

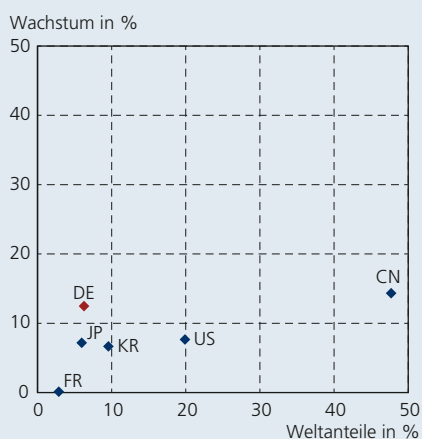
der Lithium-Ionen-Batterieforschung (LIB) als Schlüsseltechnologie für Elektrofahrzeuge betrachtet (vgl. Suchstrategien in Indikator 16). Damit werden sowohl Batteriematerial-, -komponenten und -zellforschung als auch die Forschung im Bereich der Fahrzeugintegration der Batterien berücksichtigt.

Ergebnis und Interpretation

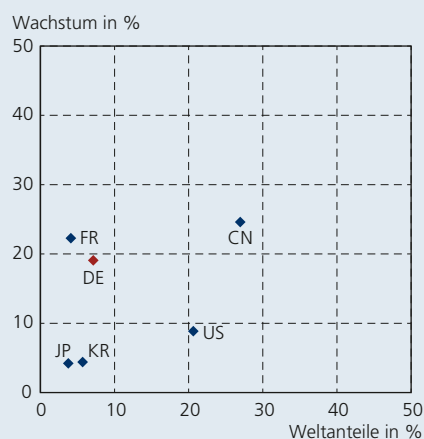
Der Ländervergleich zeigt anhand der Weltanteile, dass China sowohl bzgl. der Publikationsanteile (fast 50 Prozent bei LIB und fast 30 Prozent bei xEV) als auch der Dynamik mit Abstand führt (rd. 15 Prozent bzw. 25 Prozent jährliches Wachstum der Publikationen zu LIB bzw. xEV). Die USA liegen mit rd. 20 Prozent Publikationsanteilen hinter China. Während sich bei den

Ländern die Publikationsanteile weniger deutlich geändert haben sind die Wachstumsraten hingegen teilweise deutlich abgefallen. Dies lässt einen weiteren Ausbau der Wissensbasis Chinas im Vergleich zu den anderen Ländern in den kommenden Jahren erwarten.

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 (2012–2016) der Weltanteil und das Wachstum technologischer Innovationen (Patente) der Länder im Vergleich mit einer Gewichtung der Teilindikatoren (Anteil und Wachstum) der Patentanmeldungen von jeweils 50 Prozent. Es werden Suchstrategien zu Batterien für elektromobile Anwendungen (xEV) sowie im Bereich

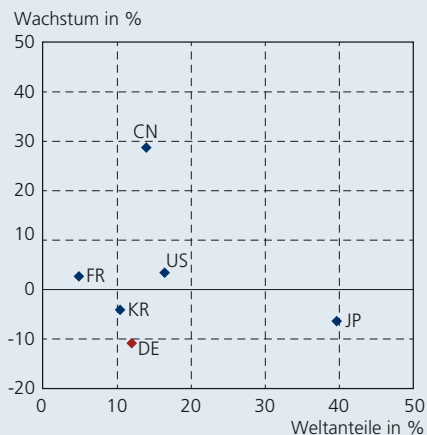
der Lithium-Ionen-Batterieforschung (LIB) als Schlüsseltechnologie für Elektrofahrzeuge betrachtet (vgl. Suchstrategien in Indikator 16). Damit werden sowohl Batteriematerial, -komponenten und -zellentwicklung als auch die Entwicklung im Bereich der Fahrzeugintegration der Batterien berücksichtigt.

Ergebnis und Interpretation

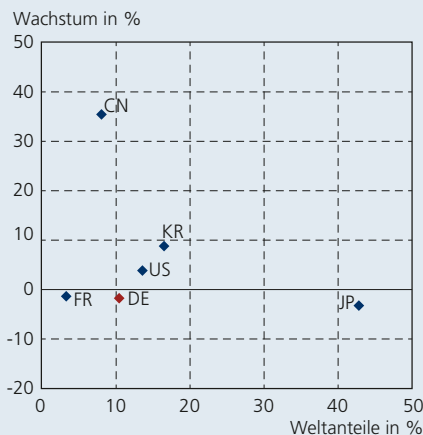
Japan zeigt sich sowohl im Bereich der Lithium-Ionen-Batterieentwicklung als auch Fahrzeugintegration der Batterien weiterhin als klarer Technologieführer mit den deutlich größten Weltanteilen. Die Patentanmeldedynamik liegt mittlerweile allerdings im negativen Bereich. Auffällig ist, dass die Patentanmeldedynamik Deutschlands bei LIB Patenten auf minus 10 Prozent gefallen ist.

Hingegen zeigt China ein gegenüber der anderen Länder sehr hohes Wachstum von 30 Prozent bzw. über 35 Prozent bei LIB-Patenten bzw. xEV-Patenten. Damit dürfte China seine technologische Wissensbasis in den kommenden Jahren rasch weiter ausbauen und auch bzgl. der Weltanteile Deutschland, Korea und die USA einholen und schließlich weiter zu Japan aufschließen.

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.⁹⁴

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 und den Aufbau einer Batterieproduktion geflossen. Mit „Made in China 2025“ wurde eine große Strategie aufgelegt, um chinesische Unternehmen mit ihren Produkten gegenüber den weltweit führenden OEM aufschließen zu lassen. Durch großvolumige Subventionen ist die Diffusion sogenannter „New Energy Vehicles“ bereits weit fortgeschritten (z. B. E-Busse). 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), das 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 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. Die Themen Energietransformation und Mobilität, insbesondere der Aufbau einer Batteriezellfertigung, sind ebenfalls Teil der High-Tech Strategie Deutschland. Auf Ebene der Europäischen Union wird die Entwicklung CO₂-freier Technologien mittels einer entsprechenden F&I-Strategie vorangetrieben (SET-Plan).

Überblick über die politischen Ziele⁹⁴

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, EU Aktivitäten
Deutschland	Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität, dazu breite Förderung von Energiespeicher-FuE als Schlüsseltechnologie, EU Aktivitäten

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 Regierungen nach mehrjährigen Diskussionen über politische Maßnahmen zum Umweltschutz und zur Nachhaltigkeit ihre nationalen Zielwerte für die Markteinführung

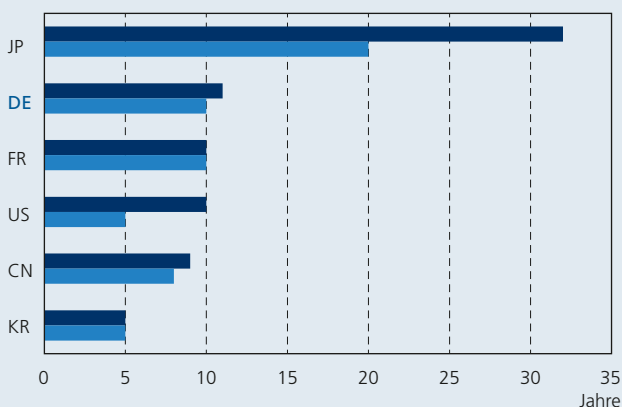
und -diffusion von xEV angekündigt. Obwohl alternative Technologien wie die Brennstoffzellentechnologie auch in die Diskussionen mit einbezogen sind, werden LIB als die Energiespeicherlösung für die zeitnahe Marktdurchdringung der Elektromobilität gesehen. Vor diesem Hintergrund werden hier die aktuellsten Masterpläne der sechs betrachteten Länder berücksichtigt und gemäß ihrer Planungsfristen bewertet.⁹⁵

Ergebnis und Interpretation

Japans langfristig angelegte „Next-Generation Vehicle Strategy“ (2010) wird zur Zeit durch eine Kommission zur „New Era of Automobiles“ weiterentwickelt. Bis 2030 sollen xEV 50 bis 70 Prozent Anteil an allen Neuzulassungen im Land ausmachen, bis 2050 sogar 100 Prozent. 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. Auf lokaler Ebene existieren Strategien bis 2030 und darüber hinaus (z. B.

Seoul). Deutschland hat Ziele im „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ gesetzt. Frankreich plant im Rahmen einer großen Industriekampagne zum „Neuen industriellen Frankreich“. Auf europäischer Ebene sieht der 2015 formulierte „SET-Plan“ verschiedene Maßnahmen zur Stärkung der Batterie- und xEV-Wirtschaft in Europa vor, nennt jedoch keinen konkreten Zeitrahmen. 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 Ziele für die einzusetzenden Energiespeicher vorsieht. Das „Made in China 2025“-Programm, sieht ein Upgrade für die Batterie- und xEV-Industrie vor.

Überblick über die Fristen der Masterplanung



- JP Next-Generation Vehicle Strategy (2010-2030);
Strategic Commission for the New Era of Automobiles (2018-2050)
- 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);
EU Regulatory proposal for post-2020 CO₂ targets for passenger cars
and light commercial vehicles (2020-2030)
- FR Industry of the Future (2015-2025);
EU Regulatory proposal for post-2020 CO₂ targets for passenger cars
and light commercial vehicles (2020-2030)
- 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

■ Frist1 ■ Frist2

(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 (aktuellsten) Jahre betrachtet und Budgets der jeweiligen Programme über die Laufzeiten gemittelt bzw. auf das aktuellste Jahr bezogen. Der Fokus liegt auf der Batterieforschung allgemein, idealerweise natürlich LIB für die Elektromobilität. Förderprogramme müssen jedoch nicht notwendigerweise LIB mit abdecken und können die Förderung

jenseits der Elektromobilität betreffen. Solche breiten Förderprogramme werden hier 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.⁹⁶ Die ermittelten Fördervolumina können deshalb auch als untere Grenze verstanden werden.⁹⁷

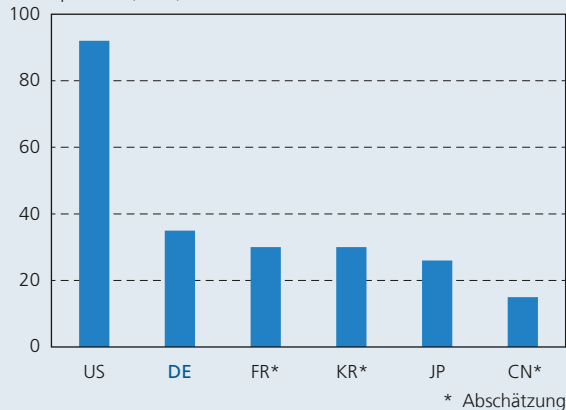
Ergebnis und Interpretation

In den USA werden vom Department of Energy (DoE) auch weiterhin die größten Budgets durchgesetzt: Im Jahr 2017 sind es über 100 Mio US-Dollar, welche auch in 2018 in Summe aufrechterhalten werden sollen. In Japan ist das Budget auch in 2017 weiter gesunken, von 4,3 Mrd Yen (2016) auf 3,3 Mrd Yen (2017). Das größte Batterieforschungsprojekt Japans, „RISING II“ läuft hier über den Zeitraum 2016–2020. Hinsichtlich Korea konnten keine offiziellen und aktuellen Daten des Ministry of Trade, Industry and Economy (MoTIE) identifiziert werden. Auch in China sind offizielle Zahlen des Ministry of Science and

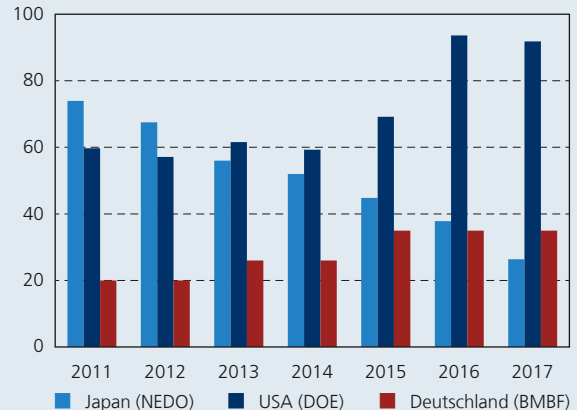
Technology (MoST) nicht erhältlich, es werden die Annahmen aus dem Monitoring 2016 übernommen. In Frankreich investierte die Agence Nationale de la Recherche (ANR) im Bereich der modernen Energietechnologien (auch Batterien) 73,1 Mio € im Jahr 2016. In Deutschland plant das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), auch weiterhin etwa 35 Mio € pro Jahr in die Batterie-FuE zu investieren.⁹⁸ Wir schätzen daher, dass die Forschungsförderungen in Frankreich und Korea auf einem Niveau im Bereich zwischen Deutschland und Japan und insgesamt etwa gleichauf liegen.

