

STUDIE

# Index Elektromobilität Q1 2017

Roland Berger – Automotive Competence Center &  
Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen  
Januar 2017



## 1 Kernaussagen des Index Elektromobilität Q1/2017

- > Deutschland rückt im Indikator **Technologie** an die Spitze vor; im Indikator **Industrie** übernimmt China aufgrund hoher Produktions- und Wertschöpfungsumfänge die Führung; im Indikator **Markt** nähern sich die sieben führenden Automobilnationen zunehmend einander an
- > Die Versorgungssituation bei den für die Herstellung von Lithium-Ionen-Batterien benötigten Vormaterialien bleibt mittelfristig kritisch und geht mit einer großen Abhängigkeit von China, dem Kongo sowie Südkorea und Japan einher
- > Die Rolle der Städte in Bezug auf die Emissionsgesetzgebung wächst: Während in chinesischen Großstädten die Vergabe von Kfz-Kennzeichen bereits heute vielerorts an den Antriebstyp gekoppelt ist, wird London 2020 eine Ultra Low Emission Zone einrichten. In Paris wird gleichzeitig über ein Diesel-Verbot ab 2020 und in Norwegen über ein Verbot sämtlicher Verbrenner ab 2025 nachgedacht
- > Auf breiter Front rückt Ladekomfort in den Fokus, während Schnellladefähigkeit bei der Kundenakzeptanz zunehmend an Bedeutung gewinnt. Der Index trägt dem insofern Rechnung, als der Indikator Technologie entsprechend neu gewichtet wurde

## 2 Zusammenfassender Vergleich der Wettbewerbspositionen der sieben weltweit führenden Automobilnationen

Im Indikator **Technologie**<sup>1</sup> zieht Deutschland an den Zweit- und Drittplatzierten Japan und Korea vorbei und teilt sich mit Frankreich nunmehr den Spitzenplatz. Grund hierfür ist, dass deutsche OEMs ihr Angebot an teil- und insbesondere vollelektrifizierten Antrieben nicht nur deutlich erweitern, sondern ihren Kunden darüber hinaus teils auch höhere Reichweiten bei gleichbleibenden Preisen bieten. Französische OEMs haben derweil zwar keine ähnlich breite Produktpalette und fokussieren sich weiterhin auf kleine kostengünstige BEV. Sie bleiben aber dafür beim Preis-Leistungsverhältnis Spitzenreiter. Bisher relativ dünn ist hingegen die Produktpipeline der hauptsächlich auf PHEVs und BEVs spezialisierten koreanischen OEMs, deren Produkte teilweise erst mit deutlicher Verspätung auf den Markt gelangen. Relativ wenig Bewegung gibt es bei chinesischen OEMs. Sie bringen zwar in den nächsten Jahren ebenfalls eine Vielzahl neuer Modelle auf den Markt, diese werden aber überwiegend in technisch weniger wertvollen Segmenten positioniert. Amerikanische OEMs schwenken von ihrer Leuchtturmstrategie im Hochpreissegment zunehmend auf eine Positionierung von Fahrzeugen vor allem in mittleren Segmenten um. Japanische OEMs begnügen sich größtenteils damit, bestehende Baureihen zu modernisieren, ohne ihr Angebot grundsätzlich zu erweitern. Insgesamt führt der deutlich schnellere Preisverfall bei Lithium-Ionen-Zellen und die rasche Integration einer neuen Zellgeneration ab 2018 dazu, dass OEMs ihr Angebot um BEVs mit hohen Reichweiten ergänzen, und damit mittelfristig eine stärkere Verschiebung des Modellmixes in diese Richtung bewirken werden (Abb. 4).

In Bezug auf die Höhe staatlicher Förderung für die Forschung und Entwicklung von Elektromobilität ergeben sich in einzelnen Ländern – insbesondere in China – zwar durch Auslaufen einzelner Förderungsprogramme nur geringfügige Änderungen. Das Gesamtgefüge zwischen den sieben führenden Automobilnationen mit Blick auf die Förderung von Elektromobilität bleibt hiervon jedoch unberührt. Insgesamt investieren alle untersuchten Länder weiterhin in die Förderung der technologischen

---

<sup>1</sup> Beim Indikator Technologie wurde mittels einer erweiterten Bewertungsmethodik die für die Kundenakzeptanz wichtige Schnellladefähigkeit einbezogen. Dies bewirkt absolute und relative Verschiebungen des technologischen Leistungsniveaus der bewerteten Automobilnationen.

Systemoptimierung. Neben der Forschungsförderung werden auch der Markthochlauf und der Infrastrukturausbau subventioniert, wie auch die in Deutschland jüngst eingeführten Kaufanreize und das geplante Ladesäuleninfrastrukturprogramm zeigen (Abb. 5).

