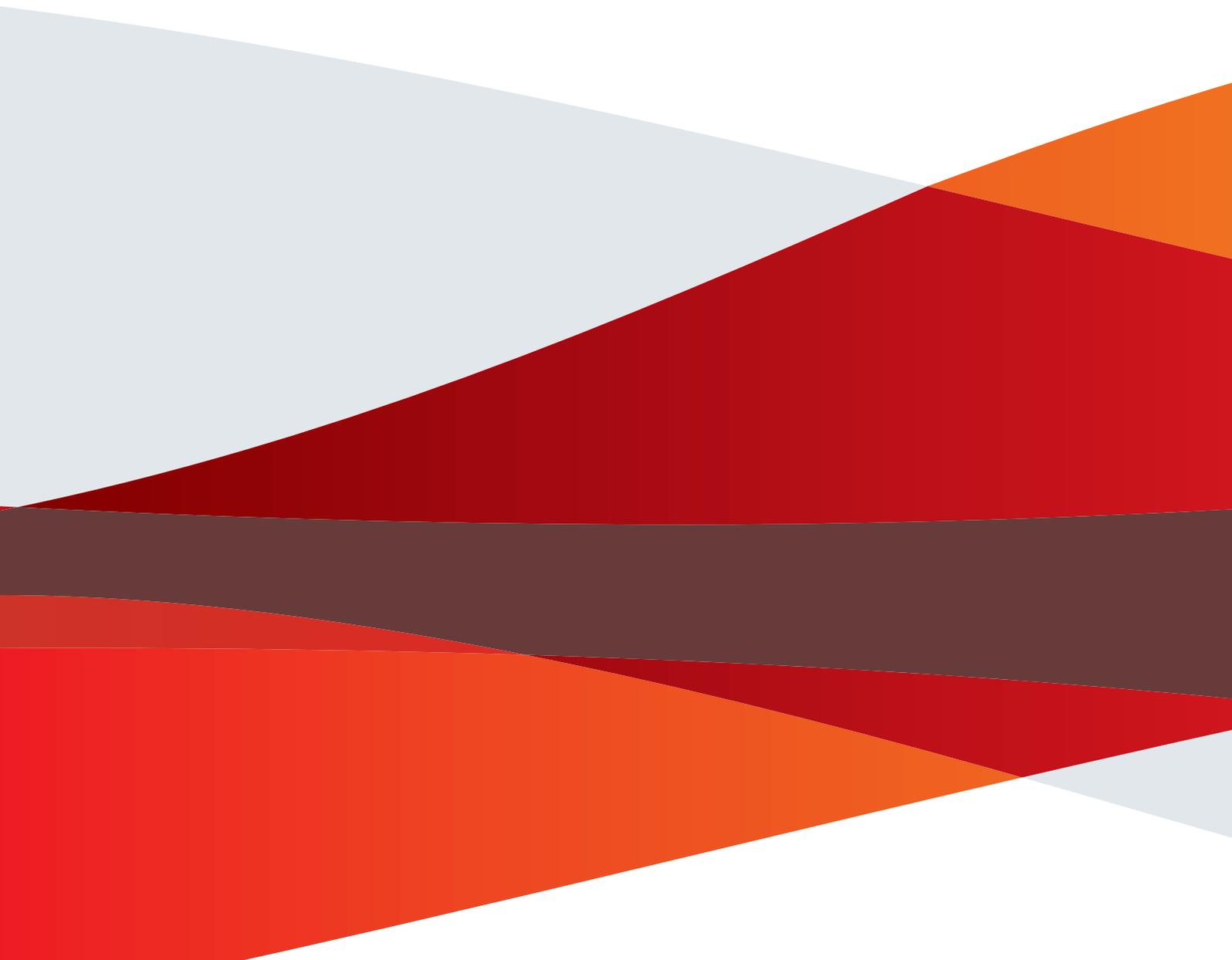


Fortschrittsbericht 2018 – Markthochlaufphase

Nationale Plattform Elektromobilität



Nationale Plattform Elektromobilität (NPE)



Inhaltsverzeichnis

1	Executive Summary	2
2	Elektromobilität – ein Gesamtsystem	10
2.1	Nutzerperspektive	13
2.2	Energie und Umwelt	14
2.3	Städte und Kommunen	15
3	Bestandsaufnahme	16
3.1	Entwicklungsstand Leitanbieterschaft und Leitmarkt	17
	3.1.1 Marktentwicklung und Rahmenbedingungen	22
	3.1.2 Ladeinfrastruktur und Netzintegration	24
	3.1.3 Informations- und Kommunikationstechnologien	27
	3.1.4 Normung, Standardisierung und Zertifizierung	30
	3.1.5 Fahrzeugtechnologie	32
	3.1.6 Batterietechnologie	36
3.2	Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette	41
3.3	Schaufenster Elektromobilität	44
4	Ausblick 2018 bis 2025	48
4.1	Ausblick Leitanbieterschaft und Leitmarkt	49
	4.1.1 Marktentwicklung und Rahmenbedingungen	51
	4.1.2 Ladeinfrastruktur und Netzintegration	52
	4.1.3 Normung, Standardisierung und Zertifizierung	57
	4.1.4 Informations- und Kommunikationstechnologien	61
	4.1.5 Fahrzeugtechnologie	63
	4.1.6 Batterietechnologie	68
4.2	Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette	71
5	Die Nationale Plattform Elektromobilität – Hintergrund und Arbeitsweise	76
6	Glossar und Fußnoten	79

1 Executive Summary



Mit dem vorliegenden Bericht zieht die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) Bilanz aus der Markthochlaufphase der Elektromobilität in Deutschland und gibt einen Ausblick auf die weiteren Meilensteine der Entwicklung über 2020 hinaus bis 2025.

Die NPE wurde 2010 auf Initiative von Bundesregierung, Industrie, Gewerkschaften und Zivilgesellschaften gegründet, um im engen Schulterschluss die gemeinsamen Ziele zu erreichen: Deutschland will bis 2020 Leitanbieter und mit 1 Million Elektrofahrzeugen Leitmarkt für Elektromobilität werden. Darüber hinaus soll das derzeitige Niveau der Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette gesichert und ausgebaut werden.

Bestandsaufnahme

Elektromobilität ist heute weltweit integraler Bestandteil eines zunehmenden Wandels der Mobilität. Der derzeitige positive Trend der Elektromobilität in Deutschland erhält durch die aktuelle Diskussion um die Vermeidung von Emissionen in Metropolen und Städten eine zusätzliche Dynamik. Seit Erscheinen des NPE-Fortschrittsberichts 2014 hat sich die Elektromobilität in Deutschland weiter etabliert; die Weichen für einen erfolgreichen Einstieg in den Massenmarkt der Elektromobilität sind grundlegend gestellt.

Leitanbieter

Deutschland ist einer der internationalen Leitanbieter für Elektromobilität. Die deutschen Automobilhersteller erreichen mit ihren Elektrofahrzeugen in den wichtigen internationalen Automobilmärkten einen höheren oder mindestens vergleichbaren Marktanteil gegenüber ihren konventionell betriebenen Fahrzeugen, beispielsweise in Westeuropa und Japan. In den USA ist der Marktanteil bei Elektrofahrzeugen sogar doppelt so hoch. Einen Sonderfall stellt der chinesische Markt dar, in dem deutsche Elektrofahrzeuge deutlich unterrepräsentiert sind. Die Gestaltung der staatlichen Rahmenbedingungen in China, welche eine Quote für Elektrofahrzeuge vorschreiben und die Produktion von Elektrofahrzeugen durch chinesische Unternehmen forcieren, stellt die deutschen Fahrzeughersteller vor große Herausforderungen den Absatz von Elektrofahrzeugen in China zu steigern. Insgesamt ist aktuell weltweit eine hohe Marktdynamik zu beobachten, insbesondere in Ländern mit passgenauen flankierenden Rahmenbedingungen.

Weltweit stammt jedes dritte Patent im Bereich Elektromobilität aus Deutschland.

Eine erfolgreiche Forschung und Entwicklung liefert weiterhin den Grundstein für weltweit nachgefragte innovative Produkte rund um die Elektromobilität. Die Investitionen spiegeln sich in konkreten Ergebnissen wider. Deshalb kommt der gemeinsamen Förderung von Forschung und Entwicklung durch Industrie und öffentliche Hand eine zentrale Bedeutung zu. Forschung und Entwicklung stärken die Rolle deutscher Unternehmen als Technologieführer und tragen erheblich zur Leitanbieterschaft bei. Bis September 2017 hat die Bundesregierung 2,2 Milliarden Euro für Forschung und

Entwicklung im Bereich Elektromobilität bereitgestellt. Die deutsche Industrie wird ihr Engagement ebenfalls konsequent fortsetzen. Allein die Automobilindustrie und ihre Zulieferer werden bis 2020 rund 40 Milliarden Euro in die Weiterentwicklung der Elektromobilität investieren.

Die gesamte Wertschöpfungskette der Batterie wird in Deutschland abgebildet – mit Ausnahme der industriellen Fertigung der Batteriezelle. Von der Materialherstellung und Komponentenproduktion über die Modul- und Batterieproduktion bis hin zur Fahrzeugintegration beherrschen die deutschen Hersteller das Batteriesystem. Batterie und Batteriezelle haben eine hohe Bedeutung für die Wertschöpfungskette; insbesondere die Zelle beeinflusst wesentlich Performance und Kosten des Elektrofahrzeuges. Mit der Roadmap zu einer integrierten Zell- und Batterieproduktion hat die NPE die Voraussetzungen einer Batteriezellproduktion in Deutschland erarbeitet und publiziert. Auf dieser Basis wurde ein kontinuierliches Monitoring der Marktentwicklungen etabliert. Der Aufbau einer Zellfertigung in Deutschland ist eine unternehmerische Entscheidung und bedarf des politischen Willens, die Rahmenbedingungen dafür zu schaffen. Das technologische Know-how zur Batteriezelle ist bei den deutschen Herstellern und Zulieferern vorhanden – sie sind technisch auf Augenhöhe mit den Mitbewerbern.

Leitmarkt

Deutschland schließt zu den internationalen Leitmärkten für Elektromobilität auf. Bis Ende 2017 wurden rund 131.000 Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen. Das Maßnahmenpaket von Bundesregierung und Industrie hat erheblich dazu beigetragen, dass Deutschland im Jahr 2017 mit 54.617 Neuzulassungen weltweit prozentual die höchste Wachstumsrate aufwies. Ferner ist Deutschland neben China der Markt mit dem größten verfügbaren Fahrzeugangebot weltweit. Auch beim Marktanteil der Elektromobilität muss Deutschland den internationalen Vergleich nicht scheuen. Einen wesentlichen Anteil an dieser Entwicklung haben insbesondere die verbesserten Rahmenbedingungen und direkte Anreize wie der Umweltbonus.

Seit dem letzten Fortschrittsbericht im Jahr 2014 sind wesentliche Fortschritte in allen Bereichen für die Entwicklung des Leitmarktes der Elektromobilität erzielt worden:

Seit 2016 müssen in Deutschland alle neuen Ladepunkte einheitlich mindestens mit dem Combined Charging System (CCS) ausgerüstet, barrierefrei und ohne vorherige vertragliche Bindung zugänglich sein – mit dem Ende des Jahres 2017 muss die entsprechende Richtlinie in der gesamten EU umgesetzt werden. Damit hat die Arbeit der NPE in den letzten Jahren dazu beigetragen, wesentliche Hürden für den Erfolg von Elektromobilität auszuräumen. Steckervielfalt und inkompatible Ladepunkte gehören im Rahmen der Richtlinien und Verordnungen der Vergangenheit an, CCS ist in Europa, den USA sowie weiteren wesentlichen Automobilmärkten etabliert. Die Umsetzung im öffentlichen Raum muss künftig ohne Ausnahmen erfolgen.

Die von der NPE empfohlenen und von der Bundesregierung umgesetzten Förderpakete zum Aufbau von Ladeinfrastruktur zeigen deutliche Wirkung. Nach einer vorläufigen Schätzung gab es in Deutschland im Dezember 2017 rund

12.500 Ladepunkte, davon über 850 DC-Ladepunkte. Bei einer vollständigen Umsetzung der eingegangenen Förderanträge zum Aufbau von Ladeinfrastruktur kann seit Beginn des Förderprogramms zur Ladeinfrastruktur im Jahr 2017 bis zum Ende des Jahres 2018 eine Verdreifachung der AC-Ladepunkte sowie eine nahezu zehnfache Steigerung der DC-Ladepunkte erreicht werden.

Deutschland wird in diesem Jahr über das weltweit erste flächendeckende Ladenetz an Autobahnen verfügen, mit jeweils mehreren DC-Ladepunkten an über 400 Standorten. Das bereits in ersten Ladestationen zur Anwendung kommende Laden mit höheren Ladeleistungen führt zu einer deutlichen Verkürzung der Ladedauer. Insgesamt wird das deutsche Ladenetz mit AC- und DC-Ladepunkten immer engmaschiger.

Das Energienetz ist für das Laden von Elektrofahrzeugen ausreichend. Bei einem weiteren Markthochlauf ergeben sich neue Anforderungen an die Leistungsverteilung, die einen lokalen Ausbau des Energienetzes und ein intelligentes Lastmanagement erfordern.

Ausblick

Leitanbieter

Forschung und Entwicklung werden entlang der gesamten Wertschöpfungskette fortgeführt. Technische Lösungen werden weiterentwickelt, Geschäftsmodelle angepasst und eine weitere Forschung an neuen Technologien forciert. Weitere Optimierungsanstrengungen werden zum Beispiel im Life Cycle Assessment, bei Werkstoffen, der Funktionsintegration oder dem High Power Charging benötigt. Auch mit Blick auf die Material-, Zell- und Batterietechnologie sowie in Bezug auf die Batterieproduktion sind weitere Anstrengungen erforderlich, um im weltweiten Wettbewerb eine Führungsrolle zu übernehmen. Zu diesem Zweck wurden Zukunftsfelder definiert und konkrete Projektskizzen für Forschungs- und Entwicklungsprogramme ausgearbeitet.

Bis 2020 befinden sich 100 Elektrofahrzeugmodelle von deutschen Herstellern auf dem Markt. Der weitere Ausbau eines umfassenden Portfolios an Fahrzeugmodellen ist angekündigt und wird umgesetzt. Neben dem bereits bestehenden Angebot an alltagstauglichen Fahrzeugen der deutschen Fahrzeughersteller erweitern alle Anbieter die Anzahl ihrer verfügbaren Fahrzeugmodelle.

Der Marktanteil deutscher Hersteller am internationalen Gesamtmarkt wird weiter ausgebaut. Die zunehmende Verfügbarkeit von Elektrofahrzeugen deutscher Hersteller in allen Fahrzeugsegmenten wird sich ebenfalls stark auf den Marktanteil in internationalen Märkten auswirken. Bei der Skalierung der Fahrzeugproduktion kann auf das bestehende Fachwissen aus der Produktion von herkömmlichen Fahrzeugen aufgesetzt werden.

Durch zunehmende Stückzahlen nimmt die Bedeutung der Rohstoffverfügbarkeit zu. Um die Wertschöpfungskette nachhaltiger gestalten zu können, muss neben der

Forschung und Entwicklung die Produktion stärker in den Fokus gerückt werden. **Die Versorgung mit kritischen Rohstoffen ist sicherzustellen.** Second-Use-Konzepte und Recycling gewinnen zunehmend an Relevanz.

Leitmarkt

Entscheidend ist die Qualität eines funktionierenden Gesamtsystems. Für die weitere Marktentwicklung der Elektromobilität und im Hinblick auf das Ziel, ein funktionierendes Gesamtsystem zu etablieren, gilt es, die bisherigen Anstrengungen in gleichem Maße fortzuführen. Zudem müssen die noch bestehenden Lücken des Systems schnellstmöglich geschlossen werden. Denn die Etablierung der Elektromobilität funktioniert nur als Gesamtsystem aus Fahrzeugangebot, Ladeinfrastruktur, Energiesystem, Dienstleistungen sowie den passenden rechtlichen Rahmenbedingungen.

Das Ziel von 1 Million Elektrofahrzeugen wird nach aktuellen Prognosen der an der NPE beteiligten Expertinnen und Experten voraussichtlich im Jahr 2022 erreicht.

Im Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität hatte die Bundesregierung bereits im Jahr 2009 das Ziel definiert, dass bis zum Jahr 2020 1 Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen fahren sollen.

Die tatsächliche Marktentwicklung zeigt jedoch, dass sich diese Zielerreichung bei einem Fortbestehen der derzeitigen Marktdynamik voraussichtlich auf das Jahr 2022 verschieben wird. Für die Abweichung im Hochlaufmodell der NPE gibt es verschiedene Gründe. Dazu zählen unter anderem die mangelnde breitere zeitnahe Verfügbarkeit von Fahrzeugmodellen, die spätere Umsetzung des Förderprogramms zum Aufbau der Ladeinfrastruktur, fehlende rechtliche Rahmenbedingungen und die zeitliche Verzögerung bei der Implementierung des Umweltbonus. Darüber hinaus müssen die Kunden künftig stärker von der Attraktivität des Gesamtsystems Elektromobilität überzeugt werden.

Die Marktentwicklung wird bis 2025 weiter ansteigen: Es wird erwartet, dass im Jahr 2025 zwischen 15 und 25 Prozent der Neuzulassungen weltweit Elektrofahrzeuge sein werden. Dies entspricht einem Bestand von 2 bis 3 Millionen Elektrofahrzeugen und einem Anteil an Elektrofahrzeugen am Gesamtfahrzeugbestand von 4 bis 6,5 Prozent in Deutschland.

Nach Auffassung der NPE ist für 1 Million Elektrofahrzeuge die Installation von 70.000 öffentlichen AC-Ladepunkten und 7.100 öffentlichen DC-Ladepunkten sowie rund 1 Million privaten Ladepunkten notwendig. Nach dem NPE-Hochlaufszenario werden im Jahr 2025 130.000 bis 190.000 öffentliche AC-Ladepunkte und 13.000 bis 19.000 öffentliche DC-Ladepunkte benötigt. Akuter Handlungsbedarf besteht schon heute beim Ausbau der privaten Ladeinfrastruktur. Zur Unterstützung des Hochlaufszenarios müssen 2,4 bis 3,5 Millionen private Ladepunkte im Jahr 2025 installiert sein.

Der Ausblick auf eine positive Beschäftigungsentwicklung durch die Elektromobilität bis 2020 scheint sich zu bestätigen. Auch bis 2025 erwarten NPE-Expertinnen und -Experten einen im Gesamtsystem positiven Beschäftigungseffekt. Danach wird der Druck auf die Beschäftigung allerdings steigen und in einzelnen Segmenten – insbeson-

dere bei der Produktion des Antriebsstranges – zu einem Rückgang der Beschäftigungszahlen führen. Daher sollten gezielte Investitionen in Zukunftstechnologien und Infrastrukturen zukünftiger Mobilität erfolgen, um negative Beschäftigungseffekte zu vermeiden.

Unmittelbare Handlungsbedarfe

Um die hohe Dynamik der Marktentwicklung beizubehalten, müssen weiterhin flankierende Maßnahmen umgesetzt werden. Vor diesem Hintergrund empfiehlt die NPE, drei zentrale Marktanreizmaßnahmen konsequent fortzuführen: Den Markthochlauf der Elektrofahrzeuge gilt es mithilfe des Umweltbonus von Politik und Automobilherstellern zu unterstützen, bis das 1-Million-Ziel erreicht ist. Ebenso bedarf es einer einheitlichen und flächendeckenden Umsetzung des Elektromobilitätsgesetzes (EmoG) in den Kommunen. Außerdem wird eine kundenspezifische und erlebbare Kommunikation über das Gesamtsystem Elektromobilität von allen Akteuren benötigt – mit dem Ziel, die Kundenakzeptanz zu erhöhen.

Zeitnah sind weitere Förderaufrufe zum Ausbau der Ladeinfrastruktur notwendig. Der Bedarf intelligenter, vernetzter, steuerbarer und damit zukunftsfähiger Ladeinfrastruktur wird stetig steigen, sowohl für öffentlich zugängliche als auch für privat genutzte Ladeinfrastrukturen. Die Ladeinfrastruktur muss bedarfsgerecht weiterentwickelt werden. Dazu bedarf es auch weiterhin öffentlicher und privater Investitionen, die zügig umgesetzt werden. Insbesondere Förderprogramme für den Auf- und Einbau von Ladeinfrastruktur im privaten Bereich sollten dabei – wie richtigerweise im aktuellen Koalitionsvertrag festgehalten – zeitnah initiiert werden. Um den Markthochlauf von elektrischen leichten Nutzfahrzeugen bei Gewerbetreibenden und Flottenbetreibern zu unterstützen, ist ebenfalls die Förderung einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur auf privaten Betriebshöfen notwendig.

Bessere rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für Ladeinfrastrukturen in gemeinschaftlich genutztem privatem Parkraum (zum Beispiel in Mehrfamilienhäusern) müssen geschaffen werden. Hohen Kosten und einer komplizierten Rechtslage bei der Installation privater Ladepunkte muss durch die Schaffung praktikabler bautechnischer Standards im Rahmen mindestens der EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie sowie durch eine Anpassung des Miet- und Wohnungseigentumsrechts in Deutschland begegnet werden.

Investitionen für Netzinfrastrukturen müssen erhöht werden, um intelligente Netze zu schaffen und damit Versorgungssicherheit zu gewähren. Die Marktakteure müssen sich über einen gemeinsamen Austausch von Prognose- und Echtzeitdaten einigen, sowie eine flexible Regelung über Ladevorgänge eingerichtet und etabliert werden. Diese sind notwendig für die Nutzung intelligenter Netze, für die Vermeidung von Lastspitzen und beispielsweise um gesteuertes Laden zu ermöglichen. Auf diese Weise muss sichergestellt werden, dass die Netze intelligent genug sind, um die zunehmende Zahl an Elektrofahrzeugen netzdienlich aufzufangen und Versorgungssicherheit gewährleisten zu können.

Forschungs- und Entwicklungsausgaben sind im Bereich Fahrzeugtechnologie für den Zeitraum von 2018 bis 2020 weiterhin erforderlich. Industrie und öffentliche Hand sollten gemeinsam etwa 1 Milliarde Euro aufwenden.

Forschung und Entwicklung in Material-, Zell- und Batterietechnologie sowie -produktion sind mit hoher Intensität fortzusetzen – auch hinsichtlich neuer Materialien für Hochleistungs- und Hochenergie-Batteriesysteme. Ferner gewinnen Simulation, Modellbildung und Datenanalyse zur Produkt- und Prozessoptimierung zunehmend an Bedeutung. Parallel ist weiterhin ein kontinuierliches weltweites Marktmonitoring erforderlich, sowohl aus der Perspektive der Belieferung mit kritischen Rohstoffen als auch aus Sicht der zunehmenden Nachfrage im Markt nach innovativen Batteriesystemen.

Etablierung von Fördermaßnahmen für elektrische Nutzfahrzeuge und Busse prüfen: Elektrofahrzeuge können über ihre vielschichtigen Einsatzzwecke, etwa als Nutzfahrzeuge im städtischen Lieferverkehr oder zum Einsatz in Bussflotten, in den nächsten Jahren einen entscheidenden und kontinuierlichen Beitrag zur Reduktion von Kohlenstoff- und Stickstoffoxid-Emissionen (CO₂ und NO_x) in den Städten leisten. Gleichzeitig bietet Elektromobilität Städten und Kommunen die Möglichkeit, ihren eigenen Fuhrpark kontinuierlich nachhaltig und klimafreundlich zu gestalten.

Bereits beschlossene und umgesetzte Fördermaßnahmen und Rahmenbedingungen der Bundesregierung (Auswahl):

Umweltbonus

- Mit der Richtlinie zur Förderung des Absatzes von Elektrofahrzeugen (Umweltbonus) hat die Bundesregierung gemeinsam mit den Automobilherstellern eine Kaufprämie für batterieelektrische Fahrzeuge in Höhe von 4.000 Euro sowie für Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge in Höhe von 3.000 Euro initiiert. Die Förderung gilt für Fahrzeuge mit einem Nettolistenpreis von bis zu 60.000 Euro und ist insgesamt auf eine Summe von 1,2 Milliarden Euro begrenzt. Davon tragen der Bund und die Automobilindustrie jeweils die Hälfte.

Förderprogramm Ladeinfrastruktur

- Mit der Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland investiert die Bundesregierung von 2017 bis 2020 300 Millionen Euro in den Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur. Insgesamt sollen damit mindestens 15.000 Ladesäulen in ganz Deutschland aufgebaut werden, davon 5.000 Schnellladesäulen und 10.000 Normalladesäulen. Für die Schnellladeinfrastruktur sind rund 200 Millionen Euro, für die Normalladeinfrastruktur rund 100 Millionen Euro vorgesehen. Dies bietet eine wichtige Anschubfinanzierung für den Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur.

Ladeinfrastrukturen an Bundesautobahnen

- Die Bundesregierung wird bis Ende 2018 gemeinsam mit der Autobahn Tank & Rast GmbH die 400 Autobahnraststätten mit Schnellladepunkten und Parkplätzen für Elektrofahrzeuge ausstatten.

Sofortprogramm Saubere Luft 2017–2020

- Der Bund hat auf dem zweiten Kommunalgipfel am 28. November 2017 mit dem „Sofortprogramm Saubere Luft 2017–2020“ ein Maßnahmenpaket mit einem Volumen von bis zu 1 Milliarde Euro für bessere Luft in Städten aufgelegt. Für Maßnahmen zur Elektrifizierung des Verkehrs sind 393 Millionen Euro vorgesehen. Als Teil dieses Maßnahmenpakets unterstützt die Bundesregierung gezielt besonders belastete deutsche Städte und Kommunen bei der Beschaffung von Elektrofahrzeugen.

Elektromobilitätsgesetz

- Das Elektromobilitätsgesetz (EmoG) von Juni 2015 definiert erstmals Elektrofahrzeuge als Batterieelektrisches Fahrzeug (BEV), Plug-in-Hybrid-Elektrisches Fahrzeug (PHEV) und Brennstoffzellenfahrzeuge und bietet Kommunen die Möglichkeit, Elektrofahrzeuge insbesondere beim Parken, bei den Parkgebühren sowie bei der Nutzung von Sonderfahrzonen, etwa Busspuren, zu bevorzugen.

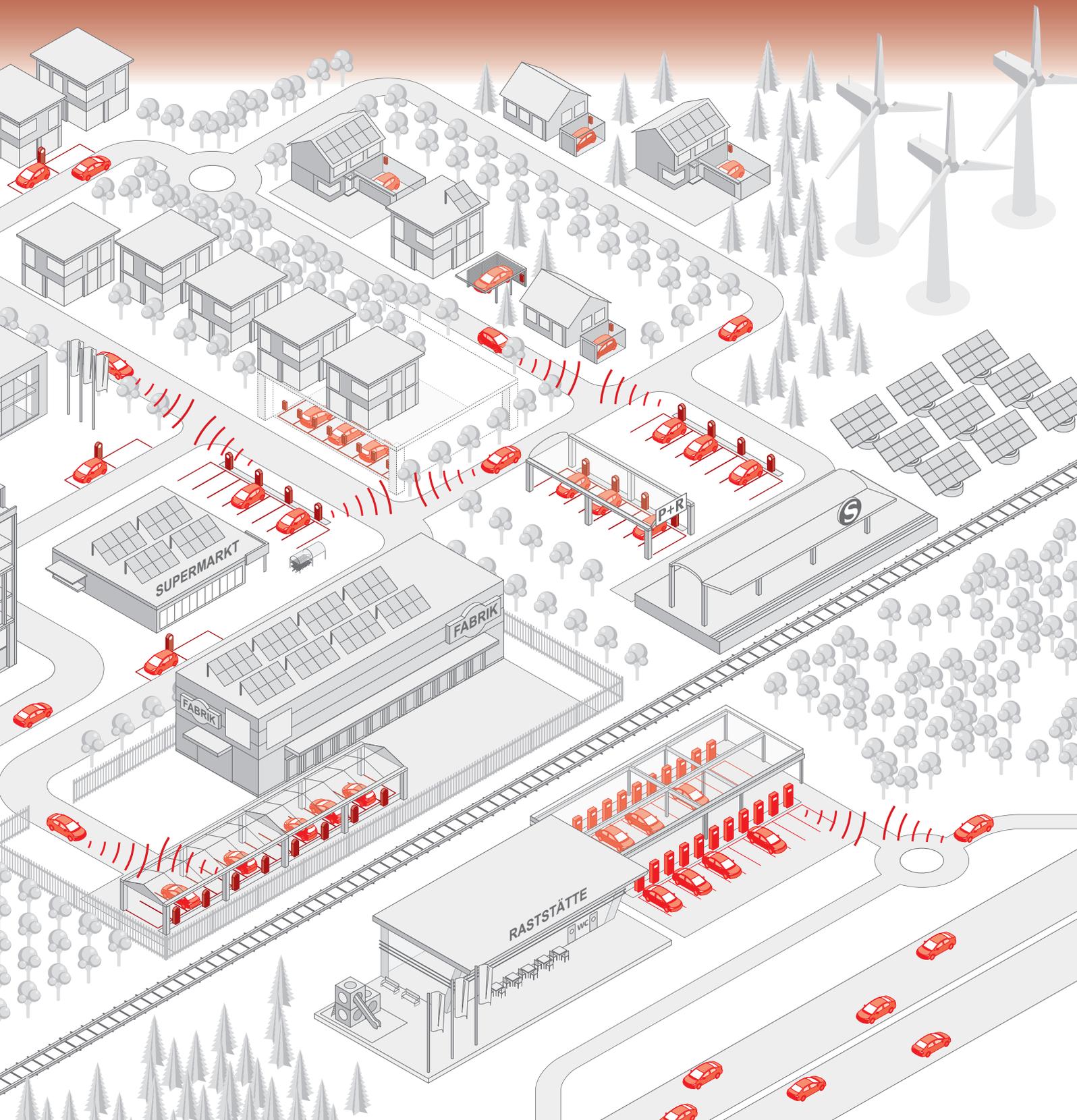
Förderung für Kommunen und Flotten

- Die Bundesregierung unterstützt ressortübergreifend gezielt Kommunen und Flottenbetreiber beim Aufbau der Elektromobilität vor Ort. So wird im strategischen Feld der lokalen Mobilität und Logistik der Markthochlauf von Elektrofahrzeugen inklusive der dafür notwendigen Infrastruktur vorangebracht.

Maßnahmen zum Abbau von rechtlichen Hemmnissen und monetäre Anreize

- Die Nutzung von Elektrofahrzeugen wird steuerlich gefördert. So wird der vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellte Strom zunächst nicht mehr als Geldwertvorteil betrachtet. Der Arbeitnehmer genießt eine Einkommensteuerbefreiung für vom Arbeitgeber gewährte Vorteile für das Aufladen eines Elektrofahrzeuges sowie für die dem Arbeitnehmer unentgeltlich oder verbilligt übereignete Ladevorrichtung sowie Zuschüsse zu ihrer Nutzung.
- Die zehnjährige **Kraftfahrzeugsteuerbefreiung** für batterieelektrische Fahrzeuge ist eingeführt und gilt zunächst bis 31. Dezember 2020.
- Die „Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität 2020“ ist erarbeitet und abgestimmt. Damit sind die Aufgabenumfänge der nationalen und internationalen Normung und Standardisierung **zum Start des Massenmarktes** erfüllt. Die in der Normungs-Roadmap aufgeführten Aufgaben werden aktiv begleitet und weiterentwickelt.
- Um die Rahmenbedingungen zur Führung von leichten elektrischen Nutzfahrzeugen zu vereinfachen, können mit der Ausnahme für den Führerschein B (bis 31. Dezember 2019) Elektrofahrzeuge bis 4,25 Tonnen – statt der üblichen 3,5 Tonnen – gesteuert werden. Elektrische Nutzfahrzeuge erreichen damit eine gegenüber konventionellen Fahrzeugen wettbewerbsfähige Laderaumkapazität, ohne unter die Vorgaben des Berufskraftfahrerqualifikationsgesetzes und des Führerscheins C1 zu fallen.