Vergleich der öffentlichen Batterieforschungsförderung

Mio € pro Jahr (2017)



Mio €



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 drei Jahre (2015–2017) zu Lithium-Ionen-Batterien (LIB) sowie Batterien für die Elektromobilität (xEV) (Gleichgewichtung beider Teilindikatoren, bzgl. Suchstrategien siehe auch Indikator 16). Gerade mit Blick auf eine langfristig ausgewogene Rollenverteilung und Kooperationsgrundlage eignen sich Publikations-

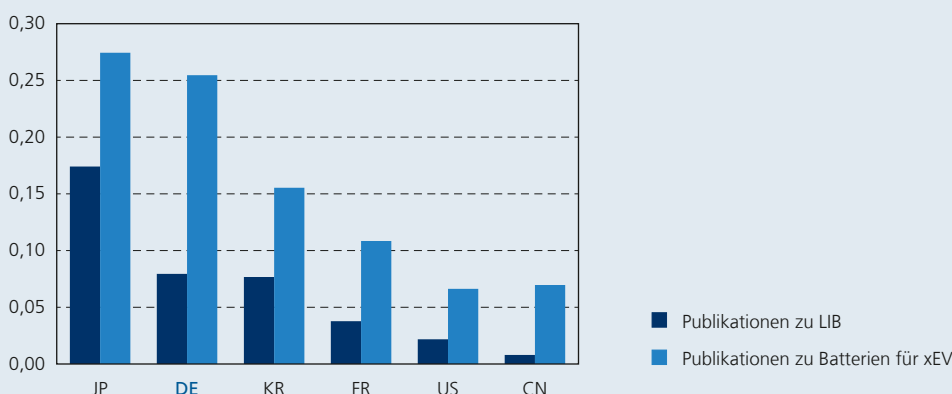
aktivitäten. Patentaktivitäten wurden hier daher nicht betrachtet. Auch spiegeln Publikationen in einer ausgewogeneren Form die dahinter stehende öffentliche Forschungsförderung wieder. Kosten für Patentanmeldungen sind zum Beispiel für Forschungseinrichtungen in der Regel durch Förderung nicht abgedeckt 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 LIB weisen nach Japan die beiden Länder Deutschland und Korea die ausgewogenste Beteiligung des privaten Sektors an den Forschungsaktivitäten auf. Bezüglich der Publikationen zu xEV agieren Unternehmen in Japan und Deutschland (Verhältnis privat : öffentlich ist größer als 1 : 4) deutlich forschungsintensiver als in allen anderen Ländern. Frankreich, 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, jedoch lagen die Anteile für Deutschland im Monitoring 2016 deutlich höher, während die Anteile Japans eher gleichgeblieben sind. In China sind die reine Masse publizierender Forscher und in den USA der Ausbau der Aktivitäten vieler Universitäten (ggf. durch die weiterhin 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 -leistungsfähigkeit. 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.⁹⁹ Dies weist auf den erwünschten Forschungsoutput hin und reflektiert gleich-

zeitig die politische Ambition, die FuE zu Batterien im Land intensiv voranzutreiben. Da die betrachteten Länder unterschiedliche Ausgangssituationen besitzen, wird der Indikator durch den zwischen 2017 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 150–250 Wh/kg. Die Roadmaps der Zellhersteller und OEM haben sich in den letzten Jahren international angeglichen. Von Seiten verschiedener Regierungen werden zur Orientierung Zielvorgaben herausgegeben (z. B. JP: NEDO, USA: DOE, CN: CAS). Auf europäischer Ebene wurden durch den SET-Plan „Batteries and e-mobility“ wichtige Leistungsparameter zusammengestellt, welche in diesem Indikator für DE und FR angesetzt wurden. Im Vergleich zeigt sich, dass insbesondere die USABC Ziele in den USA sehr ambitioniert sind,

während in Japan und Korea eher von konservativen Annahmen ausgegangen wird. 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 >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 um 2020 gesehen.¹⁰⁰

Überblick über die Zielvorgaben bzgl. der Batterieparameter^{99, 100}

Faktoren	Japan	Korea	China	USA	Frankreich (EU)	Deutschland (EU)
Energiedichte Zelle (2017, Wh/kg)	150–250	150–250	150–250	150–250	150–250	150–250
Energiedichte (bis 2020, Wh/kg)	250	250	300	350	350	350
Verbesserung Faktor x	1,3	1,3	1,5	1,8	1,8	1,8
Energiedichte (bis 2030, Wh/kg)	500	k. A.	500	500	>400	>400
Kosten Zelle (2017, €/kWh*)	150–200	150–200	150–200	150–200	150–200	150–200
Kosten Zelle (bis 2020, €/kWh)	156	100–150	100–150	88/66 (2023)	90 (2022,pack)	90 (2022,pack)
Verbesserung Faktor x	1,1	1,4	1,4	>2	1,9	1,9
Kosten Zelle (bis 2030, €/kWh)	78	<100	<100	70	75 (pack)	75 (pack)

* USD, RMB und JPY umgerechnet in Euro nach mittlerem Kurs Oktober 2018.

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 (LIB-Bedarf im Land für xEV-Pkw) und ergänzt diese durch Informationen bezüglich der im Land gefertigten LIB für diese xEV-Pkw. Es werden also nur LIB berücksichtigt, die auch im Land selbst ver-

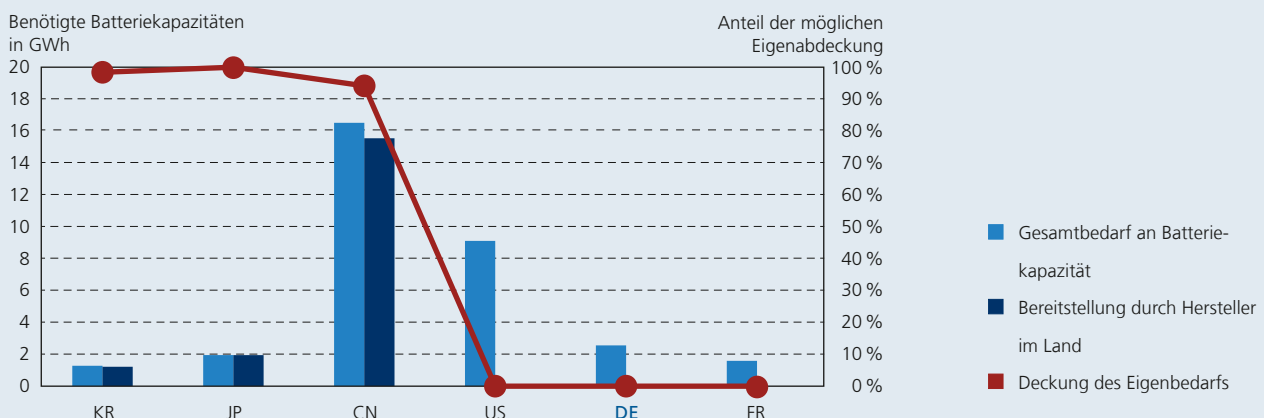
baut werden. Das resultierende Potenzial zur Deckung des Eigenbedarfs, als prozentuales Verhältnis von inländischer Produktion zu Nachfrage wird auf der Sekundärachse abgebildet und liegt damit per Definition zwischen 0 und 100 Prozent. Dieser Wert stellt letztendlich den Beitrag für die Indikatorermittlung dar.

Ergebnis und Interpretation

Die asiatischen Länder haben das Potenzial ihren Bedarf aus eigener Produktion zu 100 Prozent zu decken. Der etwas unter 100 Prozent liegende Wert für China ist hier durch einen Teil von in China abgesetzten BEV von Tesla zu erklären. In den USA kann der Eigenbedarf nur mit am Standort USA durch asiatische Hersteller produzierte Zellen gedeckt werden. Die Deckung des Eigenbedarfs aus einer heimischen Produktion liegt daher entsprechend bei 0 Prozent. Auch in Deutschland und Frankreich

konnte in 2017 der inländische Bedarf nicht gedeckt werden. Bis 2015 wurden in Deutschland noch Kapazitäten der Firma Li-Tec hergestellt, seitdem stammen alle in xEV verbauten Zellen aus Asien. Mit CATL wird es kurzfristig wieder eine Zellproduktion für xEV in Deutschland geben, allerdings dann aus chinesischer Hand. In Frankreich ist die Eigenbedarfsdeckung mit Batterien von batscap der Bolloré-Gruppe für das in Italien hergestellte Blue Car verbunden, jedoch vernachlässigbar.

Kapazitätsbedarf und -abdeckung 2017



PRODUKTIONSPROGNOSE FÜR INLÄNDISCHE ZELLPRODUKTION 2017–2020

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.¹⁰¹ Weitergehende Ergebnisse sind auch in dem Update 2018 der VDMA Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030¹⁵ veröffentlicht. Für 2017 sind die vorhandenen Zellproduktionskapazitäten angegeben. Für 2020 sind die geplanten Zellproduktionskapazitäten (min.) der weltweiten Zellhersteller angegeben.

Optionale weitere Kapazitäten etablierter sowie Kapazitäten neuer Hersteller (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 (Mittelwert aus min./max.) nach Standort der Produktion ein.

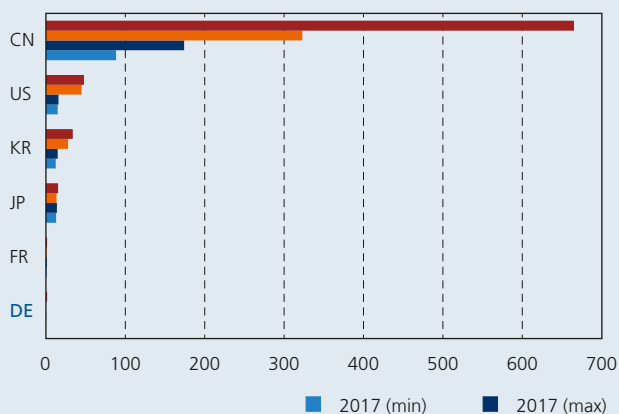
Ergebnis und Interpretation

Die Ausbaupläne der Zellproduzenten zeigen einen massiven weiteren Ausbau der Kapazitäten in China sowie durch chinesische Hersteller (Binnenmarkt), welche in den kommenden Jahren auch auf Absatzmärkte außerhalb Chinas drängen werden (vgl. CATL, BYD etc.). 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 berücksichtigt sind. Bei den genannten Produktionskapazitäten handelt es

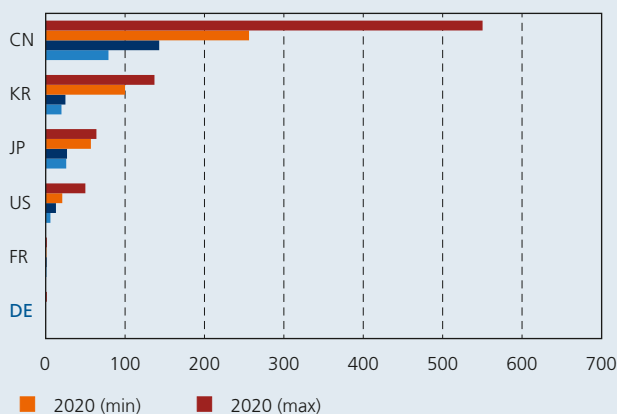
sich um großformatige Pouch und prismatische Zellen sowie Rundzellen der Maße 21700 oder größer. Für Japan und Korea zeigt sich, dass Zellhersteller dieser Länder vermehrt Produktionskapazitäten in anderen Ländern (insbesondere USA und China) aufbauen und damit die Standorte aus den Ländern heraus verlagern (Exporteure, Anbieter). Die USA stehen somit deutlich auf der Seite der Importeure bzw. Nachfrageländer für LIB-Zellen. In Europa werden aktuell Produktionskapazitäten in Polen und Ungarn aufgebaut (hier nicht dargestellt).

