



## **Zwischenbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität**





# Inhalt

<b>1 Executive Summary</b>	<b>5</b>
<b>2 Präambel</b>	<b>8</b>
<b>3 Globale Herausforderungen in der Mobilität als Chance für den Standort Deutschland</b>	<b>9</b>
<b>4 Die Nationale Plattform Elektromobilität – Zielsetzung und Zwischenfazit</b>	<b>12</b>
<b>5 Mit einem deutschen Weg zu Leitanbieterschaft und Leitmarkt</b>	<b>15</b>
<b>6 Vorliegende Ergebnisse der Arbeitsgruppen der Nationalen Plattform Elektromobilität</b>	<b>19</b>
<b>7 Erste Empfehlungen</b>	<b>37</b>
<b>8 Empfehlungen zur weiteren Gestaltung der Arbeit der Nationalen Plattform Elektromobilität</b>	<b>45</b>
<b>9 Arbeitsaufträge und weiterer Klärungsbedarf</b>	<b>46</b>

Die vorliegenden Inhalte beruhen auf der Arbeit der sieben Arbeitsgruppen der Nationalen Plattform Elektromobilität. Die Dokumentation dieser Arbeit ist Bestandteil des Zwischenberichtes. Die Inhalte unterliegen der Verantwortung der Arbeitsgruppen. Die Dokumentationen können im Internet auf den Seiten der Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie; Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie Bildung und Forschung abgerufen werden.



## 1 Executive Summary

Der globale Umbau der Energie- und Mobilitätssysteme ist Herausforderung und Chance zugleich. Technologien der Elektromobilität bieten Lösungen für Umweltschutz und die Schonung von Ressourcen. Die neuen Technologien bergen gleichzeitig Potenziale für Wachstum und Beschäftigung. Die Elektromobilität kann langfristig zur Schlüsseltechnologie für die Substitution fossiler Energieträger im Straßenverkehr werden. Auf dem Weg dorthin müssen alle technologischen Optionen inklusive effizienterer Verbrennungsmotoren weiterverfolgt werden.

Der internationale Wettbewerbsdruck bei der Entwicklung der Elektromobilität ist enorm – bestehende Weltmarktpositionen werden in Frage gestellt. Die deutsche Industrie muss gemeinsam mit Politik, Wissenschaft und Gesellschaft schnell, entschieden und in engem Schulterschluss handeln.

Vor diesem Hintergrund haben sich in der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) auf Einladung der Bundesregierung Vertreter von Industrie, Wissenschaft, Politik, Gewerkschaften und Gesellschaft in Deutschland zusammengefunden. Die Mitglieder der NPE haben sich auf einen systemischen, marktorientierten und technologieoffenen Ansatz verständigt mit dem Ziel, die deutsche Industrie zusammen mit Mittelstand und Handwerk zum Leitanbieter und Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität bis 2020 zu entwickeln. Seit Mai 2010 haben sie den vorliegenden Zwischenbericht erarbeitet. Ein zweiter Bericht wird im Frühjahr 2011 folgen.

### **Erste Ergebnisse der NPE sind:**

- Die deutsche Industrie ist Leitanbieter in vielen für die Elektromobilität relevanten Technologiefeldern. Die Anstrengungen müssen intensiviert werden, um auch bei Produkten und Lösungen für die Elektromobilität eine international führende Position einzunehmen. Auf diese Weise könnten Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland gesichert und sogar gesteigert werden.
- Der Aufbau eines Leitmarkts Elektromobilität in Deutschland soll dem Klima- und Ressourcenschutz Vorschub leisten. Er ist darüber hinaus maßgeblich für den Erfolg von Produkten und Lösungen. Kompetenzen beim Aufbau intermodaler Verkehrsangebote und neue Geschäftsmodelle werden im Leitmarkt gezielt entwickelt.
- Die Erforschung und Entwicklung weltweit führender Technologien und integrierter Lösungen steht im Mittelpunkt der bisher vorliegenden Ergebnisse. Branchenübergreifende Technologieroadmaps geben die Entwicklungspfade vor. Industrie und Wissenschaft arbeiten bereits jetzt eng verzahnt an der Umsetzung. Weitere Forschungsvorhaben in Höhe von rund 4 Mrd. EUR bis 2013 wurden definiert und priorisiert.
- Die Batterie ist eine Schlüsselkomponente des Elektrofahrzeuges. Hier besteht großes Optimierungspotenzial. Intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit zur Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Technologie und Entwicklung neuer Batteriekonzepte (Post-Lithium-Ionen-Technologie) ist dringend erforderlich. Deutschland braucht eine integrierte Zell- und Batteriesystemproduktion. In diesem Bereich sollte die Entwicklung vorangetrieben werden.