2 Elektromobilität – ein Gesamtsystem



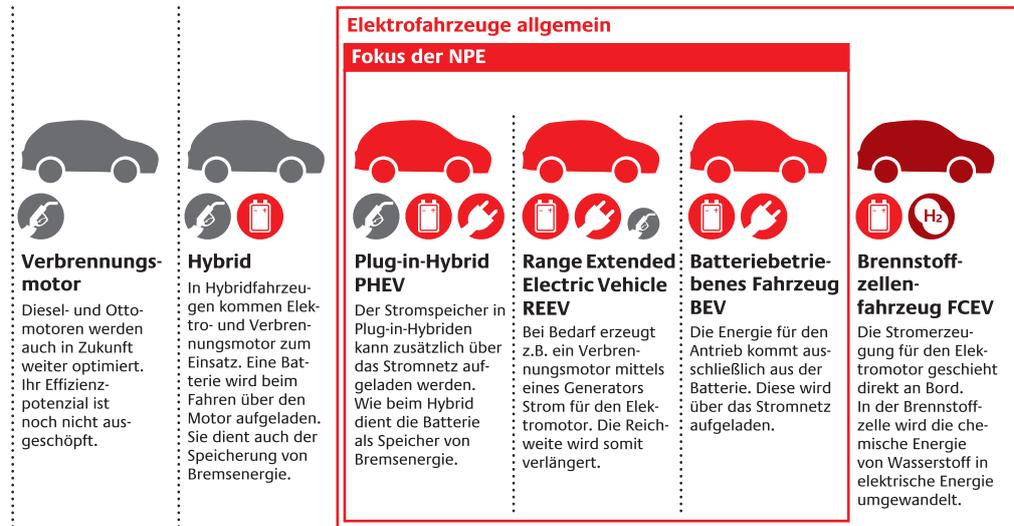
Die Elektromobilität ist ein Schlüssel zur nachhaltigen globalen Umgestaltung von Mobilität: klima- und umweltfreundlicher, ressourcenschonender und effizienter. Die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) wurde 2010 auf Initiative von Bundesregierung, Industrie, Gewerkschaften und Zivilgesellschaften gegründet und flankiert den Aufbau des Leitmarktes in den Bereichen Infrastruktur, Produkte, Standardisierung und Ausbildung. Vertreter von Industrie, Wissenschaft, Politik, Gewerkschaften und Gesellschaft erarbeiten übergreifende Empfehlungen für passgenaue und wettbewerbsfähige Rahmenbedingungen. Gemeinsam wurde sich darauf verständigt, dass sich die deutsche Industrie bis 2020 zum Technologieführer und somit Leitanbieter für Elektromobilität entwickeln soll. Zudem soll Deutschland Leitmarkt für Elektromobilität werden. Zu diesem Zweck sollen 2020 1 Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen fahren. Darüber hinaus muss das hohe Niveau der Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette gehalten werden.

Die Qualität des Gesamtsystems Elektromobilität ist entscheidend für die Nachfrage und auch für die „Qualifizierung“ als Leitmarkt.

Mit dem vorliegenden Bericht liefert die NPE eine Bestandsaufnahme über die Markthochlaufphase (2015–2017) zur Elektromobilität in Deutschland. Zugleich gibt die NPE für die kommende Entwicklungsphase einen Ausblick bis 2025 und leitet Handlungsbedarfe und entsprechende Empfehlungen ab. Deutschland ist mit hochwertigen Produkten, Dienstleistungen und technischen Lösungen einer der führenden Anbieter weltweit, und die Neuzulassungen von Elektrofahrzeugen entwickeln sich hierzulande zunehmend dynamisch. Mit Blick auf den Massenmarkt ist es notwendig, die zentralen Kategorien der Elektromobilität – von der Fahrzeugtechnik über die Ladeinfrastruktur bis hin zu Energie- und Umweltthemen sowie der Stadtplanung – in ein nutzerorientiertes Gesamtsystem einzubetten. Die einzelnen Komponenten Fahrzeug, Energieversorgung und Ladeinfrastruktur sowie die dafür geschaffenen Rahmenbedingungen müssen ineinandergreifen, um als Gesamtsystem funktionieren zu können. Die Qualität des Gesamtsystems Elektromobilität ist damit entscheidend für die Nachfrage.

Unterschiedliche Bedürfnisse erfordern passgenaue Lösungen. In einem kundenfreundlichen System Elektromobilität müssen die Nutzerinnen und Nutzer deshalb zwischen unterschiedlichen Technologien wählen können. Aus diesem Grund werden im Kontext der Elektromobilität nicht nur batteriebetriebene Fahrzeuge (BEV) betrachtet, sondern auch Plug-in-Hybride (PHEV) sowie Range Extender (REEV). Ein gemeinsames Merkmal dieser Antriebskonzepte ist es, dass die Fahrzeuge direkt am Stromnetz aufgeladen werden können.

Abbildung 01:
 Fokus der NPE



Für Deutschland bietet die Elektromobilität die Chance und die Herausforderung gleichermaßen, seine Spitzenposition als Industrie-, Wissenschafts- und Technologiestandort zu sichern und auszubauen. Die Entwicklung der Elektromobilität ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, die sich in verschiedenen Politikbereichen widerspiegelt:

Abbildung 02:
 Politikbereiche
 Elektromobilität



Die Bundesregierung hat das von der NPE vorgeschlagene Gesamtprogramm aufgegriffen und entsprechende Maßnahmen für den erfolgreichen Markthochlauf auf den Weg gebracht – analog zu anderen Leitmärkten wie den USA, China, den Niederlanden oder Norwegen, die ebenfalls den Umstieg auf Elektromobilität fördern.

2.1 Nutzerperspektive

Die Einstellung der Nutzerinnen und Nutzer gegenüber Elektromobilität wird wesentlich durch die **Passgenauigkeit zu den eigenen persönlichen Mobilitätsbedürfnissen** beeinflusst – dies zeigen unter anderem das Nutzungsverhalten aus den Regionen des Schaufensterprogramms Elektromobilität (siehe Seite 41 ff.) und das Feedback von Kundinnen und Kunden an die Hersteller. Die subjektive Einschätzung, ob gewohnte Wege und bestimmte Ziele auch mit einem Elektrofahrzeug bewältigt werden könnten, ist in hohem Maße entscheidend für die Kaufbereitschaft. Eine Rolle spielt hierbei sicherlich, dass sich der Modal Split, das heißt die Verteilung des Transportaufkommens auf verschiedene Verkehrsmittel, nach den Ergebnissen einer im Frühjahr 2017 veröffentlichten ADAC-Umfrage zur zukünftigen Mobilität auch in den nächsten Jahren kaum ändern wird. Das heißt, es muss davon ausgegangen werden, dass die Wahl der gegenwärtig präferierten Verkehrsmittel mittelfristig so bestehen bleibt und auch der motorisierte Individualverkehr in den nächsten Jahren nicht an Bedeutung verlieren wird.

Potenzielle Nutzerinnen und Nutzer müssen davon überzeugt sein, mit einem Elektrofahrzeug die gewohnten Mobilitätsbedarfe befriedigen zu können – nach Möglichkeit ohne Komfort- oder sonstige Einbußen gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Als größte Kaufhindernisse gelten insbesondere der **erhöhte Anschaffungspreis** gegenüber einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor und eine als zu **gering empfundene Reichweite**. Realistische Reichweitenangaben und Investitionssicherheit durch eine nachvollziehbare Batterie-Lebensdauer sind ebenso zentral. Als drittgrößtes Hindernis gilt die Verfügbarkeit **der privaten und öffentlichen Ladeinfrastruktur**.

Die einem Kauf vorausgehende **persönliche Erfahrung** ist eine wesentliche Einflussgröße für die Einstellung der Nutzerinnen und Nutzer gegenüber Elektromobilität. Dabei kann es sich beispielsweise um den Einsatz von Elektrofahrzeugen in Car-Sharing-Flotten, als Taxi oder Busse handeln. Die Nutzung solcher Angebote hilft dabei, Hemmschwellen abzubauen und Elektromobilität erfahrbar zu machen. Auch im Jahr 2018 sind mobile Wanderausstellungen zur Kundeninformation geplant beispielsweise in Einkaufszentren und ausgewählten Kommunen.

Bei diesen Maßnahmen gilt es, Vertrauen in die Technologie sowie deren **Umweltverträglichkeit** und Zukunftssicherheit aufzubauen. Das kann beispielsweise durch die Darstellung des CO₂-Fußabdrucks und des Strommix erfolgen. Ein Umdenken findet bereits statt: Die Bevölkerung ist deutlich sensibilisierter für Umwelt- und Klimaschutz im Verkehr als noch vor einigen Jahren.

In der Konsequenz müssen die Rahmenbedingungen für umweltfreundliche, alternative Antriebe verbessert werden.

Relevante Themen aus Nutzersicht:

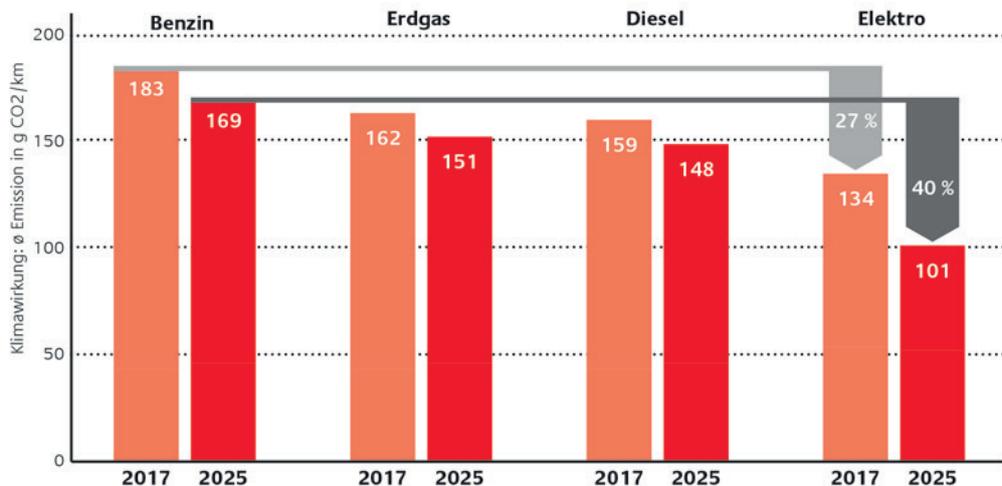
- Angebot an attraktiven Elektrofahrzeugen
- Öffentliche und private Lademöglichkeiten
- Umwelt- und Klimabilanz der Elektrofahrzeuge

2.2 Energie und Umwelt

Aktuell stellt der Verkehrssektor den zweitgrößten Energieverbraucher in Deutschland dar. Die Elektromobilität kann fossile Kraftstoffe für mobile Anwendungen ersetzen und so, vor allem in Verbindung mit erneuerbaren Energien, einen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz leisten.

Bereits heute können die den Elektrofahrzeugen angerechneten CO₂-Emissionen – den gesamten Lebenszyklus von der Herstellung bis zur Entsorgung betrachtend und unter Berücksichtigung des aktuellen Strommix in Deutschland – um 16 bis 27 Prozent geringer ausfallen als bei vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, je nachdem, mit welchem Kraftstoff die Fahrzeuge betrieben werden und welche Fahrzeuge miteinander verglichen werden. Zu diesem Ergebnis kommt die vom Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegebene Studie „Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen“ des Instituts für Energie- und Umweltforschung (IFEU) Heidelberg¹. Der stetig zunehmende Anteil erneuerbarer Energien am Strommix führt darüber hinaus zu immer weniger CO₂-Emissionen und damit zu einem immer größer werdenden Klimavorteil der Elektrofahrzeuge.

Abbildung 03:
CO₂-Emissionen
pro Fahrzeug-
kilometer über
den gesamten
Lebenszyklus



CO₂-Emissionen pro Fahrzeugkilometer über den gesamten Lebenszyklus (Fahrbetrieb und Energiebereitstellung sowie Produktion, Wartung und Entsorgung), links für ein Fahrzeug, das 2017 neu zugelassen wird, rechts für eines, das 2025 neu auf die Straße kommt.

Benzin-Fahrzeug: z. B. VW Golf 1.0 TSI BlueMotion Comfortline (85 kW; ADAC-Test CO₂-Bilanz 141 g/km)
Erdgas-Fahrzeug: z. B. VW Golf 1.4 TGI BlueMotion Comfortline (81 kW; ADAC-Test CO₂-Bilanz 99 g/km)
Diesel-Fahrzeug: z. B. Peugeot 308 BlueHDI 120 STOP&START Active (88 kW; ADAC-Test CO₂-Bilanz 85 g/km);
Elektro-Fahrzeug: z. B. Hyundai IONIQ (88 kW; ADAC-Test-Verbrauch 14,7 kWh pro 100 km; Batteriekapazität 28 kWh; reale Reichweite ca. 170 km)
 Quelle: BMUB (2017), abrufbar unter www.bmub.bund.de/P1572

In Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen **bringen Elektrofahrzeuge** durch ihren lokal emissionsfreien Fahrbetrieb **eine wichtige Entlastung**. So entfallen lokale NO_x-Emissionen nahezu komplett. Elektrofahrzeuge verursachen zudem weniger Geräusch- und Feinstaubemissionen. Die Bremsrekuperation etwa reduziert den Abrieb der Bremse während des Bremsvorgangs und damit die Freisetzung von Feinstaub. Eine grobe Abschätzung der NPE ergibt, dass bei 1 Million Elektrofahrzeugen Feinstaub in der Größenordnung > 30 Tonnen/Jahr eingespart wird.

Durch die intelligente Einbindung in den Energiekreislauf kann Elektromobilität nachhaltig **zur Energiewende beitragen**. Zum einen ist es grundsätzlich möglich, dezentral erzeugten Strom, etwa aus der heimischen Photovoltaikanlage, direkt vor Ort zu verbrauchen, ohne dass dieser zuerst ins Netz eingespeist werden muss. Zum anderen können Elektrofahrzeuge netzdienlich – mittels steuerbarer Ladeinfrastruktur – dann geladen werden, wenn gerade viel Energie aus regenerativen Quellen im Netz vorhanden ist. Elektrofahrzeuge können somit einen aktiven Beitrag zur Netzstabilität leisten und kostenintensive Netzausbaumaßnahmen aufgrund schwankender erneuerbarer Energien reduzieren.

2.3 Städte und Kommunen

Städte und Kommunen sind ein wichtiger Akteur im Gesamtsystem Elektromobilität, ohne den die Klimaschutzziele nicht erreicht werden können. Die Elektromobilität kann eine wichtige Rolle bei der Entwicklung und Umsetzung von Mobilitätskonzepten spielen. So können Elektrofahrzeuge über ihre vielseitigen Einsatzzwecke, etwa als Nutzfahrzeuge im städtischen Lieferverkehr oder in Flotten, in den nächsten Jahren einen entscheidenden und kontinuierlichen Beitrag zur Reduktion von Kohlenstoff- und Stickstoffoxidemissionen (CO₂ und NO_x) in den Städten leisten. Gleichzeitig bietet Elektromobilität die Möglichkeit, ihren eigenen Fuhrpark kontinuierlich klimafreundlich und nachhaltig zu gestalten. Erforderlich ist dafür eine gesamtheitliche Planung der Elektromobilität im Zusammenhang mit allen nachhaltigen Verkehrsmitteln im urbanen Raum.

3 Bestandsaufnahme



3.1 Entwicklungsstand Leitanbieterschaft und Leitmarkt

Leitanbieterschaft

Deutschland ist derzeit einer der internationalen Leitanbieter für Elektromobilität.

Der Marktanteil der deutschen Hersteller ist in allen großen Märkten wie Westeuropa, USA und Japan höher oder mindestens vergleichbar mit dem Marktanteil bei Pkw insgesamt. Aktuell können die Nutzerinnen und Nutzer aus über 33 Elektrofahrzeugmodellen deutscher Hersteller in Serienproduktion wählen (siehe Abbildung S. 22/23). In Westeuropa stammt mehr als jedes zweite Elektrofahrzeug von deutschen Herstellern, in Deutschland mehr als 66 Prozent. In den USA sind es 16 Prozent – im Vergleich zu etwa 8 Prozent bei den konventionellen Fahrzeugen. Einen Sonderfall stellt China dar: Hier spielen Elektrofahrzeuge deutscher Hersteller bei 2 Prozent Marktanteil kaum eine Rolle; der Markt wird zu 90 Prozent von einheimischen Marken beherrscht.

Marktanteile deutscher Konzernmarken Jan–Dez 2017

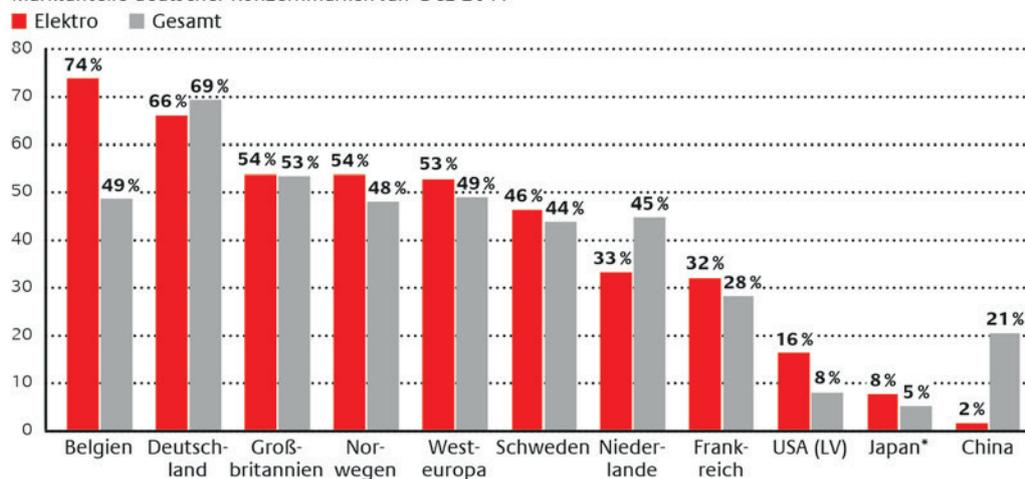


Abbildung 04: Marktanteile von Pkw in den wichtigsten Märkten (Jan.–Dez. 2017)

Quelle: VDA (Stand: Dez. 2017)

*Jan–Sep 2017

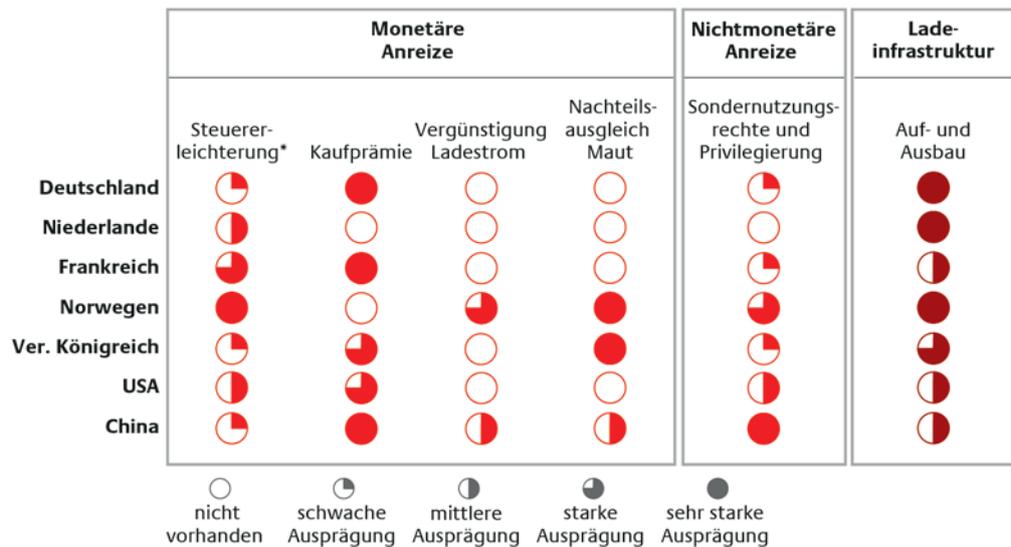
In China hat sich das Wachstumstempo zuletzt weiter erhöht, und so verzeichnet der mit Abstand größte Elektro-Pkw-Markt der Welt im Jahr 2017 ein Plus von 72 Prozent – der Elektroanteil ist damit auf nun 2,4 Prozent (2016: 1,4 Prozent) gestiegen. Die Gestaltung der staatlichen Rahmenbedingungen in China, welche die Produktion von Elektrofahrzeugen durch chinesische Unternehmen forciert stellt die deutschen Fahrzeughersteller vor große Herausforderungen Elektrofahrzeuge in China zu abzusetzen. In den USA ging das Wachstum im Bereich der Elektrofahrzeuge auf 26 Prozent zurück. Leitmarkt in Westeuropa (+38 Prozent) bleibt Norwegen (+39 Prozent), wo 39 Prozent der Zulassungen auf Elektrofahrzeuge entfallen.

Der Elektroanteil in Westeuropa beträgt 2,0 Prozent. Die höchste Dynamik verzeichnet Deutschland (+117 Prozent). Eine hohe Marktdynamik ist überall dort zu beobachten, wo es passgenaue flankierende Rahmenbedingungen gibt.

Beim Vergleich der internationalen Rahmenbedingungen für Elektromobilität hat Deutschland seit 2014 aufgeholt und für eine Anpassung der Rahmenbedingungen gesorgt. Insbesondere der Umweltbonus und das Programm zum Ausbau der Ladeinfra-

struktur sowie steuerliche Erleichterungen schwächen Nachteile im Vergleich zu anderen Ländern ab. Die mäßige Nutzung von Sondernutzungsrechten und Privilegierungen stellt im internationalen Vergleich einen weiteren Ansporn zur besseren Umsetzung und Anpassung der Vorschriften dar.

Abbildung 05:
Internationale
Rahmenbedin-
gungen für
Elektromobilität



*Steuererleichterung = Steuerbefreiung (z. B. Kfz-Steuer, MwSt., Luxussteuer, Anmeldesteuer) und verringerte Steuersätze.
Quelle: VDA, Expertenschätzung, November 2017

Forschung und Entwicklung stellten auch zwischen 2014 und 2018 die Basis für Innovationen und ein umfassendes Produktportfolio für die Elektromobilität entlang der gesamten Wertschöpfungskette dar. Die Investitionen spiegeln sich in konkreten Ergebnissen wider. Rund ein Drittel aller Patente weltweit im Bereich der Elektromobilität stammt heute aus Deutschland.

Deshalb kommt der öffentlichen Förderung von Forschung und Entwicklung und dem Engagement der Industrie eine zentrale Bedeutung zu. Forschung und Entwicklung stärken die Rolle deutscher Unternehmen als Technologieführer und tragen erheblich zur Leitanbieterschaft bei.

Bei den leichten Nutzfahrzeugen steht Deutschland mit einem Elektroanteil von 2 Prozent an gleicher Stelle wie Norwegen. Die deutschen Hersteller haben in Deutschland einen Marktanteil von 80 Prozent. Westeuropa liegt im Durchschnitt bei 0,9 Prozent Elektroanteil im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge. In den USA (0,5 Prozent) und China (1,4 Prozent) spielt der Elektroantrieb bei den Light Trucks bisher lediglich eine untergeordnete Rolle.

Wesentlicher Bestandteil der Wertschöpfungskette ist die Batterie. Mit Ausnahme der industriellen Fertigung der Batteriezelle finden hierzulande alle Produktionsschritte statt – von der Materialherstellung und Komponentenproduktion über die Modul- und Batterieproduktion bis hin zur Fahrzeugintegration.

Die folgenden Kapitel der Bestandsaufnahme zur Elektromobilität in Deutschland zeigen darüber hinaus, dass die deutsche Industrie von der Informations- und Kommunikationstechnologie (Kapitel 3.1.3) über die Fahrzeugtechnologie (Kapitel 3.1.5) bis hin zur Batterietechnologie (Kapitel 3.1.6) die wesentlichen Glieder der Wertschöpfungskette in Deutschland abbildet und damit die zentralen Herausforderungen an einen Leitanbieter erfüllt.

Leitmarkt

Deutschland schließt zu den internationalen Leitmärkten für Elektromobilität auf.

Entscheidend für die Weiterentwicklung des Leitmarktes ist neben einheitlichen Normen und Standards sowie einer Integration der Elektromobilität in die Verkehrs- und Stadtplanung auch die Nutzung von „grünem“ Strom. Zentral sind ebenfalls der Aufbau einer bedarfsgerechten, öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur sowie die hinreichende Durchdringung des Fahrzeugmarktes mit Elektrofahrzeugen. Seit dem letzten Fortschrittsbericht im Jahr 2014 sind wesentliche Fortschritte in allen Komponenten für die Entwicklung des Leitmarktes der Elektromobilität erzielt worden.

Bis zum Stichtag 31. Dezember 2017 wurden in Deutschland 131.000 Elektrofahrzeuge seit 2010 zugelassen. Gerade 2017 wies der deutsche Markt eine sehr hohe Dynamik auf. Hinsichtlich der Durchdringung des Fahrzeugmarktes mit Elektrofahrzeugen hat das Maßnahmenpaket von Bundesregierung und Industrie erheblich dazu beigetragen, dass Deutschland 2017 weltweit die prozentual höchste Wachstumsrate verzeichnet (+ 117 Prozent) und damit den internationalen Vergleich nicht scheuen muss.

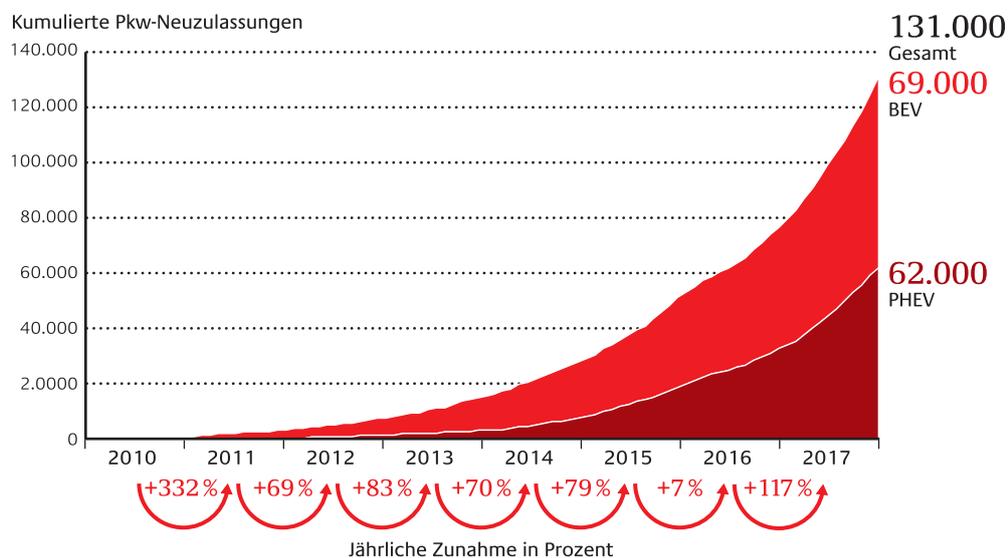


Abbildung 06:
Markthochlauf

Quelle: VDA

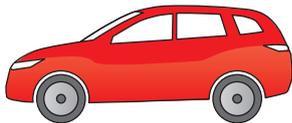
Zum 1. Januar 2018 betrug der Bestand der in Deutschland zugelassenen Elektrofahrzeuge im Sinne des Elektromobilitätsgesetzes 110.615 Stück, nachdem er sich zum 1. Januar des Vorjahres noch auf 61.599 Kraftfahrzeuge belaufen hatte (Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt).

Der Bestand an Elektrofahrzeugen setzt sich wie folgt zusammen:

Bestand an Elektroautos zum 1. Januar 2018	
BEV Pkw	53.861
PHEV Pkw	44.419
Bestand Pkw BEV und PHEV (NPE-relevant)	98.280
BEV leichte Nutzfahrzeuge	11.898
PHEV leichte Nutzfahrzeuge	38
Bestand leichte Nutzfahrzeuge BEV und PHEV (NPE-relevant)	11.936
Brennstoffzellenfahrzeuge Pkw	378
Brennstoffzelle leichte Nutzfahrzeuge	21
Summe Elektroautos BEV, PHEV und Brennstoffzellenfahrzeuge	110.615

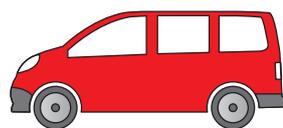
	Kompaktklasse	Mittelklasse	
			
Kleinwagen			
			
BMW i3	Audi A3 Sportback e-tron	BMW 330e	
BMW MINI Countryman	BMW 225xe Active Tourer	BMW 530e	
Citroën C-ZERO	Ford Focus Electric	Kia Optima Sport-wagon Plug-in Hybrid	
Smart EQ fortwo	Ford C-Max Energi	Kia Optima Plug-in Hybrid	
Smart EQ forfour	Hyundai IONIQ Elektro	MB C 350e Limousine	
Smart EQ fourtwoCabrio	Hyundai IONIQ Plug-in-Hybrid	MB C 350e T-Modell	
Mitsubishi Electric Vehicle	MB B 250e	MB E 350e Limousine	
Peugeot i-ON	Nissan Leaf	VW Passat GTE Limousine	Oberklasse
Renault ZOE	Nissan e-NV200 Evalia	VW Passat GTE Variant	
VW e-up!	Opel Ampera-e	Volvo V60 D6 Twin Engine (Plug-in-Hybrid)	BMW 740Le xDrive
VW e-load up!	Toyota Prius Plug-in-Hybrid	Volvo S90 T8 Twin Engine AWD (Plug-in-Hybrid)	BMW 740Le
	VW e-Golf	Volvo V90 T8 Twin Engine AWD (Plug-in-Hybrid)	BMW 740e
	VW Golf GTE		MB S560e
			Porsche Panamera S E-Hybrid
			Tesla Model S

Geländewagen



Audi Q7 e-tron	●
BMW X5 XDrive 40e	●
Citroën E-MEHARI	●
Hyundai ix35 Fuel Cell	●
Kia Soul EV	●
Kia Niro Plug-in-Hybrid	●
MB GLC FuelCell	●
MB GLC 350e	●
MB GLE 500e	●
Mitsubishi Outlander Plug-in-Hybrid	●
Porsche Cayenne S E-Hybrid	●
Tesla Model X	●
Volvo XC60 T8 Twin Engine AWD (Plug-in-Hybrid)	●
Volvo XC90 T8 Twin Engine AWD (Plug-in-Hybrid)	●

Vans

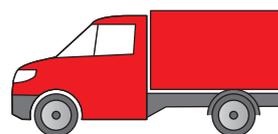


Citroën Berlingo Electric	●
Nissan e-NV200 Kastenwagen	●
Nissan e-NV200 Kombi	●
Peugeot Partner Electric	●
Renault Kangoo Z. E.	●
Renault Kangoo Maxi Z. E.	●

Mit 33 Modellen deutscher Hersteller existiert in Deutschland ein sehr breit gefächertes Fahrzeugangebot, was den Anspruch sowohl als Leitanbieter als auch als Leitmarkt bestätigt. Zählt man auch Fahrzeuge von nichtdeutschen Herstellern dazu, wird deutlich, dass Deutschland im internationalen Vergleich der Markt mit dem größten Angebot an Elektrofahrzeugen weltweit ist – China ausgenommen, da bei der Zählweise die technischen Mindeststandards der übrigen Märkte nicht erfüllt werden. Insgesamt können die Nutzerinnen und Nutzer in Deutschland aus 63 Fahrzeugmodellen wählen.

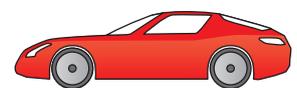
- BEV
- REEX
- PHEV
- FCEV

Leichte Nutzfahrzeuge



Streetscooter Work (B14)	●
Streetscooter Work (D16)	●

Sportwagen



BMW i8	●
--------	---

Bis zur Erreichung des Ziels, zu den internationalen Leitmärkten für Elektromobilität aufzuschließen, sind jedoch weitere Anstrengungen notwendig. Entscheidend ist nicht zuletzt das Gesamtsystem Elektromobilität, das in seiner Qualität die Nutzerin und den Nutzer überzeugen muss.

3.1.1 Marktentwicklung und Rahmenbedingungen

Entscheidend für den bisherigen Markthochlauf und die weitere Marktentwicklung waren und sind verschiedene Maßnahmen, die von Politik und Industrie initiiert wurden und weiter andauern. Dazu gehören beispielsweise rechtliche Maßnahmen, die Förderung zum Aufbau öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur oder monetäre Maßnahmen wie steuerliche Anreize und der Umweltbonus:

Abbildung 07:
Förder-
maßnahmen
(Auswahl)



Quelle: Datenbasis: NPE Fortschreibung

Die **steuerlichen Anreize** in Form einer angepassten Dienstwagenbesteuerung, der Steuerbefreiung für Elektrofahrzeuge sowie Anpassungen beim geldwerten Vorteil des Ladens am Arbeitsplatz bilden eine gute Grundlage für die Verbreitung von Elektrofahrzeugen.