Prognose für inländische Zellproduktion für xEV in den Jahren 2017–2020

(nach Standort der Produktion in GWh)



(nach Sitz der Zellhersteller in GWh)



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 2017 bestanden. Die Informationen hierzu stammen aus MarkLines 2018²⁷ und der In-house-Datenbank des Fraunhofer ISI 2018²⁶. Konkret werden – unter Ausschluss geringer Stückzahlen, um Verzerrungen zu minimieren – bei Zuhilfenahme einer 0-1-Codierung die Existenz von Lieferbeziehungen zwischen den Batterieherstellern und OEMs gezählt und aufsummiert. Um welche

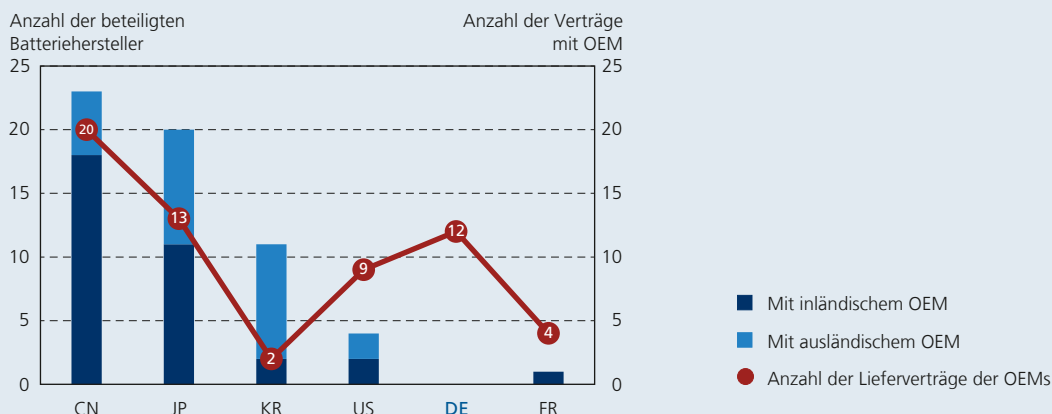
Antriebstechnologie (HEV/PHEV oder BEV) es sich dabei konkret handelt ist irrelevant, solange eine LIB verbaut ist. Dargestellt ist in Balkenform, wie viele Lieferbeziehungen zwischen dem Zellhersteller eines Landes mit in- und ausländischen OEMs bestehen, sowie als Punkte, wie viele Lieferverträge die OEMs eines jeweiligen Landes insgesamt haben. Bei der Indikatorberechnung geht die Gesamtanzahl der Lieferverträge zu 40 Prozent ein und Verträge mit ausländischen/indländischen OEMs mit je 30 Prozent.

Ergebnis und Interpretation

Die chinesischen Zellhersteller haben die höchste Anzahl an Lieferverträgen, wobei die überwiegende Mehrheit der Lieferverträge wiederum mit chinesischen OEMs besteht (18 Verträge), also der Binnenmarkt beliefert wird. Die vielen kleinen Zellhersteller und OEMs aus China sind hier jeweils zu einem einzigen Eintrag zusammengefasst, sonst läge die Zahl nochmals weitaus höher. Auch die japanischen Zellhersteller können eine Vielzahl an Verträgen vorweisen, 11 inländische und 9 ausländische Lieferbeziehungen sind hier nachzuweisen. Damit zeigt sich für Japan ein ausgewogenes Verhältnis aus Abdeckung der Wertschöpfung im eigenen Land und Exportaktivitäten. Die koreanischen

Zellhersteller haben – im Gegensatz zu allen anderen betrachteten Ländern – mehrheitlich ausländische Lieferbeziehungen (9 Verträge), was Korea vorrangig zum Zellexporteur macht. Die Anzahl an Lieferverträgen mit Zellherstellern aus den USA sind gering. Was Lieferverträge der Zellhersteller angeht, sind Deutschland und Frankreich vernachlässigbar. Anhand der Anzahl der Lieferverträge der OEMs zeigt sich, wo sich wichtige Nachfrageländer befinden. Die ostasiatischen Länder sind hierbei vorrangig als Exporteur zu nennen, während die westlichen Länder sich deutlich auf der Nachfrageseite bewegen.

Lieferverträge 2017



GRÖSSE DES ABSATZMARKTES FÜR KOMPONENTEN UND BATTERIEN IM EIGENEN LAND

ZIEL DES INDIKATORS

Ziel ist es, die Größe des heimischen Absatzmarktes 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 Corporation¹⁰² berechnet. Dabei wird nicht der gesamte LIB-Komponenten-Markt in 2017 betrachtet sondern nur die durch LIB-Zellhersteller im Land entstandene Nachfrage, dies sind rd. 115 GWh Nachfrage nach LIB-Zellen in 2017 insgesamt (weltweit). Als heimischer Markt wird dabei

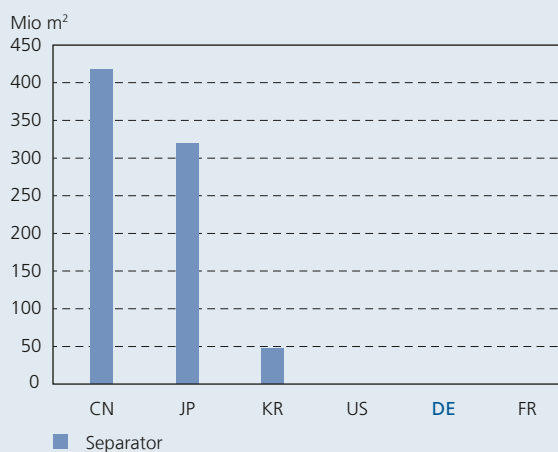
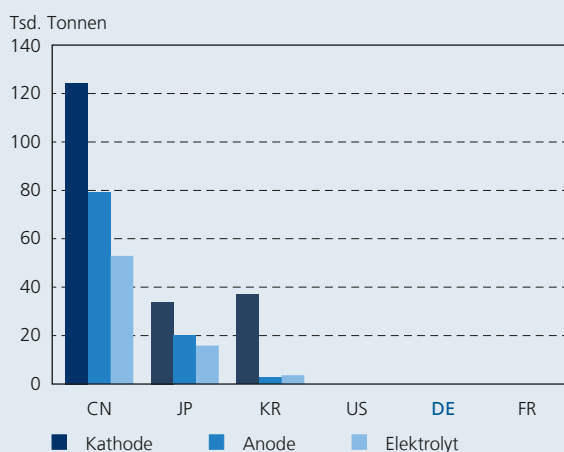
die Nachfrage im jeweiligen Land gewertet, also alle Produkte, die auf diesem Markt abgesetzt werden. Verkauft beispielsweise ein japanischer Produzent von Kathodenmaterialien Produkte an einen koreanischen Zellhersteller, so wird dieser Absatz dem koreanischen Markt zugeordnet und taucht in der Betrachtung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

Ergebnis und Interpretation

Lediglich die asiatischen Länder haben relevante heimische Absatzmärkte für Komponenten. Dabei setzten chinesische Komponentenhersteller in 2017 mit Abstand die größten Mengen an Kathoden-, Anoden-, Elektrolytmaterialien und Separatoren im eigenen Land ab. Chinesische Unternehmen haben somit exzellente Bedingungen für ein Lernen am Markt und haben die japanische und koreanische Konkurrenz hinter sich gelassen.

Japanische Komponentenhersteller folgen hinter China und beliefern inländische Zellhersteller entlang aller Komponenten. In Korea hingegen kaufen Zellhersteller wie Samsung SDI, LG Chem weiterhin stark von Komponentenherstellern außerhalb des Landes ein. Insbesondere der Absatz von Anoden-, Elektrolytmaterialien und Separatoren durch inländische Zulieferer ist besonders gering.

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



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.

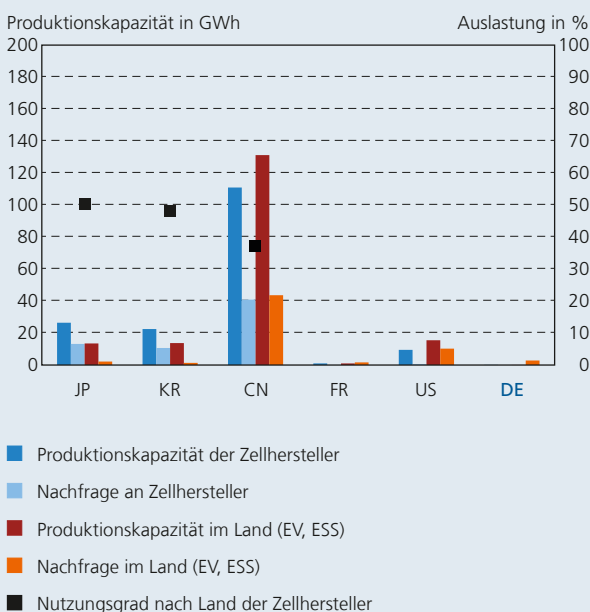
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der Indikator misst die installierten Produktionskapazitäten für LIB in einem Land, welche sich für das Jahr 2017 zwischen 133 und 225 GWh bewegen (Mittelwert: 180 GWh). Hierzu werden die Produktionskapazitäten der Zellhersteller im jeweiligen Land aufsummiert (es werden die Produktionskapazitäten sowohl nach Sitz der Zellhersteller als auch nach Standort der Produktion ausgewiesen). Als Datengrundlage dienen die in Indikator 25 zitierten Quellen und hieraus hergeleiteten Daten. Um darüber hinaus auch Rückschlüsse auf den Nutzungsgrad ziehen zu können, wird die regionale Nachfrage nach LIB-Zellen ergänzend angegeben (wieder Nachfrage an Zellhersteller sowie im Land). Im Ergebnis können regionale Auslastungen (in Prozent) als Verhältnis von Nachfrage und Kapazität angegeben werden. Dies macht allerdings nur für die asiatischen Länder mit hinreichend LIB-Produktionskapazitäten Sinn.

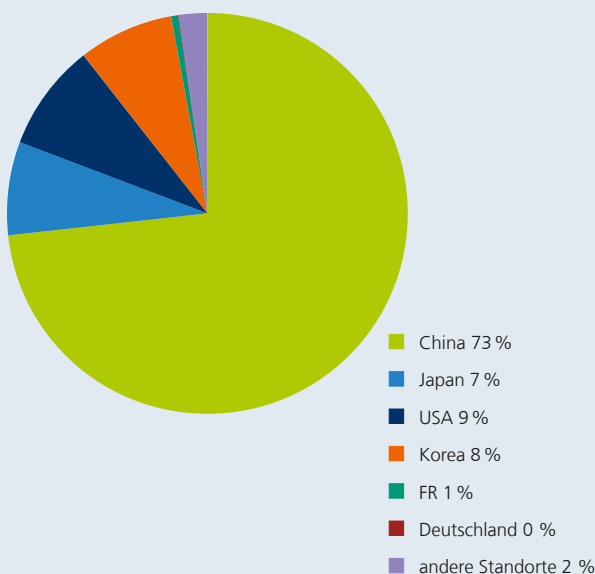
Ergebnis und Interpretation

Die weltweit größten Produktionskapazitäten von LIB-Zellen befinden sich in China (rd. 130 GWh bzw. 73 Prozent in 2017). In Japan, Korea und den USA (dort insbesondere auch durch Panasonic, LG Chem, AESC) wurden bis 2017 ähnlich große Zellproduktionskapazitäten aufgebaut (jeweils 13–15 GWh). In den kommenden Jahren werden in China massiv weitere Kapazitäten aufgebaut werden (siehe Indikator 25). Die Auslastung japanischer und koreanischer Hersteller ist deutlich höher als die chinesischer Hersteller, was auf eine Ausbaustrategie der Japaner und Koreaner entlang der entstehenden Nachfrage und gemeinsam mit OEM hinweist. In China versuchen neben großen etablierten Zellherstellern auch eine große Reihe kleinerer bzw. neuer Hersteller im Wachstumsmarkt China ihre Produktion hoch zu skalieren. Viele der Akteure stammen aus dem Markt der E-Busse und versuchen sich nun auch im E-Pkw Markt zu etablieren. In Frankreich und Deutschland sind die Produktionskapazitäten in 2017 im Vergleich vernachlässigbar. In den USA sind Produktionskapazitäten im Land von Produktionskapazitäten US-amerikanischer Hersteller wie Farasis (mit Standort China) zu unterscheiden.

