



STUDIE

Index Elektromobilität 2018

Roland Berger – Automotive Competence Center &
Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen

August 2018 (Update)



1. Kernaussagen des Index Elektromobilität 2018

- > Die Gesamtführung im Index Elektromobilität 2018 liegt unverändert bei China. Während Frankreich im Indikator Technologie Platz 1 erreicht, ist China weiterhin in den Indikatoren Industrie und Markt vorn. (Abb. 2)
- > China untermauert seine Führung durch ein zu erwartendes starkes Wachstum der Fahrzeug- und Batteriezellproduktion
- > Aufgrund der starken Wachstumsprognosen und der heutigen Marktgegebenheiten werden Zellhersteller verstärkt versuchen, ihre Versorgung mit Rohmaterialien abzusichern und in die vorgelagerte Wertschöpfungskette zu investieren
- > Die heute führenden Zellproduzenten dürften daher ihre dominante Rolle und ihre Verhandlungsposition gegenüber den Automobilherstellern ausbauen
- > Somit ergeben sich aus Sicht der Fahrzeughersteller zwei strategische Optionen, um der zunehmenden Abhängigkeit von den Zellproduzenten entgegenzuwirken:
 - Enge und langfristige Partnerschaften entlang der Lieferkette mit vereinbartem Sockelliefervolumen, das durch schnell skalierbare Eigenfertigung bei Bedarf ergänzt wird
 - Förderung und Ausbau einer im Wettbewerb stehenden Zuliefererstruktur für Batteriemodule, die konsequent von OEMs bei mehreren Partnern beschafft werden

2. Zusammenfassender Vergleich der Wettbewerbspositionen der sieben weltweit führenden Automobilnationen

Im Index 2018 haben sich die Wettbewerbspositionen der sieben führenden Automobilnationen gegenüber der letzten Erhebung leicht verändert (Abb. 1, Abb. 2). China hat weiterhin die Gesamtführung inne, teilt sich diese jedoch nun mit den USA. Japan schiebt sich durch ein Wachstum in den Bereichen Industrie und Markt vor Deutschland auf den dritten Platz.

Frankreich als technologischer Anführer

Frankreich behält seine Führung im Indikator Technologie. Französische Hersteller (OEM) vergrößern die relativ schmale Produktpalette mit einigen Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen (PHEV), fokussieren sich jedoch maßgeblich weiterhin auf kleine, kostengünstige Elektrofahrzeuge (BEV) mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis. Im Portfolio der deutschen OEM findet eine Verschiebung statt hin zu PHEV und batterie-elektrischen Geländelimosinen (SUV) mit hohen Reichweiten. Dadurch fällt die technologische Leistungsfähigkeit der bewerteten Fahrzeuge etwas geringer aus. Deutschland verliert somit leicht gegenüber dem letzten Jahr, kann seinen zweiten Platz im Bereich Technologie jedoch behaupten.

Die koreanischen Autokonzerne haben in den letzten Jahren verstärkt neue Modelle mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis in den Markt eingeführt. Das schlägt sich nun auch im Endkundengeschäft nieder und lässt die Leistungsfähigkeit koreanischer Fahrzeuge in der Bewertung (Abb. 4) ansteigen. Korea schiebt sich im Indikator Technologie somit an Japan vorbei auf den dritten Rang.

Die japanischen Hersteller erweitern bestehende Baureihen durch zusätzliche Varianten mit höheren Batteriekapazitäten. Gleichzeitig wird erwartet, dass PHEV einen größeren Anteil an den Produktionsvolumina ausmachen werden. Hieraus folgt eine geringere technologische Leistungsfähigkeit der elektrifizierten Fahrzeuge. Das liegt vor allem daran, dass Plug-in-Fahrzeuge grundsätzlich eine geringere Reichweite und Höchstgeschwindigkeit im Elektrobetrieb aufweisen.



Außerdem greifen sie aufgrund der geringeren Batteriekapazität größtenteils auf einfache Ladetechnologie zurück.

Gleichauf mit Japan platziert sind die amerikanischen OEM mit einer leicht gesteigerten technologischen Leistungsfähigkeit. Grund dafür ist der Fokus auf vollelektrifizierte Fahrzeuge vor allem in mittleren Segmenten. Diese kommen zwar verzögert im Angebot an, gewinnen jedoch innerhalb des Betrachtungszeitraums große Bedeutung in der Produktionsmenge.

Die staatliche Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich Elektromobilität geht zurück. In einigen Ländern sinkt der Umfang der zur Verfügung gestellten Mittel. Staatliche F&E-Programme laufen aus, während neue Programme bislang ausbleiben oder in einem deutlich geringeren Umfang entstehen. Dies wird insbesondere in China sichtbar (Abb. 5). Frankreich weist weiterhin die höchste Förderung im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt auf, was seine Führerschaft im Indikator Technologie untermauert. China hingegen verliert hierdurch deutlich und landet in diesem Bereich auf dem sechsten Platz vor Italien.

Industrie – China an der Spitze, Koreaner holen auf

Im Bereich **Industrie** bleibt China Spitzenreiter aufgrund eines weiterhin starken Wachstums sowohl bei der erwarteten Fahrzeug- als auch der Zellproduktion. Es folgen die zweitplatzierten USA und die deutschen Hersteller, die ebenfalls hohe Zuwachsraten von circa 100 Prozent bei der Produktionsmenge von xEV (Elektro- und Hybridfahrzeuge) aufweisen (Abb. 6). Insgesamt bleibt Deutschland jedoch aufgrund der aktuell fehlenden Zellfertigung im Indikator Industrie auf dem fünften Platz, hinter Japan und Korea. Japan erreicht wieder den dritten Rang, wird jedoch beim nationalen Anteil an der globalen Zellproduktion von Korea überholt (Abb. 7). Die inzwischen deutlich ausgebaute Modellpalette koreanischer OEM führt abermals zu einer hohen Steigerungsrate von 400 Prozent bei der Fahrzeugproduktion. Die absoluten Zahlen liegen nun vor denjenigen der französischen Unternehmen, bleiben aber noch hinter denen der Japaner zurück. Für das Schlusslicht Italien ist weiterhin kein deutlicher Anstieg der Produktion zu erwarten.

Grundsätzlich dürfte China seine Führungsposition auch in den kommenden Jahren beibehalten basierend auf den Gesetzes- und Regulierungsänderungen der vergangenen 18 Monate. Hierzu zählen unter anderem:

- > Whitelisting ausländischer Zellhersteller in China, darunter SKI, SDI, und LGC (CAAM-Veröffentlichung vom 26. April 2018)
- > Der Vehicle Traction Battery Industrial Development Action Plan definiert als Branchenziel bis 2020 eine Energiedichte von 300 Wh/kg, Kosten von unter 1 CNY/Wh (133 EUR/kWh) und Lade-/Entladeraten von 3C (Veröffentlichung des Ministry of Industry and Information Technology (MIIT) vom 20. Februar 2017). Hersteller von einfacherer Batterietechnik dürften daher aus dem Markt gedrängt werden
- > Die Standard Conditions for the Automobile Power Storage Battery Industry legen als Markteintrittsschwelle für Zellproduzenten eine Mindestkapazität von 8 GWh/Jahr fest; Hersteller von Batteriepacks müssen >80.000 Einheiten/Jahr oder >4 GWh/Jahr produzieren können (Veröffentlichung des MIIT von Ende 2016)
- > Abschaffung der Joint-Venture-Vorschriften für Spezialfahrzeuge und xEV noch im Jahr 2018, für Nutzfahrzeuge bis 2020 und für Pkw bis 2022 (Veröffentlichung der Chinese National Development and Reform Commission vom 17. April 2018)