Auch das Elektromobilitätsgesetz (EmoG), das 2015 verabschiedet wurde, bietet die Möglichkeit, durch Nutzeranreize eine gezielte Umsteuerung der kommunalen Mobilität hin zur Elektromobilität anzustoßen. Bis Oktober 2017 erhielten mehr als zwei Drittel aller neu zugelassenen Elektrofahrzeuge ein sogenanntes „E-Kennzeichen“. Die **Ermächtigungen aus dem Elektromobilitätsgesetz**, zum Beispiel Parkprivilegierung, Einfahrerlaubnis oder Sondernutzungsrechte, schaffen den Rahmen für die Erhöhung der Attraktivität der Elektromobilität im kommunalen Umfeld. Allerdings wird das Instrument flächendeckend noch nicht vollumfänglich genutzt: Die Bevorrechtigungen wurden bisher nur in weniger als 1 Prozent der Kommunen umgesetzt. Eine aktuelle Bestandsaufnahme dazu erfolgt am 1. Juli 2018.

Für einen deutlichen Anstieg der Zahl neu zugelassener Elektrofahrzeuge im Jahr 2017 war außerdem der **Umweltbonus** mitverantwortlich. Dieser finanzielle Anreiz zum Fahrzeugkauf wurde durch die anteilige Finanzierung seitens Industrie und Bundesregierung geschaffen. Mit aktuell rund 4.600 Anträgen monatlich bleiben die Abrufe zwar hinter den Erwartungen zurück, doch die Tendenz zur Wirksamkeit der Maßnahme ist deutlich sichtbar. Erkennbar sind Plateaus der Zunahme an Anträgen mit quartalsweisen Zuwächsen von über 30 Prozent. Gegenüber der Startphase des Umweltbonus ist eine Vervielfachung der monatlichen Antragszahlen von 1.200 auf aktuell 4.650 zu verzeichnen.

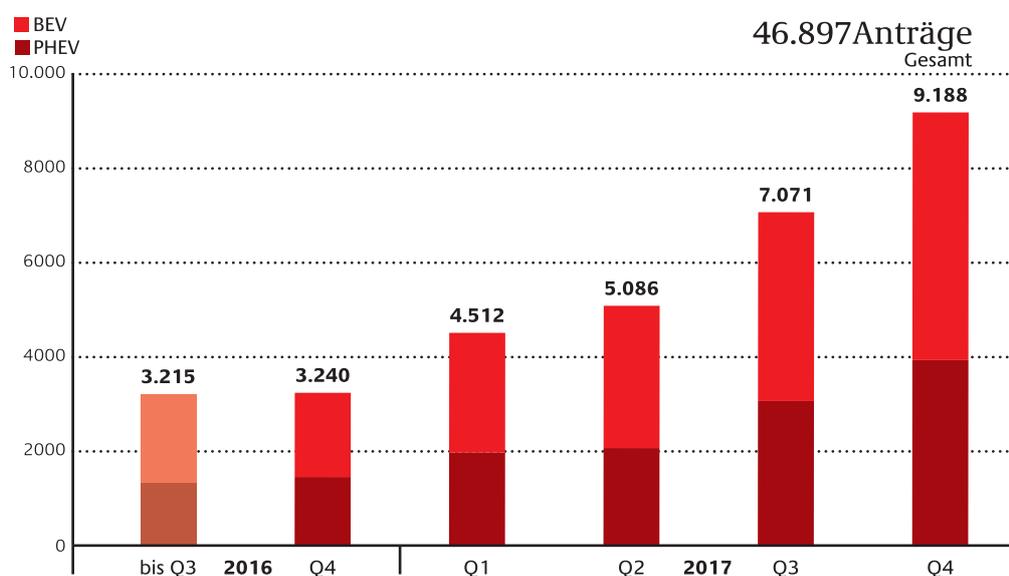


Abbildung 08:
 Beim Bafa
 eingegangenen
 Anträge auf
 Umweltbonus
 (ab dem 18. 5.
 2016 verkauft)

Quelle: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Die noch als unzureichend wahrgenommene Ladeinfrastruktur, die bestehenden Gesamtbetriebskosten sowie eine nicht ausreichende kundenorientierte Kommunikation der Vorteile von Elektrofahrzeugen verzögern einen signifikanten Anstieg der Hochlaufzahlen. Das NPE-Rechenmodell basiert auf einem früheren Start des Ladeinfrastrukturprogramms sowie des Umweltbonus und bietet somit einen Erklärungsansatz für die Abweichung des Fahrzeughochlaufs. Mit Ausnahme des Jahres 2016 war jährlich nahezu eine Verdoppelung der Zulassungszahlen zu verzeichnen, im Jahr 2017 sogar mehr. Damit nimmt der deutsche Markt weltweit eine Spitzenposition hinsichtlich Dauer, Gradient und Kontinuität des Wachstums ein.

Ebenso zentral für die Marktentwicklung sind die kontinuierliche Fortführung der Förderung von **Forschung und Entwicklung** entlang der gesamten Wertschöpfungskette und das umfassende **Programm zum Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur** mit der Ermöglichung eines diskriminierungsfreien Zugangs durch die Ladesäulenverordnung.

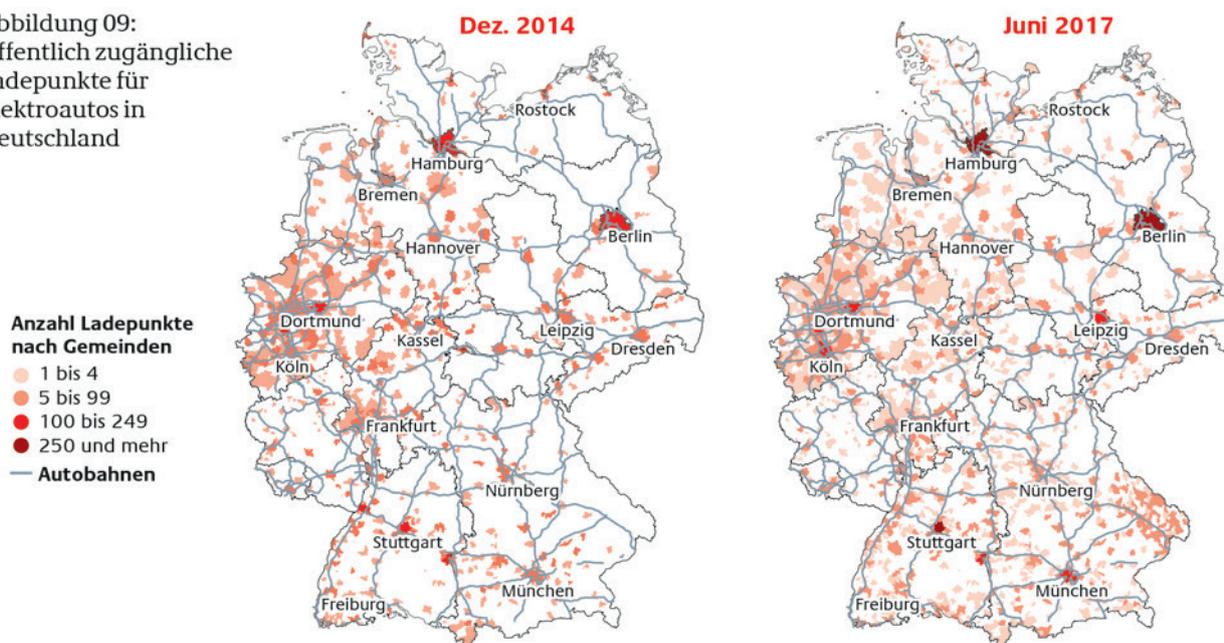
3.1.2 Ladeinfrastruktur und Netzintegration

Die von der NPE empfohlenen und von der Bundesregierung umgesetzten Förderpakete zum Aufbau von Ladeinfrastruktur zeigen deutliche Wirkung, sodass sich der Aufbau von AC- und DC-Ladeinfrastruktur in Deutschland derzeit auf Zielkurs befindet. Bei einer vollständigen Umsetzung der eingegangenen Förderanträge zum Aufbau von Ladeinfrastruktur kann seit Beginn des Programms in 2017 bis zum Ende des Jahres 2018 eine Verdreifachung der Normalladepunkte sowie eine fast zehnfache Steigerung der DC-Ladepunkte erreicht werden.

Deutschland wird mit rund 400 Standorten in diesem Jahr über das weltweit erste flächendeckende Schnellladenetz an Autobahnen verfügen. Zugleich gewinnt auch der Ausbau der Ladeinfrastruktur mit höheren Ladeleistungen dank der Förderprogramme an Dynamik. Das Laden mit höheren Ladeleistungen (High Power Charging, HPC) verkürzt die Ladezeiten und ermöglicht Langstreckenmobilität. Dies bietet eine hohe Verlässlichkeit für die Kundinnen und Kunden und führt zu einer deutlich gestärkten Akzeptanz von Elektrofahrzeugen. Selbst wenn die aktuellen Auswirkungen auf die Stromnetze sehr begrenzt sind, muss für eine nachhaltige und kosteneffiziente Netzintegration und zur Vermeidung von Stranded Investment bereits heute flächendeckend eine intelligente und steuerbare Ladeinfrastruktur verbaut werden.

Insbesondere das standardisierte Combined Charging System (CCS) ist in Europa, den USA, Korea und weiteren Automobilmärkten etabliert. Steckervielfalt und inkompatible Ladestationen gehören im Rahmen der Richtlinien und Verordnungen damit der Vergangenheit an. Die Umsetzung im öffentlichen Raum muss künftig ohne Ausnahmen erfolgen.

Abbildung 09:
Öffentlich zugängliche
Ladepunkte für
Elektroautos in
Deutschland



Datenquelle: BDEW-Erhebung Elektromobilität, Stand 30. 6. 2017; EasyMap Kartengrundlage: © Lutum + Tappert, Bonn

Im Vergleich zu 2014 lässt sich bei der Gegenüberstellung der Deutschlandkarten unten sowohl eine Verdichtung in der Fläche als auch ein Ausbau an den zulassungsstarken Standorten erkennen. Die Voraussetzungen für den Ausbau der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur haben sich auch durch die Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur massiv verbessert. Insgesamt wird das deutsche Ladenetz immer engmaschiger: Im Juni 2017 gab es in Deutschland über 10.700 Ladepunkte, davon über 530 DC-Ladepunkte. Auf Basis einer **vorläufigen Schätzung** wird davon ausgegangen, dass Ende 2017 rund 12.500 Ladepunkte installiert waren, davon 850 Schnellladepunkte. Die NPE begrüßt, dass die Bundesregierung mithilfe eines Standort-Tools den weiteren Aufbau der Ladeinfrastruktur noch bedarfsgerechter gestalten wird.

Insgesamt stellt die Bundesregierung von 2017 bis 2020 in mehreren Förderaufrufen 300 Millionen Euro für öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur zur Verfügung. Bei einer öffentlichen Förderquote von durchschnittlich 40 Prozent würde dies zusätzliche private Investitionen von bis zu 450 Millionen Euro auslösen. In Summe könnten somit Investitionen in Höhe von 750 Millionen Euro in Ladeinfrastruktur fließen.

Der 2014 von der NPE prognostizierte Investitionsbedarf für 1 Million Fahrzeuge von 550 Millionen Euro für rund 7.100 Schnellladepunkte und 70.000 Normalladepunkte wäre damit rechnerisch erfüllt. Aufgrund des nicht zu erwartenden schnellen Fortschritts bei der DC-Ladetechnologie konnte der Investitionsbedarf im Jahr 2014 nicht abschließend vorausgesagt werden. Aus heutiger Sicht bedarf es daher einer Prüfung über die Anpassung des Förder- und Investitionsbedarfs. Dies wird zu einem erhöhten Investitionsbedarf führen. Zeitnah sind weitere Förderaufrufe zum Ausbau der Ladeinfrastruktur notwendig. Dabei steht auch eine beschleunigte Bearbeitung der Förderanträge im Mittelpunkt.

Die Investitionsbereitschaft der Industrie ist groß, dies zeigt die hohe Nachfrage an den bisherigen Förderaufrufen. Der erste Förderaufruf für Ladeinfrastruktur mit 30 Millionen Euro Fördermitteln für Normalladen und der Förderung von 2.500 Schnellladepunkten war finanziell mehrfach überzeichnet. Insgesamt gingen 1.316 Anträge zur Förderung bei der zuständigen Bewilligungsbehörde, der Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen (BAV), ein. Bewilligt wurden bis Ende Januar 2018 etwa 7.500 Normalladepunkte und über 1.300 Schnellladepunkte, davon über 200 mit einer Leistung von mindestens 100 kW – zusammen also 8.800 Ladepunkte.

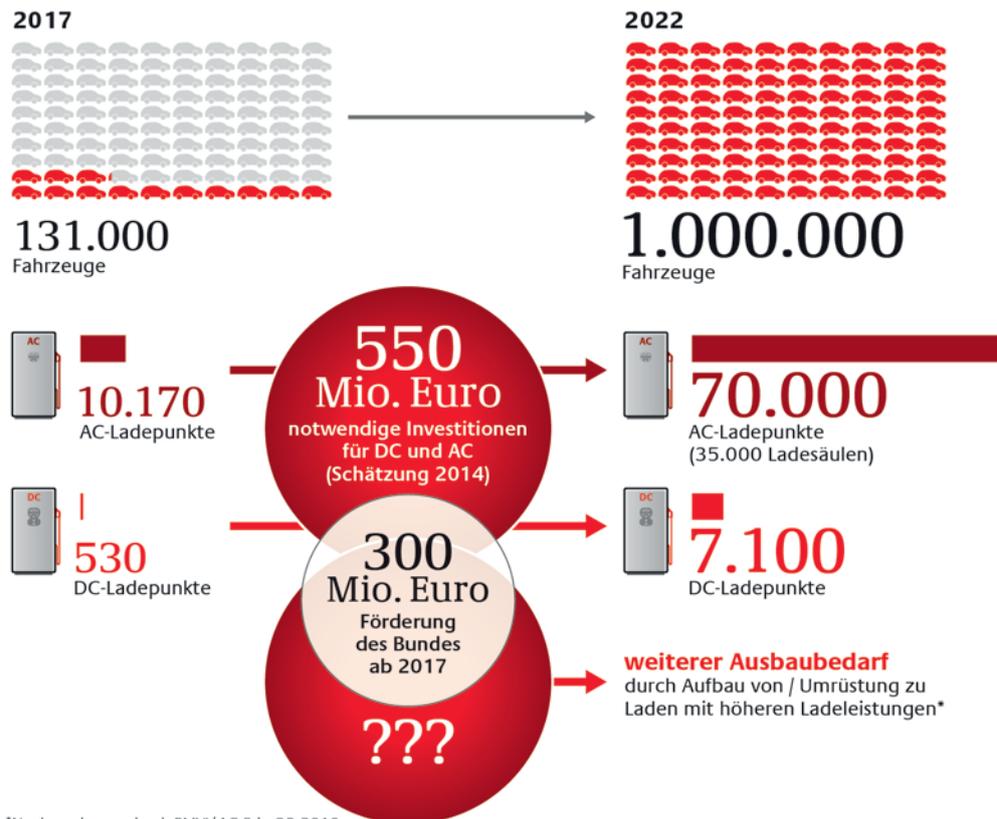
Diese hohe Investitionsbereitschaft hat zur schnelleren Publikation eines zweiten Förderaufrufs bis Oktober 2017 geführt. Hier werden 100 Millionen Euro für weitere 12.000 Normalladepunkte und 1.000 Schnellladepunkte mit 150 kW und mehr Ladeleistung bereitgestellt. Erstmals bilden die eigentlichen Kosten der beantragten Ladeleistung das entscheidende Bewertungskriterium.

Bei AC-Ladeinfrastruktur wird sich auch aufgrund der beiden Förderaufrufe aus dem Ladeinfrastrukturprogramm voraussichtlich eine Verdreifachung auf über 30.000 Ladepunkte ergeben. Damit wäre knapp die Hälfte des NPE-Ziels von 70.000 Ladepunkten bis 2020 – bei 1 Million Elektrofahrzeugen – erreicht.

Auch der aktuelle Bestand an 530 DC-Ladepunkten könnte sich mit der Inbetriebnahme der geförderten Ladepunkte im Jahr 2018 auf über 4.600 Ladepunkte fast verzehnfachen. Entgegen den Erwartungen von 2.500 DC- und 1.000 Ladepunkten mit höheren Ladeleistungen (HPC) wurden gut 2.000 DC- und mehr als 3.000 HPC-Ladepunkte beantragt. Damit wurden drei mal so viele Schnellladepunkte beantragt wie gefördert werden. Darüber hinaus ist allerdings zu berücksichtigen, dass viele Antragsteller deutlich mehr beantragt haben, als sie bewilligt bekommen können (maximal 5 Millionen Euro pro Antragsteller). Der absehbare Ausbau von AC- und DC-Ladepunkten sowie von HPC-Ladepunkten bietet nun eine gute Grundlage für die Kalkulation des weiteren Ausbaubedarfs und weiterer Fördermaßnahmen.

Insbesondere Förderprogramme für den Auf- und Einbau von Ladeinfrastruktur im privaten Bereich sollten dabei, wie richtigerweise im aktuellen Koalitionsvertrag adressiert, zeitnah initiiert werden.

Abbildung 10:
Ausbau öffentlich
zugängliche
Ladeinfrastruktur



Netzintegration

Aktuell sind die Auswirkungen auf das Stromnetz in Deutschland begrenzt. Verteilnetze in Regionen mit hohem Anteil an erneuerbaren Energien sind bereits stark ausgebaut. Die moderate Verbreitung von Ladeinfrastruktur in diesen Flächennetzen ist daher in vielen Fällen unkritisch. Das gilt auch für größere Individualanschlüsse, zum Beispiel für Schnellladesäulen, die Tagesgeschäft der Netzbetreiber sind, wie etwa beim Anschluss von Gewerbe- oder Industriekunden mit entsprechendem Leistungsbedarf. Über den

Zentrale, zeitnah umzusetzende Maßnahmen sind insbesondere

- die Meldepflicht der Ladeeinrichtungen in Niederspannung beim Netzbetreiber entsprechend den technischen Anschlussbedingungen,
- die Sicherstellung der generellen Steuerbarkeit der Ladeeinrichtungen, die im Bedarfsfall eingesetzt werden können, unter anderem durch eine Onlineanbindung,
- ein intelligentes Lademanagement,
- der passende rechtliche Rahmen, um Fahrerinnen und Fahrern von Elektrofahrzeugen attraktive marktgerechte Angebote für netzdienliches Verhalten machen zu können (beispielsweise nach § 14a EnWG), und
- die gleichzeitige regulatorische Anerkennung der Investitionen der Netzbetreiber, die eine volkswirtschaftlich effiziente Mischung aus Netzausbau und Nutzung von intelligenten Lösungen darstellen.

hierbei anfallenden Baukostenzuschuss haben die Kunden ein eigenes Interesse an Lademanagementsystemen.

Allerdings zeigen die Zwischenergebnisse einer Metastudie zur Netzintegration von Elektromobilität von BDEW und FNN, dass die Grundlagen für einen netzverträglichen Markthochlauf der Elektromobilität heute geschaffen werden müssen.

Darüber hinaus zeigt die Metastudie, dass die Einführung einer netzdienlichen Steuerung die Netzbelastung in konventionellen Netzen zwar erheblich reduzieren kann, in stark progressiven Szenarien reicht sie aber nicht aus. Ein zusätzlicher Netzausbau mit entsprechenden Kosten wird daher bei zunehmender Marktdurchdringung der Elektromobilität erforderlich sein. Der Anschluss zentraler, leistungsstarker Ladeinfrastruktur in der Mittelspannung wirkt sich positiv auf die Netzverträglichkeit von Elektromobilität und die Netzausbaukosten aus.

Für den weiteren Markthochlauf ist weiterer Forschungsbedarf gegeben, vor allem Simulationen getrennt nach Spannungsebene und städtischen beziehungsweise ländlichen Räumen.

3.1.3 Informations- und Kommunikationstechnologien

Die Digitalisierung der Elektromobilität wird in den nächsten Jahren rasant zunehmen. IKT spielen dabei eine Schlüsselrolle und ermöglichen künftig eine schnelle und vielschichtige Verknüpfung von Verkehr und Energiewirtschaft. Das bedeutet auch, dass der Bedarf an intelligenter, vernetzter, steuerbarer und damit zukunftsfähiger Ladeinfrastruktur stetig steigen wird – sowohl für öffentlich zugängliche als auch für privat genutzte Ladeinfrastrukturen.

Für eine erfolgreiche Umsetzung sind daher nicht nur (neue) technische Anforderungen in Form von einheitlichen, interoperablen IT-Schnittstellen sowie Kommunikations- und Datenprotokollen zu entwickeln und im Markt zu etablieren, sondern auch die damit einhergehenden datenschutzrechtlichen und IT-sicherheitsrelevanten Anforderungen

von Beginn an zu berücksichtigen. Nur eine europaweite Harmonisierung kann den Anforderungen eines digitalen europäischen Binnenmarktes gerecht werden und die Wettbewerbsfähigkeit Europas wahren.

Wichtig ist aus Sicht der NPE, dass durch eine zunehmende Digitalisierung – im Sinne neuer IKT-gestützter Funktionalitäten – die Sicherstellung des kundenfreundlichen Ladens Priorität hat. Dabei stehen Aspekte wie Einfachheit, Wirtschaftlichkeit, Nachhaltigkeit und Sicherheit gleichrangig nebeneinander und sollten bei den Entwicklungen entsprechend berücksichtigt werden.

Die NPE hat hierzu eine Reihe von Aktivitäten inhaltlich eng begleitet und zugleich neue zukunftsrelevante Felder identifiziert, die für die positive Entwicklung und Integration der Elektromobilität in den jeweiligen Ökosystemen notwendig sind.

Ladesäulenverordnung

Die Europäische Kommission hat mit der Richtlinie zum Aufbau von Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (2014/94/EU) die zentralen Leitplanken für den Aufbau einer flächendeckenden und modernen Ladeinfrastruktur für Elektromobilität geschaffen. Mit der Ladesäulenverordnung wurde diese EU-Richtlinie im März 2016 in deutsches Recht überführt. Dabei spielen IKT sowohl für die kundenfreundliche Abwicklung und Steuerung von Ladevorgängen (insbesondere eRoaming) als auch für die Verwendung moderner Bezahlsysteme wie Kreditkarte, online Bezahlsysteme etc. eine zentrale Rolle.

Mit der im Mai 2017 verabschiedeten Ergänzung zur Ladesäulenverordnung werden außerdem einheitliche Vorgaben zum Ablauf und zur Abrechnung von Ladevorgängen formuliert. Künftig können Kundinnen und Kunden gleichermaßen vertragsbasiert sowie über ein online Bezahlsystem an öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur laden und bezahlen. Das steigert nicht nur die Akzeptanz und Nutzerfreundlichkeit, sondern erlaubt insbesondere einen einfachen und über Landesgrenzen hinweg möglichen Ladevorgang – ganz im Sinne einer paneuropäischen Mobilität. Deutschland kann hier auch eine Vorbildfunktion für andere europäische Länder einnehmen und entsprechende Integrationsprozesse vorantreiben. Gerade für ein erfolgreiches länderübergreifendes eRoaming ist jedoch ein koordiniertes Vorgehen beziehungsweise die Unterstützung der Mitgliedsstaaten hilfreich und notwendig. Auf Basis dieser regulativen Vorgaben wurden auch Förderprogramme zum Aufbau von Ladeinfrastruktur initiiert.

Im direkten europäischen Vergleich gehört Deutschland zu den Vorreitern in puncto vollständige und fristgerechte Umsetzung der EU-Richtlinie. Dennoch sind laut Analyse der Europäischen Kommission von November 2017 erhebliche Anstrengungen beim Ausbau einer angemessenen Ladeinfrastruktur bis 2020 notwendig.

In der Ladesäulenverordnung wurde außerdem die Erhebung beziehungsweise Übermittlung einer Reihe statischer Informationen von öffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur (zum Beispiel Standort, Ladeart und Ladeleistung, Bezahlsystem etc.) an die Bundesnetzagentur (BNetzA) festgelegt. Die NPE unterstützt und begrüßt das Vorhaben, weist jedoch auch darauf hin, dass eine Erhebung zu rein statistischen Zwecken weder ausreichend noch zielführend ist. Vielmehr besteht im Markt der Bedarf und die Notwendigkeit, ein zentrales Ladesäulenregister für alle öffentlich zugänglichen

Ladepunkte in Deutschland zu etablieren. Die dort erhobenen Daten müssen wiederum zeitnah und über eine entsprechende automatisierte IT-Schnittstelle den verschiedenen Marktpartnern diskriminierungsfrei zur Verfügung gestellt werden. Ein entsprechendes Umsetzungskonzept wird derzeit in der NPE unter Einbindung aller Beteiligten erarbeitet.

Des Weiteren ist unstrittig, dass die Verwendung und Verarbeitung von Daten in vielen künftigen Geschäftsmodellen eine wichtige Rolle spielt. Daher begleitet die NPE intensiv die Diskussionen um die Erhebung und Bereitstellung von sogenannten dynamischen Zustandsdaten der Ladeinfrastruktur (zum Beispiel Belegungszustand, Reservierungsfunktion, Tarifinformationen usw.). Die Tragweite beziehungsweise die möglichen Auswirkungen etwaiger Vorgaben und Festlegungen sind jedoch komplex und können erheblichen Einfluss auf die Geschäftsmodelle und damit auf die Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen Markttrollen haben. Daher ist eine sorgsame, sachliche und inhaltlich fundierte Betrachtung unumgänglich, zumal auch auf europäischer Ebene die Diskussion über die Verwendung und Bereitstellung beziehungsweise die grundsätzliche Nutzung von Daten als Währung begonnen hat.

Eichrecht

Das deutsche Eichrecht stellt aus Verbraucherschutzsicht ein wichtiges Instrument dar, um Kundinnen und Kunden die notwendige Akzeptanz und das Vertrauen in die unterschiedlichsten Tarif- und Abrechnungsmodelle für das Aufladen ihres Fahrzeuges (Zeit, Kilowattstunden etc.) zu ermöglichen. Das deutsche Eichrecht zählt im europäischen Vergleich zu den sichersten, aber auch ambitioniertesten und umsetzungsintensivsten Gesetzen und stellt die Beteiligten mitunter vor große technische wie auch ökonomische Herausforderungen. Elektromobilität selbst stellt umgekehrt – eben durch ihren hohen Digitalisierungs- und Innovationscharakter – die zuständigen (Eich-)Behörden vor eine Reihe neuer Fragestellungen und Herausforderungen. Daher wurde in den letzten Monaten gemeinsam zwischen Industrie, Ministerien, Eichbehörden und Normungsgremien über geeignete Lösungswege und Umsetzungsoptionen diskutiert, die sowohl den gesetzlichen Anforderungen als auch den tatsächlichen Entwicklungs- und Realisierungszeiträumen der Industriepartner gerecht werden. Entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit beziehungsweise die Skalierbarkeit der speziell für den deutschen Markt entwickelten Lösungen wäre jedoch auch die Nutzung beziehungsweise Anwendbarkeit in weiteren europäischen Ländern. Weitere überzogene Alleingänge sollten dringend unterlassen werden.

Die wesentlichen Herausforderungen liegen derzeit nicht nur in der fristgerechten Entwicklung entsprechender geeigneter Zähler (zum Beispiel DC-Zähler für Schnellladevorgänge oder AC-Zeitmessgeräte), sondern auch in der eichrechtlichen Zulassung gesamter, IKT-gestützter Messsysteme, die eine digitalisierte Abwicklung des Ladevorgangs bis hin zur Abrechnung über Peripheriegeräte, beispielsweise via Smart Phone App, ermöglichen. Um Systembrüche zu vermeiden und notwendige Investitionen in Ladeinfrastruktur nicht auszubremsen, müssen dringend geeignete Übergangszeiträume für die Industrie definiert werden, die es sowohl den Ladeinfrastrukturanbietern als auch den Ladeinfrastrukturbetreibern erlauben, alle technischen Anforderungen hinreichend zu erfüllen und produktseitig abbilden zu können, ohne dabei geltende gesetzliche Regelungen dauerhaft zu umgehen.

Zwischenzeitlich wurde für DC-Schnellladesäulen ein für alle Seiten akzeptabler Kompromiss aufgrund eines Bund-Länder-Beschlusses gefunden: Die ab 1. Januar 2018 bestehende gesetzliche Vollzugspflicht für die Eichbehörden, nur noch Schnellladesäulen mit geeichten DC-Messgeräten zuzulassen, wurde bis zum 31. März 2019 ausgesetzt. Bis dahin können DC-Schnellladesäulen weiterhin mit geeichten AC-Messgeräten in Betrieb genommen werden, sofern im Gegenzug ein 20-prozentiger Abschlag auf die gemessene Energiemenge in der Abrechnung gegenüber der Kundin beziehungsweise dem Kunden berücksichtigt wird.

3.1.4 Normung, Standardisierung und Zertifizierung

Einheitliche Normen und Standards haben den Weg für die Markteinführung der Elektromobilität in Deutschland geebnet und sind für den weiteren erfolgreichen Markthochlauf unerlässlich. Sie gewährleisten Sicherheit und Qualität für die Nutzerinnen und Nutzer der Elektromobilität und tragen zur Investitionssicherheit auf Anbieter- und Kundenseite bei.

Normen sind die Basis für einen weltweiten, sich selbst tragenden Markt. Die Elektromobilität wird auf dem Weg zum Massenmarkt nur erfolgreich sein, wenn ihre Normung international erfolgt. Die Ergebnisse der Arbeit auf diesem Gebiet leisten damit einen wesentlichen Beitrag zu den definierten Zielen der NPE: Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter.

Bis 2017 wurden alle Basisanforderungen an den Betrieb und das Laden von Elektrofahrzeugen normativ adressiert. Zukünftig muss es darum gehen, die Normen an die kontinuierlichen technologischen Innovationen anzupassen, wie zum Beispiel die Erhöhung der Ladeleistung, die Netzintegration, das bidirektionale Laden und automatisierte Abrechnungen. Dank der in den letzten Jahren etablierten internationalen Normen setzte sich das Combined Charging System (CCS) als System für interoperables Normal- und Schnellladen durch. Das CCS kombiniert Wechselstromladen bis maximal 44 kW mit schnellem Gleichstromladen bis zu 400 kW.

Während der Fortschrittsbericht 2014 in der Perspektive noch von 350 kW maximaler Ladeleistung ausging, sind bis 2020 maximale Ladeleistungen von bis zu 400 kW in den Normen beschrieben. Insgesamt umfasst das CCS sowohl die Steckvorrichtung als auch sämtliche Kontrollfunktionen und die Kommunikation zwischen Elektrofahrzeug und Infrastruktur sowie deren Steuerung. Damit bietet es Lösungen für alle erforderlichen Ladeszenarien beim kabelgebundenen Laden an.

Europa

Auf Basis der Normung wurden Mindestanforderungen an Ladepunkte im öffentlich zugänglichen Raum durch die EU-Richtlinie 2014/94/EU festgelegt. In Deutschland wurde sie im Jahr 2017 über die Ladesäulenverordnung umgesetzt, mittlerweile ist die EU-Richtlinie 2014/94/EU europaweit in Kraft getreten.

Normung und Standardisierung im internationalen Vergleich

USA

Das Ziel der Zusammenarbeit mit den USA bei der Normung ist der Abbau von Handelsbarrieren auf internationaler Ebene.

Als Meilenstein konnte erreicht werden, dass wie in Europa auch in den USA das Ladesystem CCS etabliert wurde.

Seit 2016 regelt zudem eine Vereinbarung zwischen ISO und SAE (Technischer Regelsetzer) die Zusammenarbeit der beiden Organisationen. Sie ermöglicht die Erstellung gemeinsamer Normen im Fahrzeugbereich und verbessert die Akzeptanz und Anwendung internationaler Normen von ISO und IEC in den USA. Eine erste Zusammenarbeit erfolgt seit 2017 im Rahmen der Erstellung der ISO/SAE 21434 zum Thema „Road Vehicles – Cybersecurity Engineering“.

China

Die Bundesregierung und die chinesische Regierung haben ab 2011 eine enge Zusammenarbeit beim Thema Elektromobilität vereinbart, welche kontinuierlich gestärkt und ausgeweitet wird. Unter der Deutsch-Chinesischen Normungskommission wurde in diesem Zusammenhang die Unterarbeitsgruppe Elektromobilität gegründet, welche von DIN und der Standardization Administration of the People's Republic of China (SAC) geleitet wird.

In den vergangenen Jahren fanden zu verschiedenen Themen unter Beteiligung von DIN, DKE und NA Automobil diverse Treffen zum fachlichen Austausch statt. Der technische Dialog befasst sich mit den Themen Laden mit höheren Ladeleistungen, kabelloses Laden und Traktionsbatterie.