- Im Bereich des elektrischen Antriebssystems ist eine abgestimmte und schwerpunktmäßige Vorgehensweise in Richtung Kostensenkung, Erhöhung von Leistungsdichte und -gewicht, Steigerung des Wirkungsgrades und Verbesserung der Qualität und Zuverlässigkeit notwendig. Dafür müssen Maßnahmenpakete in Forschung und Entwicklung, den Produktionstechnologien und der Fertigung für Elektromotoren, Leistungselektronik und Antriebssysteme umgesetzt werden.
- Rohstoffe und Materialien stehen am Anfang der Wertschöpfungskette. Innovative Materialien sind Grundlage für wettbewerbsfähige Endprodukte. Neue Recyclingtechnologien können die geopolitische Abhängigkeit durch einen besseren Zugang zu Sekundärrohstoffen verringern. Eine strategische Sicherung notwendiger Rohstoffe ist zwingend erforderlich.
- Das deutsche Energiesystem gehört zu den weltweit leistungsfähigsten. Aufgrund des im internationalen Vergleich besonders hohen Anteils volatiler erneuerbarer Energien existieren besonders große Synergiepotenziale mit der Elektromobilität. Die Berücksichtigung der Elektrofahrzeuge in intelligenten Netzsteuerungen kann früher als in anderen Ländern stattfinden. So kann ein echtes Differenzierungsmerkmal für deutsche Technologien im Weltmarkt entstehen.
- Der strategischen Bedeutung von Normung und Standardisierung wurde in Abstimmung mit Vertretern aller relevanten Industriezweige Rechnung getragen. Eine deutsche Normungsroadmap wurde verabschiedet und muss konsequent umgesetzt und gepflegt werden.
- Konkrete Schritte zur Sicherung der deutschen Wettbewerbsposition über Qualifizierung und Ausbildung im beruflichen und akademischen Bereich wurden definiert und werden umgesetzt.
- Ein systemübergreifender Ansatz in der Technologieentwicklung soll Stärken der deutschen Industrie gezielt im Weltmarkt zur Geltung bringen. Entwicklungsvorhaben sollen in Leuchtturmprojekten gebündelt werden. Konzepte hierfür werden entwickelt.
- Die bestehenden Modellregionen und -projekte werden evaluiert. Wenige, große Schaufenster werden konzipiert und zügig aufgebaut, um Produkte und Lösungen anschaulich und – im wörtlichen Sinne – erfahrbar zu machen.
- Die Rahmenbedingungen spielen vor allem in der Anfangsphase des Marktwachstums zur Erreichung des Leitmarktzieles eine wichtige Rolle. Die NPE erarbeitet einen Maßnahmenkatalog zur Unterstützung eines erfolgreichen Markthochlaufs. Dieser Katalog umfasst eine Bandbreite verschiedener Instrumente, darunter auch finanzielle und steuerliche Gestaltungsmöglichkeiten, verkehrsrechtliche Anpassungen oder infrastrukturelle Voraussetzungen. Die Bewertung der Maßnahmen muss den internationalen Vergleich mit den Rahmenbedingungen in anderen europäischen und außereuropäischen Ländern berücksichtigen. Es muss alles daran gesetzt werden, in Europa ein gemeinsames Wettbewerbsumfeld zu schaffen, in dem das Ziel eines deutschen Leitmarktes von 1 Mio. Elektrofahrzeugen bis zum Jahr 2020 erreichbar ist.

Mit dem Zwischenbericht ist die Analysephase abgeschlossen. Die für das Thema Leitanbieterschaft notwendige Definition der Technologieroadmaps erlaubt einen schnellen Start im branchenübergreifenden Innovationsprozess.

Die Beteiligten werten die Arbeit in der NPE über die konkreten Ergebnisse hinaus als Erfolg. Erstmals existiert mit der NPE eine institutionalisierte Plattform zum branchenübergreifenden Dialog. Die Signalwirkung in Industrie und Gesellschaft ist schon jetzt deutlich sichtbar und verleiht dem Aufbau der Elektromobilität zusätzliche Dynamik.