Wachsende Märkte überall

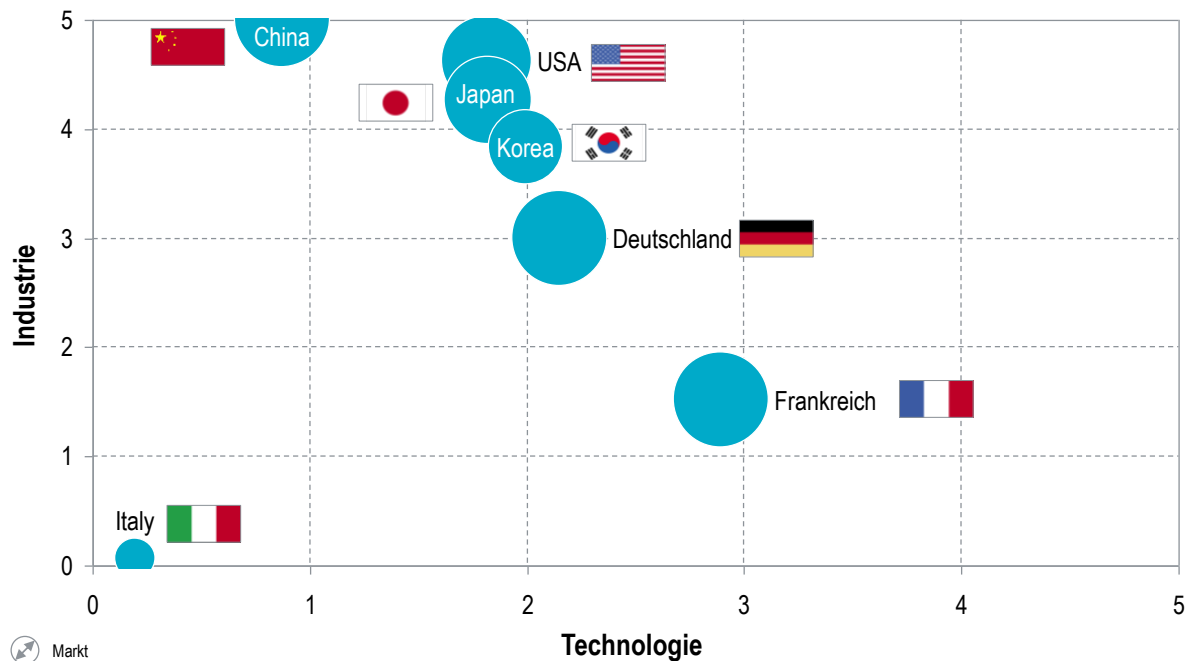
Im Indikator **Markt** entwickeln sich die Absatzzahlen von Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeugen überall deutlich positiv. Der Absatz in China wächst um ca. 70 Prozent gegenüber dem vorigen Betrachtungszeitraum. Der Anteil der teil- oder vollelektrifizierten Antriebe an allen Neuzulassungen überspringt hier 2017 die Zwei-Prozent-Marke, zum ersten Mal in einem Land überhaupt. In Deutschland kommt es zu einer Steigerung der Nachfrage von über 90 Prozent, damit sind ca. 1,5 Prozent aller neu zugelassenen Fahrzeuge BEV und PHEV.

Deutschland reiht sich damit auf Platz drei ein hinter Frankreich, das bei einem geringeren absoluten Volumen einen leicht höheren Marktanteil verzeichnen kann. In Frankreich wächst der Absatz allerdings etwas moderater um ca. ein Viertel und damit im gleichen Maße wie in den viertplatzierten USA. Der 2016 stagnierende japanische Markt nimmt nun mit hohen Wachstumsraten wieder deutlich an Fahrt auf. Wie Japan wächst auch Korea dreistellig, die xEV bleiben jedoch weiter unter einem Prozent Marktanteil, was am Ende Platz sechs bedeutet. Auch vor dem Hintergrund des geringen Angebots heimischer Autokonzerne bleibt in Italien ein nennenswertes Markthoch weiterhin aus, der Anteil von xEV an den Neuzulassungen liegt 2017 bei 0,25 Prozent (Abb. 8).

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der einzelnen Indikatoren in ihrem Zeitverlauf.

Abb. 1: USA konsolidiert gemeinsame Führung mit China. Japan schiebt sich vor Deutschland auf Platz 3.

"Index Elektromobilität" 2018



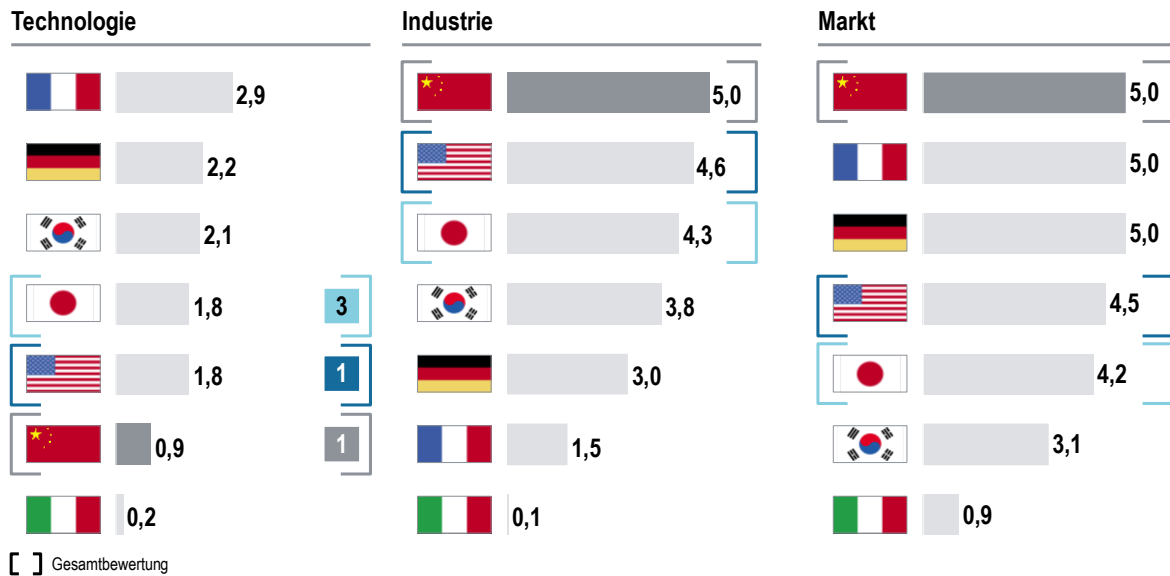
Anm.: Kreisdurchmesser zeigt Anteil von EV/PHEV am gesamten Fahrzeugmarkt

Quelle: fka; Roland Berger



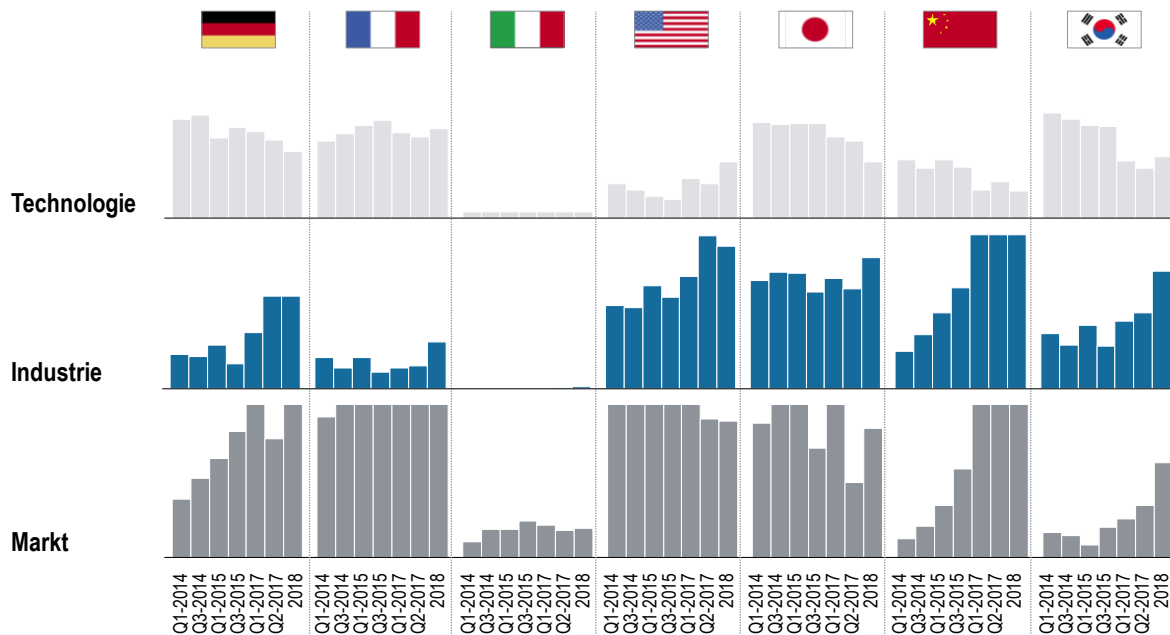
Abb. 2: China liegt mit seiner starken Industrie auf dem gemeinsamen ersten Platz mit den technologisch stärkeren USA; im Bereich Technologie führt Frankreich