Technologische und nutzerspezifische Erkenntnisse zur Entwicklung der Elektromobilität in den jeweiligen Märkten und den damit verbundenen Anforderungen für einen Markteintritt internationaler Automobilhersteller konnten gewonnen werden. Es konnte ein Wandel der chinesischen Ladestrategie erzielt werden, die ursprünglich vornehmlich auf Batteriewechselsysteme ausgerichtet war.

Inzwischen baut China seine Ladeinfrastruktur unter teilweiser Berücksichtigung international etablierter Standards aus. Im Rahmen der Kooperation konnten technische Angleichungen im Bereich der Ladeschnittstelle, wie beispielsweise für das AC-Laden die Nutzung des bei ISO standardisierten PWM-Signales und die Angleichung der PIN-Längen am Ladestecker, erreicht werden.

Japan

Auf Initiative der japanischen und deutschen Regierung verfolgen Industrie- und Normungsvertreter die Harmonisierung der Gleichstrom-Schnellladesysteme CCS und CHAdeMO. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind folgende:

- Eine vollständige Harmonisierung der Ladesysteme CHAdeMO und CCS zu einem einheitlichen System ist nicht möglich und wird auch nicht weiter verfolgt.
- Es wurde vereinbart, dass in Japan Ladesäulen nach CCS als Ladesystem installiert und betrieben werden können.
- CHAdeMO-Bestandsladesäulen können zum CCS-Laden aufgerüstet werden.
- Mit der Weiterentwicklung der Normen zum kabelgebundenen Laden mit höheren Ladeleistungen soll eine Harmonisierung der Sicherheitsanforderungen erfolgen.

Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität 2020

Parallel zu den Aktivitäten der NPE im Bereich Normung und Standardisierung wurde kontinuierlich an der Deutschen Normungs-Roadmap gearbeitet. Im April 2017 wurde „Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität 2020“ im Zuge der Hannover Messe vorgestellt und der Bundesregierung übergeben. Diese zeigt Visionen auf, kommuniziert konkrete Normungsergebnisse und spricht klare Empfehlungen an Entscheidungsträgerinnen und -träger in Wirtschaft und Politik aus.

Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität 2020 befasst sich vor allem mit den Handlungsfeldern „kabelgebundenes Laden mit höheren Ladeleistungen“, „kabelloses Laden“ sowie „Informations- und Kommunikationstechnologie“.

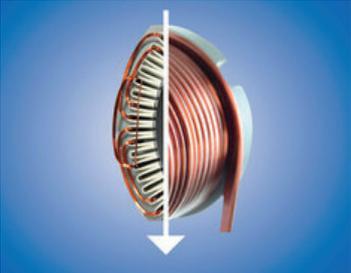


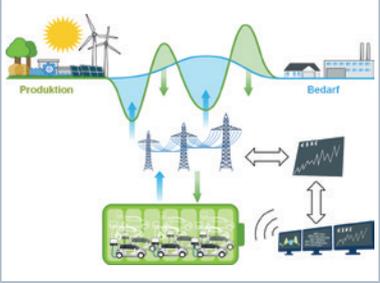
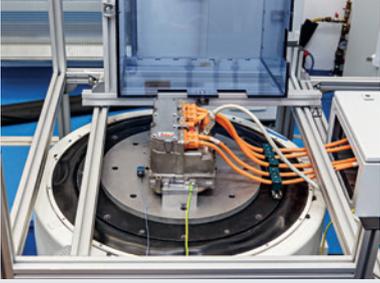
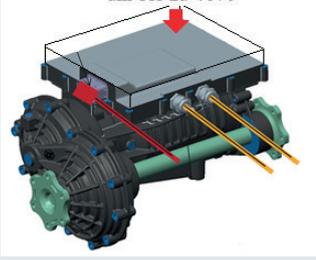
Die Deutsche Normungs-Roadmap Elektromobilität 2020 finden Sie hier:
www.din.de/go/elektromobilitaet

3.1.5 Fahrzeugtechnologie

Während der Markthochlaufphase hatte die Arbeit der NPE im Bereich Fahrzeugtechnologie das Ziel, Forschungsbedarfe, die mit der zunehmenden Elektrifizierung des Antriebsstranges entstehen, aufzuzeigen und effektive Lösungswege für zukünftige Fahrzeuganwendungen durch eine intelligente Vernetzung aller Schlüsseltechnologien zu erarbeiten. Gewährleistet wird das durch eine vorwettbewerbliche Zusammenarbeit der deutschen Industrie und Forschung in den Kernbereichen Antriebssystem, E-Maschinen, Leistungselektronik und Leichtbau und den dazugehörigen Querschnittsthemen wie EMV (elektromagnetische Verträglichkeit), Funktionale Sicherheit, NVH (Noise, Vibration, Harshness) und LCA (Life Cycle Assessment). Diese Aktivitäten tragen in ihrer Gesamtheit dazu bei, dass die deutsche Wirtschaft und Wissenschaft im internationalen Vergleich ihre weltweite Spitzenposition im Automobilbau auf den Bereich alternativer Antriebstechnologien ausweiten kann und deutsche Hersteller und Zulieferer auch im Gebiet der Elektromobilität ihre Marktanteile behaupten werden. Das wiederum leistet einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der beiden Gesamtziele der NPE – Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt bis 2020.

Seit Gründung der NPE hat die Bundesregierung mehrere Förderbekanntmachungen im Bereich der Fahrzeugtechnologie initiiert. Zu den bedeutenderen gehören unter anderem STROM I & II, FOREL, e-MOBILIZE des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und ATEM I bis III des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie ERNEUERBAR MOBIL des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB). Auf Basis dieser Bekanntmachungen und durch (initiative) Einzelförderung konnten eine Vielzahl von Förderprojekten durch Engagement der NPE gestartet und einige davon bereits abgeschlossen werden. Die folgende Übersicht fasst ausgewählte Projekte zusammen.

Förderung	Projekt	„Verortung Roadmap Fahrzeug-technologie“	Wesentliche Ergebnisse für die Serienproduktion
ATEM (BMW, 2013)	BEREIT	Systemintegration (Getriebe und E-Maschine) 	<ul style="list-style-type: none"> • Prototypische Herstellung eines modularen und skalierbaren Basismoduls aus Getriebe und Elektroantrieb • Hochintegration der E-Maschine (ASM) in das Hinterachsgetriebe mit gemeinsamem Ölkreislauf für Kühlung und Schmierung • Ableitung weiterer Modulfamilien mit und ohne Kardanwelle für 48V bis HV
Initiativ (BMBF, 2013)	EMiLE	Systemintegration (E-Maschine und Umrichter) 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumenreduktion um 40% durch Integration • Minimierung ext. elektrischer Schnittstellen auf DC- und Signalanschluss • Funktionalitätsnachweis des Konzepts „Intelligenter Einzelzahn“
Innovationen für Produktion, Dienstleistung und Arbeit von Morgen (BMBF, 2013)	FOREL- Koordinationsprojekt 1. Phase	Technologiezentrum, Leichtbaustrukturen 	<ul style="list-style-type: none"> • Initiierung von 8 Technologieprojekten mit 80 Partnern • Fachliche und organisatorische Unterstützung von Projekten und Netzwerkveranstaltungen
Innovationen für Produktion, Dienstleistung und Arbeit von Morgen (BMBF, 2013)	FOREL- LEIKA	Leichtbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung und Erprobung neuer Mischbauweisen (Metall-FVK-Hybride) • Auswahl eines systematischen, interdisziplinären Forschungsansatzes
Initiativ (BMBF, 2012)	HEP-E	Produktionssystem E-Maschine 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibel automatisierte Wicklungsfertigung realisiert • Erhöhung der Reproduzierbarkeit und Prozessqualität • Kostenreduktion bei Großserienfertigung

Förderung	Projekt	„Verortung Roadmap Fahrzeug-technologie“	Wesentliche Ergebnisse für die Serienproduktion
Initiativ (BMBF, 2012)	INEES	Netzintegration 	<ul style="list-style-type: none"> • Nachweis der technischen Machbarkeit von bidirektionalem Laden sowie der Einbindung von Fahrzeugen in eine Schwarmbatterie • Ein betriebswirtschaftlicher Betrieb war unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht möglich • Die Einbindung des Fahrzeugs in lokale Systeme ist künftig mit zu betrachten
Initiativ (BMBF, 2012)	InTeLekt	Leistungselektronik 	<ul style="list-style-type: none"> • Testumgebung für Langzeit-Zuverlässigkeitstests unter realitätsnahen Bedingungen (elektrisch-thermisch-mechanisch) • Numerische Toolkette zur Simulation von Fehlermechanismen • probabilistische FMEA zur Behandlung quantitativer Ausfallwahrscheinlichkeiten
ATEM (BMW, 2013)	MEHREN	Fahrzeugentwicklung/ Systemintegration 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung eines attraktiven Fahrzeugkonzepts, das allen gesetzlichen und praktischen Vorgaben genügt • Nachweis, dass ein derartiges Fahrzeug praktisch umsetzbar ist und auch bei der Erprobung allen Anforderungen gerecht wird
ATEM (BMW, 2013)	SpHin(X)	Leistungselektronik/ Systemintegration 	<ul style="list-style-type: none"> • E-Antrieb mit integriertem Inverter • Reduktion der Bauhöhe um 40 Prozent • Effizienzgewinn, Bauraumverkleinerung, Kostenreduktion, höhere Zuverlässigkeit
initiativ (BMBF, 2014)	SMiLE	Leichtbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Technologieentwicklung für Multi-Material Leichtbau im ganzheitlichen Ansatz (Werkstoffe, Fügetechnik, KTL) und Technologieintegration in Leichtbaukarosserie: -150 kg ggü. Stahlbauweise • Faserverbundwerkstoffe: Nachweisliche Kostenreduktion durch Funktions- und Teileintegration sowie optimierte Material- und Prozesstechnologie zur Fertigung von FVK-Großmodulen (>10 kg) • Effizienzsteigerung durch Niedertemperatur-KTL Prozess mit reduzierter KTL-Trockner- und Lackeinbrenntemperatur

FOREL-Studie 2018: Ressourceneffizienter Leichtbau für die Mobilität

Wandel – Prognose – Transfer

Das von der NPE initiierte Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität – FOREL – ist mittlerweile das erfolgreichste Projektcluster auf diesem Gebiet in Deutschland. Dessen Koordinatoren stützen sich auf ein branchenübergreifendes Netzwerk aus Industrie und Forschung mit derzeit mehr als neunzig Mitgliedern. Das darin gebündelte einzigartige Know-how wurde genutzt, um in der breit angelegten FOREL-Studie 2018 innovative Fertigungstechnologien für kommende Fahrzeugarchitekturen zu untersuchen, Defizite aufzuzeigen und Handlungsbedarfe abzuleiten. In diesem Jahr wird die Umfrage von weit mehr als 200 Insidern erstmals ergänzt durch ausführliche Interviews mit Entscheidungsträgerinnen und -trägern aus der Automobilindustrie. Dies unterstreicht die anstehenden Herausforderungen wie etwa die Erhöhung der Prognosefähigkeit, die ökologische Bewertung innovativer Technologien sowie die Notwendigkeit des Aufbaus eines gemeinsamen nationalen Technologiezentrums zum Benchmark neuer Produktionsverfahren.

www.plattform-forel.de



Mit Gründung der NPE im Jahr 2010 zeigte sich für den Bereich des elektrischen Antriebssystems die Notwendigkeit einer abgestimmten und schwerpunktmäßigen Vorgehensweise in Richtung Kostensenkung, Erhöhung von Leistungsdichte und -gewicht, Steigerung des Wirkungsgrades sowie Verbesserung der Qualität und Zuverlässigkeit. Dafür wurden Maßnahmenpakete in Forschung und Entwicklung, den Produktionstechnologien und der Fertigung für Elektromotoren, Leistungselektronik und Antriebssysteme umgesetzt.

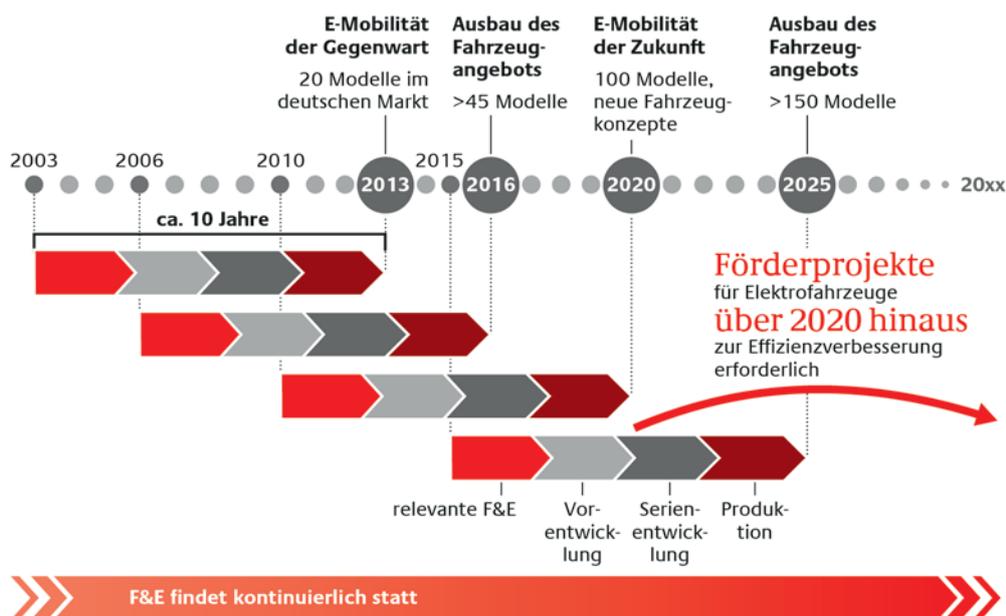


Abbildung 11: Entwicklungsschritte unterschiedlicher Fahrzeuggenerationen

Die **Produktgeneration, die bis Ende 2017** auf den Markt gekommen ist, weist Verbesserungen des Antriebssystems und eine Erhöhung der Leistungsdichte im Vergleich zu

vorherigen Generationen auf. Zum Beispiel konnte durch verbesserte Kühlkonzepte der Aufwand zur Kühlung reduziert werden. Im Bereich der Systemintegration sind neue, ganzheitliche Systemarchitekturen auf Gesamtfahrzeugebene entwickelt und die Konzepte für hochintegrierte Antriebssysteme evaluiert worden. Auf der Komponentenebene konnten Fortschritte auch bei der Ladetechnologie im Fahrzeug erreicht werden, wie beispielsweise das Laden über Elektromotor und Inverter.

In Bezug auf Mischbauweisen, bei denen die Werkstoffe im Sinne eines ressourceneffizienten Leichtbaus anforderungsgerecht kombiniert werden, wurden im untersuchten Zeitraum weitere, teilweise erhebliche Fortschritte erzielt. So sind heute etwa kohlenstofffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) Bestandteil mehrerer Serienprodukte. Innerhalb der durch FOREL koordinierten F&E-Projekte stand daher nicht länger die Optimierung von einzelnen Komponenten im Vordergrund, sondern vielmehr die Evaluierung der Wechselwirkungen im System, im Sinne eines funktionsintegrativen Systemleichtbaus im Multi-Material-Design. Dies beinhaltet sowohl die systemische Entwicklung angepasster Werkstoffverbunde und Prozesstechnologien als auch die Entwicklung spezifischer Elektrofahrzeug-Leichtbaustrukturen, wie etwa hochbelastbare Batteriegehäuse oder ganze Bodengruppen.

Insgesamt hat die öffentliche Forschungsförderung einen positiven Einfluss auf die Entwicklung der Leitanbieterschaft. Die angestrebten Ziele für 2020

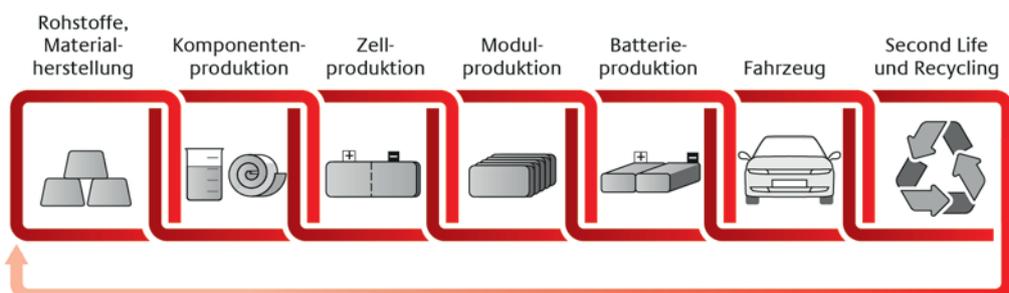
- Senkung der Kosten für das System um zwei Drittel,
- Steigerung der Leistungsdichte (kW/l) und Senkung des Leistungsgewichtes (kg/kW),
- Steigerung des durchschnittlichen Wirkungsgrades im Betrieb um mehr als 5 Prozent sowie
- Verbesserung der Zuverlässigkeit und Qualität

werden aus heutiger Sicht erreicht. Den größten Forschungsbedarf gibt es weiterhin im Bereich der Modularisierung und Systemintegration zur Verringerung der Kosten durch bessere Skalierbarkeit und Erhöhung der Leistungsdichte.

3.1.6 Batterietechnologie

Von der Materialherstellung und Komponentenproduktion über die Modul- und Batterieproduktion bis hin zur Fahrzeugintegration beherrschen die deutschen Hersteller das Batteriesystem und somit die Wertschöpfungskette der Batterie – mit Ausnahme der industriellen Fertigung der Batteriezelle.

Abbildung 12:
Wertschöpfung
in der Batterie-
produktion



Die Technologie der Gesamtbatterie und damit auch der Traktionsbatteriezellen ist ein Schlüsselement für die individuelle Elektromobilität. Die Traktionsbatterie stellt heute mit hohem Wertschöpfungsanteil eine der zentralen Komponenten des Elektrofahrzeuges dar. Die Traktionsbatteriezelle hat eine hohe Bedeutung für die Wertschöpfung des Batteriepacks und beeinflusst im Wesentlichen Performance und Kosten. Die heimischen Hersteller beherrschen das Batteriesystem, und auch die Material- und Komponentenkompetenz ist hierzulande vorhanden. Vor diesem Hintergrund – und unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit – spielen ein ganzheitliches Verständnis und die gesamte Wertschöpfungskette am deutschen Standort eine entscheidende Rolle.

Status Forschung und Entwicklung

Die indirekten Erwartungen der Kundinnen und Kunden an Energiedichte, Reichweite und Kosten der Traktionsbatteriezellen im Gesamtsystem Elektromobilität sind nicht zu unterschätzen. Entsprechende Traktionsbatteriemodule und -systeme werden in Deutschland heute bereits erfolgreich entwickelt und gefertigt. Durch gezielte Forschung und Entwicklung von Traktionsbatteriezellen wurden in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte erzielt – vor allem in Bezug auf Batteriematerialien, Technologie und Leistungsfähigkeit.

Die Fahrzeughersteller haben Leistungs- und Kostenziele auf Batteriezell- und -packebene sowie deren Entwicklung in den nächsten Jahren definiert.

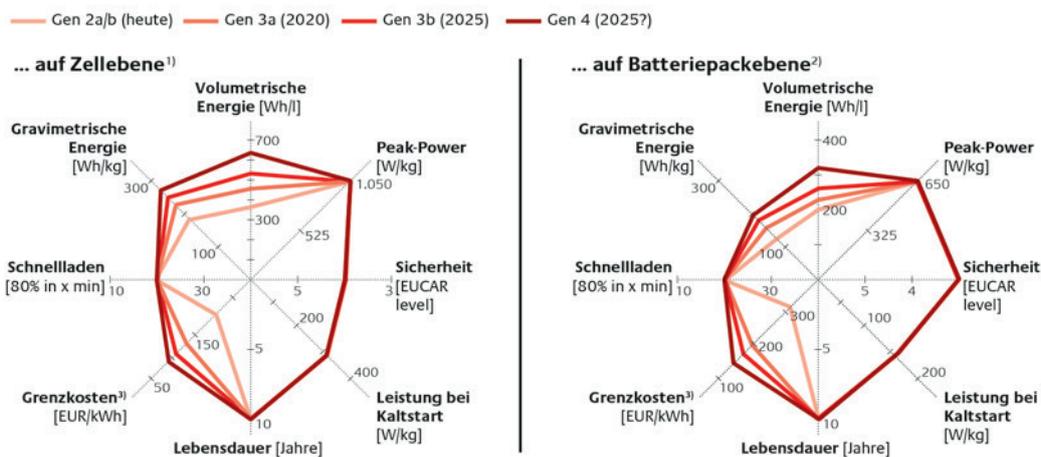


Abbildung 13: Key-Performance-Parameter aus Sicht der Kunden/OEMs für BEVs

1) Batteriezelle für EV 2) Batteriepack für EV mit 80kWh 3) Bei 15 Mio. Zellen über Life-Cycle eines Fahrzeugs oder Fahrzeugfamilie (entspricht heute bei Gen 2a ~70k Fahrzeuge mit 20kWh Energieinhalt)
Quelle: (NPE UAG 2.2 Dr. A. Lamm, Dr. P. Lamp, M. Weiss, 2015)

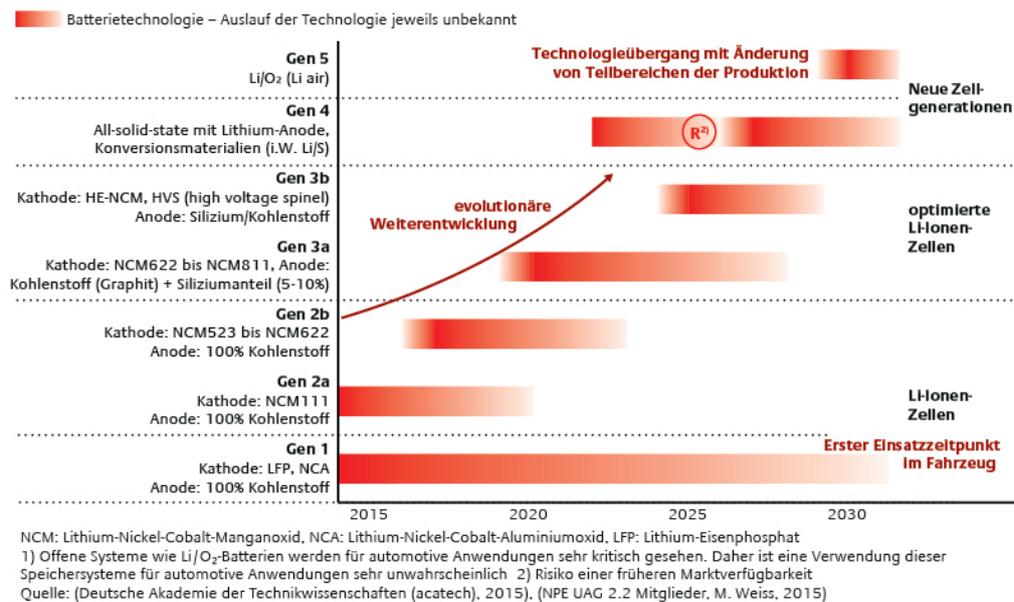
Batterie und Zellproduktion

Bei der Zellproduktion liegt eine klare Dominanz japanischer und koreanischer Hersteller vor. Auch chinesische Hersteller schließen mit großen Schritten auf. Die asiatischen Batteriezellhersteller expandieren nach Europa und stärken durch vertikale Integration in Richtung Modul- und Batteriepackfertigung sowie Zellmaterialien ihre Position. Derzeit ist ein funktionierender Wettbewerb zwischen den Batteriezellherstellern und somit keine Abhängigkeit von einzelnen Anbietern festzustellen. Ein Einstieg für eine Batteriezellproduktion in Deutschland wird auf Basis des Markt- und Technolo-

giestatus nicht vor einer Batteriezellgeneration 3a (optimierte Lithium-Ionen-Zellen) und folgenden, neuen Zellgenerationen empfohlen. Weitere Erläuterungen dazu in der NPE-Roadmap Integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland.

Die Automobilhersteller konzentrieren sich auf den weiteren Auf- und Ausbau der Produktion von -Modulen und Batteriesystemen. Weiterhin entwickeln sie ebenso wie die Zulieferindustrie die nächsten Batterie- und Zellgenerationen.

Abbildung 14:
Entwicklung
Roadmap
Zelltechnologie
2015 bis 2030¹⁾



Bei wachsendem Markterfolg und Hochlauf an Elektrofahrzeugen wird die Nachfrage nach Traktionsbatteriezellen so deutlich ansteigen, dass ein weiterer Ausbau der globalen Zellproduktion notwendig wird. Auf dieser Basis kann der Betrieb einer Zellfabrik auch in Deutschland bzw. in Europa nachhaltig möglich sein.

Ohne den Neueinstieg eines weiteren Anbieters am europäischen Standort kann davon ausgegangen werden, dass auch bei der nachfolgenden Technologiegeneration die asiatischen Batteriezellhersteller den Markt dominieren werden. Bei einer zunehmenden Spezialisierung der Traktionsbatteriezellen könnte jedoch eine Abhängigkeit von asiatischen Herstellern eintreten, insbesondere wenn diese voraussichtlich bereits in den nächsten Jahren in Europa produzieren werden.

Eine Ansiedlung einer Batteriezellproduktion in Deutschland bzw. Europa bietet die Chance, die Kompetenz der hier ansässigen Unternehmen, zum Beispiel Materialhersteller, Maschinen- und Anlagenbauer, und Forschungseinrichtungen aufgrund ihrer räumlichen Nähe eng zu verknüpfen und so eine möglichst vollständige Abdeckung der Wertschöpfungskette Batterie zu erreichen. Zudem besteht die Chance, die Systemkompetenz für die gesamte Batterie in Deutschland und die Innovationsfähigkeit auszubauen.

Der Standort Deutschland mit den neuen Bundesländern ist im internationalen Vergleich mit Standorten wie Korea, Polen und den USA laut NPE-Roadmap attraktiv, wenn insbesondere die Energiekosten wettbewerbsfähig sind. Eine weitere Marktbeobachtung ist erforderlich, um gegebenenfalls politische und wirtschaftliche Ziele zu justieren.

Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion

Hinsichtlich Zell- und Batterieproduktion hat die NPE in einer vorwettbewerblichen Zusammenarbeit, gemeinsam mit der Wissenschaft, der Industrie, den Ministerien (Beirat) und mit Unterstützung einer Unternehmensberatung, die Roadmap zur Zell- und Batterieproduktion in Deutschland erstellt und 2016 veröffentlicht. Diese konzentriert sich auf die Batteriezelle inklusive Zelltechnologie, Produktion sowie Produktionstechnologie, beschreibt entsprechende Einstiegsmöglichkeiten und zeigt Chancen und Risiken auf.

Download NPE-Roadmap zur integrierten Zell- und Batterieproduktion in Deutschland unter: <http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de>



Zur Sicherstellung des Know-hows sowie der Attraktivität des Standorts Deutschland wird empfohlen, die Forschung und Entwicklung bezüglich Batteriematerialien, Zell- und Batterietechnologie sowie -produktion zukünftiger Generationen intensiv fortzusetzen. Hierfür ist auch die Ausbildung von Fachleuten für Zellchemie und Produktionstechnik zu fördern. Die im Rahmen der Roadmap und im wissenschaftlichen Kreis ermittelten 36 Projektskizzen und Projektideen im Bereich F&E in Höhe von etwa 250 bis 280 Millionen Euro wurden den Ministerien beziehungsweise Projektträgern zur Umsetzung vorgeschlagen. Ein Teil dieser Projektideen wurde als Skizze im Rahmen der Bekanntmachung Batterie 2020 – 2. Phase eingereicht oder im Rahmenplan zum Forschungscluster ProZell integriert. Weitere Ideen wurden übernommen oder inhaltlich in anderen Kontexten umgesetzt. Dabei sollte weiterhin ein starker Fokus auf die Anforderungen – insbesondere der Industrie – an eine Gestaltung von F&E-Konsortien gelegt werden.

Rohstoffe für die Batterieherstellung

Die Erwartung des Marktes einer stark steigenden Nachfrage hat seit 2016 den globalen Ausbau neuer Produktionskapazitäten im Bergbau beschleunigt. Zwar werden diese neuen Kapazitäten das Angebot deutlich erhöhen, gleichzeitig bleibt bei fast allen Batterierohstoffen eine hohe Angebotskonzentration bei nur wenigen Marktteilnehmern bestehen. Das Recycling von Traktionsbatterien wird perspektivisch einen Beitrag zur Rohstoffsicherung leisten können. Allerdings werden dem Markt erst in circa zehn Jahren größere Mengen an sekundären Rohstoffen aus dem Batterierecycling zur Verfügung stehen. Erst dann werden höhere Stückzahlen von Altbatterien aus der Nutzungsphase zurückkommen.

Recycling von Lithium-Ionen-Batterien

Das Recycling oder auch die Rückführung gebrauchter Batterien in den Wirtschaftskreislauf zielt auf eine möglichst hohe Wiederverwertung als Sekundärrohstoffe. Bei Geräte- und Industriebatteriezellen² einschließlich Lithium-Ionen-Batterien (LIB) werden in Deutschland die EU-Vorgaben zu Recyclingquoten und Recyclingeffizienz deutlich übertroffen.³

Auch für LIB aus elektromobilen Anwendungen sind bereits Recyclingkapazitäten etabliert. Diese beschränken sich aber derzeit – in Ermangelung von LIB-Rückläufern aus der E-Mobilität – hauptsächlich auf kleinere Mengen aus Test- und Versuchseinrichtungen. Die Batteriesammlung, die Sortierung und die Zuführung zur Wiederverwertung (SSW) wird zum Beispiel von der Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem Batterien, einem der großen europäischen Akteure, durchgeführt.

Grundsätzlich ist es aber auch möglich, dass Batterie- oder Automobilhersteller diese Aufgabe übernehmen. Besondere Vorschriften regeln die Sicherheit bei den unterschiedlichen Prozessschritten vor allem dann, wenn die Batterien beschädigt sein sollten. Das Recycling von Rückläufern aus der E-Mobilität erfolgt standardmäßig nach dem Erstgebrauch⁴, beispielsweise in einem Elektroauto. In verschiedenen Feldversuchen wird derzeit die Anwendung von Batterierückläufern aus der E-Mobilität in einer meist weniger anspruchsvollen Anwendung getestet, zum Beispiel als stationäre Netzbatterien, mit dem Ziel der technischen Machbarkeit und vor allem der wirtschaftlichen Attraktivität („Second Use“). Das eigentliche Recycling beginnt dann bei der Entladung der Batterie und geht über die manuelle Zerlegung zu einzelnen Batteriezellen sowie die nachfolgende mechanische Zerkleinerung bis hin zur Aufarbeitung in einem geschlossenen Prozess. Aus wirtschaftlichen Gründen kann die Sekundärrohstoffverwertbarkeit durchaus auch in Nichtbatterieanwendungen erfolgen. In Batterieanwendungen werden derzeit Kobalt und Kupfer als Sekundärrohstoffe geschätzt, bei weiter steigenden Rohstoffpreisen könnten Nickel und Lithium hinzukommen.

In zahlreichen, zum Teil bereits abgeschlossenen Forschungsprojekten aus EU- und nationaler Förderung⁵ haben die Kooperationspartner aus Industrie und Wissenschaft vor allem die Recyclingeffizienz, die Recyclinglogistik, die Sekundärrohstoffverwertbarkeit sowie die Ökobilanz untersucht. Technisch ist eine Recyclingeffizienz von immerhin 80 Prozent erreichbar. Ferner kann als Ergebnis aus einer Reihe von Forschungsprojekten (unter anderem Lithorec-II und EcoBatRec) unter anderem des Lithorec-II-Prozesses festgehalten werden, dass die CO₂-Emissionen bei der Herstellung einer Batterie aus Sekundärrohstoffen etwa 50 Prozent des Wertes aus Primärrohstoffen⁶ ausmachen. Zukünftig wird es darum gehen, den CO₂- und Energie-„Fußabdruck“ bei Batterien aus Sekundärrohstoffen zu senken und gleichzeitig die wirtschaftliche Attraktivität der Verfahren zu verbessern.

Für die meisten Recyclingverfahren ist zuerst die Entladung und Zerlegung der Batteriepacks in Module erforderlich. Daran schließen sich entweder weitere Zerlegungsschritte (bis zu den einzelnen Zellen) oder direkt pyrometallurgische und hydrometallurgische Verfahren zum Aufschluss und zur nachgelagerten Separation der einzelnen Metalle an. Es ist hervorzuheben, dass ein effektives und modernes Recycling einen deutlich günstigeren ökologischen Fußabdruck (CO₂-Bilanz) hat als die Primärgewinnung der Metalle. Einige metallurgische Recyclingverfahren sind im Pilotmaßstab (wenige Tausend Jahrestonnen) bereits etabliert. Nachholbedarf besteht in den vorgelagerten Schritten wie Sammlung, Logistik und Zerlegung/Demontage.