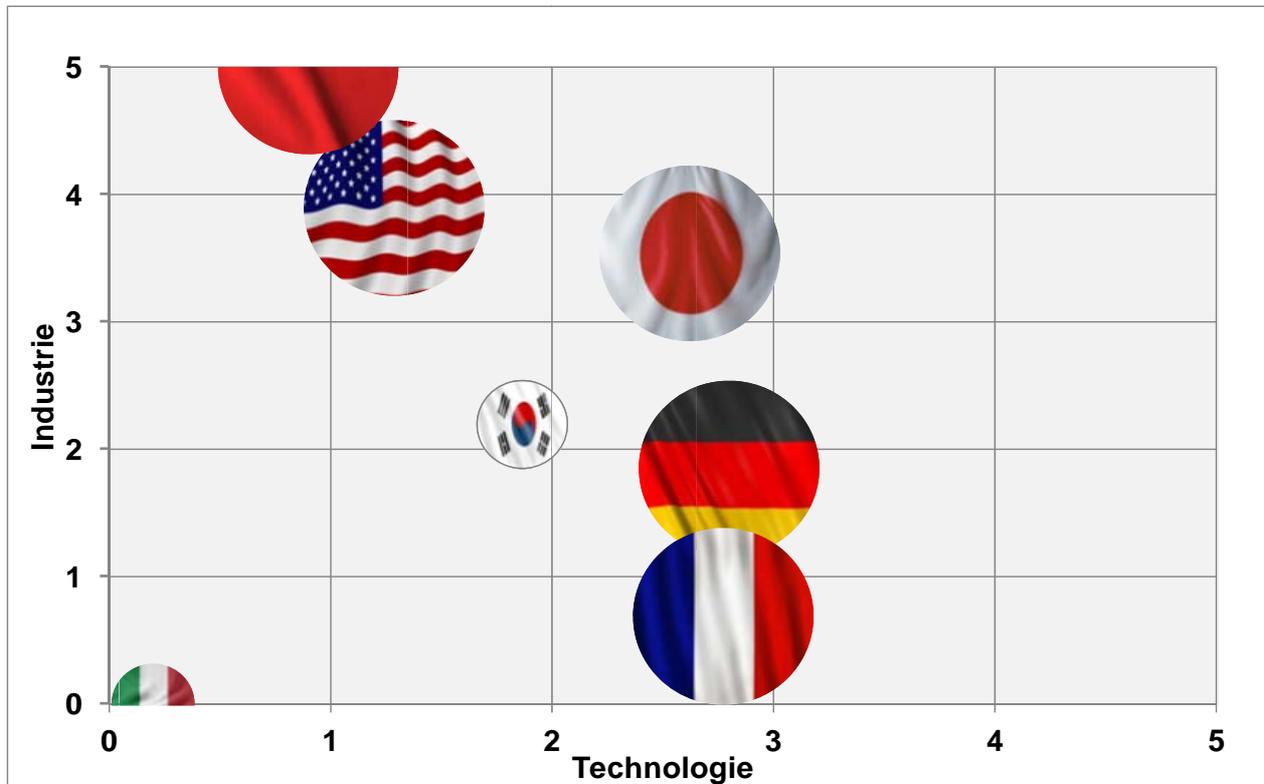
Im Bereich **Industrie** reklamiert China jetzt klar die Spitzenposition. Grund hierfür ist der weiter rasant wachsende Markt, welcher zudem zu über 90 Prozent mit Lithium-Ionen-Zellen aus lokaler Fertigung bedient wird. Dieser hohe lokale Anteil resultiert unter anderem aus der Bindung der Förderwürdigkeit an lokale Wertschöpfung, wobei ausländischen Zellherstellern meist noch die erforderlichen Genehmigungen für lokale Fertigungseinrichtungen fehlen. Diese beiden Trends gehen zu Lasten Japans, das dementsprechend sowohl mit Blick auf die Fahrzeugproduktion als auch in Bezug auf den nationalen Anteil an der globalen Zellproduktion auf den dritten Platz zurückfällt. Nutznießer dieser Entwicklung sind die USA, die auf den zweiten Platz vorrücken. In den USA und Europa zeichnet sich gleichzeitig ein Trend zu einer stärkeren regionalen Differenzierung der Märkte ab. So dominieren deutsche OEMs vor allem im europäischen, ihre US-Pendants vor allem im nordamerikanischen Raum, während der asiatische Raum für beide fast gleichermaßen unerschlossen bleibt (Abb. 6).

In der Zellfertigung verlagert sich das Gewicht weiter stark in Richtung China. Damit drängen chinesische Zellhersteller ihrerseits, was den Anteil an der globalen Zellfertigung angeht, auf Spitzenplätze vor. Gleichzeitig zeichnet sich aber auch auf dem chinesischen Markt durch lokale Fertigung eigener Zellen ein gradueller Anteilsgewinn insbesondere der koreanischen Zellhersteller ab. Neben den bereits kommunizierten Lokalisierungsvorhaben koreanischer und japanischer Zellhersteller in den USA ist zu erwarten, dass mittelfristig auch in Europa ähnliche Vorhaben realisiert werden. Jedoch ist frühestens Ende des Jahrzehnts wieder mit dem Vorpreschen eines ggf. durch OEMs beförderten, in heimischer Eigentümerschaft befindlichen Zellherstellers zu rechnen. Der wegen der höheren Marktdurchdringung rein elektrischer Fahrzeuge mit großer Reichweite gestiegenen Nachfrage nach Zellen steht ein stärkerer Preisverfall gegenüber, weshalb es nur zu einem moderaten Netto-Marktwachstum kommt. Der trotz gleichbleibender Marktgröße höhere Kapazitätsbedarf führt auf Seiten der Zellhersteller zu einem deutlich erhöhten Investitionsvolumen (Abb. 7).

Im Indikator **Markt** verzeichnet China einen sprunghaften Anstieg der Nachfrage und besetzt nun hinter Frankreich, welches bei ungleich geringerem absolutem Volumen einen höheren Marktanteil verzeichnen kann, den zweiten Platz. Dahinter folgen auf Platz drei die USA. Gegenüber dem letzten Betrachtungszeitraum hat sich der Absatz in China mehr als verdoppelt, während er in Deutschland und Frankreich um jeweils ca. 50 Prozent gewachsen ist. Auch Japan verzeichnete ein Wachstum im deutlich zweistelligen Bereich. Dahingegen hat sich das Wachstum in den USA und Italien deutlich verlangsamt – beide wachsen nur im einstelligen Bereich. In den USA verhindern Substitutionseffekte zwischen PHEVs und Vollhybriden eine noch stärkere Verlangsamung. In Korea zeichnet sich hingegen sogar ein leichter Rückgang ab. Wie eingangs bereits erwähnt zeichnet sich mittelfristig eine Verschiebung des Modellmixes hin zu BEVs mit einer Nominalreichweite von über 300 km aus. Insgesamt übersteigt der Anteil von teil- oder vollelektrifizierten Antrieben 2016 aber nur in China und Frankreich die Ein-Prozentmarke. Von dem in Europa zur Erfüllung der nach 2021 erwarteten Flottenemissionsziele benötigten Marktanteil an teil- oder vollelektrischen Antrieben ist man somit insgesamt noch weit entfernt (Abb. 8).