Globale Produktionskapazität



Verteilung der globalen Produktionskapazität im Jahr 2017 (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.

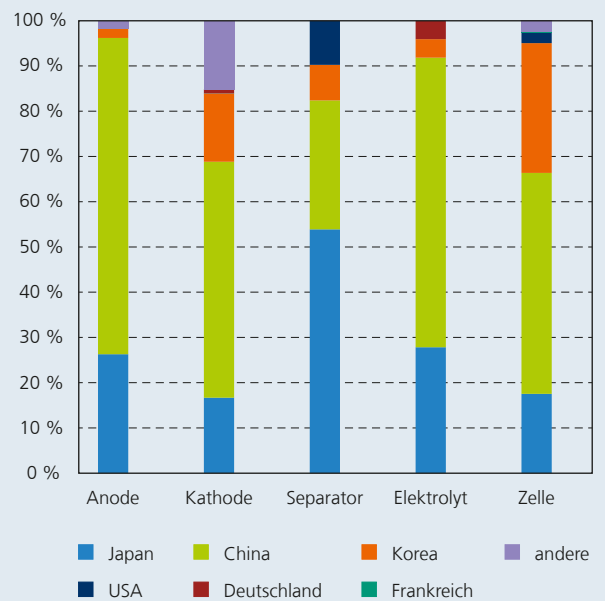
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Der Marktanteil jedes Landes am Weltmarkt im Jahr 2017 wird einzeln für die Komponenten- und Zellmärkte ermittelt. Die Marktanteile für die Teilmärkte Kathode (>251 000 Tonnen in 2017), Anode (>141 000 Tonnen in 2017), Separator (>1700 m² in 2017) und Elektrolyt (>100 000 Tonnen in 2017) werden auf Mengengröße der Studien von B3 Corporation (2017, 2018)¹⁰² entnommen (globale Märkte für LIB-Komponenten und Zellen in allen Anwendungen). Für den Zellmarkt wird die Marktgröße in GWh aus der Datenbank des Fraunhofer ISI 2018²⁶ sowie weiteren Marktstudien entnommen (gesamt rd. 115 GWh LIB-Markt in 2017). 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 10 Prozent, Kathode 30 Prozent, Separator 10 Prozent, Elektrolyt 10 Prozent, Zelle 40 Prozent) summiert (Abbildung unten).

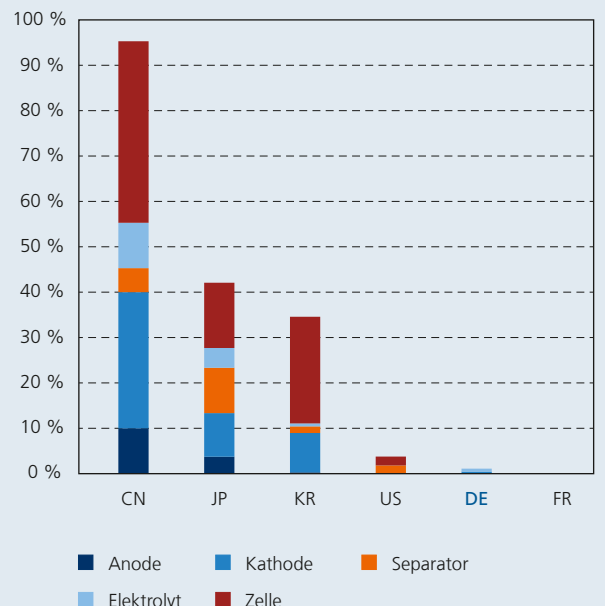
Ergebnis und Interpretation

Die asiatischen Länder dominieren in der Herstellung der Komponenten und der Zellen für LIB. Japanische Unternehmen weisen jedoch gegenüber dem Monitoring 2016 nur noch 15 bis 25 Prozent Marktanteile auf (einzig bei Separatoren über 50 Prozent). China hat hingegen mittlerweile 50 bis 70 Prozent Marktanteile erreicht (einzig bei Separatoren <30 Prozent). Korea erzielt fast 30 Prozent Marktanteil im LIB-Zellmarkt, 15 Prozent bei Kathodenmaterialien, 8 Prozent bei Separatoren und wenige Prozent bei Anoden- und Elektrolytmaterialien. Im Bereich der Separatoren halten Polypore und Entek (US) einen Marktanteil von etwa 10 Prozent. Einzig bei den Kathodenmaterialien sind weitere Unternehmen außerhalb der drei asiatischen Länder aktiv, z. B. Umicore (Belgien, rd. 10 Prozent Marktanteil), Johnson Matthey (UK), BASF Toda (DE/JP) und Unternehmen aus Taiwan mit insgesamt rd. 15 Prozent Marktanteil in 2017.

Marktanteile in den Teilmärkten im Jahr 2017



Normierte und gewichtete Weltmarktanteile 2017 in den Teilmärkten



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.

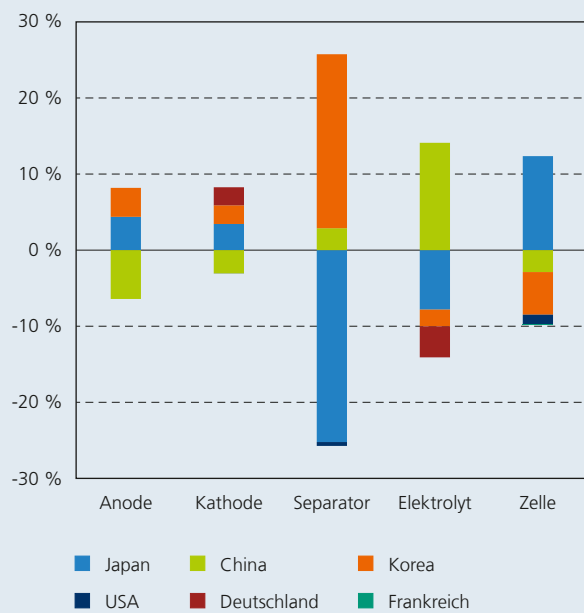
Was und wie wird gemessen sowie Datengrundlage

Das relative Marktwachstum wird als Veränderung der Marktanteile über die Differenz der Marktanteile im Jahr 2017 und 2019 in Prozentpunkten ermittelt. Die Marktanteile 2017 sind in Indikator 29 dargestellt. Für das Jahr 2019 werden die Marktanteile für Zellen auf Basis der Hochrechnung der xEV-Verkaufszahlen in Q1-Q3 2018 auf das gesamte Jahr 2018 und durch Fortschreibung von 2017 über 2018 bis 2019 ermittelt. Ebenso werden die LIB-Zellmärkte in anderen EV, ESS und Konsumeranwendungen fortgeschrieben. Für die Veränderung der Komponentenmärkte werden die Absatzmengen aus B3 Corporation (2017, 2018)¹⁰² bis 2019 fortgeschrieben und mit den Marktzahlen für LIB-Zellen harmonisiert.

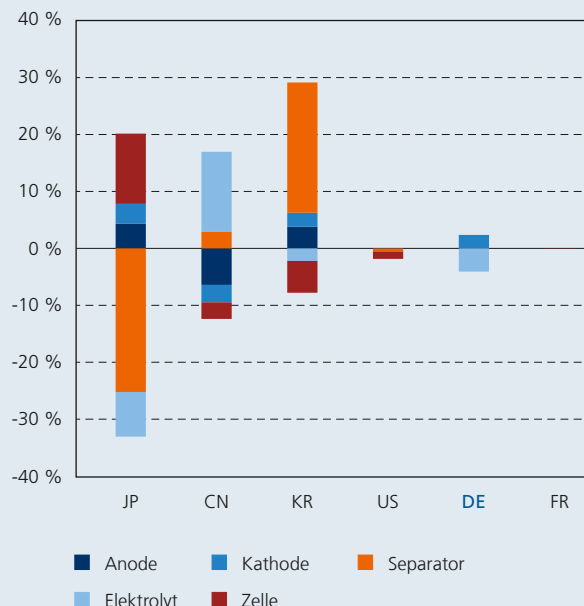
Ergebnis und Interpretation

Wie im Monitoring 2016 hergeleitet, hat Japan zwischen 2015 und 2017 tatsächlich massiv Marktanteile (insbesondere zugunsten Chinas) verloren. Der Trend 2017 bis 2019 lässt auf weitere Verluste besonders im Separator- und teilweise Elektrolytmarkt schließen. Dafür dürfte sich Japan Anteile im Zellmarkt zurückholen. Korea dürfte sich bis 2019 steigende Marktanteile im Separatormarkt sichern. China dürfte sich im Anodenmarkt weitere Marktanteile holen. Insgesamt ergeben sich weiterhin Verluste für Japan zugunsten Koreas und teilweise Chinas.

Veränderung der Marktanteile in den Teilmärkten 2017–2019



Veränderung der Marktanteile der Länder 2017–2019



ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

3C	Consumer, Computer, Communication	MOTIE	Ministry of Trade, Industry and Economy, (Korea)
ANR	Agence Nationale de la Recherche		
BEV	Rein elektrisches Fahrzeug, engl. „battery electric vehicle“	NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organisation (Japan)
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung	NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit	NEV	New energy vehicle
		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	TWh	Terawattstunde
DOE	Department of Energy	WGI	World Governance Index
EMOTOR	Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität	WLTP	World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure
EPI	Environmental Performance Index	WSK	Wertschöpfungskette
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“		
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		
MOST	Ministry of Science and Technology (China)		

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.