"Index Elektromobilität" – Ranking nach Indikator



Quelle: fka; Roland Berger

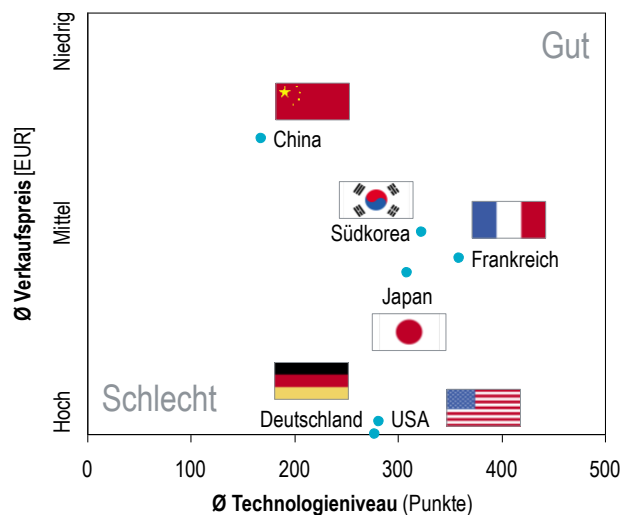
Abb. 3: Veränderungen des Wettbewerbsgefüges der führenden Automobilnationen nach Indikatoren



Quelle: fka; Roland Berger

Abb. 4: Südkorea verbessert Preis-Leistungs-Verhältnis, Frankreich mit höherem Preisniveau. In Deutschland und den USA hochpreisige Modelle weiterhin relevant

Preis-Leistungs-Verhältnis marktreifer BEV und PHEV



Hinweis: Keine massengefertigten EV/PHEV-Modelle italienischer OEMs

Quelle: fka; Roland Berger

Land

- > Ausbau des PHEV und FCEV Angebots führt zu sinkender Dominanz kompakter BEV und leicht reduzierter Kosteneffektivität
- > Hochpreisige Fzg. weiterhin hoch relevant
> Einführung kompakter Modelle, Tesla Model 3 wichtigstes Fahrzeugmodell der Zukunft
- > Anhaltender Trend zur Elektrifizierung (PHEV) in oberen und mittleren Segmenten
> Zunehmende Anzahl hochpreisiger Modelle
- > Leichte Verbesserung im technologischen Niveau in Verbindung mit verringertem Preisniveau der Fahrzeugflotte
- > Fokussierung auf BEV, wachsender Modellmix
> Steigerung des Technologieniveaus bei gleichzeitiger Steigerung des Preisniveaus
- > Korea überholt Japan durch Verbesserung der Kosteneffektivität aufgrund der Erweiterung des Modell-Portfolios

Abb. 5: F&E-Förderung ist in den meisten Automobilnationen, insbesondere China, rückläufig. Frankreich mit umfangreichster Förderung

Staatliche F&E-Förderung von Elektromobilität

Land	[Mio. EUR]	[% des BIP] ¹⁾
	969	0,044
	300	0,008
	102	0,006
	172	0,003
	170	0,001
	98	0,001
	0	0,000

1) Relativbezug der Fördermaßnahmen jeweils auf aktuelles BIP (2017)

Quelle: fka; Roland Berger



Abb. 6: China behält deutliche Führung bei der EV/PHEV-Produktion. USA bleiben auf dem 2. Platz, Deutschland holt leicht auf

Land	Erwartete Produktion von EV und PHEV bis 2021 ['000 Fzg.]	Top-3-Modelle je Land
	6.843	BAIC EU260 EV; SAIC Roewe 550 PHEV; BAIC EV200
	3.058	Tesla Model 3; Tesla Model S; Chevrolet Bolt
	2.247	Audi etron, Mercedes C PHEV, BMW i3
	1.023	Nissan Leaf; Toyota Prius PHEV, Mitsubishi Outlander PHEV
	763	Renault ZOE Z.E., Peugeot 208 EV, Renault Kangoo Z.E.
	632	Hyundai Ioniq EV, Kia Niro PHEV; Kia Soul EV

Hinweis: Keine signifikante EV/PHEV-Produktion in Italien erwartet

Quelle: fka; Roland Berger

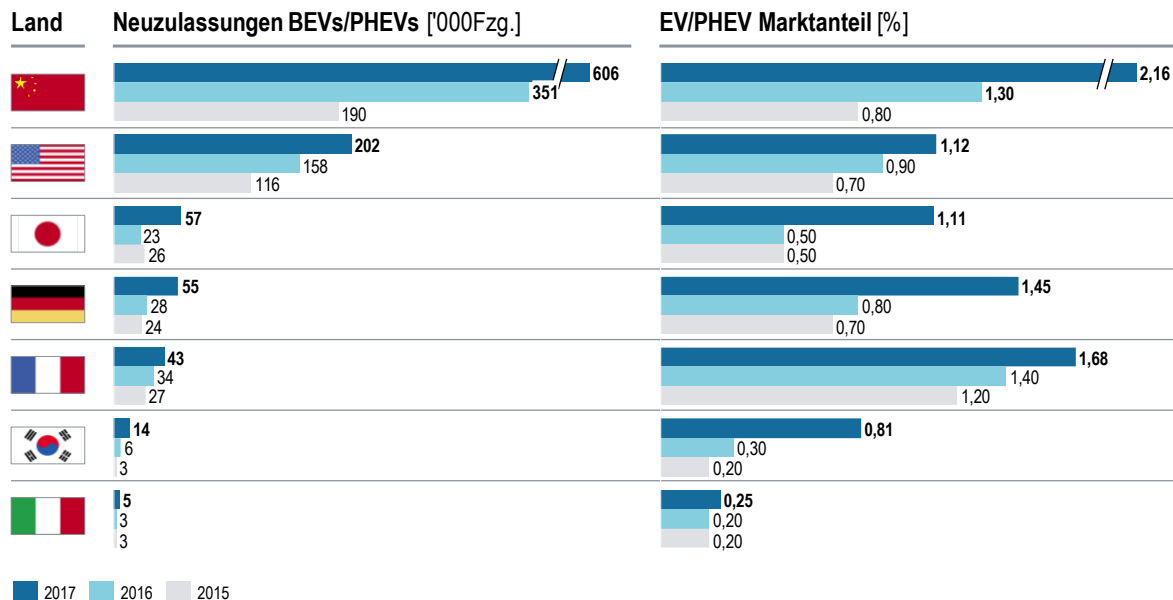
Abb. 7: China etabliert sich als Spitzenreiter der Batterieproduktion – Südkorea schiebt sich durch großes Wachstum an Japan vorbei

Erwarteter globaler Marktanteil, 2021 ¹⁾		Σ USD 18,8 Mrd.	Inländische Zellproduktion, 2016-2021 [MWh]		
		30%		178.448	> China baut Spitzenposition weiter aus > CATL ist der führende Produzent, gefolgt von BYD und Lishen
		22%		98.537	> LG Chem weit vor Samsung, dahinter SK Innovation mit deutlichem Abstand
		21%		87.235	> Panasonic wird als weltweit größter Zellproduzent von LG Chem und CATL abgelöst
		9%		74.303	> Vor allem japanische Hersteller mit lokaler Produktion bzw. im Joint Venture sowie LGChem
		4%		14.141	> Durch Start der Produktion von CATL ab 2019 mit ansteigendem Produktionsvolumen
		3%		0	> Keine signifikante Zellproduktion
		2%		0	> Keine signifikante Zellproduktion

1) Marktwert 2021 auf Basis USD wie folgt abgeleitet: 140 USD/kWh für PHEV und 105 USD/kWh für EV; mittelfristige Verlagerung von Single- zu Dual-Sourcing-Strategien erwartet
 2) Mit Anteil Primearth

Quelle: fka; Roland Berger

Abb. 8: China weiterhin mit stark wachsendem EV-Absatz und klarer Leitmarktfunktion für elektrifizierte Fahrzeug. Alle Märkte wachsen



Quelle: fka; Roland Berger

3. Detailanalyse

3.1 Gesamtfahrzeug-Benchmarking zur Analyse der zentralen Leistungsmerkmale

Benchmarking-Analysen gewinnen angesichts des dynamischen Fortschritts im Bereich der Elektromobilität rasant an Bedeutung. Die Verkürzung der Entwicklungszyklen und die steigende Anzahl neuer Modelle erschweren vielen Herstellern und Zulieferern zunehmend die Positionierung der eigenen Produkte am Markt. Mit einer Kombination aus Funktions- und Design-Benchmarking lassen sich zentrale Fragen sowohl für OEM als auch für Autozulieferer beantworten, die sich im Detaillierungsgrad deutlich unterscheiden. Während die Interessen der Hersteller in der Regel auf der System- oder Technologieebene liegen, sind die Zulieferer auf die unterschiedlichen Lösungen im Bereich der Subsysteme, Baugruppen und Komponenten fokussiert.