# INDEX ELEKTROMOBILITÄT Q1/2017

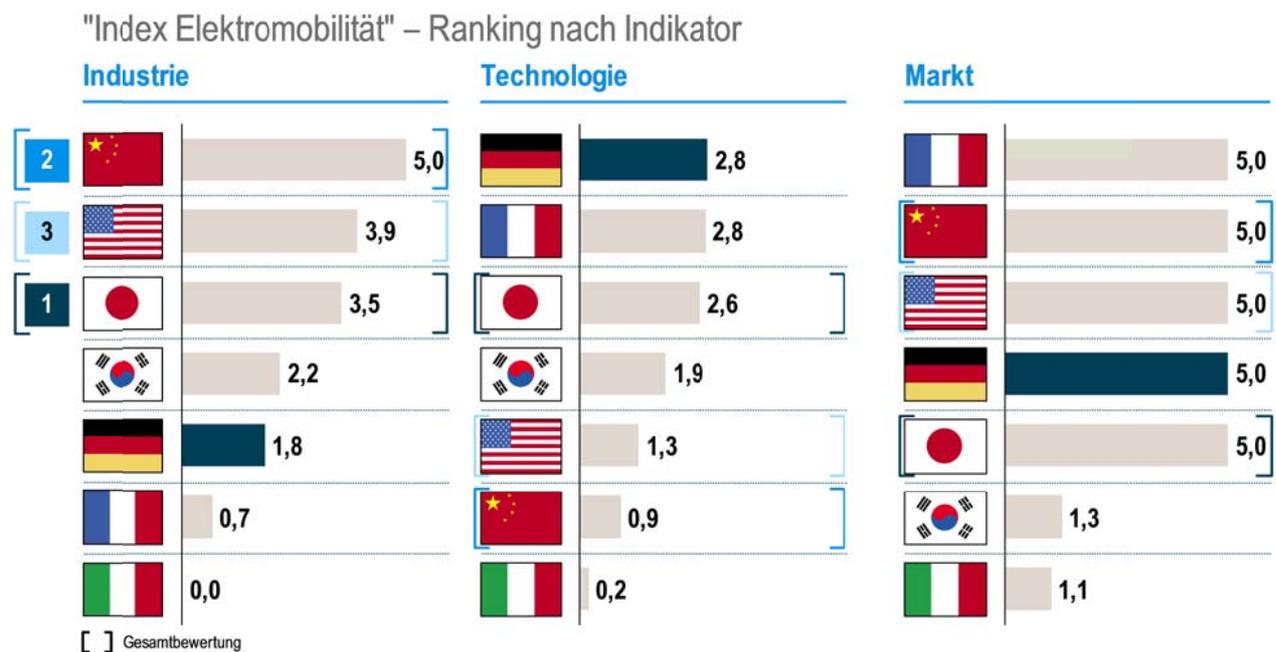
Abb. 1: Japan weiterhin Spitzenreiter - China schiebt sich durch Industrie- und Marktwachstum auf Platz 2 vor die USA



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

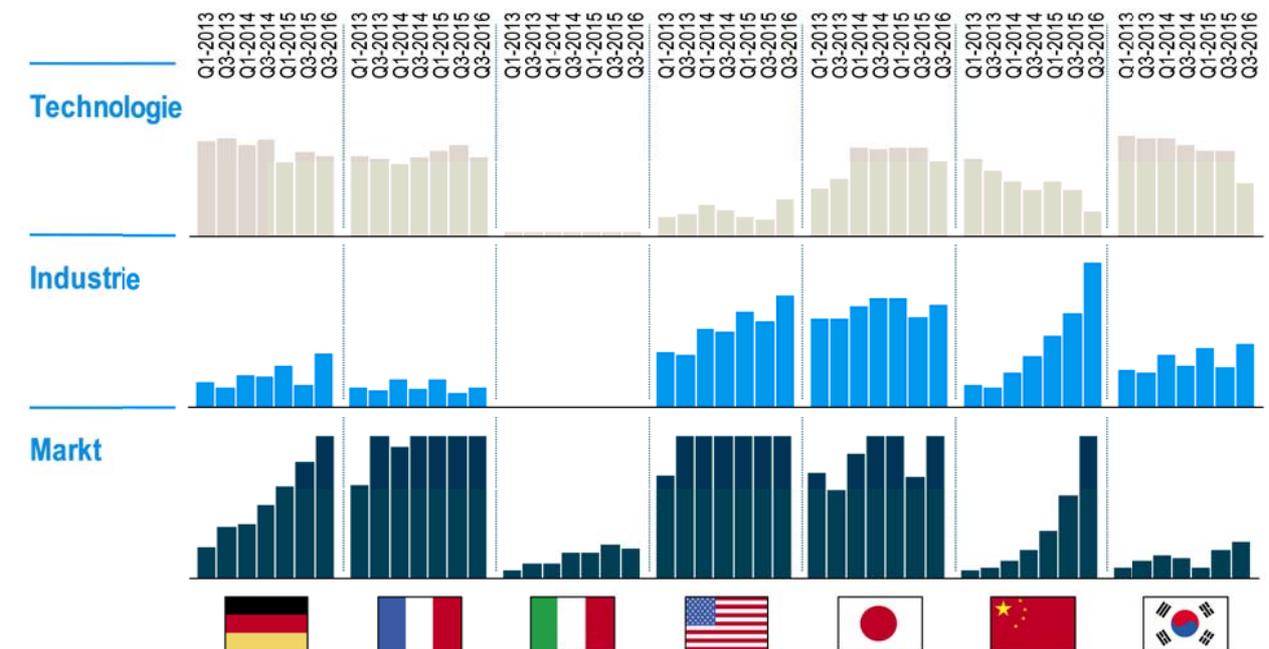
Quelle: fka; Roland Berger

Abb. 2: Japan verliert, behält jedoch die Spitzenposition. Neubewertung des Indikators Technologie – Deutschland und Frankreich an der Spitze



Quelle: fka; Roland Berger

Abb. 3: Während sich der Indikator Markt in den meisten Märkten positiv entwickelt, sind die Veränderungen in den Indikatoren Technologie und Industrie deutlich uneinheitlicher



Quelle: fka; Roland Berger

## 3 Detailanalyse

### 3.1 China präsentiert radikale Neuerung der Emissionsgesetzgebung, um den Verkauf von xEV anzukurbeln

In China hat sich der Absatz reiner Elektro- und Plug-in-Hybridfahrzeuge mit 330.000 Fahrzeugen zwischen 2014 und 2015 mehr als vervierfacht. Damit ist China nicht nur der weltweit größte Markt für Pkw nach Verkaufsvolumen, sondern auch der größte Einzelmarkt für teil- oder vollelektrifizierte Fahrzeuge. Dennoch liegt der Anteil von xEV wie auch in anderen Ländern bei weniger als 1 Prozent des Gesamtabsatzes. Es sind weitere Anstrengungen nötig, damit China das Ziel von fünf Millionen xEV auf chinesischen Straßen bis 2020 erreicht, das mit dem 13. Fünfjahresplan Chinas ausgegeben wurde.

E-Mobilität gilt den politischen Entscheidungsträgern Chinas als Möglichkeit, an der internationalen Konkurrenz vorbeizuziehen und zugleich die Abhängigkeit des Landes von Ölimporten zu reduzieren. Deshalb hat die Regierung nun das bisher umfangreichste Regelwerk vorgelegt. Es soll OEMs zwingen, aggressive Umsatzziele für EV und PHEV von 7 Prozent für 2020 bzw. 15 Prozent für 2025 zu realisieren.