## 2 Präambel

*Die Elektromobilität treibt weltweit Veränderungen voran: Neue Märkte entstehen, neue Technologien werden entwickelt und etablierte Weltmarktpositionen in Frage gestellt. Industrie, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft stehen auch in Deutschland vor der Herausforderung, diese neuen Märkte zu gestalten und die hervorragende Position der deutschen Wirtschaft im Weltmarkt zu verteidigen.*

*Die in der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) auf Einladung der Bundesregierung versammelten Experten sind überzeugt davon, dass die Elektromobilität eine große Chance für den Standort Deutschland darstellt. Mit den hier in Deutschland vorhandenen Kompetenzen kann unsere Wirtschaft auf die globalen Herausforderungen des Umwelt- und Ressourcenschutzes reagieren und selbst Akzente beim Aufbau eines weltweiten Marktes für Elektromobilität setzen.*

*Die Mitglieder der NPE verbindet die Überzeugung, dass die deutschen Industrien in engem Schulterschluss Produkte und Lösungen entwickeln werden, mit denen Elektromobilität „Made in Germany“ als Bestandteil zukünftiger Mobilitätssysteme zu einem international beachteten, führenden Markenzeichen wird.*

*Den Beteiligten ist dabei bewusst, dass der Erfolg das Ergebnis eines langfristigen Prozesses ist und einer industrieübergreifenden Bündelung der Kompetenzen bedarf. Es muss schnell und gemeinsam gehandelt werden, um eine Spitzenposition zu erreichen und ein weiteres Zurückfallen hinter die Entwicklungen in Volkswirtschaften, wie China, Japan, Frankreich oder den USA, zu vermeiden.*

*Vor diesem Hintergrund legt die NPE ihren ersten Zwischenbericht vor.*

### **3 Globale Herausforderungen in der Mobilität als Chance für den Standort Deutschland**

Der verstärkte Fokus auf Umwelt- und Ressourcenschutz führt weltweit zu veränderten Anforderungen an die Mobilität. Mit der Elektrifizierung der Antriebstechnologie verbinden sich Chancen, die Abhängigkeit des Verkehrssektors vom Öl sowie verkehrsbedingte Emissionen deutlich zu reduzieren und effiziente Verkehrssysteme weiter zu entwickeln. Die Mobilität von morgen wird durch eine Diversifizierung technologischer Lösungen geprägt sein. Für eine klimafreundlichere Mobilität sind alle Lösungen wichtig: noch effizientere Verbrennungsmotoren und Elektromobilität.

Die Herausforderungen bei der Bewältigung massiv wachsender Verkehrsaufkommen – in den Wachstumsregionen der „Emerging Markets“ in Asien und Lateinamerika sowie in den traditionellen Industrienationen steigen. Neue Verkehrskonzepte sind notwendig, die auch die Grundlage für ein engeres, intermodales Zusammenspiel der Verkehrsträger bilden, um die traditionellen Mobilitätsbedürfnisse mit neuen Anforderungen urbaner Zielgruppen klimaverträglich zu verbinden. Elektromobilität bietet auch hier die Grundlage für neue Märkte und Geschäftsmöglichkeiten. Es entstehen weitere Absatzpotenziale für deutsche Produkte und Dienstleistungen im globalen Markt.

#### **Beitrag der Elektromobilität**

Die beschleunigte Entwicklung der Elektromobilität wird das Produktportfolio an Fahrzeugen ergänzen. Mit der Einführung von rein batterieelektrischen Fahrzeugen und (Plug-In-) Hybriden wird eine technologische Zeitenwende eingeläutet. Veränderungen finden vor allem in der Automobil- und Zulieferindustrie statt. Die deutsche Industrie muss diesen Wandel aktiv gestalten. Nur so kann die bisher erfolgreiche Wettbewerbsposition behauptet und weiter entwickelt werden.

Die Elektromobilität als Sektoren verbindende Technologie und Basis innovativer Dienstleistungen eröffnet Wachstumschancen für den Standort Deutschland. Das Wachstum in Zukunftsfeldern kann helfen, Wertschöpfung und Beschäftigung langfristig zu sichern und sogar auszubauen. Im Zusammenspiel von Leitindustrien, in denen Deutschland bereits jetzt eine international führende Rolle einnimmt, liegt der Schlüssel für eine Führungsrolle im internationalen Markt für Elektromobilität.