Schlüsselkomponenten Antrieb und Energiespeicher

Das Funktions-Benchmarking setzt die Schwerpunkte auf detaillierten funktionalen Analysen, z.B. in den Bereichen Antriebsstrang, Elektrik/Elektronik oder Fahrerassistenz und Fahrdynamik. Insbesondere die Schlüsselkomponenten Antrieb und Energiespeicher charakterisieren die Leistungsfähigkeit von xEV gegenüber Vergleichsfahrzeugen. Hierfür sollten folglich die Analyse des Energieverbrauchs sowie die Untersuchung der Effizienz des Elektroantriebs und die Charakterisierung der Batterie durchgeführt werden.

Die Funktions-Benchmarking-Analysen ergeben zum Beispiel, dass die Wirkungsgrade der einzelnen Baugruppen der Leistungselektronik deutliche Schwankungen aufweisen mit Wirkungsgraden zwischen 90 und 98 Prozent. Das macht sich deutlich bei der Gesamteffizienz des Fahrzeugs bemerkbar. Der Funktionsanalyse kann sich ein Design-Benchmarking zur Bauweisen-analyse aller



Einzelteile und zur Ermittlung der Gewichtsbalanzierung anschließen. Im Rahmen des Design-Benchmarkings wird das gesamte Fahrzeug zerlegt und werden alle relevanten Systeme und Komponenten detailliert analysiert. Dabei lassen sich das Bauteildesign und die Gewichte, Abmessungen und Materialien sowie die Einbaulage und die Fügetechniken aller Einzelteile ermitteln.

Problem Batteriegewicht









Die Benchmarking-Ergebnisse zeigen, dass die prozentualen Gewichtsanteile der einzelnen Fahrzeugbereiche am Fahrzeuggesamtgewicht bei beiden Antriebskonzepten (Verbrennungsmotor (ICE) und Elektroantrieb (EV)) nahezu identisch sind, sofern es sich um BEV mit mittlerer Reichweite handelt. Die Gewichtsbalanzierung verschiebt sich zugunsten der ICE bei Batteriefahrzeugen mit hohen Reichweiten und entsprechend hohen Batteriegewichten (vgl. Abb.9).

Dabei lassen sich bis zu 86 Prozent des Hochvoltbatterie-Gewichts den Batteriezellen und dem Batteriemanagement zuschreiben. Weitere 11 Prozent entfallen auf das Batteriegehäuse. Je nach Einbau des Gehäuses in die Fahrzeugstruktur kann dieses Gewicht jedoch auch deutlich größer ausfallen - vor allem in Hinblick auf Crashanforderungen. Diese können zu einer Verschiebung der Gewichtsanteile führen, machen Batteriegehäuse mit crashrelevanten Funktionen doch teilweise mehr als 40 Prozent des Gesamtgewichts aus. Folglich ergibt sich mittels der Gestaltung und der Fahrzeugintegration des Batteriekastens ein Differenzierungspotenzial für die Hersteller von xEV. Eine Integration des Ladegerätes, ein optimiertes Thermomanagement, die Anwendung von innovativen Werkstoffkombinationen und Verbindungstechnologien sind beispielhafte Stellhebel zur Senkung des Batteriekastengewichts und somit auch zur Verbesserung der gravimetrischen Energiedichte des Systems Batterie.

Weiterhin ist abzuleiten, dass zukünftig das Zellgewicht weiter reduziert werden muss, insbesondere vor dem Hintergrund, dass zur Erzielung höherer Reichweiten größere Hochvoltbatterien mit entsprechend hohen Zellkapazitäten notwendig sein werden. Dabei steigen neben dem Systemgewicht vor allem die Systemkosten, die es durch weitere Forschung ebenfalls zu senken gilt. Vor diesem Hintergrund drängen mitunter Nischenhersteller in die automobilen Großserie, die ihre Marktpositionierung im direkten Vergleich zu den konventionellen OEM suchen. Neben den Fahrzeugen der etablierten Hersteller sind somit insbesondere Produkte neuer Akteure hochinteressante Benchmark-Objekte, vgl. (Abb.9).

Abb. 9: E-Antrieb und Batteriesystem sind entscheidende Komponenten – Gewichtsbilanzierung nach Benchmark-Analyse

BEV	Reichweite [km]	150	175	170	~350*
	Gewicht Antriebsstrang [kg]	313	428	465	n.a.*
Gewicht Batterie [kg]	224	304	242	~480*	
Verbrauch [Wh/km]	135	173	135 ¹⁾	~141*	

		2011	2013	2014	2018
					
		Mitsubishi i-MiEV	Nissan Leaf	BMW i3 (Range Ext.)	Tesla Model 3
					
		Volkswagen Up!	Volkswagen Golf VI	BMW 1er	Mercedes C-Klasse
ICE	Reichweite [km]	770	775	950	820
	Gewicht Antriebsstrang [kg]	190	370	285	485
	Gewicht Tanksystem [kg]	47	59	51	50
	Verbrauch [l/100 km]	4,5	7,1	5,3	5,0

1) Elektrisch

Quelle: fka-Benchmarking (Auszug) *wird z.Zt. von der fka ermittelt

Mit Hilfe des Benchmarkings gelingt also eine Markteinordnung der Fahrzeuge hinsichtlich ihrer technologischen Leistungsfähigkeit sowie ein direkter Vergleich zwischen elektrisch und konventionell angetriebenen Fahrzeugen. Insbesondere der Elektroantrieb und das Batteriesystem bieten als Schlüsselsysteme ein hohes Potenzial für Verbesserungen. Von großer Bedeutung werden dabei in den nächsten Jahren Fortschritte auf der Zellebene (Zulieferer) und der Systemebene (OEM und Zulieferer) der Batterie sein.

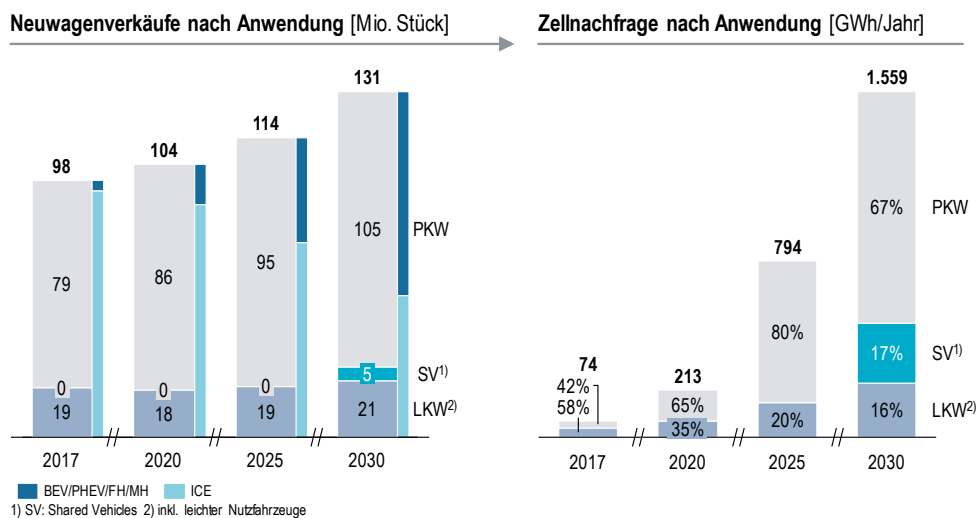
3.2 Strategien für xEV-Batterien: Vervielfachung der Nachfrage nach Batteriezellen und Preisentwicklung der Rohmaterialien

Der weltweite xEV-Absatz dürfte in den kommenden zehn Jahren deutlich anziehen. Wichtigster Treiber sind dabei die Regulierungsmaßnahmen in China und der EU-28, die eine nachdrückliche Senkung der CO₂-Emissionen vorsehen. Aus diesem Grund dürfte sich die Nachfrage nach Batteriezellen gegenüber heute innerhalb weniger Jahre vervielfachen. Insgesamt ist im Automotive-Bereich mit einer Nachfragesteigerung von 74 GWh (2017) auf fast 1.600 GWh (2030) zu rechnen.