Es setzt die Bewertung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs von Unternehmen (Corporate Average Fuel Consumption, CAFC) in Beziehung zu Guthabenpunkten für New Energy Vehicles (xEV).

Im Ergebnis können xEV-Guthaben negative CAFC-Ratings ausgleichen oder separat gehandelt werden. Der angestrebte Transaktionspreis würde Branchenexperten zufolge zwischen 7.500 und 10.000 RMB (rund 1.000 bis 1.400 USD) für eine NEV-Gutschrift betragen. Diese Regelung wird zwar derzeit noch diskutiert, soll aber schon 2018 eingeführt werden.

### 3.2 Rohstoffverfügbarkeit

Mittelfristig dominieren in automobilen Anwendungen sowohl bei teil- als auch bei vollelektrifizierten Antrieben Batteriezellen der Typen Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium Oxid (NCA) bzw. Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt Oxid (NMC), wobei NMC mittelfristig mit 70% der größere Marktanteil zugerechnet wird. Das ursprünglich aufgrund seiner relativ hohen thermischen Resistenz insbesondere von chinesischen OEMs favorisierte Lithium-Eisenphosphat (LFP) wird hingegen aufgrund seiner verhältnismäßig geringeren Leistungsdichte zunehmend an Bedeutung verlieren, weil auch chinesische OEMs Richtung NMC migrieren. Auch das im stationären sowie im Nutzfahrzeugbereich aufgrund seiner hohen Zyklenfestigkeit häufig verwendete Lithiumtitanat ist für automobiler Anwendungen aus gleichem Grund ungeeignet. Bis zum Ende des Jahrzehnts wird sich die technische Weiterentwicklung der Li-Ionen-Technologie somit nur innerhalb sehr enger technischer Parameter weiterentwickeln. Der technische Wandel beschränkt sich dabei größtenteils auf Veränderungen im Verhältnis der reaktiven Kathodenelemente Nickel, Mangan und Kobalt, wobei eine Verschiebung von NMC 111 (entsprechend einem Verhältnis von 1 Ni : 1 Mn : 1 Co) über NMC 622 hin zu NMC 811 erwartet wird.

Die sehr geringe Bandbreite an technischen Alternativen innerhalb der Lithium-Ionen-Technologie hat für die Automobilindustrie eine indirekte Abhängigkeit von einer geringen Anzahl kritischer Rohstoffe und Veredelungsstufen zur Folge. Neben den bereits erwähnten Elementen Lithium, Nickel, Mangan und Kobalt betrifft dies auch das Anodenmaterial Graphit. Bei Weitem am kritischsten ist hierbei die Sicherung der Nachfrage an Graphit und Kobalt. So liegen 95% der heute erschlossenen Reserven an natürlichem Graphit in China, während fast die Hälfte der globalen Kobaltnachfrage aus dem Kongo bedient wird, wo neben der rein geographischen Konzentration auch die allgemeine politische Instabilität die Versorgungssicherheit gefährden. Auch Silizium wird zu über 50% in China gewonnen, jedoch macht die in der Zellherstellung verwendete Menge nur einen Bruchteil der Weltgesamtproduktion aus. Gleiches gilt für das hauptsächlich in der Stahlveredelung verwendete Mangan, das zu etwa einem Viertel in Südafrika und zu geringeren Anteilen auch in China und Australien gewonnen wird. Lithium wird zu jeweils einem Drittel in Chile und Australien gewonnen. Eine ähnliche Konzentration der Herstellungskapazität auf einzelne Länder besteht auch in der Weiterverarbeitung, z.B. in der Veredelung von sphärischem Graphit, die überwiegend in Südkorea und Japan erfolgt.

Eine Alternative besteht in künstlichem Graphit, das bereits ca. ein Fünftel des globalen Bedarfs an sphärischem Graphit abdeckt, in der Herstellung jedoch deutlich teurer als natürliches Graphit ist. Auch die Erschließung neuer Vorkommen wird wenig an der geographischen Verteilung und überregionalen Abhängigkeit von wenigen Schlüsseländern ändern, sondern lediglich zur Befriedigung der steigenden Nachfrage dienen. Viele Marktteilnehmer haben daher bereits in unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen Langzeitverträge geschlossen, um ihre eigenen Bedarfe entsprechend abzusichern. Aufgrund oligopolistischer Marktstrukturen herrscht jedoch wenig Kostentransparenz, sodass solche Verträge Kostenrisiken oft einseitig auf die Abnehmerseite verlagern. Um diese Strukturen langfristig aufzubrechen, wären neben beträchtlichen Investitionen in die Erschließung neuer Vorkommen auch massive Aufwendungen in vorgelagerten Prozessen notwendig, welche zudem mit erheblichen Risiken für die Umwelt verbunden wären. Unter dem Strich ist daher mittelfristig nicht mit einer grundsätzlichen Verbesserung der Versorgungssituation zu rechnen (vgl. Nationale Plattform Elektromobilität mit Roland Berger und Rohstoffallianz. "Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland").

### 3.3 Megacities übernehmen Führerschaft bei der Emissionsgesetzgebung: Beispiel London

**Rhona Munck ist Senior Strategy & Planning Manager – Environment and Walking bei Transport for London (TfL).** TfL betreut den öffentlichen Personennahverkehr Londons sowie das strategische Straßennetz (einschließlich der 6.000 Ampeln der Stadt) und die Congestion Charge (City-Maut) sowie die Niedrigemissionszonen (Low Emission Zones) in London.

**Wolfgang Bernhart:** London war 2003 die erste Stadt weltweit, die eine City-Maut einführt, um das Verkehrsaufkommen im Stadtzentrum zu begrenzen. Seitdem haben international zahlreiche Städte ähnliche Maßnahmen eingeführt. Tatsächlich ist in einigen Regionen zu beobachten, dass Provinzen und große Kommunen die Umweltschutzagenda sehr viel entschlossener vorantreiben als dies auf nationaler Ebene der Fall ist – etwa indem sie Niedrigemissions- oder sogar Niedrigstemissionszonen einführen (Low bzw. Ultra-Low Emission Zones) Wie würden Sie vor diesem Hintergrund die strategischen Prioritäten von "Transport for London" beschreiben?