Technologisch überlegene und nachhaltige Konzepte sind entlang der gesamten Wertschöpfungskette der Elektromobilität zu entwickeln. Diese Entwicklungen müssen schnell und entschieden vorangetrieben werden, um einen Rückstand im globalen Wettbewerb zu verhindern.

Im Fahrzeug sind neue technische Fragestellungen, wie z. B. der Einsatz von effizienten und sicheren Batterien, die Realisierung kosteneffizienten Leichtbaus oder die Integration elektrischer Systeme in neue Fahrzeugarchitekturen zu beantworten. Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs wird langfristig zu einer Neugestaltung der automobilen Wertschöpfungsketten führen und neue Partnerschaften und attraktive Märkte entstehen lassen.

## **Herausforderungen und Beitrag der deutschen Wirtschaft**

Besonders auf diesem Gebiet steht die deutsche Wirtschaft unter Erfolgsdruck – die Entwicklungsdynamik, vor allem in Japan und China, aber auch den USA und Frankreich, ist eine Herausforderung für die deutsche Industrie.

Der weltweite Wandel im Energiesystem ist ein wesentlicher Einflussfaktor. Die steigende Erzeugung aus erneuerbaren Energien und die zunehmende Umstellung des Energieendverbrauchs von fossilen Energieträgern auf Elektrizität verlangen eine Neuordnung des Zusammenspiels zwischen Energieerzeugung, -transport, -speicherung und -verbrauch. Die schrittweise Elektrifizierung der Antriebstechnologie kann hier eine wichtige Rolle spielen. Verbunden mit dem Aufbau eines intelligenten Energiesystems (Smart Grid), wird durch sie die optimale Einbindung flexibler Lasten z. B. durch eine zeitlich flexible Ladung der Batterien des Elektroautos bevorzugt mit regenerativ erzeugtem Strom ermöglicht. Mit Fortschreiten der Entwicklungen in der Batterietechnologie können die Batterien als Steuerelement zur Netzstabilisierung beitragen. Dadurch kann die Integration erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Verbesserung der Netzstabilität gewährleistet werden. Die Elektromobilität bietet damit das Potenzial für ein effizientes Zusammenspiel von Mobilitäts- und Energiesystemen. Sie ist auch die Grundlage für die Entwicklung neuer Technologien und Geschäftsmodelle. Hier liegen die besonderen Chancen für die deutsche Industrie.

Der Bedarf nach Spezialisten und Fachkräften, insbesondere in ingenieur- und naturwissenschaftlichen Disziplinen und im gewerblich-technischen Bereich, wird weiter steigen. Die zeitnahe Verfügbarkeit von adäquat ausgebildeten Akademikern und Facharbeitern ist entscheidend für den erfolgreichen Aufbau oben angesprochener Kompetenzen.

Diese Chancen werden in Industrien weltweit gesehen und verfolgt. Ein Wettlauf um Innovations- und Technologieführerschaft ist im Gange. Dabei gehen Industrialisierung und Marktaufbau Hand in Hand. Länder wie die USA, Japan, China oder Frankreich schaffen bereits mit Milliardenprogrammen in kurzer Zeit völlig neue Märkte und Anbieterstrukturen. Bestehende Wettbewerbsnachteile sollen über die schnelle und erfolgreiche Gestaltung des mit der Elektromobilität verbundenen Technologiewandels („Leapfrogging“) ausgeglichen werden.

Die deutsche Industrie muss im Zusammenspiel mit allen gesellschaftlichen Gruppen schnell handeln, um bestehende Weltmarktpositionen zu halten und weiter ausbauen zu können. Einen Strukturbruch in der Wertschöpfungskette und damit den Verlust von Arbeitsplätzen gilt es in jedem Fall zu vermeiden. Politische Entscheidungen müssen dabei unterstützen. Gezielte Industrie-, Innovations- und Verkehrspolitik sind wichtige ergänzende Maßnahmen, um ein „Hineingleiten“ der Automobilindustrie in das Zeitalter der Elektromobilität zu ermöglichen.