Neben den steigenden Fahrzeugverkaufszahlen werden OEM die Batteriekapazität pro Fahrzeug weiter erhöhen, um die Akzeptanz der Kunden über alle Segmente hinweg zu verbessern. Die signifikante Nachfrage in den Jahren 2025-2030 wird die Zuliefererbranche allerdings in nie dagewesenem Maße vor Herausforderungen entlang der gesamten Lieferkette stellen, in deren Folge beträchtliche Abhängigkeiten zwischen den Akteuren in allen Abschnitten der Lieferkette entstehen werden.

Abb. 10: Elektrische Antriebsstränge werden mit erheblichem Marktanteil erwartet – Die Zellenachfrage dürfte bis 2030 auf knapp 1.600 GWh steigen

Globale Zellenachfrage für PKW, SV¹⁾, und LKW²⁾ nach Anwendung, 2017-2030 [GWh/Jahr]



Quelle: IHS; Roland Berger

Bis 2021 ist davon auszugehen, dass die großen Zellhersteller ihre Marktposition weiter ausbauen. Heute verfügen vier dieser Hersteller über eine dominierende Marktposition außerhalb Chinas (siehe Abb. 7) und dürften diese im Automotive-Sektor bis 2020/21 unangefochten halten. Danach könnten potenzielle Herausforderer ein wettbewerbsfähiges Technologieniveau erreicht haben; auch chinesische Zulieferer werden dann vermutlich global aufgestellt sein.

In China haben Marktbeschränkungen und Regulierung bisher die lokalen Produzenten bevorzugt. Insbesondere das fehlende "Whitelisting" der Batteriezellen von bedeutenden japanischen und koreanischen Anbietern (ein zentrales Kriterium für die staatliche Subventionierung von Neuwagenkäufen) haben bestimmten chinesischen Zellherstellern spürbare Markt Vorteile verschafft. Aufgrund seiner äußerst konkurrenzfähigen Technologiebasis kann CATL hier als der große Sieger gelten. Fast alle nicht-chinesischen OEM haben in jüngster Zeit Verträge mit CATL unterzeichnet, um die eigene xEV-Produktion für den chinesischen Markt zu beliefern.

CATL will darüber hinaus bis Ende 2019 in Ostdeutschland ein Werk für Batteriezellen aufbauen. Die OEM ihrerseits wissen um die Gefahr einer Abhängigkeit von CATL in China und dürften entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen. Vermutlich werden sie einerseits bestimmte chinesische Konkurrenten darin unterstützen, technologisch wettbewerbsfähig zu werden, andererseits nach erfolgtem "Whitelisting" Lieferbeziehungen mit japanischen und koreanischen Zulieferern in China aufnehmen bzw. ausbauen.

Wie nicht anders zu erwarten, schlagen sich die starken Wachstumsprognosen für den Automotive-Batteriemarkt auf die Preise wichtiger Rohmaterialien nieder. Von allen wichtigen Elektrodenmaterialien – Lithium (Li), Nickel (Ni), Kobalt (Co), Mangan (Mn), Aluminium (Al) und Kohlenstoff (C) – weisen Lithium und Kobalt die höchste Preissensitivität auf. Im Gegensatz zu allen anderen Materialien ist die erhöhte Li- und Co-Nachfrage unmittelbar auf die Produktion von



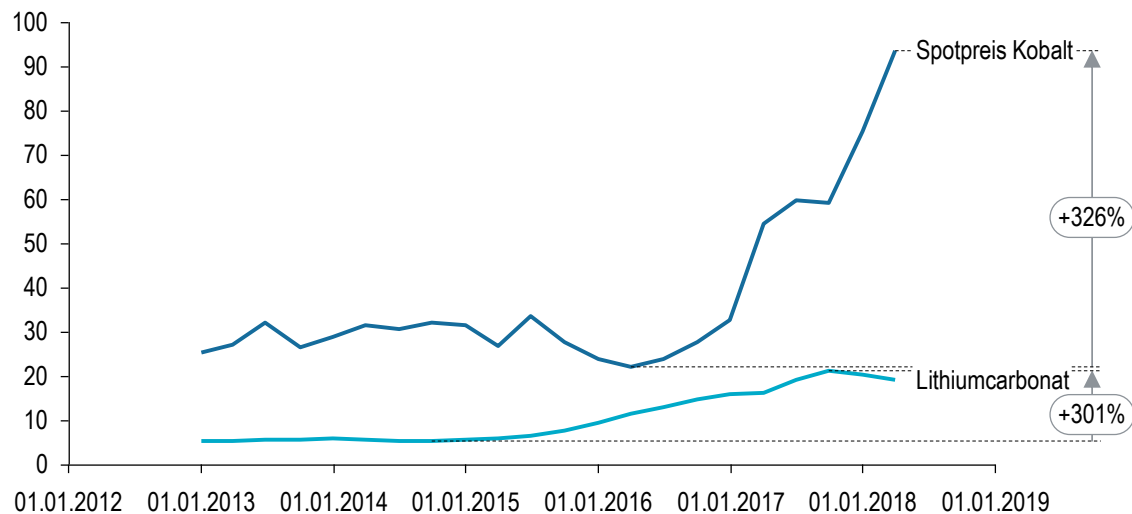
Batteriezellen zurückzuführen. Die Versorgung mit allen übrigen Elektrodenmaterialien ist nicht gefährdet, da vorhandene Kapazitäten, die für andere Anwendungen genutzt werden, in die Zellproduktion umgelenkt werden können.

Die steigende Nachfrage wird den Preis in die Höhe treiben, was wiederum dazu führen wird, dass größere Rohstoff- und Raffinationskapazitäten für die Herstellung von Vorprodukten zur Verfügung stehen. Der Preisanstieg wird also auf einem bestimmten Niveau zum Stillstand kommen. Allerdings müssen die Li-Kapazitäten – in Form von Lithiumcarbonat oder Lithiumhydroxid – erst geschaffen und in Betrieb genommen werden, um die physische Versorgung sicherzustellen. Neben der Höhe der Anfangsinvestitionen ist die Vorlaufzeit für neue Projekte, die bis zu 10 Jahre betragen kann, von entscheidender Bedeutung und wird bestimmen, wie lange die Marktpreise außergewöhnlich hoch bleiben.

Für die physische Versorgungssicherheit mit Kobalt sind die Aussichten deutlich negativer. Da Kobalt als Nebenprodukt des Cu- und Ni-Abbaus nur in sehr geringen Mengen anfällt, werden die verfügbaren Co-Rohstoffmengen durch die globale Nachfrage nach Kupfer und Nickel bestimmt. Kobalt war und ist daher Gegenstand erheblicher Spekulationen, sodass mit wiederholten Phasen einer physischen Unterversorgung mit Kobalt zu rechnen ist. Obwohl diese Phasen zum Teil durch staatliche und private Co-Bestände ausgeglichen werden könnten, geben die Investitionen bedeutender OEM und Zellhersteller in die Förderung und Weiterverarbeitung von Kobalt die zukünftige Bedeutung einer sicheren Lieferkette gut zu erkennen.

Abb. 11: Die Preise der Schlüsselrohstoffe Kobalt und Lithium sind spekulationsbedingt um über 300% gestiegen

Entwicklung der Marktpreise für Co und LCE [1.000 USD/Tonne]



Quelle: LME, Bloomberg

Aufgrund der technologischen Gesamtentwicklung, die in Richtung einer höheren Energiedichte der Elektrodenmaterialien geht, wird sich die Kathodenzusammensetzung auf (besonders) Ni-reiche Verbindungen wie NCM712 oder NCA (Ni_{0.95}Co_{0.02}Al_{0.03}) konzentrieren. Bis 2023 dürften beide ternären CAM durch Kombination mit einem vierten Element (Mangan oder Aluminium) zu NCMA fortentwickelt werden, um eine höhere Zyklusstabilität (Mn) bzw. Leistung (Al) zu erreichen.