LITERATURVERZEICHNIS UND KOMMENTARE

- 1** Die Studie entstand im Rahmen der Begleitmaßnahme zu dem Programm „Batterie 2020“ (BEMA2020), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- 2** Regierungsprogramm Elektromobilität 2011. Herausgeber: BMWi, BMVBS, BMU, BMBF. [https://www.bmbf.de/files/programm_elektromobilitaet\(1\).pdf](https://www.bmbf.de/files/programm_elektromobilitaet(1).pdf) [07.12.2018].
- 3** BMU 2018: Förderung der Elektromobilität durch die Bundesregierung. <https://www.bmu.de/themen/luft-laerm-verkehr/verkehr/elektromobilitaet/> [07.12.2018].
- 4** BMWi 2018 „Leitmärkte mit Zukunftspotential“: Das gemeinsame Ziel der Bundesregierung mit der Industrie ist es, im Jahr 2020 sowohl Leitmarkt als auch Leitanbieter für Elektromobilität zu sein. Das auch von der Industrie getragene Ziel, eine Million Fahrzeuge bis 2020 auf Deutschlands Straßen zu bringen, wurde im Koalitionsvertrag bekräftigt. <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Industrie/leitmaerkte-mit-zukunftspotential.html> [07.12.2018].
- 5** Koalitionsvertrag 2018: Ein neuer Aufbruch für Europa. Eine neue Dynamik für Deutschland. Ein neuer Zusammenhalt für unser Land. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD 19. Legislaturperiode, Berlin 12.3.2018. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf?download=1> [07.12.2018].
- 6** Gemeinsame Pressemitteilung des BMU mit dem BMVI 2014: „Kabinettsverabschiedet Elektromobilitätsgesetz“. <http://www.bmubund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/kabinettsverabschiedet-elektromobilitaetsgesetz/> [07.12.2018].
- 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;jsessionid=CBE5E12404F183EE3B29F4885673366D.s7t2?nn=437032#group1> [07.12.2018].
- 8** Bekanntmachung des BMBF: „...von Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld ‚Lithium-Ionen-Batterie (LIB2015)‘“. <http://www.bmbf.de/foerderungen/11799.php> [07.12.2018].
- 9** Kompetenznetzwerk Lithium-Ionen-Batterie – Über KLIB. <http://www.klib-org.de/> [07.12.2018].
- 10** Projekt: „Roadmapping ‚Lithium Ionen Batterie LIB 2015‘“. <https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/neue-technologien/projekte/lib-2015-roadmapping.html> [07.12.2018].
- 11** Bekanntmachung des BMBF: „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität (STROM)“. <http://www.bmbf.de/foerderungen/14611.php> [07.12.2018].
- 12** Projekt: „Energiespeicher-Monitoring für die Elektromobilität“ (EMOTOR). <http://www.emotor.isi-projekt.de/emotor/index.php> [07.12.2018].
- 13** Projekt: „Begleitmaßnahme Batterie 2020“ (BEMA2020). <https://www.isi.fraunhofer.de/de/competence-center/neue-technologien/projekte/bema2020-batterie2020.html> [07.12.2018].
- 14** Fraunhofer ISI 2018: Auswertung aktueller Marktstudien von Avicenne, B3 Corp und weiterer Marktanalysten sowie In-House-Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.).
- 15** VDMA 2018: Roadmap Batterie-Produktionsmittel 2030 (Update 2018), VDMA Batterieproduktion, PEM der RWTH Aachen, Fraunhofer ISI, Battery LabFactory, Braunschweig (BLB) und TU Braunschweig, 2018.
- 16** Dabei dominiert China aktuell mit rd. 80 % der aufgebauten und weiter im Bau befindlichen Produktionskapazitäten.
- 17** Bass, Frank M. 1969: A new product growth for model consumer durables. *Management Science* 15 215-227.
- 18** Thielmann, A. et al. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI (Karlsruhe) (Hrsg.): Energiespeicher-Monitoring 2016 – Deutschland auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter? Karlsruhe: Fraunhofer ISI, 2016.
- 19** Es werden hier nur BEV/PHEV Pkw und keine Nutzfahrzeuge (Busse, Trucks etc.) betrachtet. Bei großen Fahrzeugen und hohen Reichweiten müssen neben batteriebasierten Elektrofahrzeugen zunehmend andere Antriebskonzepte in Betracht gezogen werden (z. B. synthetische Kraftstoffe). Diese werden hier nicht diskutiert.
- 20** 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.

21 Es wird eine durchschnittliche Erhöhung der Batteriekapazität in einem xEV von 20 kWh in 2010 bis 60 kWh (Szenario 3), 67,5 kWh (Szenario 2), 75 kWh (Szenario1) in 2050 angenommen. Dies gibt die Entwicklung zwischen 2010 und 2018 richtig wieder und wäre aus heutigen Erkenntnissen zu erwarten, da sich die in Elektroautos eingesetzte Batteriekapazität mit verbesserter Energiedichte und Kostenreduktion der Batterien erhöht. Szenario 1 geht dabei von einem künftig höheren Anteil an BEV im Vergleich zu PHEV aus, Szenario 3 geht eher von gleichen BEV/PHEV-Anteilen aus. Szenario 2 schreibt die bis 2018 tatsächliche Aufteilung von 2/3 BEV- und 1/3 PHEV-Verkäufen fort. [Siehe auch „Reichweiteoptimierte 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.]

22 Hier lässt sich der reale Verlauf des Wachstums auflösen. Während xEV-Neuzulassungen, Bestand, Batterienachfrage zwischen 2010 und 2017/2018 genau reproduziert werden können, wird hier der „Ausreißer“ in 2015 durch die sprunghafte Ankurbelung des chinesischen Markts durch die Regierung sichtbar. Aktuell liegen die Wachstumsraten auf dem Niveau von rd. 50-60 %.

23 OECD/IEA 2016: Global EV Outlook 2016. https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf

24 OECD/IEA 2018: Global EV Outlook 2018. <https://www.iea.org/gevo2018/>

25 Golem 15.10.2018: <https://www.golem.de/news/1-000-autos-pro-tag-tesla-baut-100-000-model-3-1810-137104.html> [10.12.2018].

26 Fraunhofer ISI 2018: In-House Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.).

27 Marklines 2018: MarkLines Co., Ltd. (2018). Automotive Industry Portal. https://www.marklines.com/portal_top_en.html [10.12.2018].

28 Zeit-Online 2018 (04.12.2018): VW kündigt Ende von Verbrennungsmotoren an. <https://www.zeit.de/wirtschaft/unternehmen/2018-12/elektromobilitaet-vw-ausstieg-verbrennertechnologie-2026-elektroantrieb-benzin-diesel>

29 Rogers, Everett (1995): The Diffusion of Innovations, New York, NY: Free Press.

30 BASF und Nornickel bündeln Kräfte für die Versorgung des Markts für Batteriematerialien (22.10.2018): <https://www.basf.com/global/de/media/news-releases/2018/10/p-18-336.html>

31 Belgium's Umicore to invest over \$370 mln in Polish battery materials plant (13.10.2018): <https://www.reuters.com/article/poland-umicore/belgiums-umicore-to-invest-over-370-mln-in-polish-battery-materials-plant-idUSL5N1VZ3WQ>

32 BMW-led consortium plans to establish green battery production in Europe (16.10.2018): <http://www.eenewsautomotive.com/news/bmw-led-consortium-plans-establish-green-battery-production-europe/page/0/1>

33 China verbietet erste Verbrenner (25.04.2018): <https://www.autozeitung.de/china-elektroquote-136922.html>. China: Quote für Elektroautos kommt 2019: China forciert die Elektroquote und will Autobauer ab 2019 dazu verpflichten einen festgelegten Anteil alternativer Antriebe in Produktion und Verkauf einzuhalten. Das teilte das Ministerium für Industrie und Informationstechnologie im Herbst 2017 in Peking mit. Die Anteile werden über ein Punktesystem festgelegt, an dem sich alle Hersteller, die mehr als 30.000 Fahrzeuge im Jahr produzieren, orientieren müssen. Dabei zählen reine Elektroantriebe mehr als Plug-in-Hybride, die mit einem Mix aus Verbrennungs- und Elektromotor fahren. Höhere Reichweiten der E-Autos sorgen ebenfalls für mehr Punkte. Zunächst wird eine Quote von zehn Prozent festgelegt, zum Jahr 2020 klettert der Anteil dann auf 12 Prozent. Wenn ein Hersteller die Elektroauto-Quote in China nicht erfüllen kann, muss er entweder Punkte von anderen Firmen erwerben oder Strafzahlungen leisten.

- 34** CO₂-Emissionen von Neuwagen sollen bis 2030 um 37,5 Prozent sinken (18.12.2018): https://ec.europa.eu/germany/news/20181218-co2-grenzwerte-autos_de
- 35** Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure (WLTP) als Testverfahren zur Bestimmung der Abgasemissionen (Schadstoff- und CO₂-Emissionen) und des Kraftstoffverbrauchs von Kraftfahrzeugen. Das Testverfahren, welches seit 2017 in der Europäischen Union eingeführt wurde und für Personenkraftfahrzeuge und leichte Nutzfahrzeuge gilt, ersetzt den früheren Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ).
- 36** NPE 2015: Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland. Statusbericht und Handlungsempfehlungen 2015.
- 37** NPE 2016: Wegweise Elektromobilität. Handlungsempfehlungen der Nationalen Plattform Elektromobilität, Juni 2016.
- 38** Neue Förderprogramme für Ladeinfrastruktur, 11/2016: <http://www.cleanenergy-project.de/mobilitaet/7418-neue-foerderprogramme-fuer-ladeinfrastruktur-7418>
- 39** Bundesregierung 2016: Elektromobilität – Verbesserte Förderung von Elektrofahrzeugen. <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Infodienst/2016/05/2016-05-18-elektromobilitaet-1/2016-05-18-elektromobilitaet.html;jsessionid=CBE5E12404F183EE3B29F4885673366D.s7t2?nn=437032#group1>
- 40** BMBF (2018): Was kommt nach Lithium-Ionen-Batterien? (08.10.2018) <https://www.bmbf.de/de/was-kommt-nach-lithium-ionen-batterien-7094.html>
- 41** electrive (2018): Zellfertigung: 2 Mrd Euro Fördergeld für zwei Werke? (10.9.2018) <https://www.electrive.net/2018/09/10/zellfertigung-2-mrd-euro-foerderung-fuer-zwei-werke/>
- 42** Darüber hinaus dürfte SKI kurzfristig weitere Produktionskapazitäten ankündigen: [VW komplettiert Zelllieferanten-Pool für Elektroauto-Batterien (14.11.2018): <https://emobilitaet.online/news/wirtschaft/5085-vw-ski-batterie-zellen-elektroautos.>]
- 43** BYD prüft Aufbau einer Batteriezellfertigung in Europa (5.6.2018): <https://www.electrive.net/2018/06/05/byd-prueft-aufbau-einer-batteriezellfertigung-in-europa/>.
- 44** Diese Standorte buhlen um Teslas europäische Gigafactory (2.8.2018): <http://www.manager-magazin.de/fotostrecke/tesla-gigafactory-europa-diese-standorte-buhlen-um-zuschlag-fotostrecke-162794.html>.
- 45** GS YUASA baut neues Lithium-Ionen Batteriewerk in Ungarn (Januar 2018): <https://www.yuasa.de/2018/01/gs-yuasa-baut-neues-lithium-ionen-batteriewerk-in-ungarn/>. (Standort: Ungarn, erst Packfertigung, später ggf. Zellfertigung)
- 46** Farasis schafft Fertigungskapazitäten in China und EU (8.9.2018): <https://www.electrive.net/2018/09/08/farasis-schafft-fertigungskapazitaeten-in-china-und-eu/>
- 47** EU will Milliarden in „Gigafactory“-Wettlauf stecken (15.10.2018): <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroauto-wer-baut-europas-erste-batterie-gigafactory-a-1174306-4.html>. Geplante Jahreskapazität: 2020: 8 Gigawattstunden (GWh); 2023: 32 GWh.
- 48** TerraE-Übernahme (21.11.2018): Das plant die BMZ-Gruppe: <https://www.elektroauto-news.net/2018/terrae-uebernahme-plan-bmz-gruppe>.
- 49** France's Saft targets new generation battery production from 2020 (12.09.2018): <https://www.reuters.com/article/autos-batteries-saft/frances-saft-targets-new-generation-battery-production-from-2020-idUSL5N1VX4TZ>. 200-300 Mio € Investment zum Aufbau einer Zellfertigung (3. Generation) Flüssigelektrolyt-basierte LIB ab 2020, einer (Generation 3b) HE-NMC LIB Zellfertigung ab 2022 und Zellfertigung von Feststoffbatterien ab 2024.
- 50** Altmaier: Thesen zur industriellen Batteriezellfertigung (13.11.2018): <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20181113-altmaier-thesen-zur-industriellen-batteriezellfertigung.html>.
- 51** Altmaier fördert Batteriezellfabrik mit einer Milliarde Euro (13.11.2018): https://www.welt.de/newsticker/dpa_nt/infonline_nt/wirtschaft_nt/article183771608/Altmaier-foedert-Batterie-zellfabrik-mit-einer-Milliarde-Euro.html. „Mehrere Konsortien seien dabei, sich zu bilden. Bis Jahresende (2018) solle es erste konkrete Ergebnisse geben. Konkret geht es um drei Konsortien. Zwei dieser drei Bündnisse sind international aufgestellt. Bei dem bisher nationalen Konsortium gelten der Batteriekonzern Varta, der Chemiekonzern BASF sowie der Autobauer Ford als Kandidaten. Offen ist, ob sich der Auto-Branchenprimus VW beteiligt.“
- 52** Bekommt die Lausitz eine Batteriefabrik (22.11.2018): <https://www.saechsische.de/bekommt-die-lausitz-eine-batterie-fabrik-5000821.html>. „Im Jahr 2030 soll ein Drittel des welt-

weiten Bedarfs an Batteriezellen für E-Autos oder Smart Home-Geräte aus deutscher und europäischer Produktion gedeckt werden.“/ „Im Haushalt“ des BMWi „stehen bis 2021 eine Milliarde Euro für die Förderung einer Batteriezellenfertigung zur Verfügung.“/ Für drei Konsortien stehen jeweils rd. 500 Mio Euro an Förderung zum Anfangsinvest im Raum, welche als wichtiges Projekt von gemeinsamem europäischen Interesse (IPCEI), für das die EU-Kommission ihre strengen Beihilferegeln lockert, zur Verfügung gestellt werden könnten. Pro Konsortium gehe es um rund 1000 bis 2000 Arbeitsplätze [Anm.: bei vereinfacht angenommenen rd. 100 Arbeitsplätzen je GWh und 50-100 Mio € Investition je GWh könnte es sich um jeweils 10-20 GWh angedachte Zellfertigungskapazität handeln. Unklar ist dabei, in wie weit sich hinter den bislang nicht bekannten Konsortien die bereits genannten Akteure verbergen.]