Mittelstand und Handwerk werden eine wichtige Rolle dabei spielen, zügig einen Leitmarkt in Deutschland aufzubauen. Sie tragen Innovationen schnell in die Fläche, sorgen mit zahlreichen Weltmarktführer- und anwendungsnaher F&E-Kooperation mit der Wissenschaft für beschleunigte und kreative technologische Entwicklungsschritte. Diesen im internationalen Wettlauf nicht zu unterschätzenden Wettbewerbsvorteil unserer mittelständisch geprägten, dezentralen Wirtschaftsstruktur gilt es auch im Bereich der Elektromobilität verstärkt zu nutzen.

Die in den Betrieben vertretenen Gewerkschaften spielen eine wichtige Rolle als Bindeglied zwischen Beschäftigten, Unternehmen und staatlicher Politik. Die Gewerkschaften tragen dazu bei, dass der mit der Elektromobilität verbundene Systemwechsel in der Antriebstechnologie nicht als Bedrohung bestehender Arbeitsplätze, sondern als Chance für Innovation und Wachstum wahrgenommen wird.

Darüber hinaus müssen Wirtschaft, Wissenschaft, Bund und Länder im engen Schulterschluss mit den Kunden und Nutzern eine Strategie für die Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität erarbeiten. Es müssen Rahmenbedingungen geschaffen werden, in denen innovative, kunden- und umweltfreundliche sowie im Sinne der Ressourcenschonung nachhaltige Lösungen zu internationaler Wettbewerbsreife geführt werden können.

## 4 Die Nationale Plattform Elektromobilität – Zielsetzung und Zwischenfazit

Aufbauend auf dem Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität 2009 (NEP) hat sich auf Einladung der Bundeskanzlerin am 3. Mai 2010 die Nationale Plattform Elektromobilität (NPE) konstituiert. In einer gemeinsamen Erklärung von Politik und Wirtschaft wurden die Ziele bestätigt, Deutschland bis zum Jahr 2020 zum Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität zu entwickeln.

Die Nationale Plattform Elektromobilität ist angetreten, um Strategien zu erarbeiten, mit denen die deutsche Industrie an die Spitze des weltweit neu entstehenden Marktes für Elektromobilität gelangen kann. Es sollen zudem Wege aufgezeigt werden, der Elektromobilität mit zunächst 1 Million Elektrofahrzeugen bis 2020 auch in Deutschland zum Durchbruch zu verhelfen.

In der NPE haben sich alle relevanten Akteure aus Industrie, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft in Deutschland zusammengefunden. Sie haben sich auf einen systemischen und technologieoffenen Ansatz verständigt, um die beschriebenen Ziele marktorientiert zu erreichen. Die NPE wird die notwendigen Maßnahmen in einem koordinierten Vorgehen konkretisieren. Sie wird über die Maßnahmen hinaus ein Signal für eine dauerhafte Integration von Industrie, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft setzen.

Diese gemeinsame Zielsetzung der NPE konkretisiert sich in den folgenden Punkten:

- Bündelung des Fachwissens und der notwendigen Fördermittel zur Erarbeitung eines Wettbewerbsvorteils durch Forschung und Entwicklung in den Schlüssel-sektoren der Elektromobilität
- Entwicklung attraktiver und international wettbewerbsfähiger Elektromobilitäts-produkte und Lösungen
- Aufbau eines substanziellen heimischen Marktes zur Implementierung innovativer Technologien und Dienstleistungen
- Sicherung und Ausbau hochwertiger Wertschöpfung und Beschäftigung in Deutschland
- Normung und Standardisierung auf internationaler Ebene
- Sicherstellung der Exzellenz der akademischen Lehre und Forschung und der beruflichen Aus- und Weiterbildung zur Erfüllung der Anforderungen der Elektro-mobilität
- Aktiver Beitrag zu Umwelt- und Klimaschutz durch saubere und leisere Mobilität und weitere Integration der erneuerbaren Energien

Das Selbstverständnis ist, den Aufbau der Elektromobilität so weit wie möglich dem Markt zu überlassen und nur so weit wie nötig regulativ zu gestalten.