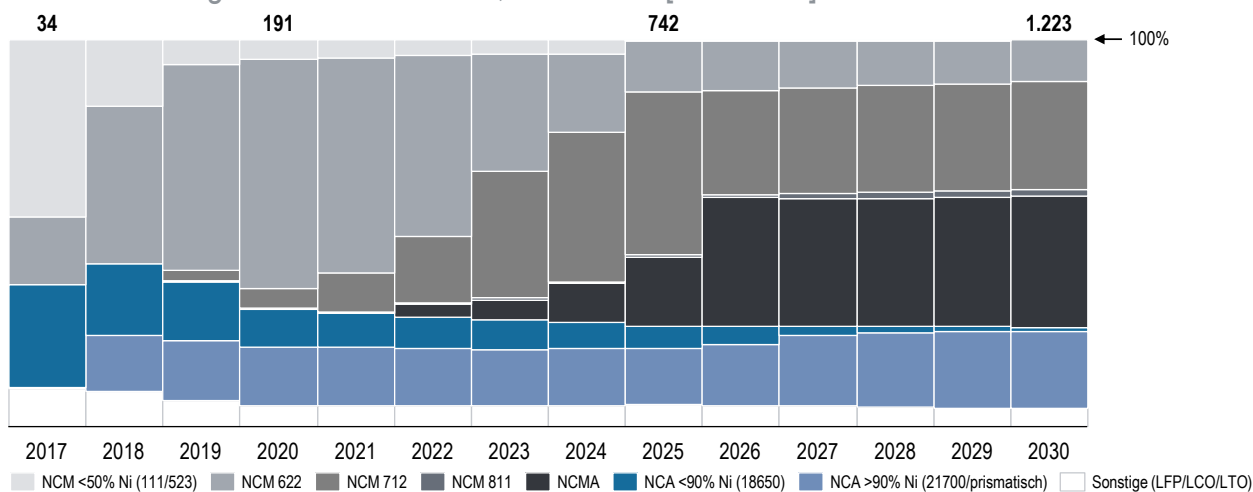
Neben der Erhöhung der spezifischen Energiedichte eröffnen diese Materialien einen Weg, wie der Kobalt-Gehalt im Vergleich zu heutigen CAM wie NCM523/NCM622 spürbar verringert bzw. Kobalt vollständig ersetzt werden könnte. Auch wenn derzeit alle größeren Player mit der Entwicklung dieser



CAM-Arten befasst sind, bleiben bei Zyklusstabilität und Ladecharakteristika noch einige Hürden zu überwinden.

Abb. 12: Der Trend zu höheren Energiedichten und einem Co-Ersatz wird Ni-reichen Materialien deutlich mehr Marktanteile beschern

Batterienachfrage für Pkw nach CAM, 2017-2030 [GWh/Jahr]



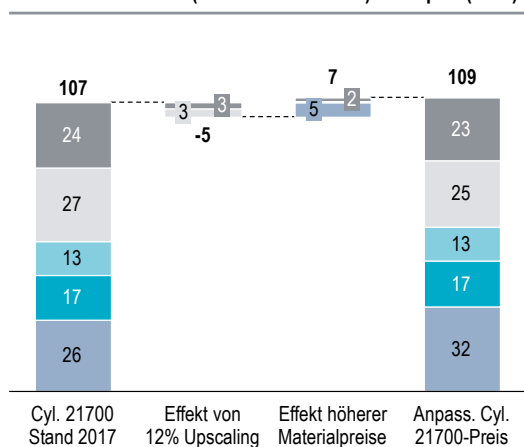
Quelle: Roland Berger

Bei Fokussierung auf einen einzigen Typ und eine einzige Generation von Batteriezellen wirken sich die Einsparpotenziale durch verbesserte Produktionsanlagen und höhere Produktionsvolumen (Upscaling) sehr viel weniger aus als der Effekt der gestiegenen Rohstoffpreise in den vergangenen zwei Jahren (siehe Abb. 13).

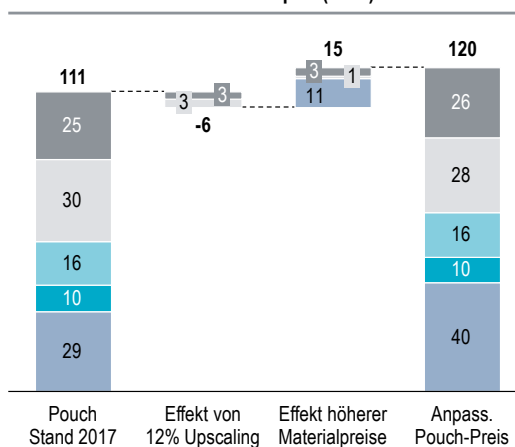
Abb. 13: Die Produktionsanpassung kann den Anstieg der Rohstoffpreise teilweise kompensieren – Notwendig sind jedoch innovativere Maßnahmen

Kostenentwicklung¹⁾ unter Einbeziehung von Produktions- & Preiseffekten [EUR/kWh]

21700-Zelle mit NCA (Ni0.95Co0.02Al0.03) + Graphit (2017)



Pouch-Zelle mit NCM 622 + Graphit (2017)



1) Unter Zugrundelegung der für Korea geltenden Kostenbasis für Energie und Arbeit im Jahr 2017

Quelle: Roland Berger



Um ihre Abhängigkeit von volatilen Rohstoffpreisen zu mindern, stehen den Zellproduzenten drei Maßnahmen offen:

- > Entwicklung zukunftsweisender Batteriezellen mit NCMA-basierten Kathoden- und neuartigen Anodenmaterialien wie Si- oder Li-Metallfolien, um die Energiedichte sowie die Lade-/Entladecharakteristika weiter zu verbessern und den Co-Anteil zu reduzieren. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme ist jedoch beschränkt, da alle großen Marktteilnehmer ähnliche technologische Ansätze verfolgen und die Anfälligkeit für Preisanstiege bei anderen Rohmaterialien damit nicht behoben wird.
- > Einführung innovativer Fertigungsprozesse, wie Trockenbeschichtung und High-Speed Stacking, oder fortschrittlicher Batteriebauweisen wie Lithium-Metall-Anoden, um die Produktions- und VVG-Kosten einzudämmen. Diese Maßnahme kann zwar steigende Rohstoffpreise effektiv kompensieren, hat aber keinen vorbeugenden Wert und dürfte keine langfristigen Wettbewerbsvorteile sichern
- > Umsetzung einer Strategie für die vertikale Integration der Vorprodukt- und Rohmaterialverarbeitung sowie Entwicklung von vollständig integrierten Strategien für die Preis- und Versorgungssicherung, die von kurzfristigen Sicherungsgeschäften am Spotmarkt bis zu langfristig angelegten Investitionen in Abbau- und Raffinationsprojekte alle potenziellen Maßnahmen abdecken.

Mit Blick auf die Zukunft wird infolge der Einführung einer neuen Generation von Batteriezellen (Übergang von der NCM622-Batteriechemie zu Zellen mit einem hohen Ni-Anteil von >70%) ein Preisrückgang um 20 bis 25% erwartet. Der wichtigste Grund für diese Entwicklung dürfte hierbei die höhere spezifische Energiedichte der einzelnen Zellen sein. Parallel zum Rückgang der Gesamtkosten wird sich der Anteil der Rohstoffkosten gegenüber dem derzeitigen Wert von rund 50% um ca. 5% erhöhen. Bei künftigen, nach 2020 eingeführten Batteriegenerationen wird der Anteil der Rohstoffkosten an den BOM-Kosten sogar noch höher liegen.

Mit jeder neu eingeführten Generation von Batteriezellen wird sich daher der Wertschöpfungsanteil verringern. Daraus ergibt sich, dass den VVG-Kosten in einem großen Produktionsmaßstab eine noch wichtigere Rolle zukommt, um die Rentabilität zu steigern und um mehr Mittel für F&E-Aktivitäten zur Entwicklung neuartiger Batterien z.B. mit Halbleitermaterialien freizusetzen.