53 Total says batteries investment depends on level playing field with Asia (23.11.2018): <https://www.reuters.com/article/us-europe-batteries-total/total-says-batteries-investment-depends-on-level-playing-field-with-asia-idUSKCN1NS1YP>

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

55 Mit LIB-Technologie, nicht auf NiMH Basis.

Kategorie I Subventionen

56 China Subventionen: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/China-NEV_ICCT_policy-update_17052017_vF.pdf Table 3 – Für BEV liegt Durchschnittswert bei ca. 42 000 CNY, für PHEV werden 24 000 CNY veranschlagt (jeweils Annahme: Fokus auf längeren Reichweiten). Autos mit höheren Reichweiten bekommen mehr Subventionen: <https://insideevs.com/china-updates-ev-subsidy-program-to-favor-long-range-bevs/>; Subventionen werden bis 2020 graduell abgesenkt: <https://www.eesi.org/articles/view/comparing-u.s.-and-chinese-electric-vehicle-policies>

57 Deutschland Subventionen: <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html>; 50 % gezahlt von Industrie, 50 % gezahlt von Staat.

58 Frankreich Subventionen: https://www.acea.be/uploads/publications/EV_incentives_overview_2018.pdf und <http://www.eafo.eu/content/france> – Annahme: BEV unterschreitet 20g/km CO₂-Ausstoß, PHEV überschreitet diesen Grenzwert. Dazu kommt noch Abwrackprämie für über 11 Jahre alte Dieselfahrzeuge bei Neuanschaffung eines BEV oder PHEV-Fahrzeuges.

59 Japan Subventionen: <http://www.nedo.go.jp/content/100878195.pdf>, Folie 15 – Annahme: Durchschnittliche Range für BEV liegt bei 400 km (bspw. Nissan Leaf, analog zu Folien), für PHEV ohnehin festes Schema.

60 Korea Subventionen: https://translate.google.de/translate?hl=de&sl=ko&tl=en&u=https%3A%2F%2Fwww.ev.or.kr%2Fportal%2FbuyersGuide%2FincenTive%3FpMENUmST_ID%3D21549 und <http://koreabizwire.com/electric-car-subsidies-subject-to-new-standards/107914> – Annahme: BEV liegt durchschnittlich bei 10 Mio. Won, PHEV wird nicht subventioniert.

61 USA Subventionen: <https://www.eesi.org/articles/view/comparing-u.s.-and-chinese-electric-vehicle-policies> und <https://www.fueleconomy.gov/Feg/taxevb.shtml> – Annahme: Durchschnittswert für BEV liegt bei 7500 USD, für PHEV bei 5391 USD.

Kategorie II Indirekte Steuerbefreiungen

62 China indirekt: Ausnahme bei Purchase Tax seit 2014 bis 2020 <https://www.eesi.org/articles/view/comparing-u.s.-and-chinese-electric-vehicle-policies> und http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IZEV-incentives-comp_201606.pdf; außerdem Mindest-Elektro-Marktanteile für Autohersteller im Rahmen des New Energy Vehicle (NEV) Mandate Policy basierend auf Punktesystem: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/China-NEV-mandate_ICCT-policy-update_20032018_vF-updated.pdf

63 Deutschland indirekt: Steuervorteile bei Kfz-Steuer, Einkommensteuer, Stromsteuer: <https://www.bundestag.de/blob/554388/97667f80c35cef97c6cd43495975d2d4/wd-4-052-18-pdf-data.pdf> und <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html> und http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteuer/Steuerverguenstigung/Elektrofahrzeuge/elektrofahrzeuge_node.html

64 Frankreich indirekt: https://www.acea.be/uploads/publications/EV_incentives_overview_2018.pdf und <http://www.avere-france.org/Uploads/Documents/14666902910720b88df1f89e677a4f8922ae928be4-Comparaison%20politiques%20publiques%20Europe.pdf>

65 Japan indirekt: Steuerbefreiung bei Automobile Weight Tax, nicht aber bei Automobile Acquisition Tax: <http://www.nedo.go.jp/content/100878195.pdf> Folie 16 sowie http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IZEV-incentives-comp_201606.pdf

66 Korea indirekt: Zahlreiche Steuervorteile, bspw. bis zu 3 Mio Won (2303,83 Euro) bei Konsumsteuer, 0,9 Mio Won (691,15 Euro) bei Bildungssteuer, 2 Mio Won (1535,89 Euro) bei Einkommenssteuer <http://koreabizwire.com/electric-car-subsidies-subject-to-new-standards/107914> und https://translate.google.de/translate?hl=de&sl=ko&tl=en&u=https%3A%2F%2Fwww.ev.or.kr%2Fportal%2FbuyersGuide%2FincenTive%3FpMENU_MST_ID%3D21549

67 USA indirekt: <https://pluginamerica.org/why-go-plug-in/state-federal-incentives/>

Kategorie III Sonstige Privilegien

68 China sonstige: <http://www.faz.net/aktuell/technik-motor/motor/elektrische-billigmobile-aus-china-15826276.html> und http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_IZEV-incentives-comp_201606.pdf

69 Deutschland sonstige: <https://www.acea.be/publications/article/overview-of-incentives-for-buying-electric-vehicles> und <https://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/03/2015-03-27-elektromobilitaetsgesetz-bundesrat-beschluss.html?nn=694676>

70 Frankreichsonstige: https://www.acea.be/uploads/publications/EV_incentives_overview_2018.pdf und <https://www.acea.be/publications/article/overview-of-incentives-for-buying-electric-vehicles>

71 Japan sonstige: www.cev-pc.or.jp/event/pdf/evphvtown_report2013_en.pdf

72 Korea sonstige: <http://www.theicct.org/blogs/staff/promoting-electric-vehicles-in-korea>

73 USA sonstige: http://www.ourenergypolicy.org/wp-content/uploads/2018/07/Transition_EV_US_Cities_20180724.pdf und Übersicht der Privilegien auf Bundesstaatenebene: <https://pluginamerica.org/why-go-plug-in/state-federal-incentives/> (Kategorien: Purchase, High-occupance vehicle line (HOV), Charging, Licensing, Parking, Infrastructure Incentives, Other).

Kategorie IV Infrastrukturausbau

74 Global EV Outlook 2018, Seite 112: <https://webstore.iea.org/global-ev-outlook-2018>

75 Fraunhofer ISI 2018: In-House-Datenbank Elektrofahrzeuge (enthält Modellaufgelöst u. a. Absatzzahlen, Absatzländer, Produktionsstandorte, OEM, kWh-Kapazität, Zellhersteller, Zellchemie etc.).

76 Europäische Union (EU) bzw. Deutschland und Frankreich: European Commission, "Proposal for a regulation. Post 2020 light vehicle CO2 regulation(s)", 8 November 2017, http://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/com-2017-676_en
USA: NHTSA CAFE <http://www.nhtsa.gov/fuel-economy>
Korea: ICCT 2015: South Korea fuel economy and greenhouse gas standards for new light-duty vehicles (2016–2020).

Andere: ICCT 2017: Global update light-duty vehicle greenhouse gas and fuel economy standards.

77 Statista 2018: Statista GmbH (2018). Das Statistik-Portal – Statistiken und Studien aus über 22 500 Quellen. Weitere Informationen zuletzt abgerufen am 04.11.2018 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 2018 bezogen wie folgt:

Deutschland: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1252/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-je-einwohner-seit-1991/>

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

Südkorea: <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/>
- EU 2017 (Referenz zur Umrechnung der EUR-/USD-Wechselkurse): <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/188766/umfrage/bruttoinlandsprodukt-bip-pro-kopf-in-den-eu-laendern/>
- 78** B3 Corporation 2017: H. Takeshita, LIB Material Markets Bulletin Chapter 5 (B17Q3).
- 79** Fraunhofer ISI 2018: In-House-Datenbank zu Produktionskapazitäten und Verkaufsvolumina von Zellherstellern.
- 80** Einige, insbesondere kleinere Unternehmen mit entsprechender Rechtsform sind nicht verpflichtet ihre Umsatzzahlen offenzulegen. In manchen Fällen wurden die Umsätze daher auf Basis bekannter Verkaufsvolumina geschätzt.
- 81** U.S. Geological Survey (2017): USGS Minerals Information: Commodity Statistics and Information. USGS – U.S. Geological Survey, Mineral Resources Program, Minerals Information Team. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/> [01.11.2018].
- 82** IntierraRMG Resource Sector Intelligence (Hg.) (2014): Raw Materials Data. Mining database, mining report, mining industry analysis, mine maps.
- 83** 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 Minen langsam ändern und damit nur geringe Auswirkungen auf den Indikator „Produktion und Handel von Rohstoffen“ durch die Datenlage zu erwarten sind.
- 84** UN Comtrade. <http://comtrade.un.org/> [01.11.2018].
- 85** Die Rohstoffmarktstruktur ändert sich nur langsam, weshalb das Ergebnis ähnlich zu dem Ergebnis des „Energiespeicher-Monitoring 2016“ ist.
- 86** European Patent Office (Hg.) (2018): PATSTAT. http://www.epo.org/searching/subscription/patstat-online_de.html
- 87** Elsevier B.V. (Hg.) (2018): Scopus – Document search. <http://www.scopus.com/> Suchstrategie: TITLE-ABS-KEY(„batter*“ AND „recycl*“).
- 88** Yale University (Hg.) (2018): Environmental Performance Index. <https://epi.envirocenter.yale.edu/epi-topline> [30.09.2018].
- 89** World Economic Forum (Hg.) (2017): Global Competitiveness 2017–2018. <https://www.weforum.org/reports/the-global-competitiveness-report-2017-2018> [30.09.2018].
- 90** Weltbank (Hg.) (2017): World Governance Index 2017. www.govindicators.org [30.09.2018].
- 91** WoS: Thomson Reuters, Web of Science. <http://apps.webofknowledge.com/>
- 92** PATSTAT: https://www.epo.org/searching-for-patents/business/patstat_de.html#tab1
- 93** Während die Suche „Batterien für xEV“ eher die ingenieurstechnischen 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.
- 94** Japan: <https://vdivde-it.de/publikation/trendbericht-elektromobilitaet-japan/>; <https://www.greencarcongress.com/2018/06/20180617-nedosslib.html>
- China: Mercator Institute for China studies, Made in China2025, December 2016. https://www.merics.org/sites/default/files/2017-09/MPOC_No.2_MadeinChina2025.pdf; ICCT Policy Update May 2017 Adjustment to subsidies for new energy vehicles in China Korea: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/korea/name-39013-en.php>
- Frankreich: https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%20du%20Futur%20v1.pdf
- Deutschland: D. Bresser et al: Perspectives of automotive battery R&D in China, Germany, Japan, and the USA, Journal of Power Sources 382, 2018; High-Tech Strategie Deutschland. <https://www.hightech-strategie.de/>
- EU: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/technology-and-innovation/strategic-energy-technology-plan>; ICCT, Januar 2018: The European Commission regulatory proposal for post-2020 CO2 targets for cars and vans: A summary and evaluation.
- Alle: ICCT Whitepaper, May 2018, Power play: How governments are spurring the electric vehicle industry.