3.2 Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette

Ziel: Deutschland sichert durch Elektromobilität das hohe Niveau der Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

In der deutschen Automobilindustrie sind derzeit rund 800.000 Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer entlang der gesamten Wertschöpfungskette beschäftigt. Besonders stark sind die deutschen Fahrzeughersteller im Export aufgestellt: Mit über 50 Prozent dominieren die Marken deutscher Konzerne die wichtigsten Elektro-Pkw-Märkte. In einigen westeuropäischen Märkten und in Japan sind es sogar über 60 Prozent.

Deutschlands Fachkräfte sind heute schon hervorragend qualifiziert. Um das hohe Niveau der Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette weiterhin zu halten, müssen die Fachkräfte jedoch ausreichend für die systemische Innovation dieser Tragweite vorbereitet werden. Die Zielsetzung, Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität zu werden, stellt Unternehmen deshalb vor neue Herausforderungen: Fachkräfte benötigen Fähigkeiten und Kompetenzen für die Gestaltung von global funktionierenden Geschäftsmodellen, welche entscheidend für den Innovationserfolg sein werden. Es geht um ein integriertes Miteinander von Energie- und Verkehrsmanagement, neuartigen Infrastrukturen und Smart Services – und gleichzeitig um deren nachhaltige Einbettung in die unterschiedlichen lokalen Gegebenheiten der Weltmärkte. Eine internationale Ausrichtung der Ausbildung und Qualifizierung von Fachkräften wird zunehmend wichtiger.

Die Gestaltung technologischer, marktwirtschaftlicher, politischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen, insbesondere für die Ausbildung und Qualifizierung der Fachkräfte – ob Ingenieurinnen und Ingenieure oder Facharbeiterinnen und Facharbeiter –, ist deshalb zukunftsentscheidend für Deutschland. Im Rahmen der akademischen Bildung wurden bereits neue, elektromobilitätsrelevante Inhalte in bestehende ingenieurwissenschaftliche Studiengänge wie Fahrzeugtechnik, Maschinenbau oder Elektro- und Informationstechnik integriert. Damit wurde der Grundstein für die adäquate Qualifizierung, Nachwuchssicherung und Fachkräfteentwicklung gelegt. Zunehmend lassen sich auch strukturierte Lehrangebote im Bereich der Masterstudiengänge identifizieren, sei es in Form separat akkreditierter Studiengänge oder durch einen strukturierten Modulkatalog.

Über die grundständige akademische Qualifizierung hinaus besteht allerdings ein dringender Bedarf zur postgradualen Weiterbildung von Ingenieurinnen und Ingenieuren im Bereich der Elektromobilität. Berufsbegleitende Masterstudiengänge an den Fachhochschulen sowie Studienangebote an den Universitäten sind entsprechend den Unternehmensanforderungen weiterzuentwickeln.

Hochschulen, Forschungsinstitutionen und Ausbildungsstätten sind gut aufgestellt und verfügen über elektromobilitätsspezifische Qualifizierungskonzepte. Gemeinsam haben NPE und BMBF mit den beiden Nationalen Bildungskonferenzen „Elektromobilität“ (2010 in Ulm, 2015 in Berlin) den relevanten Akteuren in Ausbildung und Qualifizierung einen Rahmen zum Austausch und Impuls zum Handeln gegeben.

Im Ergebnis wurden Ausbildungsordnungen in fahrzeugtechnischen Berufen wie zum Beispiel der Kfz-Mechatronik neu geordnet. Ferner wurden in den elektrotechnischen Berufen die Anforderungen der Elektromobilität in den unterschiedlichsten Regelungen aufgenommen. Die Bundesregierung setzt den kontinuierlichen Modernisierungsprozess der beruflichen Aus- und Weiterbildung auf dieser Basis weiter fort. So wurden in 2017/2018 beispielsweise die industriellen Metall- und Elektroberufe vor allem im Hinblick auf digitale Kompetenzanforderungen modernisiert (Inkrafttreten der Änderungsverordnungen zum 1. August 2018).

Im Bereich Hochschulen und Fachhochschulen sind (Januar 2017) bereits 16 Studiengänge unmittelbar auf Elektromobilität ausgerichtet, fünf davon berufsbegleitend. Daneben bieten 14 Masterstudiengänge auch ohne die explizite Bezeichnung „Elektromobilität“ einschlägige inhaltliche Vertiefungsmodule. Darüber hinaus unterstützt die Förderung von Forschungsprojekten auch das Thema Ausbildung: So sind beispielsweise allein in dem vom BMBF geförderten Forschungsprojekt „Fahrzeugkonzept für die urbane Elektromobilität (Visio.M)“ an der Technischen Universität München 52 Dissertationen zu Fragen der Elektromobilität entstanden.

Im Rahmen des Förderprogramms „Schaufenster Elektromobilität“ wurden Projekte zu Aus- und Weiterbildung gefördert, um insbesondere die weitere Verzahnung von Innovationen und Ausbildung im Bereich Elektromobilität zu verbessern und Fachkräfte für die neuen Anforderungen der Innovationen in diesem Bereich zu qualifizieren.

Internationale Vernetzung von Ausbildung und Qualifizierung

Die internationale Vernetzung von Ausbildung und Qualifizierung ist ein wichtiger Eckpfeiler zur Sicherung der Leitanbieterschaft. Dazu gehören Kompetenzportfolios, in denen die für einen globalen Elektromobilitätsmarkt erforderlichen Fachkräftekompetenzen beschrieben werden. Diese Portfolios decken die komplette Wertschöpfungskette ab und berücksichtigen technologische Transformationsprozesse sowie veränderte Service- und Beratungsanforderungen ebenso wie neuartige Systemdienstleistungen. Durch die Förderung von Bildungsallianzen können global angelegte Geschäftsmodelle für den Gesamtkomplex der Elektromobilität gezielt in lokale Gegebenheiten eingebettet werden. Mit einer strategisch angelegten Fachkräfteentwicklung und einem partnerschaftlichen Fachkräfteaustausch können die für globale Kollaborationen notwendigen Personalressourcen aufgebaut werden.

Neue Lehr- und Forschungskonzepte zur Stärkung der Interdisziplinarität

Eine Optimierung des Gesamtsystems Mobilität erfordert ein signifikant verbessertes systemisches Verständnis. Dieses wiederum setzt eine nachhaltige Stärkung der Interdisziplinarität voraus, mit dem Ziel, komplexe Fragestellungen in multidisziplinären Teams effizient und erfolgreich zu bearbeiten. Dies wiederum erfordert neue Lehr- und Forschungskonzepte, welche verschiedene Theorie miteinander vernetzen, indem beispielsweise klar definierte Projekte und „Case Studies“ integriert werden. Dabei gilt es, Erfolgsfaktoren aus etablierten Formaten wie „Formula Student“ zu identifizieren und zu integrieren. Diese interdisziplinären Lehr- und Forschungskonzepte stellen gleichzeitig einen hervorragenden Rahmen zur Weiterentwicklung der Zusammenarbeit und Durchlässigkeit zwischen akademischer und beruflicher Bildung dar.

Agile Weiterbildung und Fachkräfteentwicklung

Der systemische Ansatz erfordert im akademischen Bildungsbereich eine engere Vernetzung der Fakultäten und Anpassungen der Studieninhalte sowie die Einbindung bisher nicht beteiligter Fachdisziplinen. Eine besondere Bedeutung kommt dem Ausbau der postgradualen Weiterbildung zu, um das Fach- und Prozesswissen berufserfahrener Expertinnen und Experten in neuen Markt- und Systeminnovationen anschlussfähig zu machen.

Im Bereich der beruflichen Bildung kann auf dem in den Berufsprofilen angelegten prozessorientierten Qualifizierungsansatz mit einer modular gestalteten Weiterbildung und berufsübergreifenden Vernetzung aufgebaut werden. Neue Qualifizierungsformate, adaptive Lernsysteme und smarte Wissensdienste verbessern ebenfalls die Durchlässigkeit zwischen akademischem und beruflichem Bildungsbereich.

Für die Umsetzung selbst sind die personelle und technische Ausstattung von Bildungszentren als multifunktionale Dienstleistungs-, Technologie- und Demonstrationzentren und die Qualifizierung der Auszubildenden, der Trainerinnen und Trainer sowie der Berufsschullehrkräfte eine wesentliche Grundvoraussetzung.

Nachwuchswerbung

Die Fachkräftelücke bei Ingenieurinnen und Ingenieuren und vor allem auch bei Facharbeiterinnen und Facharbeitern wird sich in den nächsten Jahren erheblich vergrößern. Bis zum Jahr 2030 werden rund 10,5 Millionen Personen mit abgeschlossener Berufsausbildung durch das altersbedingte Ausscheiden der geburtenstarken Jahrgänge („Baby-Boomer-Generation“) den Arbeitsmarkt verlassen. Im selben Zeitraum kommen der Projektion zufolge aber nur etwa 7,5 Millionen überwiegend jüngere Personen nach, die in das Erwerbsleben eintreten. Vor allem bei Fachkräften mit einer gewerblich-technischen Berufsausbildung sowie mit einem Meister- oder Technikerabschluss wird in fast allen Regionen bereits zum Ende dieses Jahrzehnts ein Engpass von rund 1,3 Millionen Fachkräften entstehen.

Bei der Gewinnung von Nachwuchskräften kommt der Darstellung der Ausbildungsmöglichkeiten und der beruflichen Entwicklungschancen in der Elektromobilität eine besondere Bedeutung zu.

Hier besteht das große Potenzial, insbesondere junge Menschen durch eine innovative Technologie für die Berufsbildung zu gewinnen. Dabei ist es wichtig, dass die Elektromobilität in ihrem wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gesamtzusammenhang und die relevanten Ausbildungsberufe im Kontext der Handlungsfelder der Elektromobilität und der sie prägenden Produkte und Dienstleistungen dargestellt werden. Bei der Gewinnung von Fachkräften ist die Gruppe der Frauen stärker in den Fokus zu rücken. Langfristig kann auch durch Zuwanderung zusätzliches Fachkräftepotenzial erschlossen werden.

Investitionen und Maßnahmen zur Attraktivitätssteigerung der Berufe im Umfeld der Elektromobilität sollten bereits in der Schule ansetzen. Hier sei beispielsweise auf das Berufsorientierungsprogramm der Bundesregierung und die MINT-Bildung (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) verwiesen. Wettbewerbe und Initiativen wie mobile Informationsangebote (berufsspezifische Schulungscontainer), „Jugend forscht“, der „Tag der Technik“, „Girlsday“ oder auch Leistungswettbewerbe sowie vor allem Betriebspraktika können hier eine entscheidende Initiierungsfunktion innehaben.

Die Begeisterung für Elektromobilität könnte beispielsweise durch den Einsatz von elektrisch angetriebenen Schulbussen geweckt werden, um damit die Elektromobilität im wahrsten Sinne des Wortes erfahrbar zu machen.



Weiterführende Informationen und Links:

Kompetenz-Roadmap 2015: http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG5_Kompetenz-Roadmap_barrierefrei-bf.pdf
Begleitforschungsprojekte NQuE: www.nque.de
Qualifizierungsprojekte in den Schaufenstern Elektromobilität:
www.schaufenster-elektromobilitaet.org

3.3 Schaufenster Elektromobilität

Erfahrungen, wie das Gesamtsystem Elektromobilität ausgestaltet werden kann, wurden zwischen 2013 und 2016 in der Praxis getestet: im Schaufensterprogramm Elektromobilität. Mit diesem Förderprogramm setzte die Bundesregierung gemeinsam mit sechs Bundesländern eine zentrale Maßnahme ihres 2011 beschlossenen Regierungsprogramms Elektromobilität um und positionierte die Schaufensterprojekte als Tor zur Gesellschaft. Im April 2012 wählte eine Fachjury der Bundesregierung folgende vier Schaufensterregionen aus:

- ELEKTROMOBILITÄT VERBINDET (Bayern-Sachsen)
- Internationales Schaufenster Elektromobilität (Berlin-Brandenburg)
- LivingLab BW^e mobil (Baden-Württemberg)
- Unsere Pferdestärken werden elektrisch (Niedersachsen)

Die NPE unterstützte und begleitete die einzelnen Schaufenster in ihrer Entstehung und während der gesamten Laufzeit.

Ziel des Schaufensterprogramms war es, die Kompetenzen in den Bereichen Elektrofahrzeug, Energieversorgung und Verkehrssystem in ausgewählten, groß angelegten regionalen Demonstrations- und Pilotvorhaben systemübergreifend zu bündeln und sichtbar zu machen. In enger Kooperation von öffentlicher Hand, Industrie und Wissenschaft wurden dabei die innovativen Elemente der Elektromobilität im Zusammenspiel erprobt. Vor allem aber konnte das Programm die Elektromobilität für die Bürgerinnen und Bürger erlebbar machen und damit wichtige Impulse für den Markthochlauf setzen. Innerhalb der definierten Schaufenster wurden herausragende Qualifizierungsprojekte sichtbar gemacht.

Die Schaufenster zeigen: Die Erhöhung der Nutzerakzeptanz erfordert eine gezielte und verständliche Kommunikation und Wissensvermittlung aller an Elektromobilität Beteiligten und Interessierten.



Der Abschlussbericht zu den Schaufenstern wurde im April 2017 auf der Hannover Messe Industrie an die Nationale Plattform Elektromobilität übergeben und veröffentlicht. Link: http://schaufenster-elektromobilitaet.org/media/media/documents/dokumente_der_begleit_und_wirkungsforschung/EP30_Abschlussbericht_2017_der_Begleit_und_Wirkungsforschung.pdf

Ziel der beiden Bundesländer Bayern und Sachsen war es, gemeinsam wirtschaftlich tragfähige Geschäftsmodelle für die Elektromobilität zu entwickeln und zu etablieren. Themenschwerpunkte waren dabei Langstreckenmobilität, urbane und ländliche Mobilität, internationale Verbindungen – insbesondere durch die Zusammenarbeit mit Österreich und der Provinz Québec in Kanada – sowie Aus- und Weiterbildung.

In Bayern dienten die Projekte insbesondere der Forschung und Erprobung einer anwendungs- und technologieorientierten Marktvorbereitung. So konnte beispielsweise durch das Schnellladeprojekt an der Autobahn A9 erstmals eine Achse zwischen zwei deutschen Metropolen – München und Leipzig – elektrisch verbunden werden. Projekte im Flottenmanagement, Mobilitäts- und Wirtschaftlichkeitsanalysen sowie Beratungs- und Schulungsaktivitäten lieferten ebenfalls wichtige Ergebnisse. Das Gesamtsystem Elektromobilität wurde exemplarisch in dem Projekt der Landeshauptstadt München und ihrer Partner abgebildet. Gemeinsam entwickelten sie einen Masterplan, der die Auswirkungen der Elektromobilität auf die künftige Stadtentwicklung, Infrastruktur und Verkehrsplanung erstmals aus Sicht einer Großstadt beschreibt. Die aus der Projektleitstelle entstandene Kompetenzstelle Elektromobilität Bayern ist zentraler Partner für sämtliche Aktivitäten im Freistaat und treibt den Markthochlauf zum Massenmarkt Elektromobilität gezielt voran.

Link zur Website: www.bayern-innovativ.de/elektromobilitaet/

In Sachsen wurden Elektro- und Hybridbusse sowie elektrische Nutzfahrzeuge weiterentwickelt und getestet. Langstreckenpendlerinnen und -pendler wurden als Zielgruppe ebenso erschlossen wie Behörden, zum Beispiel die Polizei mit der Anschaffung von 44 E-Fahrzeugen. Andere Projekte erprobten die Mehrfachnutzung oder adressierten Ladetechnologien und Elektromobilität auf dem Land, unter Einbindung erneuerbarer Energien, Speicher, Energiemanagement und Geschäftsmodellentwicklung. Weitere Themen waren unter anderem die Hybridisierung von Schienenfahrzeugen sowie das Recycling von Batterien. Gemeinsam mit den bayerischen Partnern wurden vielfältige Ausbildungsangebote geschaffen, beispielsweise „Berater für Elektromobilität (HWK)“. Schwerpunkte sind unter anderem der Ausbau von Testfeldaktivitäten, intelligente Infrastruktur und die Einbindung der Kommunen. Sachsen bietet durch die Vielfalt an Forschungseinrichtungen und Industrieunternehmen attraktive Rahmenbedingungen.

Link zur Website: www.saena.de/projekte/schaufenster-elektromobilitaet.html

**DAS SCHAUFENSTER
ELEKTROMOBILITÄT
IN BAYERN
UND SACHSEN:
Elektromobilität
verbindet**

**40 Projekte, mehr
als 300 Ladepunkte,
circa 400 Elektro-
fahrzeuge und
rund 100 Akteure.**



**INTERNATIONALES
SCHAUFENSTER
ELEKTROMOBILITÄT
BERLIN-
BRANDENBURG**

**100 Projekte,
770 Ladepunkte,
4.600 Elektrofahr-
zeuge, 500 Akteure:**
Internationales
Schaufenster
Elektromobilität
Berlin-Brandenburg
brachte
Investitionen und
Arbeitsplätze.

Die Hauptstadtregion wurde mit dreißig Kernprojekten und einem Gesamtvolumen von rund 76 Millionen Euro zum größten „Praxislabor“ Deutschlands. Etwa 31 Millionen Euro davon brachten allein die beteiligten Unternehmen in die Vorhaben ein.

Über 500 Akteure aus allen Wertschöpfungsbereichen engagieren sich darüber hinaus in der Region für die Weiterentwicklung der Elektromobilität. Nicht zuletzt aufgrund der Themen und der Außenwirkung der Schaufensterprojekte etabliert sich Berlin zunehmend als Investitionsstandort für das Thema Elektromobilität – allein 2016 wurden Investitionen in Höhe von 39 Millionen Euro in diesem Bereich getätigt und 425 Arbeitsplätze geschaffen, sowohl von etablierten Unternehmen als auch von Start-ups. Berlin bietet hervorragende Möglichkeiten zur sichtbaren und pilothaften Anwendung nachhaltiger Mobilitätskonzepte in Verbindung mit dem Energieland Brandenburg.

Weitere Informationen zu Projekten und Partnern im Schaufenster unter:
www.emo-berlin.de/schaufenster



**SCHAUFENSTER
ELEKTROMOBILITÄT
LivingLab
BW^e mobil**
34 geförderte
Projekte,
2.000 Elektrofahr-
zeuge,
1.000 aufgebaute
Ladepunkte, mehr
als 18 Millionen
elektrisch
zurückgelegte
Kilometer.

In diesem groß angelegten regionalen Pilotvorhaben wurde von 2012 bis 2016 Elektromobilität an der Schnittstelle von Energiesystem, Fahrzeug und Verkehrssystem erprobt. Dazu haben die mehr als 100 beteiligten Partner aus Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand die neue Technologie an vielen Stellen im Land sichtbar gemacht.

Elektromobilität ist vielfältig – zum Einsatz kamen Zweiräder, Pkws, Busse und verschiedene Nutzfahrzeuge. Die Technologie hat ihre Alltagstauglichkeit bewiesen: im ÖPNV und bei Carsharing, als elektrische Taxis, in gewerblichen oder kommunalen Flotten, im Pendlerverkehr und nicht zuletzt in den Fuhrparks des Landes Baden-Württemberg. Damit hat das LivingLab BW^e mobil das System Elektromobilität in seiner Vielfalt abgebildet und ein intermodales, international vernetztes, herstellernahes und bürgernahes Schaufenster Elektromobilität präsentiert.

Eine weitere Erkenntnis: Elektromobilität macht Sinn, ganz besonders im System. Sie ist ein entscheidender Baustein für die Entwicklung hin zur Stadt der Zukunft, in der die verschiedenen elektromobilen Verkehrsmittel im intermodalen Verkehrssystem intelligent miteinander vernetzt sind. Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur ist selbstverständlicher Teil eines integrierten städtischen Serviceangebotes.

Zudem kann Elektromobilität im Sinne einer zukunftsorientierten Verkehrs- und Stadtplanung integraler Bestandteil nachhaltiger Siedlungskonzepte sein. Doch ▶

jeder Technologiewandel ist mit sozialen Veränderungen verbunden. Um die Bürgerinnen und Bürger frühzeitig in diesen Transferprozess zu integrieren, wurden im Rahmen von LivingLab BW^e mobil rund 600 Veranstaltungen durchgeführt und damit über 900.000 Menschen erreicht und über Elektromobilität informiert.

Das baden-württembergische Schaufenster Elektromobilität ist wichtiger Bestandteil einer regionalen Strategie mit dem Ziel, Elektromobilität bis 2020 flächendeckend in Baden-Württemberg nutzbar zu machen. Im Vergleich zum Automobil mit Verbrennungsmotor mit einer 125-jährigen Geschichte zeigt sich, dass die Elektromobilität in ihrer Entwicklung gerade erst gestartet ist. Die Alltagstauglichkeit ist nachgewiesen, doch es fehlen in einigen Anwendungsfällen die Wirtschaftlichkeit und die Bereitschaft, das bestehende Mobilitätssystem im Sinne der neuen Technologie zu verändern.

Link: <http://www.livinglab-bwe.de/>



Im Gebiet der Metropolregion Hannover/Braunschweig/Göttingen/Wolfsburg wurden zwischen 2012 und 2016 in dreißig Projekten Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Elektromobilität erprobt. Unter dem Titel „Unsere Pferdestärken werden elektrisch“ engagierten sich im Schaufenster Elektromobilität rund 200 Partner aus Wissenschaft, Wirtschaft, Land und Kommunen.

Die Auswahl des Gebietes hat dazu geführt, dass in der zentralniedersächsischen Metropolregion deutlich bessere Bedingungen für den Betrieb von Elektrofahrzeugen bestehen als in den meisten anderen Orten Deutschlands. Dies gilt in erster Linie für die Zahl der öffentlich zugänglichen Ladepunkte (circa 1.300, Stand Juni 2017) sowie für die Umsetzung des Elektromobilitätsgesetzes. In fast allen Städten der Metropolregion mit 3,8 Millionen Einwohnern können Elektroautos gebührenfrei parken.

Die beteiligten Kommunen haben das Schaufenster Elektromobilität besonders geprägt: Mit der Flotte electric wurde eine der größten kommunalen Elektrofahrzeugflotten Europas auf die Straße gebracht. Auch nach der Schaufensterzeit konnte die Elektrifizierung der kommunalen Fuhrparks fortgesetzt werden. Derzeit gibt es rund 200 vollelektrische Fahrzeuge in achtzig Kommunen und kommunalen Betrieben. Die im Schaufenster Elektromobilität gemachten Erfahrungen zeigen, dass große Teile kommunaler Fuhrparks schon mit dem heute verfügbaren Fahrzeugangebot elektrifiziert werden können. Mit dem Amt electric hat die Metropolregion eine Einrichtung geschaffen, die Städte und Landkreise in allen Fragen kommunaler Elektromobilität berät. Für verschiedene Kommunen werden lokale Handlungskonzepte erstellt. Über die Entwicklung lokaler Förderstrategien tauscht sich die Metropolregion mit europäischen Partnern aus. Enge Kontakte bestehen länderübergreifend nach Frankreich und Spanien.

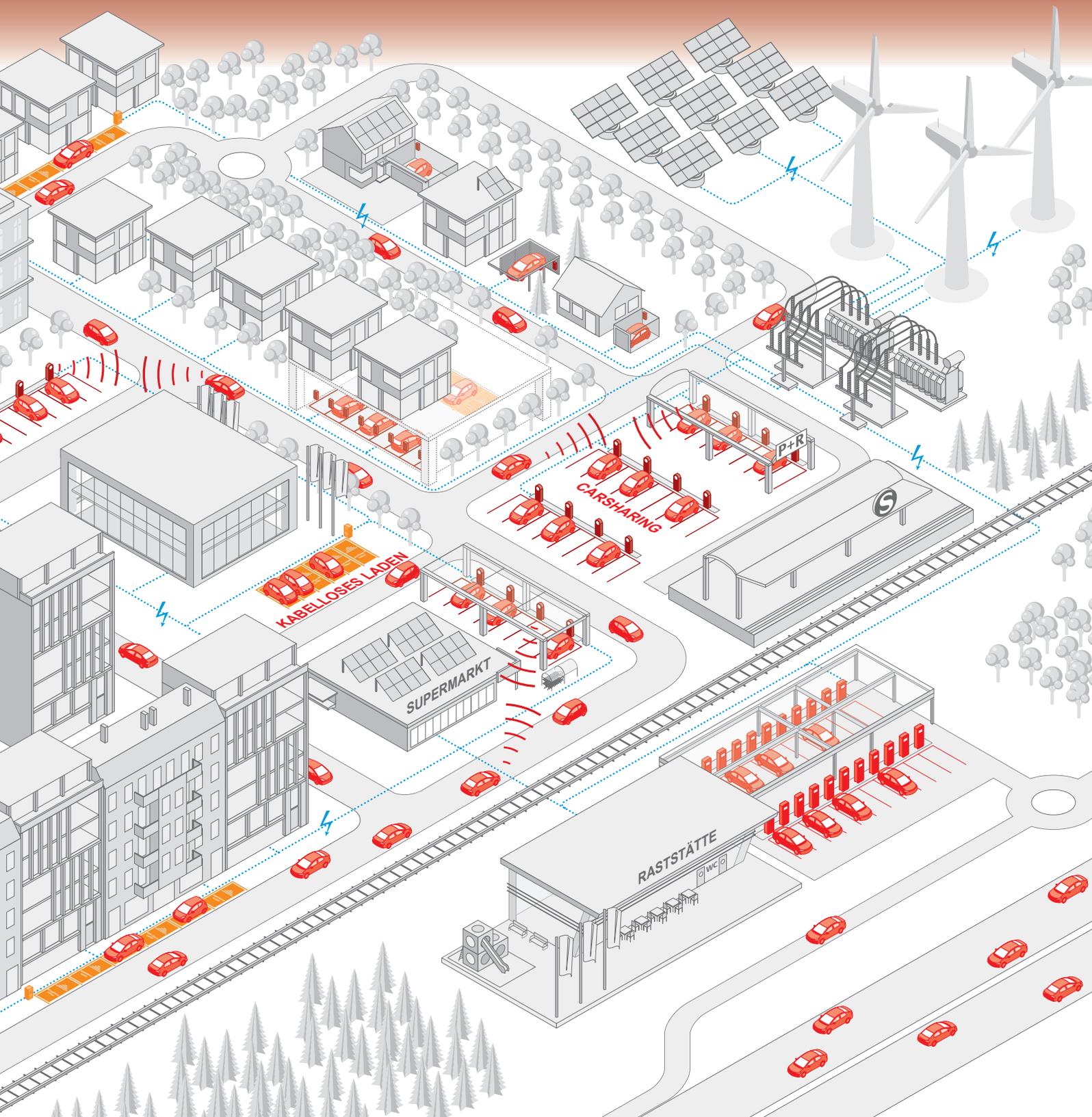
Link: www.metropolregion.de

**INTERNATIONALES
SCHAUFENSTER
ELEKTROMOBILITÄT
NIEDERSACHSEN
40 Projekte, mehr
als 300 Ladepunkte,
circa 400 Elektro-
fahrzeuge und
rund 100 Akteure.**



4

Ausblick 2018 bis 2025



4.1 Ausblick Leitanbieterschaft und Leitmarkt

Leitanbieterschaft

Nach heutigem Erkenntnisstand und konkreten Produktankündigungen werden bis 2020 rund 100 E-Fahrzeugmodelle von deutschen Herstellern verfügbar sein. Bezüglich der Ziele, Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter zu positionieren, gibt die NPE basierend auf der Bestandsaufnahme zur Marktentwicklung einen Ausblick auf die kommenden Jahre bis 2025. Grundlage für die Prognosen sind die bestehenden NPE-Roadmaps sowie bereits umgesetzte und geplante Maßnahmen bezüglich politischer Rahmenbedingungen und Regularien.

Die im Rahmen der EU-Politik bestehenden Regulierungen zum Umweltschutz werden laufend an die Herausforderungen angepasst. Dabei werden unter anderem folgende mögliche Stellhebel diskutiert: Einführung neuer, verschärfter CO₂-Grenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge sowie Überarbeitung der Richtlinie zur öffentlichen Beschaffung sauberer Fahrzeuge.

Mit Blick auf die Ziele im Jahr 2020 sind außerdem weitere Anstrengungen im Bereich Forschung und Entwicklung entlang der gesamten Wertschöpfungskette notwendig, um auch in der Zukunft zu den internationalen Leitanbietern zu gehören. Die Elektromobilität ist eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts – viele Industriezweige und Dienstleistungsbereiche sind beteiligt. Deshalb ist es wichtig, dass zentrale Teile der Wertschöpfungskette in Deutschland gestärkt und ausgebaut werden. Bis September 2017 hat die Bundesregierung 2,2 Milliarden Euro für Elektromobilität bereitgestellt. Die Automobilindustrie und ihre Zulieferer werden bis 2020 allein in die Weiterentwicklung der Elektromobilität circa 40 Milliarden Euro investieren. Damit wird die Position Deutschlands zum internationalen Leitanbieter weiter ausgebaut.

Leitmarkt

Mit Blick auf die weitere Marktentwicklung und hinsichtlich des Ziels für Deutschland, zu den internationalen Leitmärkten aufzuschließen, ist es notwendig, die bisherigen Anstrengungen in gleicher Weise fortzuführen. Bestehende Lücken des Gesamtsystems Elektromobilität müssen schnellstmöglich geschlossen werden. **Ausgehend von der derzeitigen Marktdynamik verschiebt sich die Erreichung des 1-Million-Ziels nach Auffassung der an der NPE beteiligten Expertinnen und Experten voraussichtlich auf 2022.** Die Gründe dafür, zum Beispiel die zeitliche Verzögerung bei der Implementierung des Umweltbonus, die mangelnde zeitnahe Verfügbarkeit von Fahrzeugmodellen sowie die späte Umsetzung des Förderprogramms zum Aufbau der Ladeinfrastruktur, müssen ebenfalls beseitigt werden.

So ist es beispielsweise im kommunalen Bereich an den Städten, begleitende Maßnahmen zur Attraktivitätserhöhung zu ergreifen, um die Elektromobilität zu unterstützen und auf diese Weise gleichzeitig die Luftreinhaltung weiter zu verbessern und Lärm zu vermeiden. Dazu gehört unter anderem die konsequente Nutzung der Ermächtigungen aus dem Elektromobilitätsgesetz.

Daneben sollte auch der Gesetzgeber in einzelnen Bereichen tätig werden, etwa zur Schaffung vereinfachter Genehmigungsverfahren oder auch zur vorgezogenen Umsetzung der europäischen Gebäuderichtlinie (EPBD), welche die Ausstattung von Geschäfts- und Mehrfamilienhäusern mit Ladeinfrastrukturen oder vorbereitenden Maßnahmen vorsieht. Nur mit einer bedarfsgerecht verfügbaren Ladeinfrastruktur lassen sich für die Nutzerinnen und Nutzer geeignete Rahmenbedingungen schaffen, um sie aktiv von einem Umstieg auf Elektroantrieb zu überzeugen.

Im Sinne der Planbarkeit für Verbraucherinnen und Verbraucher sowie Industrie sind zudem klare Strategien hinsichtlich der EEG-Umlage für die Mobilität erforderlich, insbesondere im Kontext der Energiespeicherung im Fahrzeug. Nur bei klaren und nicht wechselnden Rahmenbedingungen entstehen Verlässlichkeit und Vertrauen in das Zusammenspiel von Regulierung und Umsetzung.

Zudem werden für die Prognose Verbesserungspotenziale hinsichtlich der Umwelteigenschaften von Elektrofahrzeugen angenommen, die maßgeblich auf technischen Verbesserungen im Bereich der Batterieeigenschaften, des Antriebsstranges, des Recyclings von Zellen sowie des Fahrzeuggewichtes und einem stetig wachsenden Anteil von erneuerbaren Energien im deutschen Strommix basieren. So dürfte sich die Klimabilanz eines Elektrofahrzeuges mit fortschreitender Energiewende deutlich verbessern.

Mit zunehmender Marktdurchdringung wird auch die Netzintegration von Elektrofahrzeugen an Bedeutung gewinnen. Heute und in näherer Zukunft **stellt das Energienetz für das Laden von Elektrofahrzeugen keine Hürde dar**, zumal aufgrund der Energiewende ein Ausbau der Netze erfolgte und auch weiterhin kontinuierlich erforderlich ist. Künftig können Lastspitzen und damit ein kostenintensiver Ausbau der Elektrizitätsnetze verhindert werden, wenn die Ladung von Elektrofahrzeugen „smart“ gesteuert wird. Obwohl der volkswirtschaftliche Nutzen von „Smart-Grid-Lösungen“ vielfach aufgezeigt wurde, bestehen für die Netzbetreiber derzeit kaum betriebswirtschaftliche Anreize, in diese Technologien zu investieren. Auch hier sind daher die politischen Rahmenbedingungen entscheidend, um das netzgesteuerte Laden über entsprechende Geschäftsmodelle für die Kundinnen und Kunden attraktiv zu gestalten.