Das Zwischenfazit ist eindeutig. Die Nationale Plattform Elektromobilität als neue Form des intersektoralen und interdisziplinären Dialogs hat sich bewährt:

1. Bei der Analyse der Wettbewerbsposition ist klar geworden, dass Länder wie China, Japan, Korea, die USA oder Frankreich frühzeitige ambitionierte Programme aufgesetzt haben, um eine führende Rolle im internationalen Wettbewerb einzunehmen. Die Bundesrepublik Deutschland muss zur Erfüllung der eigenen Zielsetzung schnell, geschlossen und zielgerichtet handeln.
2. Die NPE bietet ein Forum für neu entstehende Partnerschaften und fördert den Dialog über Industriegrenzen und Berufsbilder hinweg. Die unterschiedlichen Erfahrungen, Perspektiven und Ziele eröffnen Innovations- und Geschäftspotenziale in einem neu entstehenden Wirtschaftsfeld.
3. Die Abstimmung zwischen den Industrien in strategischen Fragen wie beispielsweise der Normung und Standardisierung wird durch die NPE erleichtert und vertieft.
4. Die Vernetzung der Industrien, Wirtschaftszweige und Branchen muss forciert und verstetigt werden, denn Leitanbieter- und Leitmarktfunktion für das komplexe System Elektromobilität machen die Interaktion aller erforderlichen Akteure notwendig.
5. Ein Themenkatalog mit Fokusprojekten in den Kategorien Forschung, Entwicklung und Qualifizierung wurde an die beteiligten Ressorts der Bundesregierung übergeben. Industrie und Wissenschaft schlagen hierin Aktivitäten mit einem Gesamtprojektvolumen von ca. 4 Mrd. Euro bis 2013 vor. Die Industrie leistet einen signifikanten Beitrag. In welcher Höhe die vorgeschlagenen Projekte von der Politik gefördert werden, wird derzeit durch die zuständigen Ressorts der Bundesregierung geprüft.
6. Die Analysen und Empfehlungen zu Qualifizierung und Ausbildung sind abgeschlossen; eine vollständige Bewertung und ein Maßnahmenplan wurden bereits vorgelegt. Mit der Umsetzung wird im ersten Halbjahr 2011 begonnen.
7. Eine Definition von Referenzfahrzeugen dient Arbeitsgruppen übergreifend als Orientierung und als gemeinsamer Bezugspunkt für die Entwicklungsarbeiten. Diese Definition kann auch die Kosten-Nutzen-Abschätzung unterstützen.
8. Konkrete technische Vorhaben in den Bereichen Antriebstechnologie, Batterie, Materialien, Recycling und Ladetechnik wurden in Forschungs- und Technologie-Roadmaps zusammengefasst. Sie sind Grundlage für die erfolgreiche Realisierung der Ziele des Nationalen Entwicklungsplans für Elektromobilität.
9. Die Verfügbarkeit von internationalen Normen und Standards ist zentrale Voraussetzung dafür, dass die Zielsetzungen Leitanbieterschaft und Leitmarkt in Deutschland erreicht werden. Konkrete Maßnahmen und Empfehlungen hierzu finden sich in der entstandenen Normungs-Roadmap.
10. Erste Empfehlungen für unmittelbare Schritte beispielsweise in den Feldern Batterieproduktion, Ausbildung und Qualifizierung, Materialien und Rohstoffe oder Integration der Elektrofahrzeuge in das Stromnetz wurden erarbeitet und der Bundesregierung vorgelegt.
11. Es besteht Konsens darüber, dass die für Deutschland kennzeichnende technische Kompetenz auf systemische Ansätze, d. h. die Integration verschiedener Industrien, Disziplinen und Marktteilnehmer ausgerichtet werden muss. Forschung und Entwicklung soll unter dieser Prämisse über die bestehenden Programme hinaus unterstützt werden.

Die NPE soll offene Fragen über einen breiten Konsens der beteiligten gesellschaftlichen Gruppen beantworten. Dieser Weg erweist sich angesichts der komplexen Herausforderung als sinnvoll. Die Teilnehmer der NPE sind sich einig, den begonnenen Weg gemeinsam und erfolgreich fortsetzen zu wollen und die in diesem Bericht aufgeworfenen weiteren Fragestellungen zu beantworten.

## **5 Mit einem deutschen Weg zu Leitanbieterschaft und Leitmarkt**

Leitanbieter und Leitmarkt sind die festgeschriebenen Ziele der NPE. Die klare Einordnung und Abgrenzung dieser Begriffe geht einher mit der Festlegung strategischer Zielsetzungen für Industrie, Politik, Wissenschaft und Gesellschaft. Diese Abgrenzung ist in der ersten Phase der NPE erfolgt.