**Rhona Munck:** Bürgermeister Sadiq Khan hat kürzlich in der Publikation "A City for All Londoners" seine neue Vision für London vorgestellt. Teil dieser Vision sind seine Ambitionen in Bezug auf Verkehr und Umweltschutz in London. Insbesondere geht es ihm darum, die Luftqualität so zu verbessern, dass sichere Grenzwerte eingehalten werden, die Stadt bis 2050 kohlenstofffrei zu machen und Fußgängern und Radfahrern in der Stadt mehr Raum zu geben. Eingebettet ist dieses Vorhaben in den breiteren Kontext, das Wachstum Londons zu fördern, Entspannung auf dem schwierigen Wohnungsmarkt herbeizuführen und sicherzustellen, dass London die weltweit führende Wirtschaftsmetropole bleibt und dank sozialer Integration für alle Londoner lebenswert ist. In all diesen Bereichen spielt der Verkehr eine Rolle.

**WB:** Welchen Anteil hat E-Mobilität an dieser Strategie und welche Maßnahmen ergreifen Sie, damit diese in London umfassender genutzt wird?

**RM:** TfL unterstützt den Umstieg von Diesel- und Benzinfahrzeugen auf ULEV. Das ist entscheidend, wenn die Emissionen der Londoner Fahrzeugflotte reduziert und die Luftqualität verbessert werden soll. Außerdem würde die Umstellung helfen, das Ziel eines kohlenstofffreien Londons bis 2050 zu erreichen. Wir ermutigen Taxi-, private Mietwagen- sowie Carsharing-Flotten aktiv zum Umstieg auf ULEV. Im Juli 2015 haben wir den Ultra Low Emission Vehicle Delivery Plan herausgegeben, der fünfzehn Kernmaßnahmen vorsieht, welche die Nutzung von Elektrofahrzeugen fördern sollen. Dazu zählen Infrastrukturvoraussetzungen, größere Akzeptanz, Marketing und Anreize. 2020 werden wir im Zentrum von London eine Niedrigstemissionszone (Ultra Low Emission Zone) einführen (derzeit prüft der Bürgermeister sogar, inwieweit die Einführung auf 2019 vorgezogen werden kann). Dies hätte zur Folge, dass alle Busse, die in dieser Zone fahren, über einen Hybrid- oder Elektroantrieb verfügen müssten. Alle neuen schwarzen Taxis müssten ab 2018 und alle neuen privat genutzten Mietwagen bis 2020 im Null-Emissions-Betrieb fahren können.

**WB:** Wie wollen Sie sicherstellen, dass es in der gesamten Stadt ein ausreichend dichtes Netz an Ladestationen gibt?

**RM:** TfL hat umfangreiche Untersuchungen zur Bereitstellung der Ladeinfrastruktur in London durchgeführt. Dabei ging es auch um die Unterstützung des ULEV-Umsetzungsplans. Diese Untersuchungen ergaben, dass Schwächen in der Ladeinfrastruktur das größte Hindernis für eine vermehrte Nutzung von Elektrofahrzeugen in London sind.

Mit einer Vielzahl von Projekten arbeiten wir derzeit an der Verbesserung der Auflade- und Betankungsinfrastruktur für ULEV. Dazu gehören auch unser Schnellladeinfrastrukturprojekt (Rapid Charging Infrastructure Project) und das Londoner Go Ultra Low City Scheme (GULCS).

TfL engagiert sich für den Aufbau eines Schnellladenetzes in ganz London, das die Einführung von für den Null-Emissions-Betrieb (Zero-Emission Capable, ZEC) geeigneten Taxis, privat genutzten Mietwagen und Nutzfahrzeugen unterstützt. Ausgehend von den Ergebnissen unserer Untersuchungen werden wir bis Ende 2018 in London 150 Schnellladesäulen errichten. Bis Ende 2020 werden insgesamt 300 Schnellladesäulen bereitstehen. Diese werden mithilfe des öffentlichen und des privaten Sektors und abgestimmt auf den Marktbedarf aufgestellt.

London hat zur Förderung der Nutzung von ULEV im Rahmen des GULCS bereits Mittel des Office for Low Emission Vehicles (OLEV) in Höhe von 13 Mio. £ erhalten. Schwerpunkt dieses Projekts ist die

Bereitstellung einer Ladeinfrastruktur in London. Es ist in vier Arbeitspakete unterteilt: Errichtung von 1.150 EV-Ladesäulen an Straßenrändern für ein Ladenetz in Wohngebieten; Bereitstellung von bis zu 1.000 Ladesäulen für die Flotten von Carsharing-Anbietern, um den Umstieg auf ULEV zu fördern; Mitwirkung an der Bereitstellung von 300 Schnellladestationen für gewerbliche Flotten bis 2020; und Schaffung von "Neighbourhoods of the Future", d. h. Wohngebieten, in denen innovative Ladeinfrastrukturen, Regelungen und Initiativen gefördert werden.

Diese Projekte ergänzen die bereits vorhandenen Ladenetze, an denen Nutzer ihre Elektrofahrzeuge unterwegs aufladen können. Diese Art der Infrastruktur nennen wir Zielort-/Zwischenladestationen. Zwei der wichtigsten Netzwerke Londons zum Aufladen unterwegs sind Source London (betrieben von BluePointLondon, einem Tochterunternehmen der Bolloré Group) und POLAR (betrieben von Chargemaster). BluePointLondon und Chargemaster haben sich insgesamt verpflichtet, bis 2018 mehr als 7.000 öffentliche Ladesäulen in ganz London aufzustellen.

**WB:** Eine andere Möglichkeit, individuellen Transportbedürfnissen gerecht zu werden und zugleich Staus in den Innenstädten zu minimieren, ist Carsharing. Welche Absichten verfolgt TfL in Bezug auf das Carsharing?

**RM:** TfL, Carsharing-Anbieter, die Greater London Authority, die London Councils und wichtige Stakeholder haben im Mai 2015 eine gemeinsame Carsharing-Strategie für London ausgegeben. Diese verfolgt einen kooperativen Ansatz, um das Wachstum des Sektors in London zu beschleunigen, Carsharing von einem Nischen- zu einem Kernangebot zu machen und den Moduswechsel weg vom eigenen privaten Pkw zu bewerkstelligen. Dafür wurden 10 Maßnahmen festgelegt, die einen gemeinsamen Rahmen für weitere Untersuchungen bilden, die Voraussetzungen für die angestrebten Veränderungen und Infrastrukturentwicklungen schaffen (einschließlich EV-Infrastruktur) und Anreize setzen bzw. bei Privatpersonen und Unternehmen ein Problembewusstsein verankern sollen.

**WB:** Halten Sie es für wahrscheinlich, dass London ähnlich drastisch wie andere Kommunen vorgehen könnte, die sogar ein völliges Verbot von konventionell betriebenen Fahrzeugen auf ihren Straßen erwägen?