Die Realisierung der genannten Elemente wird einen deutlichen Einfluss auf die weitere Marktentwicklung der Elektromobilität haben. Im Sinne des Gesamtsystems Elektromobilität sind darüber hinaus eine breite Modellpalette der Fahrzeughersteller, verfügbare Ladeinfrastruktur, die Entwicklung von Steuern und Abgaben sowie die rechtlichen Bedingungen wichtige Stellgrößen. Der Fokus der Rahmenbedingungen verschiebt sich damit auf ein Themenspektrum, das über die Basisversorgung mit Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur hinausgeht. Das gemeinsame Handeln von Automobilindustrie, Infrastrukturanbietern sowie kommunalen und überregionalen Entscheidern ist notwendig, um den Weg für ein funktionierendes Gesamtsystem zu bereiten.

4.1.1 Marktentwicklung und Rahmenbedingungen

Auf Basis der Marktvorbereitung, des bisherigen Markthochlaufs sowie der aktuell bestehenden Anreize haben an der NPE beteiligte Expertinnen und Experten eine Hochlaufprognose fortgeschrieben. Wie oben beschrieben wird sich nach Auffassung der Expertinnen und Experten ausgehend von der derzeitigen Marktdynamik die Erreichung des 1-Million-Ziels voraussichtlich auf 2022 verschieben.

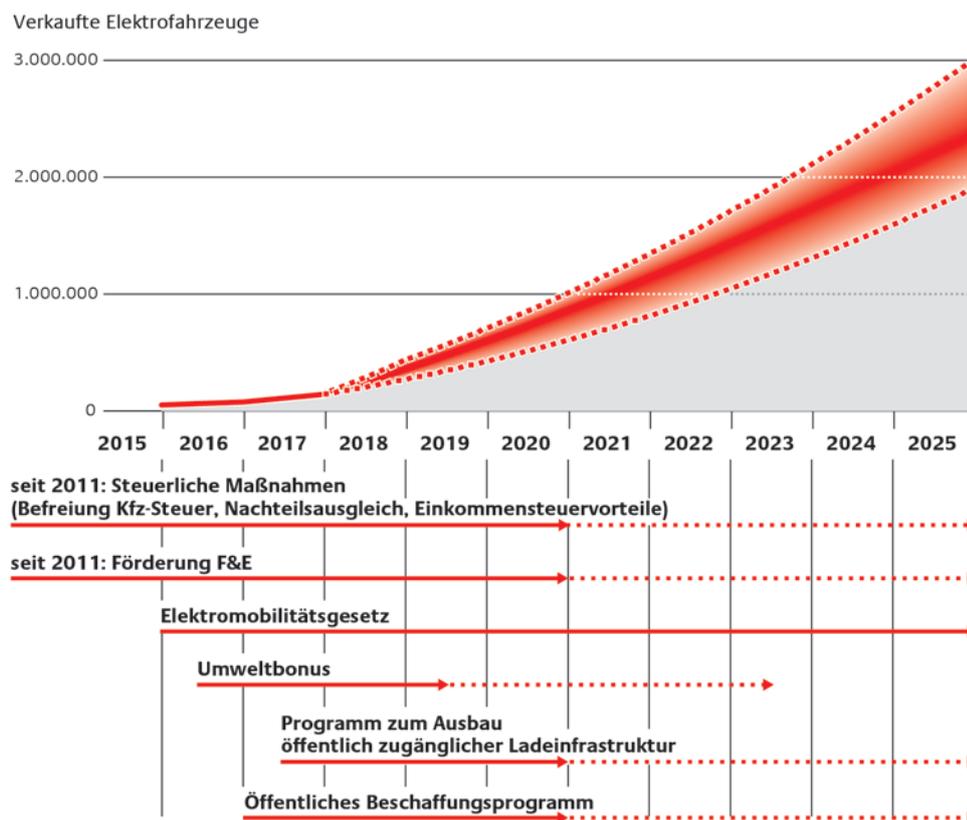


Abbildung 15:
Förder-
maßnahmen

Quelle: NPE Fortschreibung

Diese Prognose der weiteren Marktentwicklung geht von einer Steigerung des Fahrzeugangebotes in allen Segmenten, erhöhten Reichweiten, der Inanspruchnahme des Umweltbonus, den steuerlichen Unterstützungsmaßnahmen, den regulativen Maßnahmen, der Umsetzung der Maßnahmen aus dem Koalitionsvertrag sowie einem deutlich wahrnehmbaren Ausbau von Ladeinfrastruktur aus. Entsprechend der Ausprägung wird ein Modell mit einem konservativen und einem optimistischen Verlauf angenommen.

Die im Koalitionsvertrag beschriebenen Fördermaßnahmen begrüßt die NPE ausdrücklich. Dazu gehören die Absenkung der Dienstwagenbesteuerung auf 0,5% für alle Elektrofahrzeuge (nach eMoG), die Kaufprämie für Nutzfahrzeuge und Taxen, sowie die geplante Sonderabschreibung. Um die Wirksamkeit zu verbessern, sollte bei der Sonderabschreibung auch das Leasinggeschäft einbezogen werden. Die Förderung bei Taxen und Nutzfahrzeugen sollte auch elektrische Fahrdienstleistungen beinhalten.

Eine besondere Rolle betrifft den geplanten Aufbau von Ladeinfrastruktur: die Verfügbarkeit einer verlässlichen, öffentlichen Ladeinfrastruktur ist eine Grundvoraussetzung für den Erfolg der Elektromobilität

Weiterführend empfiehlt die NPE, die zentralen Marktanreizmaßnahmen konsequent fortzuführen: Den Markthochlauf der Elektrofahrzeuge gilt es mithilfe des Umweltbonus von Politik und Automobilherstellern zu unterstützen, bis das 1-Million-Ziel erreicht und ein selbsttragender Markt etabliert ist. Ebenso bedarf es einer einheitlichen und flächendeckenden Umsetzung des Elektromobilitätsgesetzes in den Kommunen. Weiterhin müssen die bestehenden steuerlichen Maßnahmen ebenso fortgeführt werden wie die Förderung von Forschung und Entwicklung.

Die Verstetigung der Ausnahme, Fahrzeuge bis zu 4,25 statt der üblichen 3,5 Tonnen bei elektrischem Antrieb auch mit einem Führerschein der Klasse B steuern zu dürfen, ist ein weiterer Hebel für die Elektromobilität. Ohne diese Verstetigung über 2019 drohen die für den städtischen Verkehr bedeutsamen leichten Nutzfahrzeuge mit einer gegenüber konventionellen Fahrzeugen wettbewerbsfähigen Ladekapazität unter die Vorgaben des Berufskraftfahrerqualifikationsgesetzes und des Führerscheins C1 zu fallen. Pro Fahrzeug beliefen sich diese zusätzlichen Kosten für Aus- und Weiterbildung auf gut 16.000 Euro.

Marktentwicklung bis 2025 und 2030

Die Prognose für den weiteren Markthochlauf bis 2025 gründet auf der aktuellen Marktentwicklung, einem angenommenen PKW-Marktanteil zwischen 15 und 25 Prozent (im Jahr 2025) und der darauf basierenden Fortschreibung des NPE-Hochlaufmodells mit einem konservativen und einem optimistischen Verlauf.

Davon ausgehend wird erwartet, dass im Jahr 2025 die kumulierten Neuzulassungen, je nach Szenario, auf zwischen 1,7 und 3,1 Millionen Fahrzeuge ansteigen; dies würde einem Marktanteil zwischen 4 und 6,5 Prozent entsprechen. Bis 2030 kann sich die Anzahl auf etwa 4,2 bis 7 Millionen Elektrofahrzeuge bei einem Marktanteil von 10 bis 15 Prozent erhöhen.

Damit werden Elektrofahrzeuge auch zu einer attraktiven Steuergröße im Energiemarkt. Die Verschmelzung von Mobilität und Energiedienstleistungen schafft zusätzliche Potenziale für den Klimaschutz und erschließt gleichzeitig neue Geschäftsmodelle für die Fahrzeugnutzerinnen und -nutzer.

4.1.2 Ladeinfrastruktur und Netzintegration

Der Bedarf intelligenter, vernetzter, steuerbarer und damit zukunftsfähiger Ladeinfrastruktur wird stetig steigen, sowohl für öffentlich zugängliche als auch für privat genutzte Ladeinfrastrukturen; diese müssen bedarfsgerecht weiterentwickelt werden.

Um das Ziel von 1 Million Elektrofahrzeugen zu erreichen, ist laut NPE die Installation von 70.000 AC-Ladepunkten und 7.100 DC-Ladepunkten notwendig. Im Jahr 2025 werden nach dem NPE-Hochlaufszenario 130.000 bis 190.000 öffentliche AC-Lade-

punkte und 13.000 bis 19.000 öffentliche DC-Ladepunkte benötigt. Akuter Handlungsbedarf ergibt sich beim Ausbau der privaten Ladeinfrastruktur. Zur Unterstützung des Hochlaufszenarios müssen 2,4 bis 3,5 Millionen private Ladepunkte installiert sein. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen insbesondere Förderprogramme für den Auf- und Einbau von Ladeinfrastruktur im privaten Bereich, wie richtigerweise im aktuellen Koalitionsvertrag adressiert, zeitnah initiiert werden.

Ausblick Ladeinfrastruktur 2018 bis 2020

Der weitere Bedarf an Ladepunkten wird auf Basis der Nachfrage und der Erfahrungen der ersten beiden Förderaufrufe 2018 durch das BMVI ermittelt. Diese Bedarfsprognose wird anhand eines Standort-Analyse-Tools unterstützt.

Aus der Entwicklung zwischen 2014 und 2017 ist abzuleiten, dass bis 2020 und darüber hinaus der Bedarf an DC-Ladepunkten steigen wird und von Industrie und Bundesregierung entsprechend forciert werden sollte.

Eine Veränderung des Bedarfs ist jedoch bereits absehbar, denn ab Ende 2018 sollen viele Elektrofahrzeugmodelle mit hohen Reichweiten auf dem deutschen Markt verfügbar sein, die mit deutlich mehr als 50 kW laden können. Die Kundinnen und Kunden erwarten, das Fahrzeug innerhalb möglichst kurzer Zeit aufladen zu können, um auch bei langen Strecken keine zu großen zeitlichen Einbußen hinnehmen zu müssen. Um das Kundenbedürfnis für die Langstreckenmobilität besser befriedigen zu können, müssen bis 2020 die beantragten **DC-Ladepunkte mit 150 kW und mehr sowie Spannungen bis 1.000 Volt** eingerichtet werden. Bis 2020 sollte die Lücke gegenüber dem prognostizierten Bedarf geschlossen werden. Auch das Angebot von E-Carsharing-Lösungen erhöht den Anteil an Ladevorgängen im öffentlichen Raum

Ausblick Ladeinfrastruktur 2020 bis 2025

Die Ergebnisse der beiden Förderaufrufe zeigen, dass durch das Förderprogramm die Industrie wichtige Anreize und Impulse erhält, sich am Aufbau von flächendeckender Ladeinfrastruktur zu beteiligen und somit die Entwicklung der E-Mobilität voranzutreiben.

Der Abschätzung des künftigen Bedarfs an Ladeinfrastruktur liegt eine Relation von Ladepunkten und Fahrzeuganzahl zugrunde. Die Europäische Richtlinie für den Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID) gibt dabei ein Verhältnis von 1:10 an (ein Ladepunkt versorgt zehn Fahrzeuge). Jedoch führt dies nach vorliegenden Erkenntnissen nicht zu einer optimalen Auslastung der Infrastruktur. Deshalb geht die NPE für einen bedarfsgerechten Ausbau von einem Verhältnis von 1:14 für den Bereich des öffentlichen Normalladens aus. Mit der besseren Nutzung durch bessere Verteilung der Ladepunkte und größere Reichweiten sinkt der Bedarf im Zeitraum zwischen 2020 und 2025 auf 1:16,5 ab. Für die öffentliche DC-Ladeinfrastruktur ergibt sich daraus eine Relation von rund 1:140 beziehungsweise 1:165 im Jahr 2025, was in etwa dem heutigen Verhältnis zwischen Zapfsäulen und Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor entspricht, wenn die noch längere Ladezeit bei der Elektromobilität berücksichtigt wird.

Neben den beschriebenen Förderbedarfen ist eine Veränderung konkreter Rahmenbedingungen notwendig:

- Für künftige **Förderaufrufe** wird ein **Standort-Tool** mit Verkehrsflüssen und der Berücksichtigung einer attraktiven Ladeumgebung als Entscheidungskriterium befürwortet, um den Bestand analysieren und weitere Verdichtungen sowie den erforderlichen Netzausbau besser planen zu können. In diesem Zusammenhang sollten folgende Themen fokussiert angegangen werden:
- **Wohneigentumsrecht und Mietrecht:** Die angekündigten Reformen des Wohneigentums- und Mietrechts dürften zu einer Erleichterung der Investitionen in Ladeinfrastruktur in gemeinschaftlich genutztem privatem Parkraum führen. Diese Maßnahmen müssen nun zeitnah konkretisiert und umgesetzt werden.
- **EU-Gebäude-Effizienz-Richtlinie:** Die Pflicht zur Verlegung von Leerrohren in Neubauten und großen Umbauten wurde EU-weit beschlossen und sollte deutlich vor der Umsetzungsfrist im Jahr 2021 in nationales Recht überführt werden.
- **Die Pflicht zum Einbau von einem AC-oder DC-Ladepunkt pro Stellplatz** muss gemeinschaftlich mit Politik, Immobilienwirtschaft und Industrie geprüft werden.
- **Bestandsgebäude:** Eine öffentliche Förderung der Lademöglichkeiten inklusive Anschluss- und Installationskosten für Bestandsgebäude wird dringend empfohlen – aktuell stellen insbesondere die Installationskosten ein großes Hemmnis für den Ausbau privater Ladeinfrastruktur dar.
- Ausbau der Ladeinfrastruktur bei Gewerbetreibenden und Flottenbetreibern fördern: Elektrische leichte Nutzfahrzeuge werden vorrangig nachts aufgeladen, da sie tagsüber pausenlos im Einsatz sind. Vor allem bei der nächtlichen Parallelladung mehrerer Fahrzeuge auf Betriebsgeländen ist eine ausreichende Anschlussleistung und Netzkapazität zu gewährleisten. Um den Markthochlauf von elektrischen leichten Nutzfahrzeugen bei Gewerbetreibenden und Flottenbetreibern zu unterstützen, ist daher die Förderung einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur auf privaten/geschlossenen Betriebshöfen eine notwendige Weichenstellung.

Die Abbildung zeigt die Bedarfsentwicklung für die öffentliche Ladeinfrastruktur bei einer Spiegelung dieses Verhältnisses an zwei Szenarien für den Fahrzeughochlauf⁷: zum einen das NPE-Szenario (mittleres Szenario) (2020: 633.000 Fahrzeuge, 2025: 2,1 Millionen Fahrzeuge), zum anderen ein optimistisches Szenario (2020: 1 Million Fahrzeuge, 2025: 3,1 Millionen Fahrzeuge).

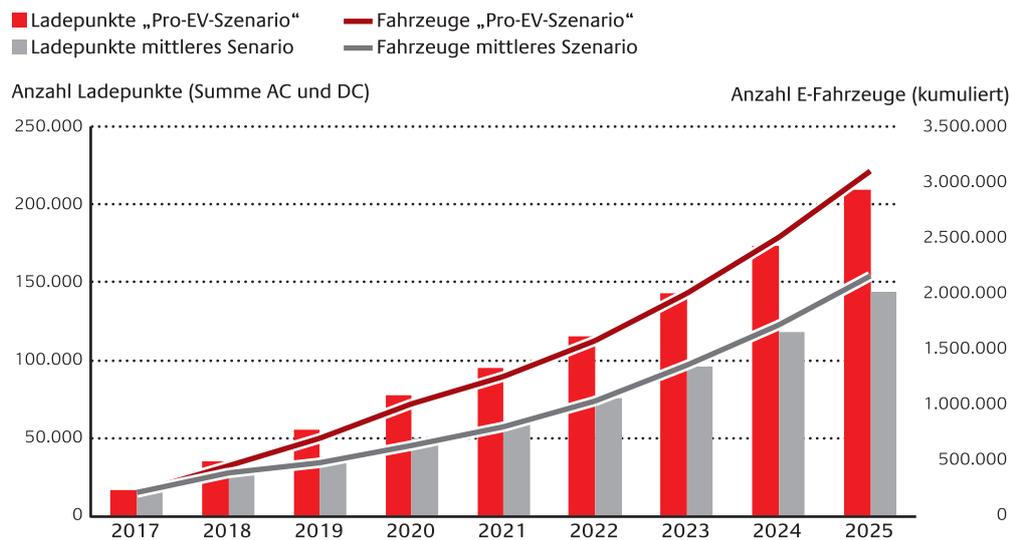


Abbildung 16:
Markthochlauf
E-Fahrzeuge und
Ladeinfrastruktur

Bis 2025 ergibt sich ein Bedarf von 145 Tsd. bis 210 Tsd. Ladepunkten im öffentlichen Bereich und von 2,4 bis 3,5 Mio. Ladepunkten im privaten Bereich.

Bis 2020 müssten entsprechend den beiden Szenarien zwischen 45.000 und 71.000 AC-Ladepunkte sowie zwischen 4.200 und 7.100 DC-Ladepunkte aufgebaut werden.

Bis zum Jahr 2025 wären zwischen rund 130.000 und 190.000 öffentliche AC-Ladepunkte und entsprechend zwischen 13.000 und 19.000 öffentliche DC-Ladepunkte notwendig. Dies würde einer voraussichtlichen Investitionssumme zwischen knapp 2 Milliarden bis knapp 3 Milliarden Euro entsprechen. Hierin sind auch Mittelwerte für die Netzanschlusskosten enthalten, die jedoch sehr variabel sind und für deutliche Abweichungen sorgen können. Wird die Förderquote von 40 Prozent beibehalten, ergibt sich ein grober Förderbedarf von 800 Millionen bis 1,2 Milliarden Euro bis 2025.

Der weit überwiegende Teil der Ladevorgänge wird aber auch künftig im privaten Bereich stattfinden. Für das private Laden ist ein Verhältnis von 1,125:1 sinnvoll. Bezogen auf die beiden oben genannten Fahrzeughochlaufszszenarien ergibt sich daraus ein Bedarf zwischen 2,4 Millionen und 3,5 Millionen Ladepunkten im Jahr 2025, die mit einem Investitionsbedarf zwischen 4,4 und rund 6,3 Milliarden Euro verbunden sind. Sinnvoll wäre ein Investitionskostenzuschuss abhängig von der Investitionssumme.

Es ist davon auszugehen, dass von heute bis 2025 ein selbsttragender Markt für die Installation und den Betrieb von öffentlichen sowie privaten Ladepunkten stark von der Entwicklung des Fahrzeughochlaufs abhängt. Der weitere Förderbedarf nach 2020 muss daher weiter spezifiziert werden.

Ausblick Netzinfrastruktur 2018 bis 2025

Der absehbare Fahrzeughochlauf führt zu einer Erhöhung der Stromnachfrage und steigert den Bedarf an Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien moderat.

Selbst bei 3 Millionen Elektroautos im Jahr 2025 mit einer jährlichen Fahrleistung von 15.000 Kilometern und einem Durchschnittsverbrauch von 15 kWh auf 100 Kilometern läge der Stromverbrauch bei unter 7 TWh. Da der Nettostromverbrauch in Deutschland 2016 bei 524 TWh lag, stiege damit der Stromverbrauch bis 2030 lediglich um etwa 1,5 Prozent an.

Wenn 3 Millionen Elektroautos mit der heute vorherrschenden AC-Ladeleistung von 3,7 kW im Durchschnitt intelligent laden und dabei eine Gleichzeitigkeit von 20 Prozent angenommen wird, entspricht das unter heutigen Bedingungen einer Last von 2,25 GW. Damit stiege die Spitzenlast im deutschen Verteilnetz 2025 um 7 Prozent. Auf den ersten Blick erscheint diese Zahl gering. Sie ist jedoch differenziert zu betrachten, da sich die Last regional und lokal unterschiedlich verteilen wird:

Ländliche Gebiete haben für den Anschluss der dezentralen Stromerzeugung aus Photovoltaik und Windenergie viel Netzausbau betrieben. Der Lastanstieg durch Elektroautos könnte daher noch einige Jahre durch die Netzkapazitäten für die Einspeisung überkompensiert werden.

Die zunehmende Elektromobilität führt also zu einer veränderten Belastung des Stromnetzes. Die Verteilnetze müssen deshalb für die Anforderungen der Elektromobilität in bestimmten Bereichen verstärkt und umgerüstet werden. Die technische Bedeutung der Stromnetze wird durch bidirektional wachsenden Energietransport steigen.

Es sind demnach Maßnahmen zu untersuchen, die den Netzausbaubedarf optimieren können: Das Elektrofahrzeug als großer Verbraucher im Haus und die Elektrofahrzeugflotte in Unternehmen können in Kombination mit Lademanagementsystemen zur Verstärkung von Eigenerzeugung und Netzlasten beitragen. Die Verfügbarkeit von Prognose- und Echtzeitdaten aus Elektrofahrzeugen als (mobilem) Speicher sowie aus dem Fahr- und Ladeverhalten der Kundin beziehungsweise des Kunden in Verbindung mit Gebäude-, Erzeugungs- und Netzdaten bietet die Möglichkeit für sektorübergreifende E-Mobilitätsdienstleistungen und zur Netzstabilisierung.

Die Kopplung der Sektoren **Elektrizität, Wärmeversorgung und Verkehr** kann mit Blick auf die Elektromobilität nicht nur für eine erfolgreiche Netzintegration sorgen, sondern vor allem auch Synergieeffekte bei der Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien erzeugen sowie die steigende Strom- und sinkende Kraftstoffnachfrage durch Preissignale steuern.

Ab mehreren Millionen Fahrzeugen wird außerdem die Unterstützung der Systemstabilität des Energienetzes etwa durch dynamische (Regelungs-)Vorgänge relevant. Geeignete Protokolle und Regelungsmechanismen müssen entwickelt und harmonisiert werden.

Damit die Sektorkopplung zu einem Schlüsselkonzept der Energiewende mit künftig 100 Prozent erneuerbarer Energie wird, gilt es, bei der Netzintegration der E-Fahrzeuge sowie bei der Neugestaltung von Steuern und Abgaben auf Energieträger wichtige Weichen zu stellen.

Strompreise können E-Mobilität anreizen, wenn Preisbestandteile gesenkt werden.

Ein Großteil des Strompreises ist durch Steuern und Abgaben definiert – dieser Preishebel wird Einfluss auf die Preisbildung für die Endkundin beziehungsweise den Endkunden und damit für den Erfolg der Elektromobilität haben.

4.1.3 Normung, Standardisierung und Zertifizierung

Im Bereich Normung, Standardisierung und Zertifizierung gibt die NPE für den Zeitraum 2018 bis 2020 Empfehlungen zu den folgenden Handlungsfeldern:

Kabelgebundenes Laden mit höheren Ladeleistungen

Für die Phase der Etablierung eines Massenmarktes bleibt der bedarfsgerechte Aufbau von Ladeinfrastruktur der Schlüssel zum Erfolg. Dabei müssen insbesondere auch Ladepunkte mit Ladeleistungen von 150 bis 400 kW angeboten werden. Wo es notwendig ist, sollte der Aufbau mit weiteren Fördermitteln unterstützt werden. Ebenso sollte dies durch adäquate Angebote auf Fahrzeugseite ergänzt werden, die mit den genannten Ladeleistungen auch tatsächlich konform gehen.

Kabelloses Laden

Das kabellose Laden von Elektrofahrzeugen ist eine weitere Kundenanforderung mit dem Ziel, die Nutzung des Elektrofahrzeuges so komfortabel wie möglich zu gestalten. Es wird erwartet, dass für das kabellose Laden zeitnah erste Lösungen am Markt angeboten werden.

Für den Ausbau einer Ladeinfrastruktur zum kabellosen Laden im öffentlichen Raum sind entsprechende Normen für interoperable Lösungen erforderlich.

Diese Arbeiten zur Normung an technologieoffenen, interoperablen Lösungen für das sichere kabellose Laden laufen in diversen international aufgestellten Arbeitskreisen. Die Normung befasst sich derzeit mit Ladeleistungen von 3,7 kW bis 11 kW, perspektivisch werden auch Ladeleistungen von bis zu 22 kW diskutiert. Die bisher fehlenden praktischen Erfahrungen mit kabellosen Ladesystemen stellen die Normungsarbeit vor besondere technische Herausforderungen. Dennoch wurde mit einer Fertigstellung der Normen bis 2020 ein ambitioniertes Ziel aufgestellt. Um dieses zu erreichen, werden die Normungsprojekte durch Forschungsprojekte, wie zum Beispiel STILLE, flankiert.

Es wird empfohlen, bereits vorab vorbereitende Maßnahmen zu treffen, die die Verfügbarkeit öffentlicher kabelloser Infrastruktur ermöglichen.



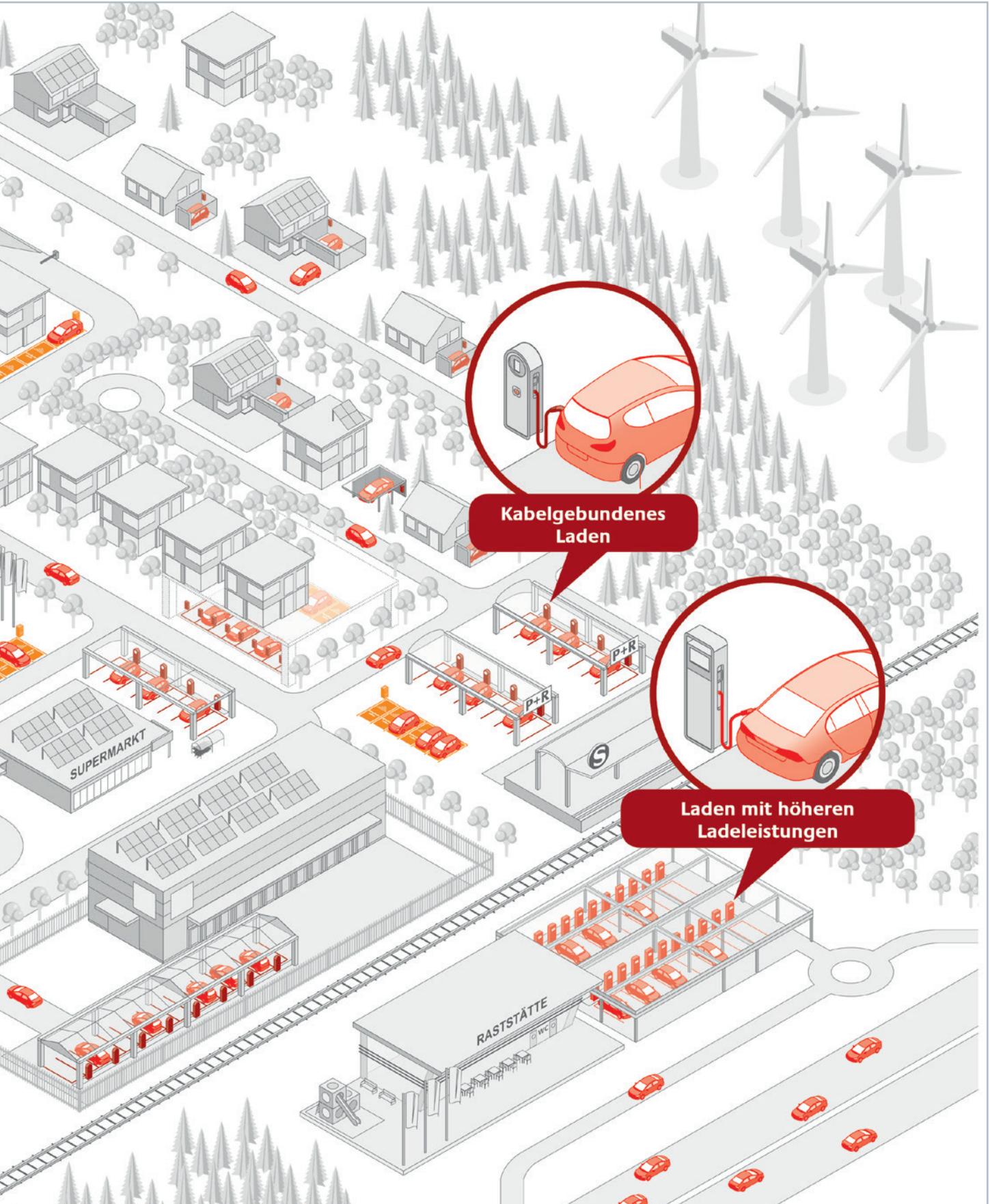
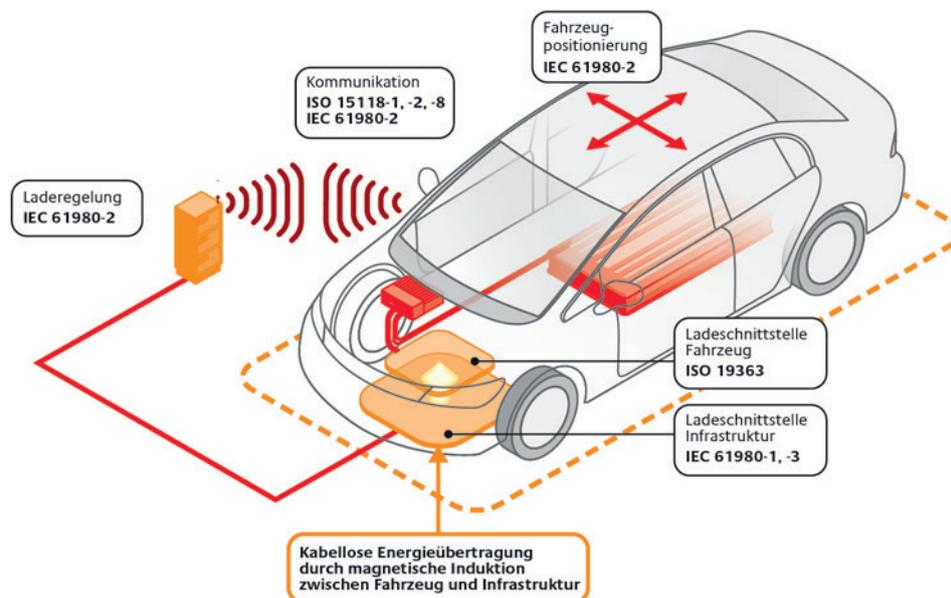


Abbildung 17:
Kabelloses Laden
von Elektro-
fahrzeugen



Informations- und Kommunikationstechnologien

Um die Akzeptanz von Elektromobilität national und international zu verbessern, ist sicherzustellen, dass Nutzerinnen und Nutzer ihre Elektrofahrzeuge an jeder beliebigen öffentlich zugänglichen Ladesäule laden können. Dazu werden auf nationaler und internationaler Ebene einheitliche Roaming-Plattformen benötigt. Echten Mehrwert kann das Roaming bei gleichzeitigem Angebot von international vernetzten Mobility Services bieten. Für diese Dienste sorgt die Normung dafür, dass offene Kommunikationsschnittstellen etabliert werden können. Eine weitere Voraussetzung für erfolgreiches Roaming ist die Kennzeichnung aller Ladepunkte mit eindeutigen Identifikationsmerkmalen. Dabei spielt Normung eine wichtige Rolle, indem eine einheitliche Struktur zur ID-Vergabe auf europäischer Ebene festgelegt wird.

Für den Zeitraum bis 2025 formuliert die NPE folgende Visionen:

Allgemeine Anforderungen

- Nachdem die Basisanforderungen für die Elektromobilität abgedeckt sind, muss sichergestellt werden, dass die Normen kontinuierlich an technologische Innovationen angepasst werden.
- Normen sorgen für einheitliche Anforderungen und unterstützen den Aufbau der Infrastruktur für die Elektromobilität.
- Die einheitliche Benutzerführung mit standardisierten Symbolen sorgt dabei für eine leicht verständliche und international einheitliche Orientierung.

Ladeschnittstelle

- International gültige Normen ermöglichen ein länderübergreifendes, interoperables Laden von Elektrofahrzeugen.
- Zu diesem Zweck ist das Combined Charging System international als System für Normal- und Schnellladen eingeführt; auch das kabellose Laden ist international etabliert.