Abb. 14: Hersteller von Vorprodukten und Elektrolytmaterialien außerhalb Chinas präferieren langfristige Lieferverträge zur Co- und LCO-Sicherung

Unternehmen	Beschreibung	Absicherung phys. Risiko ¹⁾	Absicherung Finanzrisiko ²⁾
> VW-Gruppe > CATL > Glencore (Abbau und Refinement)	Vertikale Kooperation für langfristige Co- und Ni-Versorgung, vom Abbau in Vorwärtsrichtung (CHN)	Dauer nicht bekannt, 50% fest (10 kt p.a.) / 50% variabel (10 kt p.a.)	50% Festpreis, Take-or-Pay / 50% jährlich neu verhandelt, LME + Aufschlag
> BASF > NorNickel	Vertikale Kooperation für langfristige Co- und Ni-Versorgung, vom Abbau bis zum Vorprodukt (EU)	Dauer und Volumen nicht bekannt	Preise vermutlich teilweise fest, teilweise variabel
> BYD > Shenzhen > Chilenische Hersteller	Vertikale Kooperation für langfristige LCE-Versorgung, von Raffinationsprodukten in Vorwärtsrichtung (CHN)	Bisher nur MoU-Unterzeichnung	Nicht bekannt
> Tesla > Kidman Resources (Australien)	Vertikale Kooperation für langfristige Li-Versorgung, seit Produktionsaufnahme des Kidman-Projekts in Westaustralien	3-Jahres-Vertrag inkl. zwei optionale 3-Jahres-Verlängerungen	Take-or-Pay-Vertrag mit Festpreis
> Posco > Samsung SDI	Vertikale Kooperation für Aufbau und Betrieb eines Kathodenwerks in Chile	3.200 t p.a. Kathodenmaterialien – Nickel/Kobalt/Aluminium und Nickel/Kobalt/Mangan	Nicht bekannt (54,2 Mio. USD Investitionsvolumen)

1) Physische Realisierung eines definierten Transportvolumens innerhalb einer definierten Zeitspanne 2) Preismechanismus

Quelle: Interviews mit Marktteilnehmern; öffentlich zugängliche Informationen; HTMA; Roland Berger

Wie die Beispiele der obigen Abbildung zeigen, betrachten größere Player eine integrierte Lieferkettenstrategie als wirksamste Maßnahme zur Co- und LCE-Sicherung. Je nach Ausmaß der vertikalen Integration können die Hersteller ihre Lieferkette zumindest teilweise kontrollieren und die Schwankungsbreite der Rohstoff- und Vorproduktpreise in einem engen Rahmen halten. Je höher die Kontrolle über die gesamte Wertschöpfungskette der Zellmaterialien ist, desto größer sind auch die Wettbewerbsvorteile. Parallel dazu steigen jedoch immer auch die finanziellen Erfordernisse und Risiken.

Im Ergebnis sind Zellhersteller mit einer größeren Produktionsbasis besser in der Lage, die zusätzlichen Kosten abzufedern. Zulieferer mit signifikantem Marktanteil können somit ihre Wettbewerbsfähigkeit weiter steigern und zusätzliche Marktanteile erringen, die sie wiederum noch konkurrenzfähiger machen.

Angesichts dieser Situation ist zu erwarten, dass die großen Zellproduzenten ihre Wettbewerbsfähigkeit weiter ausbauen und die Markteintrittshürden für Newcomer mit Blick auf aktuelle Technologien noch höher setzen. Zugleich ist es unwahrscheinlich, dass die Abhängigkeit der OEM von den Zellproduzenten geringer wird.

Um die Zulieferabhängigkeit zu verringern, haben OEM zwei strategische Optionen:

1. Enge und langfristige Partnerschaften entlang der Lieferkette mit vereinbartem Sockel-Liefervolumen, das durch schnell skalierbare Eigenfertigung bei Bedarf ergänzt wird
2. Förderung und Ausbau einer soliden Zuliefererstruktur im Bereich der Batteriemodule, die konsequent bei mehreren Partnern beschafft werden

Ergänzend dazu sollten OEM eigene Recyclingkreisläufe aufbauen, um die Kontrolle über gebrauchte Batterien zu behalten und rückgewonnene Materialien für die Produktion neuer Batterien zu nutzen. Für ein nachhaltiges Batterierecycling müssen die OEM mit Zellherstellern kooperieren, um die Transportwege zu verkürzen, die Energieeffizienz zu erhöhen und das Abfallaufkommen zu verringern.



GESPRÄCH MIT MARTIN ANDERLIND – HEAD OF BUSINESS DEVELOPMENT, Northvolt

Roland Berger Senior Consultant Gero Pieper sprach mit Martin Anderlind, Head of Business Development von Northvolt, über seine Einschätzungen zur weiteren Entwicklung des Batteriemarkts und der damit verbundenen Herausforderungen. Northvolt möchte seine jährlichen Produktionskapazitäten bis 2020 auf 8 GWh, bis 2023 sogar auf 32 GWh erhöhen. Aktuelle Finanzierungsrunden zur Realisierung dieses Vorhabens wurden von führenden europäischen Playern wie Vattenfall, ABB und Siemens unterstützt.

Gero Pieper (GP, Roland Berger): The four major battery cell manufacturers (Panasonic, LGC, SDI and SKI) have built up a dominant market position outside of China, while CATL is presently the market leader in China. Based on their current production scale and the significant ramp-up of new capacities, we expect these five players to further improve their competitive edge over smaller cell manufacturers. Do you think others will be able to catch up with these dominant players in the near future and what are the key success factors that will enable Northvolt to compete with these market leaders?

Martin Anderlind (MA, Northvolt): Well, first of all, I think I agree with the way you look at the market in terms of the big players and also, of course, how you describe our job of breaking into the market, a task the company has begun to address. But I also think that the market will experience some very special conditions in the next phase of its development, over maybe ten years, so there are market opportunities that will allow for new players such as Northvolt to enter. But if we were to come in and play by the same rules, I believe it would be very difficult to establish ourselves in the market. In order to become established, we therefore need to have a couple of key advantages.

First, building large-scale manufacturing capability and scaling up substantially allows us to be the first really large-scale producer in Europe and enables us to enter the market as a challenger.

The second advantage we have is that we're doing things a little bit differently – one of our innovations being the vertical supply chain. Coming in as a new player, we can start with a fresh sheet of paper and go directly to the very beginning of the supply chain, in contrast to the very fragmented supply chain current players are using. This will put us in a more advantageous competitive position.

And third, by locating our activities in Europe and using fossil-free energy, we can produce a much greener battery. As one of the main draws for battery-powered vehicles is sustainability, we can achieve the world's greenest battery with a full life cycle approach.

GP: Based on the impressive demand forecasts for automotive battery cells in the next ten years, cobalt and lithium raw and precursor materials have been the subject of particular speculation in the last two years. For lithium, new mining and refining capacities need to be established in order to secure the physical supply, while the physical supply of cobalt likely faces supply shortages in the near future due to its high dependency on other raw materials as a mining byproduct. In addition, Chinese market players are heavily investing in mining and refining capacities in order to gain control of the upstream supply chain and hedge prices. Are upstream investments the only way in which battery cell manufacturers can cover their future raw material demand or do you also see other options for more collaborative partnerships between players along the value chain?

MA: It will of course be very interesting to see what happens in the coming years. We don't know any more than anyone else what the price of raw materials will be two years from now, so we're taking that into account in our discussions on pricing, for example.

But we are not particularly worried about a lack of suppliers, as we've taken various steps to make sure that we will have supply, one example being the deal with Nemaska Lithium, who have partnered with Northvolt. We partnered with them to secure our lithium hydroxide supplies for many years to



come. And we have similar arrangements for additional crucial markets. In the end, I think supply and demand typically finds ways of working itself out.

And on the subject of cobalt, which is seen as the most critical aspect so far: we're pretty sure that we will be able to source it, and not just source it but do so in an ethically and environmentally sustainable way so as to support the natural reserves, which is important to us.

There will, of course, be a point in time when the supply and demand don't meet, and that's generally why prices go up or down – but we believe that we will be able to secure what we need in order to be productive in battery cell manufacturing. In any case, the amount of cobalt per kilowatt hour is also going down, and it will keep going down, especially if prices stay high, and in the end we think that whatever chemistry the wider market decides on, there will be supply to match that in a cost-effective way.

And if the cost does not come down, then the cars will not become cheap enough for the mass market to take off.