**RM:** Kurz nach seiner Wahl im Mai dieses Jahres hat der Bürgermeister von London, Sadiq Khan, dazu aufgerufen, neue Vorschläge vorzulegen, wie die schlechte Luftqualität Londons in möglichst kurzer Zeit verbessert werden könnte. Er bat die Londoner, ihre Erfahrungen zu teilen und Ideen zur Verbesserung der Luftqualität vorzustellen. Darüber hinaus interessierte er sich für ihre Meinung zu den Maßnahmen, die er vorschlug. Wir haben nun detaillierte Vorschläge für die Implementierung einer Emissionsabgabe (Emissions Surcharge, ES) sowie Ideen für eine Verbesserung der Ultra Low Emission Zone (ULEZ) entwickelt, über die derzeit öffentlich beratschlagt wird. Die Vorschläge lauten:

- > Einführung einer Emissionsabgabe (bekannt als "T-Charge") im Jahr 2017 für ältere, die Umwelt stärker belastende Fahrzeuge, wenn sie ins bzw. im Londoner Zentrum fahren. Diese würde zusätzlich zur City-Maut anfallen.
- > Vorgezogene Einführung der ULEZ im Jahr 2019, statt 2020
- > Ausweitung der ULEZ auf ganz London (inklusive der Außenbezirke) für Lastfahrzeuge (Schwerlastkraftwagen, Linien- und Reisebusse), möglichst 2019, ggf. später und
- > Ausweitung der ULEZ vom Londoner Stadtzentrum bis zur nördlichen und südlichen Umgehungsstraße für alle Fahrzeuge, möglichst 2019, ggf. später.

### 3.4 Fortschrittliche Ladetechnik für eine höhere Kundenakzeptanz von EVs

Eine große Hürde beim Kauf eines EV ist die Möglichkeit des komfortablen Ladens des Energiespeichers. Der Ladekomfort wird einerseits durch die zeitliche Dauer eines Ladevorgangs zur Bereitstellung einer für die geplante Weiterfahrt ausreichenden Energiemenge bestimmt, aber andererseits auch stark durch den Aufwand für den Fahrzeugführer zur Durchführung des Ladevorgangs. Technologisch bieten die Schnellladetechnik und das induktive Laden Möglichkeiten, den Ladekomfort und somit die Kundenakzeptanz von EVs deutlich zu verbessern.

Eine Verkürzung der Ladedauer ist mit hohen Ladeleistungen an Gleichstromladestationen möglich. Aktuell verfügbare Infrastruktur mit Ladeleistungen von 50-120 kW ermöglicht eine Ladung der Batterien auf 80% der Batteriekapazität in ca. 20-30 Minuten. Mit steigender Ladeleistung erhöht sich die Batteriedegradation, die Ladestromstärke sinkt deshalb bei Erreichen von 80% SOC kontinuierlich. Die reduzierte Ladestromstärke führt zu einer stark verlängerten Ladephase bis zum Erreichen der vollständigen Batteriekapazität. Kurzfristig soll die maximale Ladeleistung weiter auf 150 kW erhöht werden, um eine weitere Verkürzung des Ladevorgangs zu realisieren. Mittelfristig wird eine Schnellladeinfrastruktur mit bis zu 350 kW angestrebt. Derart hohe Ladeleistungen erfordern eine Anpassung der Batteriesystemauslegung. Neben einer aufwändigen Kühlung muss die Spannung des Systems deutlich erhöht werden. Die notwendigen Anpassungen führen teils zu Zielkonflikten hinsichtlich hohem Wirkungsgrad und einer großen Kapazität des Batteriesystems. Infrastrukturseitig stellen Gleichstromladestationen mit hohen Ladeleistungen erhöhte Anforderungen an die Netz- und Leitungskapazität und müssen unter Umständen ans Mittelspannungsnetz angeschlossen werden. Eine flächendeckende Ladeinfrastruktur – bestehend aus Schnellladenetz (> 22 kW) und Normalladenetz (<= 22 kW) – kann als Schlüssel für den Durchbruch der Elektromobilität angesehen werden. Entsprechende Fördermaßnahmen zur Bewältigung der beschriebenen technologischen Herausforderungen und für den Ausbau der Infrastruktur werden deshalb von den betrachteten Ländern aufgelegt (z. B. LIS-Programm in Deutschland).

Eine Alternative zum manuellen, kabelgebundenen Laden und den damit verbundenen Komforteinbußen bietet das induktive Laden. Mittelfristig werden EVs auf den Markt kommen, die mit dieser kabellosen Ladetechnologie ausgerüstet sind. Erste Serienkonzepte werden zunächst Ladeleistungen bis ca. 8 kW realisieren, der Wirkungsgrad des stationären Ladevorgangs ist dabei etwas geringer als bei konduktivem Laden. Mittelfristig ist auch bei induktivem Laden eine Steigerung der möglichen Ladeleistung zu erwarten. Systeme mit bis zu 40 kW wurden in öffentlichen Forschungsprojekten entwickelt und getestet. Restriktionen hinsichtlich sicherheitstechnischer Aspekte, Größe der Übertragungsplatten und des minimal möglichen Luftspaltes schränken jedoch die maximale induktive Ladeleistung beim Pkw ein. Eine Verkleinerung des Luftspaltes kann mit einer variablen Bodenplatte (Z-Mover) oder durch Absenken des Fahrzeugs (z.B. über aktives Fahrwerk) realisiert werden. Aufgrund der geringen Positionierungstoleranzen von ca. 5-10 cm in Fahrzeuglängs- und -querrichtung ist eine Positionierungsassistenz notwendig. Neben Parkeinweisungen für den Fahrer mittels HMI ist dies auch mittels automatisierten Fahr- bzw. Parkfunktionen bei gleichzeitiger Verbesserung von Nutzerkomfort und Positionierungseffizienz realisierbar. Insbesondere die zunehmende Durchdringung von Fahrerassistenzsystemen und der steigende Automatisierungsgrad der Fahrzeuge ermöglichen die automatisierte Positionierung, so dass mittelfristig alle induktiven Ladesysteme autonom gekoppelt werden können.

In den nächsten Jahren sind eine Steigerung der Ladeleistung und die Einführung von induktiven Ladefunktionen bei EVs zu erwarten. Fortschrittliche Ladetechnik trägt zu erhöhter Kundenakzeptanz bei. Die Systeme im Fahrzeug müssen jedoch entsprechend den technischen Herausforderungen verändert bzw. neu ausgelegt werden.