- Die Aufnahme der Normungsarbeit für das Laden während der Fahrt ist abhängig von der Verfügbarkeit wirtschaftlich umsetzbarer technischer Lösungen.
- Durch die wachsende Zahl von Fahrzeugen und damit Ladevorgängen wird die Verknüpfung der Verkehrs- und Energiesysteme eine größere Rolle spielen, was ebenfalls durch entsprechende Normungsprojekte begleitet wird.

4.1.4 Informations- und Kommunikationstechnologien

Die Innovations- und Entwicklungsgeschwindigkeit digitaler Konzepte, Produkte und Services liegt um ein Vielfaches oberhalb der tradierten Branchen wie der Automobilindustrie oder der Energiewirtschaft. Hohe Dynamik und schnelle Änderungszyklen führen aber auch zu häufigen Anpassungen und Aktualisierungen von Prozessen und Geschäftsmodellen beziehungsweise erfordern einen regelmäßigen Austausch von technischen Geräten. Mit zunehmender Digitalisierung der Elektromobilität müssen sich künftig alle Beteiligten auch stärker mit den daraus resultierenden Anforderungen und Konsequenzen auseinandersetzen und gemeinsam sowohl technische als auch regulatorische Leitplanken und Transmissionspfade entwickeln. Denn trotz der digitalen Innovations- und Entwicklungsdynamik müssen sowohl Ladeinfrastrukturen als auch Elektrofahrzeuge über ihren Lebenszyklus hinweg für alle Nutzerinnen und Nutzer einsatzfähig sein. Das erfordert eine entsprechende technische Abwärts- und Aufwärtskompatibilität der verbauten beziehungsweise in Umlauf gebrachten Produkte, um ökonomischen Ineffizienzen und Akzeptanzdefiziten vorzubeugen.

Neue digitale Produkte und Services werden sowohl den Anwendungsbereich als auch das Nutzungsspektrum der Elektromobilität signifikant erweitern und kontinuierlich verändern.

2018 bis 2020

Der Schwerpunkt in den nächsten drei Jahren wird insbesondere auf der Weiterentwicklung beziehungsweise flächendeckenden Implementierung bestehender Kommunikationsstandards, wie ISO 15118 oder OCCP für die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Ladeinfrastruktur sowie zwischen Ladeinfrastruktur und einem Backend-System, liegen. Ziel muss es zudem sein, eine europaweite Interoperabilität zwischen den verschiedenen Infrastrukturen und Fahrzeugen sowie den verschiedenen Dienstleistern zu erreichen. Hierzu zählt auch eine zügige Umsetzung beziehungsweise Kooperation von eRoaming-Plattformen für eine barrierefreie und grenzüberschreitende Mobilität.

Ebenso starten weitere Aktivitäten und Projekte, um neue Geschäftsmodelle und Abrechnungsdienstleistungen von Ladevorgängen, zum Beispiel unter Nutzung der Block-Chain-Technik oder Buchungsplattformen, zu erproben. Dafür ist es notwendig, neben der technischen Eignung und Kompatibilität mit vorhandenen Systemen auch die Vereinbarkeit mit bestehenden Gesetzen und Regularien frühzeitig zu prüfen und gegebenenfalls Maßnahmen anzustoßen.

Bereitstellung energiewirtschaftlich relevanter Daten

Die stärkere Kopplung der Sektoren Verkehr und Energie gilt als integraler Bestandteil der Energiewende. Elektromobilität kann dabei als Wegbereiter und Integrator

fungieren, da sowohl der elektrische Speicher des Fahrzeuges als auch die Steuerbarkeit der Ladevorgänge zur besseren Integration der erneuerbaren Energien in das Energiesystem beitragen können. IKT spielen dabei eine zentrale Rolle, um Prozesse massenmarktfähiger abwickeln zu können und neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen.

Eine erfolgreiche Sektorkopplung geht aber auch mit klaren Rechten und Pflichten für alle Beteiligten einher und muss, insbesondere um volkswirtschaftliche Ineffizienzen zu vermeiden, weitestgehend netzdienlich erfolgen. Die Zustimmung der Kundin beziehungsweise des Kunden vorausgesetzt, müssen hierzu sowohl dem Netzbetreiber als auch den unterschiedlichen Dienstleistern im Markt alle energiewirtschaftlich relevanten Daten aus dem Fahrzeug in Verbindung mit der Zustimmung der Kundin beziehungsweise des Kunden zur Verfügung stehen. Welches Mindestset an Daten in welchem Format über welche Schnittstelle und in welcher Häufigkeit hier ausgetauscht werden muss, wird derzeit in der durch das Bundeswirtschaftsministerium moderierten Arbeitsgemeinschaft „Intelligente Netze und Zähler“ als Teil der übergeordneten Plattform Energienetze überprüft. Der Standard ISO 15118 zur Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur ist dabei zentral.

Prognose 2025

Parallel werden in den nächsten Jahren zunehmend auch neue, datenbasierte Geschäftsmodelle in der Elektromobilität Anwendung finden. Ausschlaggebend dafür sind die bis dahin erlangte Rechtssicherheit über Dateneigentum und -verwendung im europäischen Binnenmarkt sowie die damit verbundenen Möglichkeiten, auch Daten im Gegenzug für eine angebotene Dienstleistung (Währung) bei der Kundin beziehungsweise dem Kunden – die jeweilige Zustimmung vorausgesetzt – einsetzen zu können.

Insbesondere die zugleich stark wachsende Nachfrage nach dynamischen beziehungsweise echtzeitnahen Informationen – bedingt durch neue Services wie die Reservierung eines Ladepunktes, die Nutzung variabler Tarife beziehungsweise Preisangebote oder als weitere Datenquelle für die zunehmende Automatisierung des Verkehrs beziehungsweise der gesamten städtischen Infrastruktur – wird neue Geschäftsmodelle beflügeln. Weiter zunehmen werden außerdem die Anforderungen an IKT, massenmarktfähige Protokolle und eine verbesserte Interoperabilität zwischen den Marktpartnern.

Die Ladeinfrastruktur wird perspektivisch mit (viel) mehr Sensorik ausgestattet und im Sinne einer digitalen Vernetzung in „Urbane Plattformkonzepte“ integriert. Die Multimodalität wird weiter zunehmen, sodass sich digitale regionale Marktplätze im Rahmen neuer Smart-City-Ansätze entwickeln werden. Das Kernstück wird dabei eine hochfrequente Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) sein, die ebenfalls eine stärker standardisierte Kommunikation zwischen technischen Geräten erfordert.

Auch die gesellschaftlich gewollte Umsetzung der Energiewende verlangt eine bessere Vernetzung und Kommunikation zwischen Fahrzeug und Netz. Neue Geschäftsmodelle werden die Integration von Elektrofahrzeugen und Ladeinfrastruktur in das Energiesystem, inklusive der dafür notwendigen Datenbereitstellung, vorantreiben. Ebenso wird die Möglichkeit einer Rückspeisung aus dem Fahrzeug in das Verteilnetz stärker in den Fokus rücken. Intelligente und standardisierte IKT-Lösungen sind dabei unabdingbar und müssen zügig entwickelt werden.

4.1.5 Fahrzeugtechnologie

Um zukünftig die definierten Ziele bezüglich Kosten, Effizienz, Leistungsdichte, Zuverlässigkeit und Systemleichtbau zu erreichen, sind weiterführende gemeinsame Forschungsaktivitäten im Bereich der Modularisierung und Systemintegration erforderlich. Damit die Innovationsfähigkeit der deutschen Industrie und Wissenschaft für den Bereich der Fahrzeugtechnologie gestärkt wird, ist neben der reinen Forschungsförderung spezifischer Technologiethemen auch die Auseinandersetzung mit weiteren Politikfeldern notwendig. Zusätzlich verkürzen sich beispielsweise die Entwicklungszyklen beim elektrischen Antriebsstrang und verlangen daher nach angepassten Fördermöglichkeiten sowie dem Abbau administrativer Hürden. Sowohl in der nächsten Phase der NPE als auch über 2020 hinaus spielt insbesondere die Fortführung der Forschungsförderung im Gebiet der Fahrzeugtechnologie eine entscheidende Rolle. Forschungs- und Entwicklungsausgaben sind im Bereich Fahrzeugtechnologie für den Zeitraum von 2018 bis 2020 weiterhin erforderlich; Industrie und öffentliche Hand sollten gemeinsam etwa 1 Milliarde Euro aufwenden. Mithilfe der Verbundforschung und deren Förderung durch F&E-Programme wird die Innovationsfähigkeit des Standorts Deutschland gesichert und weiter ausgebaut.

Die Zusammenarbeit von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik über vertragliche Partnerschaften (cPPP, Contractual Private Public Partnership) im Bereich der Elektromobilität kann sich positiv auswirken und gleichzeitig eine Fragmentierung der Forschungslandschaft verhindern. Deutschland kann damit auch im europäischen Kontext eine Führungs- und Vorreiterrolle einnehmen.

Der Bereich Fahrzeugtechnologie wird sich deshalb in der nächsten Phase der NPE und darüber hinaus mit den folgenden Schwerpunkten beschäftigen:

Forschungsförderung	<ul style="list-style-type: none"> • Stärkung der Wertschöpfungsketten • Weiterentwicklung der technischen Lösungen und veränderten Geschäftsmodelle • Weitere Forschung (neue Technologien) und Optimierungen (Kosten) erforderlich (u.a. Life Cycle Assessment, Werkstoffe, High Power Charging, Funktionsintegration) • Stückzahlrelevanz nimmt zu und damit auch die Bedeutung von u. a. Recycling, Wertschöpfung, LCA, Rohstoffverfügbarkeit, Werkstoffalternativen, Kosten • Leuchtturmprojekte mit technologischen Differenzierungsmöglichkeiten und das Instrument der Initiativbewerbung reaktivieren • Wissenschaftsstandort Deutschland weiter ausbauen
Förderpolitik	<ul style="list-style-type: none"> • Veränderung der Förderpolitik/-strukturen anstoßen z. B. agile Förderinstrumente und Kooperationsformen sowie Public Private Partnership (gemeinsam mit BMBF)
Industriepolitik	<ul style="list-style-type: none"> • Strategisch relevante Branchen und Bereiche identifizieren und Fokussierung der F&E Förderung anstreben (Analyse mit BMWi)

Forschungsschwerpunkte ab 2018

In den vergangenen Phasen der NPE lag der Fokus der Forschung und Entwicklung von Antriebssystemen unter anderem im Bereich neuer Antriebstopologien und hochintegrierter Ansätze sowie im Energie- und Thermomanagement, was in **neuen Systemkonzepten** mündete. Der Schwerpunkt der bevorstehenden nächsten Phase **bis 2020** liegt in der konsequenten Fortführung dieser Themenfelder mit besonderem Fokus auf Modularisierung und Systemintegration. Der daraus resultierende Forschungsbedarf für die einzelnen Themenbereiche ergibt sich wie folgt.

Im Bereich der **E-Maschine** liegt der Forschungsschwerpunkt in den nächsten Jahren auf der **Optimierung auf Massenproduktion** zur Unterstützung des Markthochlaufs. Nachdem in den vergangenen Jahren der Fokus auf der Erforschung verschiedener möglichst effizienter Motorkonzepte lag, kommt nun besonders die effiziente Serienproduktion hinzu. Neben neuen Fertigungsverfahren ist dabei der effiziente Materialeinsatz von großer Bedeutung. Zum einen bieten neue beziehungsweise verbesserte Materialien (beispielsweise bei Magneten, Elektroblechen, Isolierstoffen, Klebstoffen etc.) Optimierungspotenzial, zum anderen liegt das Augenmerk auf der Reduktion beziehungsweise Vermeidung von seltenen Rohstoffen. Für die derzeit weit verbreitete, permanentmagneterregte Synchronmaschine sind umfangreiche Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten notwendig, um die Abhängigkeit von den schweren Seltenerdmetallen, die sowohl hinsichtlich Verfügbarkeit als auch Kosten ein potenzielles Risiko darstellen, zu überwinden. Um die Qualität in der Massenproduktion bei gleichzeitig kürzer werdenden Entwicklungszyklen zu sichern, sind im Bereich Modellierung und Simulation weitere Anstrengungen nötig. Die simulationsgestützte Vorhersage von E-Maschinen bezüglich Leistung, Effizienz, Alterung und Lebensdauer unter Einbeziehung realer Einsatzbedingungen gewinnt zunehmend an Bedeutung und ist Voraussetzung für den erforderlichen Übergang von der reinen Komponentenoptimierung hin zur Systemoptimierung unter Einbeziehung von E-Maschine, Leistungselektronik, Getriebe sowie Fahrzeuggegebenheiten.

Wesentliches Thema für die **Leistungselektronik** ist die Realisierung von Systemen mit **reduzierter Verlustleistung** bei **gleichzeitig erhöhtem Integrationsgrad**. Beim Schalten großer elektrischer Ströme weisen Wide-Band-Gap-Halbleiter gegenüber IGBT geringere Durchlasswiderstände auf, was zu einer reduzierten Verlustleistung führt. Ihr Einsatz im Automobil bedarf jedoch noch umfangreicher Forschung und Entwicklung, um die damit verbundenen Randbedingungen – zum Beispiel höchste Zuverlässigkeit bei langer Lebensdauer und gleichzeitig geringen Systemkosten – sicher erfüllen zu können. Hierbei muss zwischen den verschiedenen Wide-Band-Gap-Technologien (SiC, GaN, Ga₂O₃) zum einen hinsichtlich technologischer Reife und zum anderen hinsichtlich ihrer spezifischen Eigenschaften und der damit verbundenen bevorzugten Anwendung unterschieden werden. Hierdurch ergibt sich ein langfristiger Forschungsbedarf, der zeitlich gestaffelt und mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung angegangen werden sollte. In den zurückliegenden Forschungsarbeiten standen insbesondere die Suche nach neuen, robustheitssteigernden Aufbau- und Verbindungstechnologien, vor allem für die chipnahe Umgebung in Leistungsmodulen (beispielsweise Förderprojekt „ProPower“), und die Ausarbeitung des methodischen Unterbaus für die bewertende Analyse der Belastung aus dem erwarteten Feldeinsatz und der damit in

Übereinstimmung zu bringenden Belastbarkeit der einzusetzenden Technologien (beispielsweise Förderprojekt „InTeLeKT“) im Vordergrund. Die Erschließung der neuen Wide-Band-Gap-Halbleiter-Funktionalitäten und deren Nutzenpotenziale auf der Systemebene stehen im Mittelpunkt zukünftiger Forschungsaktivitäten. Dies ist nur mit einer dafür angepassten innovativen Aufbau- und Verbindungstechnik möglich, der es gleichzeitig gelingt, das bisher erreichte Zuverlässigkeitsniveau noch weiter zu steigern, Robustheit zu sichern und die neuen benötigten Designmerkmale für schnelles Schalten in der Hardware zu realisieren.

Miniaturisierung und Ansprüche an Hochtemperaturrobustheit: Trotz reduzierter systemischer Verlustleistung führt die gleichzeitige Erhöhung der Integrationsdichte für das Design kompakter Funktionseinheiten für kleinste Einbauräume zu einer Erhöhung lokaler Verlustleistungsdichten, zu sogenannten „Hot Spots“. Deren thermische Ausprägungen werden zu einer dominierenden Auslegungsgröße im gesamten Systemdesign, was neben der Anforderung der grundsätzlich erhöhten Integrationsfähigkeit aktiver/passiver Komponenten – zum Beispiel unter den Gesichtspunkten von Schnittstellendefinition oder Fertigbarkeit – zu einem erweiterten Anforderungsprofil in der Temperatur- und Temperaturwechselbeständigkeit von aktiven und passiven Bauelementen sowie aller eingesetzten Materialien im komplexen systemischen Werkstoffverbund führt.

Im Bereich des **Leichtbaus** bietet der Einsatz von **Multi-Material-Konzepten** in Fahrzeugstrukturen erhebliche Kosten- beziehungsweise Wettbewerbsvorteile. Dabei gilt für die Auswahl der unterschiedlichen Werkstoffe, dass nicht nur Kosten-Nutzen-Gesichtspunkte, sondern auch eine ausgeglichene ökonomische und ökologische Gesamtbilanz der eingesetzten Materialien (**Life Cycle Assessment, LCA**) maßgeblich sind. Hierfür sollen **bis 2020** die an vielen Stellen in Deutschland vorhandenen – bislang noch weitgehend isolierten – Erfahrungen zur großserienfähigen Auslegung und Herstellung sowie zum **Recycling** von Leichtbaustrukturen in Composite-intensiver Mischbauweise durch die Einbettung komplementärer Forschungspartner im nationalen Leichtbauforschungscluster FOREL synergetisch verknüpft werden. Mit der Zielstellung, ein dauerhaftes nationales Forschungsnetzwerk auf dem Gebiet „Funktionsintegrativer Systemleichtbau im Multi-Material-Design“ zu etablieren, setzt **FOREL** hiermit einen Schwerpunkt für die künftige Entwicklung von Schlüssel- und Zukunftstechnologien in Deutschland. Eine besondere Hebelwirkung kann sich dabei aus der Errichtung eines zentralen **Demonstrationszentrums** ergeben, das die in FOREL-Projekten und den flankierenden Vorhaben entwickelten Technologien in einem Prozessnetzwerk räumlich bündelt und evaluiert. So lassen sich maßgebliche Innovationsimpulse schnell und zielgerichtet setzen.

Forschungsschwerpunkte über 2020 hinaus

Ab **2018 und über 2020** hinaus wird langfristig das Ziel der F&E-Anstrengungen sein, anforderungsoptimierte, großserientaugliche E-Antriebsbaukästen für Elektrofahrzeuge einer neuen Generation bereitstellen zu können. Dabei lassen sich die **F&E-Felder im Antriebssystem** zunächst in drei Bereiche gliedern:

- Ausarbeitung von **Plattformstrategien** und Entwicklung der dafür notwendigen Komponentenbaukästen (insbesondere bezüglich E-Maschine und Leistungselektronik),

- permanente Weiterführung der **Hochintegration** im Antrieb sowie
- Anpassung und Optimierung des **Energie- und Thermomanagements** im Hinblick auf die Anforderungen solcher hochintegrierter Antriebsstränge.

Komplettiert wird dieser Dreiklang durch die komplementären **Querschnittsthemen**, welche nachfolgend noch ausgeführt werden.

Hinzu kommen ferner Fragen bezüglich des Antriebs im Kontext der Architekturen von Purpose-Design-Fahrzeugen und insbesondere teils völlig neuer Fahrzeugkonzepte, die aktuell Gegenstand von Forschung und Entwicklung sind (auch und besonders im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren). Dabei spielen die Auseinandersetzung und Wechselwirkungen mit innovativen E/E- und IKT-Architekturen, die mit diesen neuen Fahrzeugansätzen einhergehen, ebenfalls eine wesentliche Rolle. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind die zunehmende Bedeutung von Nutzfahrzeugen und Bussen (sowie Sonderfahrzeugen), die Weiterentwicklung der Ladetechnik im Fahrzeug (insbesondere hin zu höheren Ladeleistungen) sowie die Antriebsregelung (etwa bezüglich Sensorintegration, elektrischer Bremsfunktionen und spezifischer Fahrdynamikregelung) als weitere F&E-Felder beispielhaft zu nennen.

Bei der **Skalierung von Spannungs- und Leistungsebenen** besteht beispielsweise die zentrale Frage darin, in welche Richtung sich die Bordnetzspannung entwickeln wird. Folgende Möglichkeiten stehen dabei zur Verfügung:

- Module/Systeme müssen verschiedene Kombinationen von Spannungen und Leistungen aushalten können. So wird der 400 Volt-Standard nach oben für höhere Leistung und nach unten für niedrige Leistung weiterentwickelt.
- Konzepte und Technologien für eine Spannungsebene oberhalb von 48 Volt werden beispielsweise für niedrigere Leistungsbereiche in Betracht gezogen.
- Außerdem ergeben sich neue Anforderungen aus dem Laden der Batterie: Kurze Ladezeiten mit höherer Leistung erfordern hohe Spannungen.

Daneben gilt es, die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Funktionen langfristig zu sichern, um perspektivisch auch autonomes Fahren zu ermöglichen. Autonome Fahrzeuge und dabei insbesondere autonome Shuttles stellen die höchsten Anforderungen an die Verfügbarkeit des elektrischen Antriebsstranges. Um diese Anforderungen zu erfüllen, können prinzipiell drei Stränge verfolgt werden:

- **Geeignete Systemarchitekturen**

Hier besteht das Ziel darin, durch Redundanzen im Antriebsstrang und eine passende Betriebsstrategie den Ausfall einer Komponente so weit zu kompensieren, dass die Verfügbarkeit zumindest mit einem Notbetrieb gewährleistet werden kann.

- **Notbetriebszustände**

Beim Ausfall einzelner Bauteile innerhalb der Komponenten des elektrischen Antriebsstranges kann mit intelligenten Notlaufaktionen trotzdem ein Notbetrieb aufrechterhalten werden. Diese Strategie ist vor allem beim Inverter vielversprechend.

- **Prädiktive Diagnose**

Verfahren der prädiktiven Diagnose sollen gewährleisten, dass der drohende Ausfall einer Komponente im Antriebsstrang frühzeitig erkannt und die Wartung initiiert wird, bevor es zum Ausfall kommt.

Um das anspruchsvolle Ziel einer erhöhten Verfügbarkeitsanforderung mit möglichst geringen Systemkosten zu erreichen, müssen insbesondere die intelligente Verknüpfung der drei genannten Stränge und die sich daraus ergebenden Komponentenanforderungen erforscht werden.

Im Bereich Fahrzeugtechnologie hat die NPE insgesamt vier **Querschnittsthemen** identifiziert und den jeweiligen Forschungsbedarf für Noise-Vibration-Harshness (NVH), Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Funktionale Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie Life Cycle Assessment (LCA) für die Jahre 2018 bis 2030 formuliert:

1. Im Rahmen des Forschungsfeldes NVH liegt der Fokus auf aktiven Strukturösungen, um schwingungstechnische Eigenschaften zu verbessern, den Komfort zu steigern und Strukturlasten (zum Beispiel schaltbare, semi-aktive/adaptive Lagerungen von Motoren und Aggregaten in elektrisch und hybrid angetriebenen Fahrzeugen) zu mindern. Außerdem geht es um Formadaption (Morphing) zur Verbesserung aeroakustischer Eigenschaften. Aktive Strukturösungen, etwa zur Schallvermeidung an der Quelle, und das Erforschen des Schallübergangs jenseits von 1,5 kHz sind eine technologische Herausforderung mit ungewissem Ausgang.
2. Ein weiteres wichtiges Forschungsthema wurde mit der Elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) identifiziert. Gerade weil das Thema EMV im Allgemeinen nicht wettbewerbsrelevant ist, bietet es eine Grundlage für gemeinsame Aktivitäten im Rahmen von Forschungsprojekten. Die EMV-Qualität lässt sich nur bedingt auf Komponenten- und Bauteilebene herunterbrechen. Hier ist eine ganzheitliche Betrachtung notwendig, insbesondere in Verbindung mit der Ladeinfrastruktur. Eine deutliche Kostenreduzierung durch eine ausgereifte HV-EMV ist möglich und hätte einen positiven Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen.
3. Im Themenfeld Funktionale Sicherheit und Zuverlässigkeit liegt der Fokus auf Standards für Sicherheitsaspekte in Elektrofahrzeugen. Ein Konsens in der Industrie ist wünschenswert, um mögliche ungewollte Nebeneffekte hinsichtlich der Vorgaben zum Automotive Safety Integrity Level (ASIL) und damit einerseits Überdimensionierungen ohne Sicherheitsgewinn (zu hoher ASIL) und andererseits juristische Probleme (zu niedriger ASIL) zu vermeiden.
4. Schließlich sollen im Themenfeld Life Cycle Assessment (LCA) mittelfristig vereinheitlichte Bewertungsmethoden dem Aufbau einer nationalen LCA-Datenbank dienen und langfristig eine durchgängige Implementierung in den Produktentwicklungsprozess im Leichtbau zu einem minimalen Ressourcenverbrauch führen.

4.1.6 Batterietechnologie

Batterietechnologie ist und bleibt eine wesentliche Komponente der Elektromobilität. Forschung und Entwicklung in Material-, Zell- und Batterietechnologie sowie -produktion sind daher laut NPE-Roadmap zur integrierten Zell- und Batterieproduktion mit hoher Intensität fortzusetzen. Dies gilt auch in Bezug auf neue Materialien für Hochleistungs- und Hochenergiebatteriesysteme. Hierzu gehören ebenso die Ausbildung und Förderung von Expertinnen und Experten in der gesamten Wertschöpfungskette, unter anderem in der Automobil- und Zulieferindustrie, Elektrochemie, Zell- und Produktionstechnik, aber auch in der Wissenschaft. Diese Branchen sind wichtige Entwicklungspartner in Bereichen der Hightech-Materialien und -Komponenten bis hin zu Gesamtsystemen der Traktionsbatterien modernster Antriebstechnologien.

2018 bis 2020

Parallel ist weiterhin ein kontinuierliches Marktmonitoring geboten. Dies gilt weltweit sowohl aus Perspektive der Belieferung mit **kritischen Rohstoffen** wie beispielsweise Kobalt, Nickel, Lithium, oder Naturgraphit als auch aus Sicht der zunehmenden Nachfrage im Markt nach innovativen Batteriesystemen. Mit weiter steigenden Absatzzahlen bei Elektrofahrzeugen steigt auch der Produktionsbedarf leistungsfähiger Batterien.

Die von der Deutschen Rohstoffagentur (DERA) durchgeführte Analyse der Wertschöpfungskette zeigt, dass die aktuellen Nachfrageszenarien zu einer kritischen bis sehr kritischen Angebots- und Weiterverarbeitungssituation bei Graphit, Kobalt und Nickel führen könnten. Für einen sicheren und wettbewerbsfähigen Bezug sollte die Industrie auf bewährte Instrumente im Risikomanagement zurückgreifen. Gegen Preis- und Lieferrisiken können beispielsweise langfristige Lieferverträge im Bereich der Weiterverarbeitung geschlossen werden, flankiert durch Abnahmegarantien und Beteiligungen im Bergbau. Parallel ist ein sofortiger Start der Forschungsaktivitäten zum Einsatz von Alternativmaterialien (Bspw. Reduzierung Kobaltanteil) zu empfehlen.

- **Versorgung mit Kobalt und Kobaltsulfat weiterhin sehr kritisch:** Der Kobaltpreis hat sich in den letzten zwölf Monaten fast verdreifacht. Zu diesem Preisanstieg haben neben der Unsicherheit über die Stabilität der DR Kongo – mit 60 Prozent Marktanteil der wichtigste Produzent – vor allem auch Bedenken über temporäre Marktdefizite beigetragen. Die Entwicklung neuer Kobaltprojekte ist wegen der Vergesellschaftung mit Kupfer und Nickel sehr kapitalintensiv und in der DR Kongo zudem mit sehr hohen Risiken behaftet. Ferner kontrolliert China mehr als 50 Prozent der Weiterverarbeitung von Kobalt.
- **Produktion von Nickelsulfat birgt Risiken:** Neue Kathodengenerationen werden zu deutlich höheren Nickelanteilen führen. Dadurch werden Batterien zum größten Wachstumstreiber für Nickel bis 2025. Zwar sind die Bergwerkförderung sowie die Weiterverarbeitung breit diversifiziert, jedoch stockt der notwendige Aufbau neuer Produktionskapazitäten aufgrund des seit Jahren sehr niedrigen Nickelpreises. Diese Investitionen sind jedoch wichtig, um die prognostizierte Nachfrage bedienen zu können. Daneben gilt es, den Aufbau der Kapazitäten für die Weiterverarbeitung zu Nickelsulfat zu beobachten.

- Produktion und Weiterverarbeitung von Graphit weiterhin fest in chinesischer Hand:**
 Die Gewinnung von natürlichem Graphit wird mit über 70 Prozent Marktanteil von China kontrolliert. Noch größer ist die Angebotskonzentration bei der Produktion des spezifischen Kugelgraphits für Elektrofahrzeuge. Diese sehr energieintensive und umweltbelastende Weiterverarbeitung findet heute und auch mittelfristig größtenteils in China statt.
- Hype um Lithium führt zu Kapazitätsausbau:** Dank massiver Investitionen wird bis 2025 ein Überschuss im Bereich der Bergwerkförderung erwartet. Zusätzliche Kapazitäten sind auch in der Weiterverarbeitung von spezifischem Karbonat und Hydroxid angekündigt. Kritisch bleibt der enge Markt mit wenigen Anbietern. Zudem haben sich vor allem asiatische Abnehmer bereits durch langfristige Lieferverträge abgesichert, was die verfügbare Menge auf dem Weltmarkt stark reduziert. Die Verdoppelung des Lithiumpreises seit Ende 2016 ist Ausdruck des engen Marktes.

Rohstoff	Beurteilung	Kernbotschaft	Details
Kobalt		Hohe Versorgungsrisiken	<ul style="list-style-type: none"> Große politische Unsicherheiten im Hauptförderland (DR Kongo) Marktdeckung: Nachfrage könnte Angebot temporär übersteigen Imagerisiken durch Kleinbergbau China kauft sich in Bergwerke ein und kontrolliert die Weiterverarbeitung Starker Preisanstieg seit Ende 2016: +200 %
Nickel		Verfügbarkeit von reinem Nickel (Class 1) als Schlüssel	<ul style="list-style-type: none"> Sehr hohe Nachfrage durch Batterie, getrieben durch höhere Nickelanteile neuer Kathodengenerationen Niedrige Preise führen zu Drosselung des Angebots Relativ niedrige Angebotskonzentration der Förderung und Weiterverarbeitung Neue Weiterverarbeitungskapazitäten zu Nickelsulfat v. a. in Fernost
Graphit		Hohe chinesische Marktmacht	<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Förderung und Weiterverarbeitung durch China Hoher Energieeinsatz in der Prozessierung Kein Angebotsdefizit bis 2025 erwartet: große Kapazitäten in China, zahlreiche neue Projekte in Ostafrika Weiterverarb. zur Batteriequalität auch zukünftig vor allem in China
Lithium		Angebotsüberschuss erwartet	<ul style="list-style-type: none"> Starker Nachfrageimpuls durch Elektromobilität und stationäre Speicher Hohe Angebotskonzentration der Förderung und Verarbeitung Massiver Ausbau der Kapazitäten, kein strukturelles Angebotsdefizit bis 2025 erwartet: Off-Takes reduzieren verfügbare Menge Starker Preisanstieg seit Ende 2016: +160 %

Abbildung 18:
Risiken in der Wertschöpfungskette von Rohstoffen für Lithium-Ionen-Batteriezellen

Versorgungsrisiken: gering mittel stark sehr stark

Quelle: DERA – Deutsche Rohstoffagentur (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)

Andere Länder, andere Ansätze

China „prescht“ in der Rohstoffsicherung derzeit voran und schließt letzte Lücken in der Wertschöpfung der Batterierohstoffe. In den Bereichen, in denen Chinas expandierende Batterieindustrie auf Importe angewiesen ist, wurden in jüngster Zeit große Projektbeteiligungen im Ausland abgeschlossen beziehungsweise langfristige Lieferverträge vereinbart. Beispielsweise sind chinesische Unternehmen über Joint Venture oder Offtake-Vereinbarungen mit nahezu allen australischen Lithiumproduzenten verbunden. Das Lithiumkonzentrat wird zur Weiterverarbeitung nach China geliefert. Auch im Kobaltmarkt ist China sehr aktiv. In einer milliardenschweren Übernahme sichert sich ein chinesisches Unternehmen eines der größten Kupfer-/Kobaltprojekte in der DR Kongo. In der Weiterverarbeitung der Batterierohstoffe ist die Volksrepublik ohnehin

führend. Somit treibt China die physische Absicherung durch strategische Beteiligungen ebenso wie den Auf- und Ausbau der heimischen Rohstoffproduktion voran. Diese koordinierte Rohstoffsicherung entlang der Wertschöpfungskette ist Teil der chinesischen Industriepolitik, die die Automobilindustrie als Schlüsselbereich einstuft.

Verantwortungsvoller Rohstoffbezug

Ein verantwortungsvoller Rohstoffeinkauf, der die sozialen und ökologischen Folgen der Rohstoffgewinnung berücksichtigt, ist für ein Gelingen und die Akzeptanz der Elektromobilität ein entscheidender Faktor. Die Industrie engagiert sich dazu bereits in einigen internationalen Initiativen, beispielsweise in der Responsible Mining Initiative.