GP: With a view to reducing their dependency on cell manufacturers, we think that OEMs can adopt different strategies in order to build up a more powerful position against today's cell market leaders. Strategies include:

- > Investing in their own battery cell production based on lithium-ion or even post-lithium-ion cell technologies – This will involve a major risk to their financials owing to R&D efforts, production facilities as well as raw material prices and supply hedging, but it will also create the highest degree of independence from current cell suppliers
- > Actively developing a highly competitive supplier landscape with more competing market players than today, even if financial and technological support is required for currently lower-performing suppliers

MA: I think it's interesting that there is a big discussion involving OEMs, and they definitely have different ways of looking at this market. It also depends whether they believe batteries will become a key differentiating factor over time, or whether the battery is merely a part of the car, a commodity part that all cars have but that lacks any other differentiating value for the customer.

That said, the answer to these strategic questions also depends on the OEM's business model – whether they are selling transportation or selling performance as well as their market position. I believe that most of them, the largest ones, will have at least looked into battery manufacturing, and as of now, it doesn't seem like any of them are chasing investments. They have, of course, looked into partnering with the existing large manufacturers, and some have also asked our company if we could manufacture for them, and the industry certainly has a need for that.

So I think there are a lot of options that are still on the table. And the ones who have put the most effort into this question will likely have come up with a number of alternatives, so they might have made sure that they will have the possibility to work with different suppliers for their platforms. Some also have very good ideas about what type of battery they want to have, what size they want to have, and what chemistries they want to have in that battery as well as what performance they need to get out of that battery. Ultimately, I think all of your strategies are smart ideas on how OEMs can position themselves in the future.

And since you mentioned OEMs supporting other players: We have in fact received tremendous support from some of them, especially the Germans who really want to see this happening, even if they don't end up buying batteries from us. They are just keen to have more supplier options.

GP: Just briefly touching on the debate on battery recycling: Do you think that the OEMs will be able to establish large-scale recycling loops somehow by themselves or will they have to partner with other players, maybe even battery cell manufacturers?



MA: Over time, we believe that recycling will be very important and we don't particularly believe in the second life strategy. And we believe in the sustainability of battery recycling, which is an essential part of our recycling strategy.

But there's another factor to that, and that is the matter of our battery intelligence and data. We have a couple of nice ideas from our data analytics side and have built a very strong team around this.

We will be able to follow our batteries into the field and learn from them, continuously while cars and other products are in the field and then end of life prior to recycling. And as we move forward, we are going to be able to continuously tweak the software in order to over time provide a better product for the end consumer. It's going to be invaluable. And as to recycling – in order for it to be viable, it needs very, very high volumes; recycling is very energy-intensive so it needs cheap electricity. And battery manufacturers should be able to do this better than OEMs.

GP: Considering the issues you mentioned, it looks like the only reasonable place for battery recycling would be close to potential battery cell manufacturing sites, in order to further optimize transportation and energy utilization and maintain the green image of recycling.

MA: Well, the idea is to find smart ways of doing it. It's a little bit early to see exactly how this will play out. We do have a pretty detailed plan. What we're talking to our automotive customers about is how to ensure that we help relieve them from their producer's responsibility. Whether we manage to take the batteries back either by paying for them or getting paid to take them remains to be seen, and then we'll need to have efficient recycling in terms of both cost and sustainability.

GP: Martin, thank you very much for the interview.

4. Methodik

Die Position einzelner Automobilnationen im internationalen Wettbewerb wird anhand von drei zentralen Indikatoren gemessen:

- > **Technologie:** Technologischer Entwicklungsstand der Fahrzeuge nationaler OEM sowie Unterstützung der Fahrzeugentwicklung durch nationale Förderprogramme
- > **Industrie:** Regionale Wertschöpfung der Automobilindustrie durch nationale Fahrzeug-, System- und Komponentenproduktion
- > **Markt:** Größe des nationalen Marktes für Elektrofahrzeuge auf Basis der aktuellen Kundennachfrage

Die einzelnen Indikatoren (Wertebereich 0-5) werden von Roland Berger und fka gewichtet und im Index Elektromobilität zusammengeführt (Abb. 10). Der Index Elektromobilität ermöglicht einen Vergleich der Wettbewerbspositionen der sieben führenden Automobilnationen (Deutschland, Frankreich, Italien, USA, Japan, China, Südkorea) und stellt die Automobilmärkte mithilfe global einheitlicher Maßstäbe gegenüber. Der Index zeigt, in welchem Maße einzelne Nationen an dem durch Elektromobilität entstehenden Markt teilhaben können. Die angewandten Kriterien werden dabei wie folgt bewertet:

Technologie

- > Technologische Leistungsfähigkeit und Preis-Leistungs-Verhältnis aktuell am Markt erhältlich sowie zur zeitnahen Markteinführung vorgestellter Elektrofahrzeuge
- > Nationale F&E-Programme im Bereich Elektromobilität. Ausschließliche Berücksichtigung von Forschungsförderung (keine Industriekredit-Programme, Budgets für Kaufanreize etc.)



Industrie

- > Nationale Fahrzeugproduktion (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge) kumuliert 2016-2021 unter Berücksichtigung von BEV und PHEV
- > Nationale Batteriezellenproduktion (kWh) kumuliert 2016-2021

Markt

- > Aktueller Marktanteil von Elektrofahrzeugen am Gesamtfahrzeugmarkt (Betrachtungszeitraum 2017)

Im Index 2017 wurde erstmals der Vorhersagezeitraum um das Jahr 2019 ergänzt, im Index 2018 um das Jahr 2021. Das zusätzliche Volumen schlägt sich über alle Märkte in einer höheren Bewertung im Index Industrie nieder; Verschiebungen zwischen den Märkten sind hiervon aber nicht betroffen, sodass der erweiterte Zeithorizont nicht zulasten der Vergleichbarkeit mit älteren Ausgaben dieses Index geht.

Im Index Q2 2017 wurde erstmals die Bewertungsschwelle des Indikators Markt verändert. Die zunehmende Marktdurchdringung von BEV- und PHEV-Fahrzeugen erfordert diesen Schritt zur Realisierung einer dezidierten Bewertung im Wertebereich 0-5. Die erhöhte Schwelle führt zu einer generellen Reduzierung des Wertes im Indikator Markt im direkten Vergleich zu vergangenen Ausgaben.

Im Index Q4/2016 wurde erstmals die Bewertung des Indikators Technologie verändert. Die bestehende Methodik zur Erfassung der technologischen Leistungsfähigkeit wurde in einzelnen Punkten verschärft (Sicherheitsausstattung) und um das Kriterium der On-Bord-Ladetechnologie erweitert. Insgesamt ergibt sich dadurch ein verändertes Niveau des Indikators Technologie im Vergleich zu älteren Ausgaben. Weiterhin kommt es zu einer Verschiebung zwischen den einzelnen Nationen aufgrund des neuen Kriteriums Ladetechnologie.

Abb. 15: Der Index Elektromobilität vergleicht die Automobilnationen anhand von drei Parametern: Technologie, Industrie, Markt



Quelle: fka; Roland Berger



Autoren

Wir beantworten gern Ihre Fragen:



Dr. Wolfgang Bernhart

Senior Partner

+49 711 3275-7421

Wolfgang.Bernhart@rolandberger.com



Dr. Thomas Schlick

Senior Partner

+49 69 29924-6202

Thomas.Schlick@rolandberger.com



Ingo Olschewski

Senior Manager

+49 241 8861-160

Ingo.Olschewski@fka.de



Alexander Busse

Consultant

+49 241 80-25586

Alexander.Busse@fka.de



Stefan Riederle

Project Manager

+49 89 9230-8169

Stefan.Riederle@rolandberger.com



Gero Pieper

Senior Consultant

+49 89 9230-8390

Gero.Pieper@rolandberger.com



Herausgeber

Roland Berger GmbH

Automotive Competence Center

Sederanger 1

80538 München

Deutschland

+49 89 9230-0

www.rolandberger.com

Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen

Strategie und Beratung

Steinbachstraße 7

52074 Aachen

Deutschland

+49 241 8861-0

www.fka.de

Bildnachweis

Alle Bilder sind lizenziert durch Roland Berger GmbH, wenn nicht anders ausgewiesen.

Haftungsausschluss

Diese Studie dient ausschließlich der generellen Orientierung. Der Leser sollte Aktivitäten nicht ausschließlich auf Basis der Inhalte dieser Studie anstoßen, insbesondere nicht ohne vorherige professionelle und individuelle Beratung.

Roland Berger ist nicht haftbar für Schäden, die aus Handlungen auf Basis dieser Studie entstehen.