## 4 Methodik

Die relative Wettbewerbsposition einzelner Automobilnationen im internationalen Vergleich wird an drei zentralen Indikatoren gemessen:

- > **Technologie:** Technologischer Entwicklungsstand der Fahrzeuge nationaler OEMs 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 (auf einer Skala von 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 2014-2018 unter Berücksichtigung von BEV und PHEV
- > Nationale Batteriezellenproduktion (kWh) kumuliert 2014-2018

### Markt

- > Aktueller Marktanteil von Elektrofahrzeugen am Gesamtfahrzeugmarkt (Betrachtungszeitraum 12 Monate)

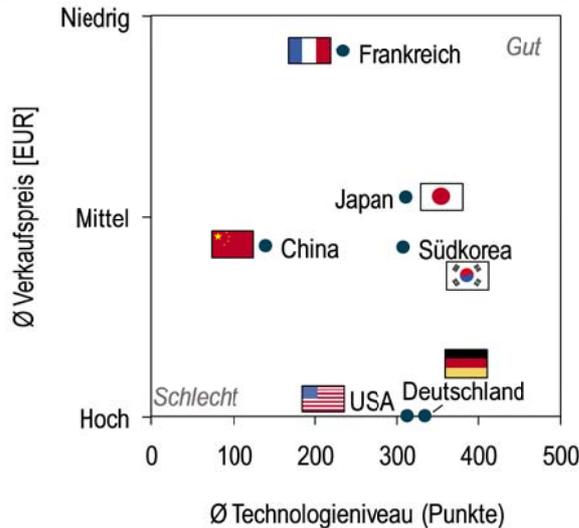
Im Index Q1/2015 wurde erstmals der Vorhersagezeitraum um das Jahr 2017 ergänzt, im Index Q1/2017 um das Jahr 2018. Das zusätzliche Volumen schlägt sich über alle Märkte hinweg in einer höheren Bewertung im Index Industrie nieder; Verschiebungen zwischen den Märkten sind hiervon aber nicht betroffen, sodass der erweiterte Zeithorizont nicht zu Lasten der Vergleichbarkeit mit älteren Ausgaben dieses Index geht.

Im Index Q1/2017 wurde erstmals die Bewertung des Indikators Technologie verändert. Die aktuelle 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. 4: Verschiebungen im Technologieniveau durch angepasste Bewertungsmethodik und Veränderung des durchschnittlichen Preis-Leistungsverhältnisses durch weiteren Ausbau der Modellpalette

Preis-Leistungs-Verhältnis marktreifer BEV und PHEV

Preis-Leistungs-Verhältnis von EV



Land

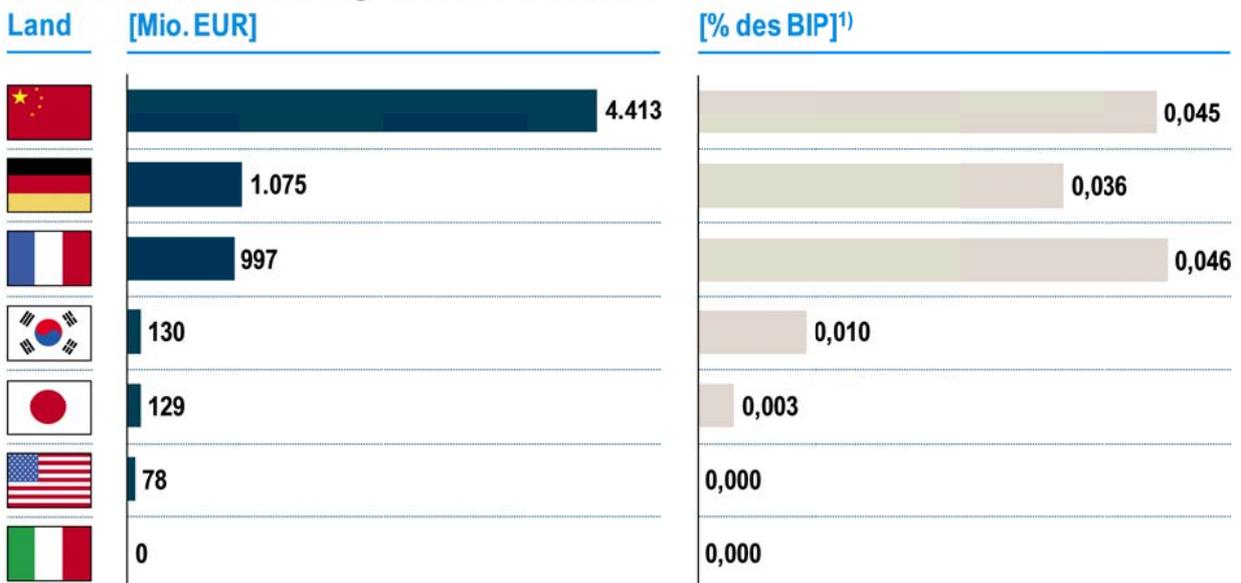
- > Überarbeitung bestehender Modelle und Ausweitung der Modellpalette führen zu gestiegenem Ø-Preisniveau
- > Hohe Relevanz hochpreisiger Fahrzeuge  
> Zunehmendes Angebot auch in mittleren Segmenten
- > Anhaltender Trend zur Elektrifizierung (PHEV) in oberen und mittleren Segmenten  
> Zunehmende Anzahl angebotener Modelle
- > Leichte Verbesserung im technologischen Niveau in Verbindung mit Anstieg des Preisniveaus der Fahrzeuge
- > Renault Zoe Z.E. dominierendes Modell mit niedrigem Preisniveau  
> Ausweitung der Modellpalette
- > Zunehmende Anzahl von elektrifizierten Fahrzeugen von Kia und Hyundai

Hinweis: Keine massengefertigten EV/PHEV-Modelle italienischer OEMs

Quelle: fka; Roland Berger

Abb. 5: Teils auslaufende F&E-Förderung in China und Japan, gemessen am BIP rel. konstante Förderquoten in anderen Nationen

Staatliche F&E-Förderung von Elektromobilität



1) Relativbezug der Fördermaßnahmen jeweils auf aktuelles BIP (2015)

Quelle: fka; Roland Berger

# INDEX ELEKTROMOBILITÄT Q1/2017

Abb. 6: Anstieg der Fahrzeugproduktion in allen Märkten – China setzt sich klar an die Spitze