Engpass „Battery Grade“

Während sowohl im Bereich der Bergwerkförderung als auch in der Raffinadeproduktion derzeit neue Produktionskapazitäten aufgebaut werden, besteht noch Nachholbedarf im Ausbau der spezifischen Batteriequalitäten. Bei allen Batterierohstoffen sorgt der erwartete Markthochlauf der Elektromobilität für eine rasante Steigerung des Gesamtbedarfs dieser Rohstoffspezifikationen. Neben dem Nachholbedarf im Hinblick auf zusätzliche Kapazitäten besteht im Bereich der Batteriegrößen zudem die Gefahr neuer hoher Marktkonzentrationen, sollten diese zusätzlichen Kapazitäten vor allem in Asien aufgebaut werden.

Kritische Rohstoffe



Im Rahmen des DERA-Rohstoffmonitorings werden die Märkte mineralischer Rohstoffe kontinuierlich auf potenzielle Preis- und Lieferrisiken untersucht. Ziel ist es, kritische Entwicklungen auf den Rohstoffmärkten frühzeitig zu erkennen und Informationen zur Entwicklung möglicher Ausweichstrategien bereitzustellen. Mit Rohstoffrisikoberichten zu Lithium und Kobalt werden aktuell zwei Rohstoffe im Detail analysiert, die durch die Elektromobilität besonders im Fokus der Unternehmen stehen. Informationen zum Rohstoffmonitoring der DERA sind unter www.deutsche-rohstoffagentur.de abrufbar (inkl. Gesamtenergiebedarf und CO2 Bilanz).

Fortführung Forschungs- und Kernthemenfelder 2020 bis 2025 im Bereich Batterietechnologie

Das Thema Nachhaltigkeit wird auch bei der Elektromobilität zunehmend bedeutsam. Die reine Betrachtung des Fahrzeuges reicht hierbei nicht aus; entscheidend für das Ergebnis ist die Definition der Systemgrenzen. Es gilt, die Frage zu beantworten, welche Faktoren für eine profunde Ökobilanz (Life Cycle Assessment, LCA) zu berücksichtigen und zu bewerten sind. Darauf aufbauend sind mögliche Potenziale und Beiträge zur Verbesserung der Ökobilanz von Elektrofahrzeugen herauszuarbeiten und diese in der weiteren F&E-Förderung sowie der Gestaltung der Rahmenbedingungen der Elektromobilität zu berücksichtigen.

Ferner werden Themenfelder zu Batteriesicherheit, Recycling und Second Use erarbeitet und für den nachhaltigen Einsatz von Zellen in Elektrofahrzeugen im vorwettbewerblichen Bereich ausgearbeitet. Die Sicherheit von Batteriezellen wird auch zukünftig permanent im Fokus der Forschung und Entwicklung stehen. In der Umsetzung gehört die Sicherheit des Batteriesystems zu den wesentlichen Merkmalen, die für die F&E fortschrittlicher Elektrofahrzeuge entscheidend sind.

Mit Blick auf die Rohstoffsituation und die langfristige Sicherung der Wertschöpfungsketten für die Zellfertigung sind Konzepte für das Recycling von Batteriezellen zur Rückgewinnung der Rohstoffe ebenfalls notwendig. Auch in der Forschung und Entwicklung zur Batteriezelle sollten Recyclinganforderungen und -konzepte adäquat berücksichtigt werden. Dafür und ebenso für den Second-Use-Ansatz fehlen jedoch derzeit noch funktionierende Geschäftsmodelle. Ferner muss die Forschung neue Materialien, alternative Materialkonzepte und Next Generation Batterien beinhalten.

In F&E zu Batterielebenszyklus und -nutzungsstrategie wird die Machbarkeit einer Zweitnutzung sowie Remanufacturing einer Elektrofahrzeugbatterie geprüft. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in den Produktentwicklungsprozess übernommen, um daraus eine Second-Life-gerechte Batterieauslegung abzuleiten.

4.2 Beschäftigung entlang der gesamten Wertschöpfungskette

Relevante Themenfelder:

Materialgewinnung, -aufbereitung und -recycling

- Entwicklung von Methoden und Verfahren zur effektiven und nachhaltigen Gewinnung kritischer Rohstoffe, insbesondere Kobalt, Lithium und Nickel
- Entwicklung wirtschaftlicher und energieeffizienter Recyclingverfahren mit hohem Wiedergewinnungsanteil aller Aktivmaterialien

Materialien und Elektroden für Hochleistungs- und Hochenergiebatteriesysteme

- Entwicklung von kobaltarmen/-freien Kathodenaktivmaterialien
- Entwicklung von Anoden/Anodenmaterialien:
- Li-Metall und hochratenfähige Materialien (zum Beispiel Graphit/Silizium)
- Passivmaterialien wie Ableiter, Separatoren und Binder
- (Weiter-)Entwicklung kompatibler Elektrolyte und skalierbarer Produktionsprozesse:
 - für schnellladefähige Hochenergiezellen mit hohem Siliziumanteil in Anode
 - für Festkörperbatterien
- Entwicklung von Zellmaterialien und -komponenten zur Beibehaltung der Sicherheit bei weiter steigender Energiedichte, höherer Lebensdauer, besserer Schnellladefähigkeit und niedrigeren Kosten
- Entwicklung neuartiger, kostengünstiger Herstellverfahren von Batteriematerialien und deren Prozesstechnologie

Zell- und Batteriekonzepte sowie Produktion

- Zellkonzepte und -architekturen für Zellen mit hochkapazitiver Anode (zum Beispiel Li-Anode, Si-Legierungsanode)
- Robuste, kostengünstige und energieeffiziente Fertigungsprozesse für Batteriezellen und deren Komponenten

Zukünftige Traktionsbatterien

- Innovative Zell-, Modul- und Packdesigns
- Innovative Batteriemanagementsysteme

Simulation, Modellbildung und Data Analytics zur Produkt- und Prozessoptimierung

- Entwicklung von Methoden und theoretischen Modellen zur Simulation von Material /Zelleigenschaften und Herstellprozessen
- Zellverhalten und Materialeigenschaften im Einsatz
- Entwicklung von Algorithmen zur Prozess- und Felddatenanalyse und daraus abgeleiteten Optimierungen

Das Zusammenspiel aus der Förderung auf dem Heimatmarkt und der Exportstärke deutscher Hersteller schafft Wertschöpfung und Arbeitsplätze durch Elektromobilität.

Grundlage bildet ein zum Verbrennungsantrieb proportionaler Produktionsanteil von circa 8 Prozent der Weltproduktion in Höhe von 8,5 Millionen Elektrofahrzeugen im Jahr 2020 entsprechend IAO-HochlaufszENARIO. Eine umfassende Förderung der Elektromobilität könnte damit bis 2020 etwa 25.000 neue und zukunftsfähige Arbeitsplätze schaffen – und das nur im Automobilssektor. Werden dazu noch die Arbeitsplatzgewinne gezählt, die durch den Aufbau von Ladeinfrastruktur und fiskalische Effekte entstehen, ergibt sich ein Potenzial von insgesamt 30.000 Arbeitsplätzen im Jahr 2020. Möglich wird diese positive Entwicklung durch den in den Märkten erkennbaren deutlichen Ausbau der Marktanteile dank wettbewerbsfähiger Produkte.

Bis 2020/2025:

Der Erfolg einer umfassenden Förderstrategie für Elektromobilität ergibt sich aus einer Kombination von Faktoren, die einen engen kausalen Zusammenhang zwischen Neuzulassungen und Arbeitsplätzen in Deutschland herstellen:

- Deutschland entwickelt sich zu einem Treiber für Elektromobilität mit einer hohen Dynamik bei den Neuzulassungen.
- Der Anteil von Elektrofahrzeugen an der weltweiten Gesamtproduktion wird von aktuell weniger als 1 Prozent auf über 10 Prozent im Jahr 2020 und bis zu 25 Prozent im Jahr 2025 ansteigen.

Wenn es gelingt, diese Faktoren entwicklungs- und produktionsseitig als Stärke am Heimatmarkt zu realisieren und mit der traditionellen Exportstärke bei konventionellen Fahrzeugen zu kombinieren, kann das zu einer dominanten Leitanbieterposition für Elektromobilität deutscher Hersteller führen. Das wiederum leitet deutliche Exportzuwächse und entsprechende Wertschöpfungsgewinne ein und stabilisiert damit Arbeitsplätze in Deutschland, die auch nach auslaufender Förderung bestehen bleiben. Die Produktionsstruktur in Deutschland verschiebt sich somit jedoch binnen weniger Jahre merklich zwischen den Antriebstechnologien. Dabei muss klar sein, dass andere Märkte in diesem Bereich enorm schnell gewachsen sind, auch durch erhebliche staatliche Investitionen (vgl. China). Eine abnehmende Wettbewerbsfähigkeit oder der Verlust von Marktanteilen in regulierten Ländern hat eine deutlich höhere Auswirkung auf die Beschäftigung als der Wandel vom Fahrzeug mit Verbrennungsmotor hin zum Elektrofahrzeug.

Ausblick über das Jahr 2025 hinaus:

Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie und damit die Sicherung der Arbeitsplätze in Deutschland hängen stark vom Erfolg im Bereich der Elektromobilität ab. Die Herstellung elektrifizierter Antriebsstrangkomponenten sowie die Fahrzeugintegration erfordern die Entwicklung und den Ausbau von Kompetenzen im Automobilbau und in den angeschlossenen Branchen. Generell wird die Bilanz stark davon abhängen, ob die Module und Komponenten einschließlich ihrer Basistechnologien (Batteriezellen und Materialien) für die neuen Antriebskonzepte in Deutschland industrialisiert und gefertigt werden.

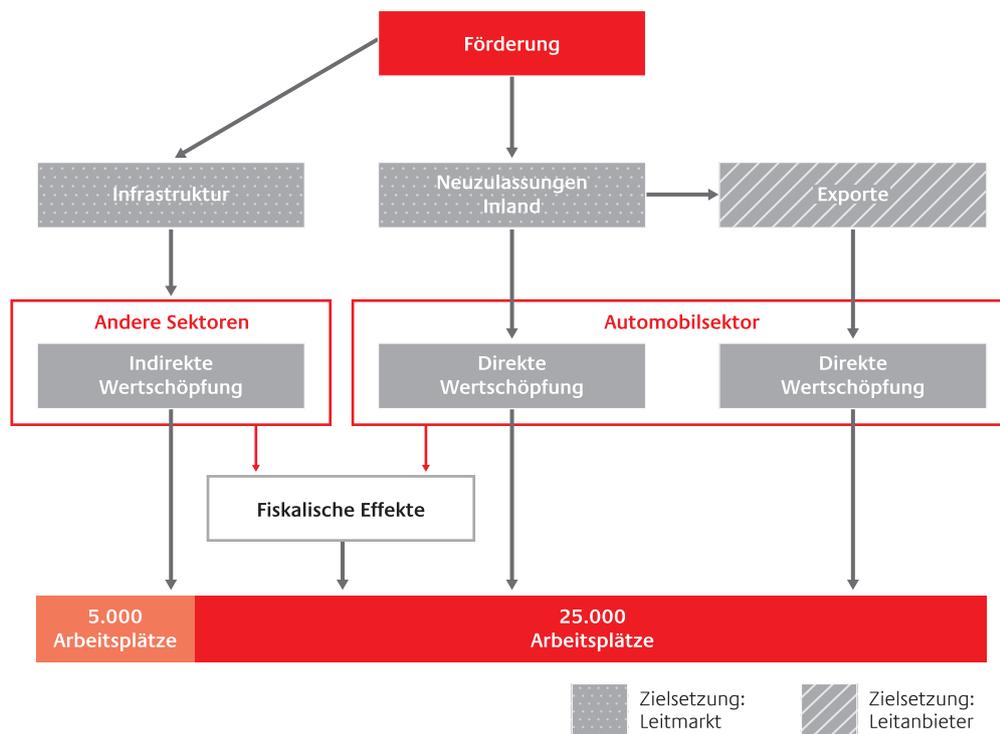


Abbildung 19:
Arbeitsplatz-
effekte einer
umfassenden
Förderstrategie:
Schematische
Darstellung

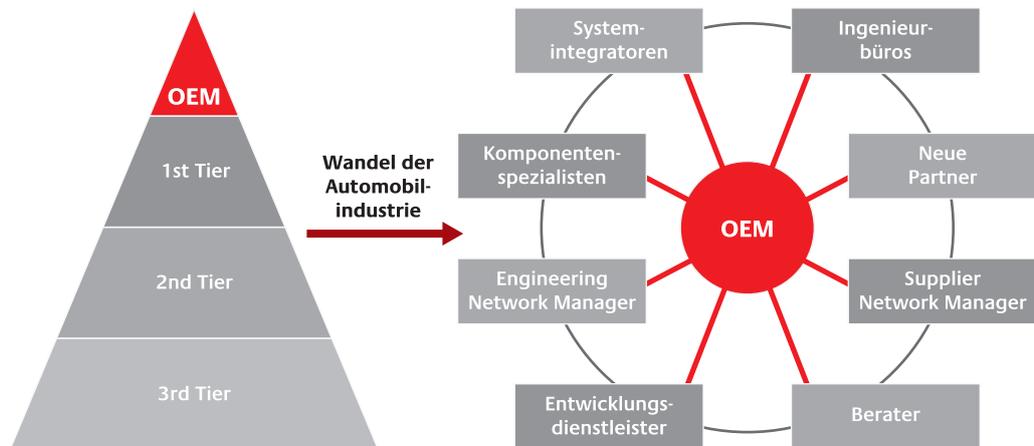
Das vorherrschende Zusammenarbeitsmodell zwischen den Herstellern und der Zulieferindustrie steht nicht nur durch die Elektrifizierung des Antriebsstranges vor großen Herausforderungen. Mit den neuen Technologien treten neue Zulieferer auf den Plan, die Markteintrittsbarrieren verändern sich erstmals seit Jahren. Es entstehen auch neue Innovationsnetzwerke und -partnerschaften sowohl im Fahrzeugbau (zum Beispiel Post/Streetscooter/Ford) als auch bei der Technologieentwicklung (zum Beispiel OEM-Konsortium Ladeinfrastruktur). Im Bereich der Produktion traditioneller für den Verbrennungsantrieb entwickelter Komponenten mit typisch hohen Anteilen von ≥ 80 Prozent an der Gesamtproduktion besteht eine hohe Verdrängungsgefahr.

Neue, zusätzliche Arbeitsplätze mit eher geringerer Wertschöpfung entstehen im Bereich des Infrastrukturaufbaus, der IT-Infrastruktur sowie neuer Dienstleistungen rund um das Laden und Betreiben von Elektrofahrzeugen.

Basierend auf den existierenden und teilweise in Überarbeitung befindlichen Szenarien und Studien zu quantitativen und qualitativen Arbeitplatzeffekten kann von einem prognostizierten Anteil von bis zu 30 Prozent Elektrofahrzeugen an den Neuzulassungen im Jahr 2030 ausgegangen werden. In den unterschiedlichen Marktszenarien ist auch in den Folgejahren weiterhin mit einem **Mix verschiedener Antriebskonzepte** zu rechnen.

Unterschiedlichste jüngere Entwicklungen legen nahe, dass die Marktdurchdringung batteriebetriebener Fahrzeuge schneller voranschreitet, als es frühere Referenzszenarien annehmen. Beschleunigend wirken unter anderem

Abbildung 20:
Zusammen-
arbeitsmodell
über die gesamte
Wertschöp-
fungskette



- angekündigte Modelloffensiven diverser Hersteller,
- die zu erwartende günstige Kostenentwicklung von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen,
- die zu erwartende deutliche Verschärfung der CO₂-Grenzwerte durch die Europäische Kommission für die Zeit nach 2020,
- ambitionierte Zielsetzungen in der europäischen und deutschen Klimapolitik in Übereinstimmung mit den Zielen der UN-Klimakonferenz, bis 2050 eine nahezu emissionsfreie Mobilität zu realisieren,
- die Ankündigung mehrerer Länder, aus der Technologie des Verbrennungsmotors vollständig auszusteigen, sowie
- die Absicht der chinesischen Regierung, sogenannte E-Quoten einzuführen.

Die mit der zunehmenden Elektrifizierung des Antriebsstranges einhergehenden Arbeitsplatzeffekte gilt es schon heute so präzise wie möglich zu antizipieren. Die aktuelle Studie ELAB2, die ihre Datenbasis aus den Angaben aller großen Endhersteller und der größten Zulieferer bezieht, geht in einem best-case-Szenario von einem Verlust von 8 bis 10 Prozent der im **Antriebsstrang** befindlichen Arbeitsplätze aus – das entspricht 20.000 bis 25.000 Beschäftigten. Dabei hat der Plug-in-Hybrid (PHEV) als Übergangstechnologie eine positive Rolle.

Bei der Ermittlung belastbarer Prognosen zu quantitativen wie qualitativen Arbeitsplatzeffekten müssen dreierlei Entwicklungen berücksichtigt werden:

- Es kommt zu quantitativen Verschiebungen innerhalb der Fahrzeughersteller und innerhalb der automobilen Wertschöpfungskette sowie einem damit einhergehenden qualitativen Wandel der Arbeitsplätze.
- Auswirkungen auf die Fertigung konventioneller Komponenten infolge einer stärkeren und schnelleren Verbreitung elektrifizierter Fahrzeuge werden vor allem Zulieferer treffen, die bislang auf Teileproduktion und -entwicklung für verbrennungsmotorische Antriebskonzepte festgelegt sind. Diese brauchen künftig Produktalternativen sowohl innerhalb als auch außerhalb des Automobilbereichs, um die Beschäftigung zu sichern.
- Ferner sind Bereiche genauer zu untersuchen, in denen sich Produktionsumfänge

erheblich verändern. Hierzu zählen etwa die Montage von Tanksystemen, die Fahrzeugendmontage und die Herstellung von zunehmend elektrifizierten Komponenten. Dies schließt auch die Ausrüstungsindustrie, insbesondere den Werkzeugmaschinenbau, mit ein.

Zum heutigen Zeitpunkt lässt sich festhalten, dass der Erhalt und Ausbau von Beschäftigung in der gesamten automobilen Wertschöpfungskette einer aktiven, vorausschauenden Gestaltung des Strukturwandels bedarf. Sowohl aus beschäftigungs- als auch aus wettbewerbspolitischer Sicht gilt es, die Beschäftigten durch die Entwicklung neuer Ausbildungsgänge und betrieblicher Umschulungsangebote gezielt auf den Wandel vorzubereiten.

Kernaussagen:

- Für die Elektromobilität bestehen in Deutschland – auch aufgrund der Stärke im konventionellen Fahrzeugbereich sowie staatlicher Forschungs- und Entwicklungsförderung – gute Chancen auf zukunftsfähige Arbeitsplätze.
- Im Bereich der Fahrzeugmontage besteht die Chance auf Stabilisierung, aber mit großem Bedarf an Qualifizierung aufgrund neuer Anforderungen und Tätigkeiten.
- Die Antriebsstranghersteller haben den größten Handlungsbedarf in Richtung einer erfolgreichen Transformation. Primäres Ziel muss für sie sein, zusätzlich zu den konventionellen auch Komponenten für den elektrifizierten Antriebsstrang zu produzieren. Das erfordert den Aufbau neuer Kompetenzen und ebenfalls erhebliche Anforderungen im Bereich Qualifizierung und Personalentwicklung. Zusätzlich müssen Potenziale durch Produktalternativen auch außerhalb des Fahrzeuges dringend erschlossen werden. Elektromobilität und neue Nutzungskonzepte durch die Digitalisierung des Verkehrs bieten zahlreiche Möglichkeiten (zum Beispiel Ladetechnologie), die jedoch derzeit eher aus anderen Sektoren bedient werden.
- Zusätzliche Arbeitsplätze können durch die Produktsubstanz und den Technologievorsprung entstehen. In der Übergangsphase zum reinen BEV bietet die gute Marktpositionierung bei den PHEVs deutliches Potenzial durch zusätzliche Wertschöpfung. Langfristig erfolgt die Arbeitsplatzsicherung durch Wettbewerbsstärke und Steigerung der Marktanteile in den Exportmärkten.
- Neue, auch branchenübergreifende industrielle Netzwerke haben einen großen Einfluss auf die Struktur der Arbeitsplätze. Diese neuen Strukturen bieten in Deutschland großes Potenzial, bergen aber auch Risiken aufgrund der Schnelligkeit am internationalen Anbietermarkt.

5

Die Nationale Plattform Elektromobilität

Hintergrund und Arbeitsweise



Die NPE wurde 2010 auf Initiative von Bundesregierung, Industrie, Gewerkschaften und Zivilgesellschaften gegründet und flankiert den Aufbau des Leitmarktes in den Bereichen Infrastruktur, Produkte, Standardisierung und Ausbildung. An den Schnittstellen unterschiedlicher Branchen und wissenschaftlicher Disziplinen identifiziert sie erfolgskritische Themen für Forschung und Entwicklung. Zudem wertet sie nationale und internationale Aktivitäten auf dem Feld der Elektromobilität aus.

Die rund 150 Mitglieder fassen ihre Empfehlungen und Impulse in Berichten und kontinuierlichen Monitorings zusammen. In Roadmaps zu Themen wie Normung und Standardisierung oder Bildung und Qualifizierung definiert die NPE notwendige Arbeitsschritte. Die wissenschaftliche Grundlage dafür bilden Studien, wie etwa zum Markthochlauf von Elektrofahrzeugen. Die NPE legt ihre Ergebnisse der Bundesregierung und der interessierten Öffentlichkeit vor.

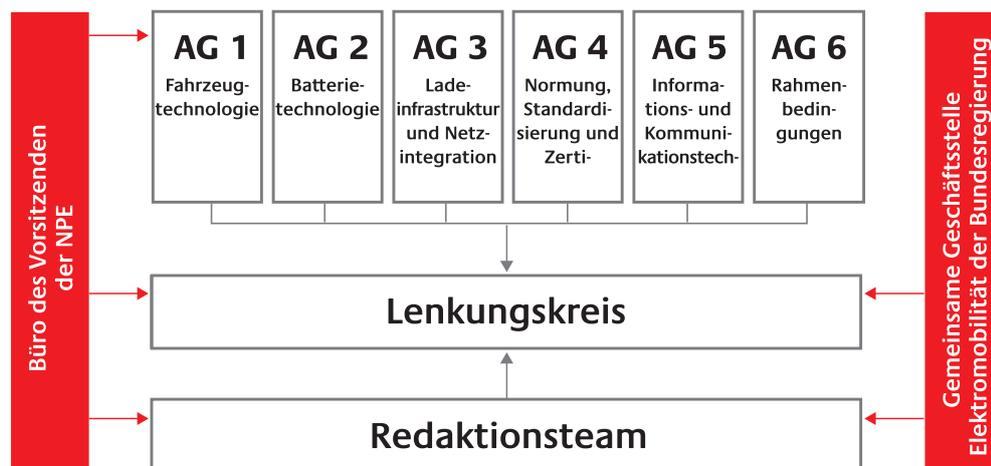


Abbildung 22:
Struktur der
Nationalen
Plattform
Elektromobilität

Die Plattform setzt sich aus dem Lenkungskreis als Entscheidungsgremium, den sechs regelmäßig im Jahr tagenden themenspezifischen Arbeitsgruppen und dem Redaktionsteam zusammen. Das Redaktionsteam unterstützt den Lenkungskreis bei der Erstellung der Berichte und weiteren Veröffentlichungen der NPE. Seitens der Regierung wird die NPE durch die Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) unterstützt. Das bei acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften angesiedelte Büro des Vorsitzenden der NPE moderiert die Plattform, unterstützt den Vorsitzenden bei seiner Arbeit und koordiniert die Kommunikation der NPE.

Vorsitz und Mitglieder des Lenkungskreises:

Vorsitz Industrie

Henning Kagermann (acatech)

Vorsitz Bundesregierung

StS Guido Beermann (BMVI)

StS Ulrich Nussbaum (BMWi)

Mitglieder

Martin Bruder Müller (BASF SE)

Bernhard Mattes (VDA)

Roland Busch (Siemens AG)

Peter Mertens (AUDI AG)

Joachim Damasky (VDA,
Koordinierungsstelle Industriekreis
Elektromobilität)

Leo Schulz (GGEMO)

Ulrich Eichhorn (Volkswagen AG)

StS Georg Schütte (BMBF)

StS Jochen Flasbarth (BMUB)

Norbert Verweyen (innogy SE)

Klaus Fröhlich (BMW AG)

Achim Wambach (Zentrum für
Europäische Wirtschaftsforschung)

Jörg Hofmann (IG Metall)

Thomas Weber (Daimler AG)

Dieter Kempf (BDI)

Karsten Wildberger (E.ON SE)

Mitglieder des Redaktionsteams:

Claas Bracklo (BMW AG)

Matthias Krähling (Volkswagen AG)

Kerstin Bratz (VDA)

Klaus Langer (ADAC)

Robert Echtermeyer (E.ON SE)

Markus Müller-Neumann (BASF SE)

Dietrich Engelhart (AUDI AG)

Dietmar Oeliger (NABU)

Patrick Ester (innogy SE)

Petra Richter (BDI)

Jan Fischer-Wolfarth (GGEMO)

Leo Schulz (GGEMO)

Dominik Haubner (IG Metall)

Michael Weiss (Daimler AG)

Michael Holtermann (Siemens AG)

Jens Wutschke (GGEMO)

Mirco Kaesberg (acatech)

6

Glossar und Fußnoten



Glossar

AC

Alternating Current (Wechselstrom)

ASIL

Automotive Safety Integrity Level

BATTERY GRADE

Batteriegröße/Batteriequalität

BDEW

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V.

BEREIT

Bezahlbare Elektrische Reichweite durch Modularität (von der Bundesregierung gefördertes Forschungsprojekt)

BEV

Battery Electric Vehicle
(Batterieelektrisches Fahrzeug)

BMBF

Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMU

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

BMVI

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

BMWi

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

BNetzA

Bundesnetzagentur

CCS

Combined Charging System
(Kombiniertes Ladesystem)

CHAdeMO

DC-Ladestandard für Elektroautos

CFK

Karbonfaserverstärkter Kunststoff

DC

Direct Current (Gleichstrom)

DERA

Deutsche Rohstoffagentur

DoE

United States Department of Energy
(Amerikanisches Energieministerium)

DIN

Deutsches Institut für Normung e. V.

DKE

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

EMiLE

Erprobung nutzfahrzeugspezifischer Elektromobilität (von der Bundesregierung gefördertes Forschungsprojekt)

EmoG

Elektromobilitätsgesetz, am 12. Juni 2015 in Kraft getreten

EMV

Elektromagnetische Verträglichkeit

FCEV

Fuel Cell Electric Vehicle
(Brennstoffzellenfahrzeug)

FOREL

Forschungs- und Technologiezentrum für ressourceneffiziente Leichtbaustrukturen der Elektromobilität (von der Bundesregierung gefördertes Forschungsprojekt)

GGEMO

Gemeinsame Geschäftsstelle
Elektromobilität der Bundesregierung

GRS

Stiftung Gemeinsames Rücknahmesystem
Batterien, derzeit die größte europäische
Einrichtung dieser Art

HEV

Hybrid Electric Vehicle
(Hybridelektrofahrzeug)

HPC

High Power Charging
(Laden mit höheren Ladeleistungen)

HeP-E

Hochflexible Produktionssysteme für
effizienzgesteigerte E-Traktionsantriebe
(von der Bundesregierung gefördertes
Forschungsprojekt)

IEC

International Electrotechnical Commission
(Internationale Organisation für Normung
im Bereich der Elektrotechnik und
Elektronik)

IGBT

Insulated-gate bipolar transistor (Bipolar-
transistor mit isolierter Gate-Elektrode)

INEES

Intelligente Netzanbindung von Elektro-
fahrzeugen zur Erbringung von System-
dienstleistungen (von der Bundesregie-
rung gefördertes Forschungsprojekt)

IKT

Informations- und
Kommunikationstechnologien

InTeLekt

Integrierte Prüf- und Testumgebung für
Leistungselektronik (von der Bundes-
regierung gefördertes Forschungsprojekt)

ISO

International Organization for Standar-
dization (Internationale Organisation
für Normung)

LEIKA

Ressourceneffiziente Mischbauweisen für
Leichtbau-Karosserien (von der Bundes-
regierung gefördertes Forschungsprojekt)

LIS

Ladeinfrastruktur

LCA

Life Cycle Assessment

MEHREN

Multimotor-Elektrofahrzeug mit
höchster Raum- und Energieeffizienz
und kompromissloser Fahrsicherheit
(von der Bundesregierung gefördertes
Forschungsprojekt)

NAAutomobil

DIN-Normenausschuss Automobiltechnik

NFC

Near Field Communication (Internationa-
ler Übertragungsstandard zum kontaktlo-
sen Austausch von Daten per Funktechnik
über kurze Strecken)

NQuE

Netzwerk Qualifizierung Elektromobilität

NVH

Noise-Vibration-Harshness

PHEV

Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Plug-in-Hybrid-elektrisches Fahrzeug)

Pkw

Personenkraftwagen

OEM

Original Equipment Manufacturer (Markenproduzent; hier: Automobilhersteller)

ÖPNV

Öffentlicher Personennahverkehr

REEV

Range Extended Electric Vehicle (Elektrofahrzeug mit verlängerter Reichweite)

SAC

Standardization Administration of the People's Republic of China

SAE

Society of Automotive Engineers (Internationaler Verband der Automobilingenieure)

Sphin(x)

Hochintegrierter, skalierbarer Elektrofahrzeugantrieb auf Basis einer schnell laufenden elektrischen Maschine (von der Bundesregierung gefördertes Forschungsprojekt)

STILLE

Standardisierung induktiver Ladesysteme über Leistungsklassen
Im Rahmen von STILLE werden bestehende Standardisierungsvorschläge technisch validiert, hinsichtlich ihrer Interoperabilität bewertet und gemeinsame Empfehlungen abgeleitet.

TCO

Total Cost of Ownership (Berechnungsmodell, das alle anfallenden Kosten, zum Beispiel Betrieb, Wartung usw., von Investitionsgütern einbezieht)

UBA

Umweltbundesamt

VDA

Verband der Automobilindustrie e. V.

Fußnoten

- 1 Die hier enthaltenen Daten basieren auf der vom UBA beauftragten Studie des IFEU Heidelberg „Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen“ (<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/weiterentwicklung-vertiefte-analyse-der>), zur Klimabilanz zudem auf neueren Analysen des IFEU Heidelberg.
- 2 Unter Batteriezelle werden im Folgenden sowohl wieder aufladbare (Akku) als auch nicht wieder aufladbare elektrochemische Speicher verstanden. Als Batterie wird die Zusammenschaltung mehrerer Batteriezellen in einem geeigneten Casing bezeichnet, die Elektronik sowie gegebenenfalls weitere Komponenten enthalten kann.
- 3 Vgl. Information des UBA unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/ressourcen-abfall/verwertung-entsorgung-ausgewaehlter-abfallarten/altbatterien#textpart-1>
- 4 Das „Lebensende“ einer Batterie ist dann erreicht, wenn die aktuelle Kapazität auf 80 Prozent der Ausgangskapazität abgesunken ist.
- 5 Beispiele aus der KLIB-Datenbank (ohne Anspruch auf Vollständigkeit): Lithorec I + II, ELIBAMA, LCA-Li-Bat-Recycling, LiBat-Rückgewinnung, coBatRec, EcoBatRec, BEMA 2020, EOL-IS.
- 6 Cradle-to-Gate-Betrachtung.
- 7 In der Abbildung nicht berücksichtigt wurde ein pessimistisches Szenario auf Basis aktueller Abschätzungen der Angebotsseite (2020: 360.000 Fahrzeuge, 2025: 1,7 Millionen Fahrzeuge). Im Jahr 2020 ergäbe dies einen Bedarf von 25.000 AC- und 2.400 DC-Ladepunkten. Auf Basis der bisherigen Auswertungen der vorliegenden beiden Fördercalls könnte dabei schon mit den aktuellen Fördermitteln die im pessimistischen Szenario hochgerechnete Anzahl benötigter Ladepunkte übertroffen werden. Dies dokumentiert, dass der Hochlauf flächendeckender Ladeinfrastruktur deutlich an Dynamik gewonnen hat und den noch vorhandenen Bedenken potenzieller Käuferinnen und Käufer von Elektrofahrzeugen bezüglich „Reichweitenangst“ bereits heute entgegenwirkt. Ohne weitere Förderung würde diese Dynamik jedoch zum Erliegen kommen, da nach wie vor Elektrofahrzeuge in nennenswerter Stückzahl fehlen, um diese Ladeinfrastruktur aktuell auch zu nutzen.

Verfasser

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE), Berlin, Mai 2018

Herausgeber

Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität
der Bundesregierung (GGEMO), Scharnhorststraße 34–37, 10115 Berlin

Redaktionelle Unterstützung

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Mirco Kaesberg, Lennart Schultz, Elisa Reker
www.acatech.de

Satz und Gestaltung heilmeyerundsernau.com
Infographik infografiker.com

Druck

Druckerei Vogl GmbH & Co KG