95 Korea: <http://law.go.kr/lsInfoP.do?lsiSeq=93627&urlMode=engLsInfoR&viewCl=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/southkorea-unveils-plan-to-rev-up-sales-of-greener-cars-1449544974>, <http://english.yonhapnews.co.kr/business/2016/09/20/0501000000AEN20160920010300320.html>

Japan: METI: Interim Report by Strategic Commission for the New Era of Automobiles: http://www.meti.go.jp/english/press/2018/0831_003.html; NEDO, Takehiko Nagai: The Japanese policy and NEDO activity for future mobility, December 2017.

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_cataarc_v6.pdf

USA: <http://energy.gov/eere/everywhere/about-ev-everywhere>; <http://www.sciencetimes.com/articles/8255/20160122/1melectric-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/secteur-professionnels/industrie/nfi/NFI-anglais.pdf; <http://www.emag.suez-environnement.com/en/france-placesresource-management-at-the-heart-of-its-industry-of-the-futureplan-13704>

Deutschland: https://www.bmbf.de/files/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf

96 China, Frankreich, Korea, Deutschland: Energiespeicher-Monitoring 2014 und 2016. USA, Japan: D. Bresser et al, Perspectives of automotive battery R&D in China, Germany, Japan, and the USA, Journal of Power Sources 382, 2018.

97 Die Werte wurden wie folgt umgerechnet: 1 JPY = 0,008 €, 1 US-Dollar = 0,9 € (Stand: 2018). Für Frankreich, Korea und China liegen gegenüber dem Monitoring 2016 keine öffentlich zugänglichen und aktuelleren Daten vor, weshalb eine direkte Abschätzung auf Basis früherer Daten erfolgte.

98 Deutschland: Neben den jährlich rd. 35 Mio € Fördermitteln des BMBF fördern auch das BMWi (zusammen mit BMBF rd. 50 Mio €), die Bundesländer (rd. 25-30 Mio €), die DFG, weitere Stiftungen etc. die Batterieforschung. Zudem profitiert Deutsch-

land mit rd. 10 Mio € jährlich von EU Projekten. Die gesamte Energiespeicherförderung (insbes. Batterieforschungsförderung) in Deutschland dürfte daher deutlich über 100 Mio € jährlich liegen. (siehe u. a. Bundesbericht Energieforschung 2018. Herausgeber Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Juni 2018.) Ebenso gibt es natürlich auch in den anderen Ländern weitere Fördergeber jenseits der genannten Ministerien.

99 Energiespeicher-Monitoring 2014 und 2016.

Thielmann et al, Energiespeicher-Roadmap (Update 2017) Hochenergie-Batterien 2030+ und Perspektiven zukünftiger Batterietechnologien, 2017.

D. Bresser et al, Perspectives of automotive battery R&D in China, Germany, Japan, and the USA, Journal of Power Sources 382, 2018.

Integrated SET-Plan Action 7 ~ Implementation Plan ~ „Become competitive in the global battery sector to drive e-mobility and stationary storage forward“, März 2017 <https://setis.ec.europa.eu/implementing-integrated-set-plan/batteries-e-mobility-and-stationary-storage-ongoing-work> [01.11.2018].

100 Für die Entwicklung von Energiedichten (Wh/kg, Wh/l) sowie Zellkosten (€/kWh) vgl. auch Thielmann et al, Energiespeicher-Roadmap (Update 2017) Hochenergie-Batterien 2030+ und Perspektiven zukünftiger Batterietechnologien, 2017.

101 [Anderman2016] Advanced Automotive Batteries (AAB) (2016). Tesla Battery Report. Kostenpflichtig zu erwerbende Studie. <http://www.totalbatteryconsulting.com/> [13.09.2016].

[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> [13.09.2016].

[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> [13.09.2016].

[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 [13.09.2016].
- [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 [13.09.2016].
- [enerkeep2016] Gridacy GmbH (2016). Weltweite Produktionskapazität für Lithiumbatterien explodiert. <http://enerkeep.com/blog/weltweite-lithium-produktion-2020> (inkl. der in der Quelle genannten Quellen) [13.09.2016].
- [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 [13.09.2016].
- [etnews2016] The Electronic Times Co. & The Electronic Times Internet Co. (2016). SK Innovation to Increase Production of Battery Separator. <http://english.etnews.com/20160408200003> [13.09.2016].
- [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> [13.09.2016].
- [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> [13.09.2016].
- [Reuters2016] Thomson Reuters (2016). Chinese automaker plans self-driving, electric car by 2020. <http://uk.reuters.com/article/uk-china-autos-tencent-holdings-idUKKCN0ZS08R> [13.09.2016].
- [CreditSuisse2015] Credit Suisse AG (2015). China Harmony New Energy Auto Holding Limited (Asia Pacific/China, Equity Research, Automobile Distributors). https://doc.research-and-analytics.csfb.com/docView?language=ENG&source=ulg&format=PDF&document_id=1051291521&serialid=QJVtVNApV362tzyDevX7sionKfGJ0MhNK7pyLHQ6g90= [13.09.2016].
- [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> [13.09.2016].
- [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/> [13.09.2016].
- [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 [13.09.2016].
- [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> [13.09.2016].
- [Tesla2016] Tesla Motors (2016). Tesla Gigafactory. Link: https://www.tesla.com/de_DE/gigafactory [13.09.2016].
- [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> [13.09.2016].
- [Reuters2015] Thomson Reuters (2015). China's BYD takes aim at Tesla in battery factory race. <http://www.reuters.com/article/us-byd-battery-idUSKBN0M92MZZ20150313> [13.09.2016].
- [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> [13.09.2016].

- [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> [13.09.2016].
- [Linkedin2016] Linked in (2016). OptimumNano Energy company Co., Ltd. <https://www.linkedin.com/company/optimum-nano-energy-co-ltd> [13.09.2016].
- [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/> [13.09.2016].
- [TheChosunllbo2015] 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 [13.09.2016].
- [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/> [13.09.2016].
- [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/> [13.09.2016].
- [InsideEVs] Inside EVs (2015). Samsung SDI Opens EV Battery Plant In China. <http://insideevs.com/samsung-sdi-opens-ev-battery-plant-china/#> [13.09.2016].
- [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> [13.09.2016].
- [A123Systems2018] A123 Systems (2018). Our Story, Leadership, and Locations. <http://www.a123systems.com/about/> [14.08.2018].
- [AESC2018] Automotive Energy Supply Corporation (2018). Company Overview. <http://www.eco-aesc-lb.com/en/aboutus/company/> [14.08.2018].
- [BAK2018] BAK Battery (2018). Company Profile. <http://www.bak.com.cn/en/aboutus.aspx> [14.08.2018].
- [BostonEnergy2018] Boston Energy [2018]. Who We Are About Boston Energy. <https://bostonenergy.co.uk/about-us/> [14.08.2018].
- [BYD2018] BYD Company Limited (2018). About BYD. <http://www.byd.com/en/CompanyIntro.html> [14.08.2018].
- [CALB2018] CALB (2018). Who we are. <http://en.calb.cn/comm/?id-149.html> [14.08.2018].
- [CATL2018] CATL Battery (2018). Company Profile. <http://www.catlbattery.com/en/web/index.php/about/information> [14.08.2018].
- [Dynavolt2018] Dynavolt Tech. (2018). About Us. <http://en.dynavolt.net/about.asp?classid=2> [14.08.2018].
- [EnergyAbsolute2018] Energy Absolute Public Company Limited (2018). Company Profile. <http://www.energyabsolute.co.th/history.asp?lang=E> [14.08.2018].
- [GuoxuanHigh-Tech2018] Hefei Guoxuan High-Tech Power Energy (2018). Company Profile. <https://guoxuan.en.ecplaza.net/aboutus> [14.08.2018].
- [LGChem2018] LG Chem, Ltd. (2018). Overview. <http://www.lgchem.com/global/lg-chem-company/about-lg-chem/overview> [14.08.2018].
- [Lishen2018] Tianjin Lishen Battery Joint-Stock Co., Ltd. (2018). Lishen Profile. <http://en.lishen.com.cn/aboutus.aspx?cateid=177&bigcateid=171> [14.08.2018].
- [Northvolt2018] northvolt (2018). About. <https://northvolt.com/about/> [14.08.2018].
- [Optimum2018] OptimumNano (2018). About Us. <http://www.optimumnanoenergy.com/index.php?c=about&a=detail&id=2> [14.08.2018].
- [Panasonic2018] Panasonic Corporation (2018). Company Overview. <https://www.panasonic.com/global/corporate/profile/overview.html> [14.08.2018].
- [PanasonicAutomotive2018] Panasonic Automotive & Industrial Systems Company (2018). Outline. <https://www.panasonic.com/global/corporate/ais/company.html> [14.08.2018].
- [PanasonicTesla2018] Panasonic (2018). About Us. <https://www.panasonicnv.com/why-panasonic> [14.08.2018].

- [Reliance2018] Reliance Battery Industry (2018). About Us. <https://www.indiamart.com/reliancebattery/aboutus.html> [14.08.2018].
- [SKinnovation2018] SK innovation (2018). Overview. <http://eng.skinnovation.com/company/overview.asp> [14.08.2018].
- [TerraE2018] TerraE (2018). Link: <https://www.terrae.com> [14.08.2018].
- [Wanxiang2018] Wanxiang Group (2018). Company Profile. <http://www.cccme.org.cn/shop/cccme1898/introduction.aspx> [14.08.2018].
- [Coslight2018] Coslight Group (2018). About Us. <http://www.cncoslight.com/english/company.asp> [14.08.2018].
- [EVE2018] EVE Battery (2018). EVE Overview. <http://en.evebattery.com/about/company.html> [14.08.2018].
- [Microvast2018] microvast (2018). About Us. <http://www.microvast.com/index.php/about> [14.08.2018].
- [Tianneng2018] Tianneng Power (2018). About Us Corporate Overview. <http://www.tianneng.com.hk/html/about.php> [14.08.2018].
- [NationalPower2018] Beijing National Battery (2018). <http://www.nationalpower.com.cn/#> [14.08.2018].
- [Farasis2018] Farasis Empowering Innovation (2018). Company. <http://www.farasis.com/company/> [14.08.2018].
- [GreatPower2018] Great Power (2018). Our History. <http://www.greatpowerbattery.com.hk/history.html> [14.08.2018].
- [BEI2018] Boston Energy & Innovation (2018). Projects. <https://www.bostonenergyandinnovation.com/> [14.08.2018].
- [CALBUSA2018] CALB USA (2018). Company info. <http://www.calbusainc.com/calb-companyinformation/> [14.08.2018].
- [WanxiangUSA2018] Wanxiang America Corporation (2018). <http://www.wanxiang.com/index.html> [14.08.2018].
- [GreatPowerGuangzhou2018] Guangzhou Great Power Energy & Technology Co., LTD (2018). Company Profile. http://www.greatpower.net/zjph/index_98.aspx [14.08.2018].
- [VisionMobility2018] Vision mobility (2018). BYD eröffnet Akku-fabrik für 24 GWh Kapazität. <https://www.vision-mobility.de/de/news/byd-eroeffnet-akkufabrik-fuer-24-gwh-kapazitaet-1957.html> [14.08.2018].
- [ITTimes2018] IT Times (2018). BYD plant Batterie-Produktion in Europa – allerdings nicht allein – die Europa-Pläne der Unternehmen. <http://www.it-times.de/news/byd-plant-batterie-produktion-in-europa-allerdings-nicht-allein-die-europa-plane-der-unternehmen-128954/> [14.08.2018].
- [Roskill2018] Roskill (2018). Batteries: Panasonic leads the battery war with Chinese rivals. <https://roskill.com/news/batteries-panasonic-leads-the-battery-war-with-chinese-rivals/> [14.08.2018].
- [Thüringen2018] Freistaat Thüringen, Ministerium für Wirtschaft, Wissenschaft und digitale Gesellschaft (2018). Medien-information – Chinesischer Batteriehersteller CATL errichtet Werk in Thüringen. <https://www.electrive.net/wp-content/uploads/2018/07/Press-Chinesischer-Batteriehersteller-CATL-errichtet-Werk-in-Th%C3%BCrtinge.pdf> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). Energy Absolute präzisiert Pläne für Akkuwerk in Asien. <https://www.electrive.net/2018/07/31/energy-absolute-praezisiert-plaene-fuer-akkuwerk-in-asien/> [14.08.2018].
- [QZ2018] Quartz (2018). Here are all the gigafactories that Chinese electric vehicle battery giants are building. <https://qz.com/1317745/here-are-all-the-gigafactories-that-chinese-electric-vehicle-battery-giants-are-building/> [14.08.2018].
- [pushevs2018] Pushevs (2018). LG Chem ti triple EV battery production in Poland. <https://pushevs.com/2018/03/12/lg-chem-to-triple-ev-battery-production-in-poland/> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). LG Chem plant Bau eines zweiten Akku-Werks in China. <https://www.electrive.net/2018/07/19/lg-chem-plant-bau-eines-zweiten-akku-werks-in-china/> [14.08.2018].
- [heise2018] Heise c't (2018). Zellaufbau TerraE plant deutsche Giga-Factory für Lithium-Ionen-Zellen. <https://www.heise.de/ct/ausgabe/2017-13-TerraE-plant-deutsche-Giga-Factory-fuer-Lithium-Ionen-Zellen-3733100.html> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). Panasonic will Fertigungskapazität in Gigafactory steigern. <https://www.electrive.net/2018/07/31/panasonic-will-fertigungskapazitaet-in-gigafactory-steigern/> [14.08.2018].