## Erwartete Produktion von EVs und PHEVs bis 2018

Land	Inlandsproduktion EV/PHEV ['000 Fzg.]	Top-3-Modelle je Land
	1.230	BYD Tang, BYD Qin, BAIC E150EV
	708	Tesla Model S, Nissan Leaf EV, Chevrolet Volt PHEV
	439	VW Golf GTE PHEV, BMW i3, Audi A3 e-tron
	392	Nissan Leaf EV, Mitsubishi Outlander PHEV, Toyota Prius PHEV
	174	Renault ZOE Z.E., Renault Kangoo Z.E., smart fortwo ED
	50	Chevrolet Spark EV, Kia Soul EV, Hyundai Sonata PHEV

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

Quelle: fka; Roland Berger

Abb. 7: China rückt auf den zweiten Platz vor und schließt zu Japan auf – Keine Zellproduktion in Europa

## Zellproduzenten und Volumen für Automobil-Produktion nach Ländern bis 2018

### Erwarteter globaler Marktanteil, 2018<sup>1)</sup>

### Inländische Zellproduktion, 2014-2018 [MWh]

		33%		34.700	> Führender Zellproduzent > Panasonic führend
		18%		25.700	> Vor allem BYD, Wanxiang, Lishen und andere "local for local" Player
		17%		9.400	> LG Chem vor Samsung > SK-Innovation wird Korea-Footprint zugerechnet
		9%		3.100	> Weiterhin vor allem A123 und japanische Hersteller mit lokaler Prduktion (AESC), sowie LGC > Tesla mit zukünftig zunehmender Bedeutung
		5%		230	> LiTec als einziger Markt-Akteur, Zellproduktion in 2016 eingestellt
		3%		0	> Keine signifikante Zellproduktion
		3%		0	> Keine signifikante Zellproduktion

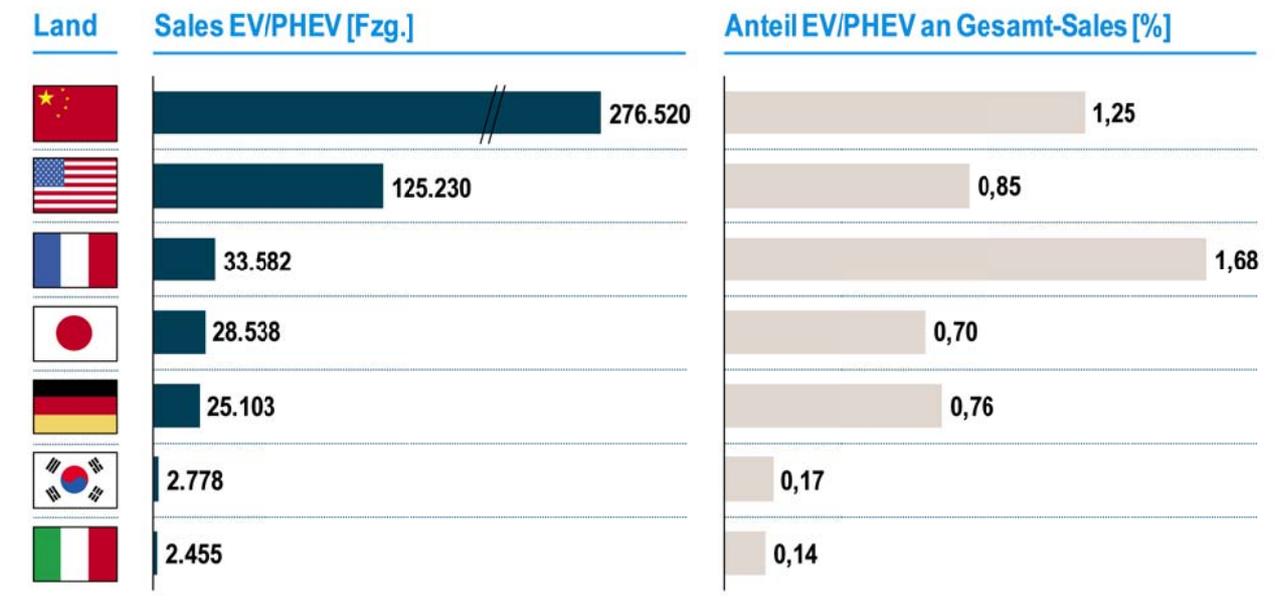
1) Marktwert 2018 auf Basis USD wie folgt abgeleitet: 280 USD/kWh für PHEVs und 200 USD/kWh für EVs; Mittelfristig zusätzlich Wechsel von Ein- auf Zweilieferantenstrategie erwartet  
2) Mit Anteil Primearth

Quelle: fka; Roland Berger

# INDEX ELEKTROMOBILITÄT Q1/2017

Abb. 8: China verdoppelt den EV-Absatz im Vergleich zum Vorjahr und wird damit zum Leitmarkt für elektrifizierte Fahrzeuge

## Verkaufszahlen und Marktanteile von EV/PHEV, Zeitraum Q3-2015 bis Q2-2016



Quelle: fka; Roland Berger

Abb. 9: Der Index Elektromobilität vergleicht die Automobilnationen anhand von drei Parametern

## "Index Elektromobilität" – Drei Parameter: Technologie, Industrie, Markt



Quelle: fka; Roland Berger

## Autoren

Wir beantworten gerne Ihre Fragen:



**Dr. Wolfgang Bernhart**  
Partner  
+49 711 3275-7421  
[wolfgang.bernhart@rolandberger.com](mailto:wolfgang.bernhart@rolandberger.com)



**Dr. Thomas Schlick**  
Partner  
+49 69 29924-6202  
[thomas.schlick@rolandberger.com](mailto:thomas.schlick@rolandberger.com)



**Dipl.-Kfm. Ingo Olschewski**  
Bereichsleiter  
+49 241 8861-160  
[olschewski@fka.de](mailto:olschewski@fka.de)



**Alexander Busse, M.Sc.**  
Consultant  
+49 241 80-25586  
[busse@fka.de](mailto:busse@fka.de)



**Jens Garrelfs**  
Project Manager  
+49 89 9230-8516  
[jens.garrelfs@rolandberger.com](mailto:jens.garrelfs@rolandberger.com)

## Herausgeber

### **Roland Berger GmbH**

Automotive Competence Center  
Sederanger 1  
80538 München  
Deutschland  
+49 89 9230-0  
[www.rolandberger.com](http://www.rolandberger.com)

### **Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen**

Strategie und Beratung  
Steinbachstraße 7  
52074 Aachen  
Deutschland  
+49 241 8861-0  
[www.fka.de](http://www.fka.de)

## Bildnachweis

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