- [manager2018] manager magazin (2018). Diese Firmen planen "Gigafactories" in Europa. <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/elektroauto-wer-baut-europas-erste-batterie-gigafactory-a-1174306.html> [14.08.2018].
- [SRC2018] Swiss Ressource Capital AG (2018). Battery Metals Report 2018. https://www.resource-capital.ch/fileadmin/reports/2018/z.D._DS_BatteryMetalsReport.pdf [14.08.2018].
- [AsianProducts2018] Asian Products (2018). eTrust Power Group. <https://m.asianproducts.com/company/A15017467839749472/etrust-power-group.html> [14.08.2018].
- [EnergieSchutz2018] Stiftung Energie & Klimaschutz (2018). Batterien für die Elektromobilität – ein Überblick. <https://www.energie-klimaschutz.de/ueberblick-batterien-elektromobilitaet/> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). BYD looking to set up battery factory in Europe. <https://www.electrive.com/2018/06/05/byd-looking-to-set-up-battery-factory-in-europe/> [14.08.2018].
- [AsianMetal2018] Asian Metal (2018). Chang'an and BYD to establish power battery joint venture. <http://www.asianmetal.com/news/data/1431852/Chang%27an%20Automobile%20and%20BYD%20to%20establish%20power%20battery%20joint%20venture> [14.08.2018].
- [Gasgoo2018] Gasgoo China Automotive News (2018). CATL, Dongfeng's battery JV starts production. http://autonews.gasgoo.com/new_energy/70014863.html [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). Dongfeng Amperex errichtet neue Batteriefabrik in Wuhan. <https://www.electrive.net/2018/07/07/dongfeng-amperex-errichtet-neue-batteriefabrik-in-wuhan/> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). Leclanché & Exide produzieren Batterien für Indien. <https://www.electrive.net/2018/06/28/leclanche-exide-produzieren-batterien-fuer-indien/> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). Hyundai feilt offenbar an eigener Batteriezellfertigung. <https://www.electrive.net/2018/05/30/hyundai-feilt-offenbar-an-eigener-batteriezellfertigung/> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). LG to augment capacities of its U.S. battery plant. <https://www.electrive.com/2018/01/06/lg-augment-capacities-u-s-battery-plant/> [14.08.2018].
- [BusinessKorea2018] Business Korea (2018). LG Chem to build its second electric car battery plant in China. <http://www.business-korea.co.kr/news/articleView.html?idxno=23762> [14.08.2018].
- [electrive2018] electrive.net (2018). BYD & Changen gründen Joint Venture zur Batterieproduktion. <https://www.electrive.net/2018/07/07/byd-changen-gruenden-joint-venture-zur-batterieproduktion/> [14.08.2018].
- [Xihuanet2018] XihuaNet (2018). Carmaker Dongfeng, CATL's joint battery plant starts operations. http://www.xinhuanet.com/english/2018-07/05/c_137304291.htm [14.08.2018].
- [Cision2018] CISION PR Neswire (2018). Exide Industries, India's largest manufacturer of batteries, and Leclanché announce the launch of the new joint venture to build lithium-ion batteries and energy storage of India's electric vehicle market. <https://www.prnewswire.com/news-releases/exide-industries-indias-largest-manufacturer-of-batteries-and-leclanche-announce-the-launch-of-a-new-joint-venture-to-build-lithium-ion-batteries-and-energy-storage-solutions-to-power-the-growth-of-indias-electric-vehicle-mark-300673331.html> [14.08.2018].
- [Investor2018] The Investor (2018). Hyundai Motor to make its own EV batteries. <http://www.theinvestor.co.kr/view.php?ud=20180529000476> [14.08.2018].
- [SNE2017] SNE Research (2017). In The first Half Of 2017, China's Lithium Battery Production Capacity For Electric Vehicles Is Already Over 100 GWh. http://www.sneresearch.com/_new/eng/sub/sub2/sub2_01_view.php?id=95722&s_keyword=&f_date=&t_date=&pg=1 [14.08.2018].
- [Reneweconomy2017] Renew Economy (2017). Boston Energy consortium advances plans for Queensland battery gigafactory. <https://reneweconomy.com.au/boston-energy-consortium-advances-plans-for-queensland-battery-gigafactory-63187/> [14.08.2018].
- [GreenCarCongress2017] Green Car Congress (2017), Imperium3 consortium forms to establish Li-ion battery gigafactory in NY state; 3 GWh by Q4 2019 to grow to 15 GWh. <http://www.greencarcongress.com/2017/10/20171006-imperium3.html> [14.08.2018].

- [sharewise2018] sharewise (2018). BYD: Weltrekord vor Augen!. Link: https://m.sharewise.com/de/#/news_articles/BYD_Weltrekord_vor_Augen__RobertSasse_20180703_0952 [14.08.2018].
- [ESP2015] Energy Storage Publishing (2015). Black Monday yet to affect China's Li-ion investment projects. <https://www.bestmag.co.uk/content/black-monday-yet-affect-china%E2%80%99s-li-ion-investment-projects> [14.08.2018].
- [PV2017] pv magazine (2017). Dynavolt opens 6 GWh lithium battery production plant in China. <https://www.pv-magazine.com/2017/04/06/dynavolt-opens-6-gwh-lithium-battery-production-plant-in-china/> [14.08.2018].
- [CleanTechnica2018] Clean Technica (2018). Energy Absolute Plans 50 GWh Battery Factory In Thailand, BMW To Build New EV Factory In Hungary. <https://cleantechnica.com/2018/08/02/energy-absolute-plans-50-gwh-battery-factory-in-thailand-bmw-to-build-new-ev-factory-in-hungary/> [14.08.2018].
- [VisualCapitalist2015] Visual Capitalist (2015). The Lithium-Ion Batters Megafactories Are Coming. <http://www.visualcapitalist.com/the-lithium-ion-megafactories-are-coming-chart/> [14.08.2018].
- [Reuters2017] Reuters (2017). LG to open Europe's biggest car battery factory next year. <https://www.reuters.com/article/us-lgchem-factory-poland/lg-to-open-europes-biggest-car-battery-factory-next-year-idUSKBN1CH21W> [14.08.2018].
- [FactoryDaily2017] Factory Daily (2017). India's gigafactories: Reliance, Adani, Suzuki, JSW, Hero in race to set up multi-billion dollar plants. <https://factordaily.com/reliance-adani-lithium-ion-battery-factories-india/> [14.08.2018].
- [KoreaHerald2017] Korea Herald (2017). SK Innovation to produce EV batteries with 100 km extension of driving range. <http://www.koreaherald.com/view.php?ud=20170831000976> [14.08.2018].
- [hypermotion2017] Messe Frankfurt Redaktion (2017). TerraE We balance Europe. <https://hypermotion-frankfurt.messefrankfurt.com/content/dam/messefrankfurt-redaktion/hypermotion/2017/events/presentation/forum-elektromobilit%C3%A4t-holger-gritzka.pdf> [14.08.2018].
- [saicmotor2017] Saic Motor (2017). 开玩动力电池 上汽集团或再次改变汽车工业格局. <http://www.saicmotor.com/chinese/xwzx/mtbd/48688.shtml> [14.08.2018].
- [EVE2017] EVE Battery (2017). Report. <http://en.evebattery.com/news/report.html> [14.08.2018].
- [marklines2018] MarkLines (2018). Farasis Energy to build new plant in Zhengjiang to set up capacity annually produce 20 GWh new energy car power batteries. <https://www.marklines.com/en/news/216458> [14.08.2018].
- [Phylion2018] Phylion (2018). Company Profile. <http://www.phylion.com/index.php?g=portal&m=page&a=index&id=11#2> [14.08.2018].
- [Yicai2017] YiCai Global (2017). Guangzhou Great Power Energy & Technology Will Build Lithium-Ion Power Battery Project in Jiangsu. <https://www.yicaiglobal.com/news/guangzhou-great-power-energy-technology-will-build-lithium-ion-power-battery-project-jiangsu> [14.08.2018].
- [ITTimes2018] IT Times (2018). BYD und Changan Automobile gründen Joint Venture für neue Batterie-Fabrik. <http://www.it-times.de/news/byd-und-changan-automobile-grunden-joint-venture-fur-neue-batterie-fabrik-129197/> [14.08.2018].
- 102** B3 Corporation 2017: H. Takehita, LIB Materials Market Bulletin (17Q3), Chapter 5; B3 Corporation 2018: H. Takeshita, LIB Materials Market Bulletin (18Q1), Chapter 11.

PUBLIKATIONSÜBERSICHT ROADMAPPING

2010–2015



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

2017



ENERGIESPEICHER-ROADMAP (UPDATE 2017)
**Hochenergie-Batterien 2030+ und Perspektiven zukünftiger
Batterietechnologien**

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

PUBLIKATIONSÜBERSICHT MONITORING

2014–2016



ENERGIESPEICHER-MONITORING 2014

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

ENERGIESPEICHER-MONITORING 2016

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

2018



ENERGIESPEICHER-MONITORING 2018

<http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-bema2020-batterie2020.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 523, Werkstoffinnovationen, Batterie; KIT; HZG
53175 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. Christoph Neef
Chiara Fenske
Prof. Dr. Martin Wietschel

Cover-Illustration

Heyko Stöber, Hohenstein

Download

[http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/
at-bema2020-batterie2020.php](http://www.isi.fraunhofer.de/isi-de/t/projekte/at-bema2020-batterie2020.php)

© Fraunhofer-Institut für System-
und Innovationsforschung ISI,
Karlsruhe, Dezember 2018

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 220 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften, die pro Jahr an rund 420 Forschungsprojekten arbeiten. Das jährliche Budget, knapp 23,9 Millionen Euro im Jahr 2017, 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.