### **5.1 Die deutsche Industrie als Leitanbieter für Elektromobilität**

Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Ziele sind gut: Die deutsche Automobilindustrie ist bereits heute Leitanbieter für verbrennungsmotorische Antriebstechnologien. Auch in anderen Schlüsselindustrien für die Elektromobilität kann die deutsche Volkswirtschaft auf etablierten Wettbewerbsvorteilen aufbauen. Beispiele hierfür sind die Kompetenzen in Bereichen wie Elektronik und Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemie, Stahl und Stahlverarbeitung, Metalle, Textil, die Informations- und Kommunikationstechnologien sowie die Luftfahrt.

Das deutsche Verkehrs- und Energiesystem gehören zu den am weitesten entwickelten weltweit – sie bilden den Rahmen für die Optimierung der Technologien und Lösungen für die Elektromobilität. Besonders bei der Entwicklung von Lösungen für die globalen Herausforderungen in den Verkehrs- und Energiesystemen verschafft dieser Rahmen der deutschen Wirtschaft einen Erfahrungsvorsprung, der schnell auf die Produkt- und Lösungsentwicklung zu übertragen ist.

Die deutsche Automobilindustrie ist mit einem Umsatz von über 260 Mrd. Euro einer der wichtigsten Wirtschaftszweige in Deutschland und steht für gut 20 % des Gesamtumsatzes der deutschen Industrie. Sie steht gleichzeitig repräsentativ für die Exportstärke der deutschen Industrie: drei von vier in Deutschland gebauten Autos werden im Ausland abgesetzt. Mehr als 5 Mio. Arbeitsplätze sind in der gesamten Wertschöpfungskette eingebunden, weil neben den Automobilherstellern und der Zulieferindustrien eine große Bandbreite weiterer Industriesektoren beteiligt sind.

Bei einem Bestand von einer Million Elektrofahrzeuge im Jahr 2020 können unter der Annahme eines hohen lokalen Wertschöpfungsanteils neue Arbeitsplätze in der deutschen Automobilindustrie sowie den verschiedenen Zulieferindustrien entstehen. Die Stärkung von Batterieentwicklung und -fertigung in Deutschland erschließt weiteres Potenzial in der elektrotechnischen und chemischen Industrie. Veränderte Produktionsprozesse eröffnen dem deutschen Maschinen- und Anlagenbau zusätzliche Wertschöpfungsperspektiven. Insbesondere geht es hierbei um die Entwicklung notwendiger Produktionstechnologien.

Die bestehende Wertschöpfung kann nur über internationale Wettbewerbsstärke gesichert werden. Sämtliche Potenziale sind direkt mit dem Erfolg deutscher Produkte und Lösungen im Weltmarkt verbunden. Die Grundlagen für diesen Erfolg sind schnell und entschieden zu legen:

- Die deutsche Industrie muss, basierend auf ihrer Spitzenposition als Innovations- und Qualitätsführer, Schlüsseltechnologien für Elektrofahrzeuge von der Batterie über das Fahrzeug bis hin zu Lade-Infrastruktur- und Netztechnologien neu- und weiterentwickeln. Daraus entstehende neue Anwendungen und Dienstleistungen sind Grundlage einer weiteren Optimierung von Industrieprodukten.
- Die integrierte Batterieproduktion für Elektrofahrzeuge in Deutschland ist möglich, sinnvoll und zwingend erforderlich. Bei Lithium-Ionen-Zellen für Elektrofahrzeuge gibt es in der Technologie eine offene Wettbewerbssituation. Bei der Produktionstechnik besteht Aufholbedarf. Kurz- und mittelfristig müssen für die 1. und 2. Generation der Lithium-Ionen-Technologie (bis 2017) das Verständnis über die Mechanismen entlang der gesamten Wirkkette der Batterie und die automatisierte, industrialisierte Produktion der Materialien, Zellen und Batteriekomponenten hergestellt werden. Parallel ergibt sich die Notwendigkeit zur Förderung von Forschungsarbeiten für die Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Technologie und für die Forschung zu Post-Lithium-Ionen-Technologien, um die Technologieführerschaft zu sichern.
- Im Bereich der Elektromotoren und der Leistungselektronik hat die deutsche Industrie einen Vorsprung vor allem bei Produkten, die in kleineren Stückzahlen und nicht zwingend für den mobilen Einsatz entwickelt, hergestellt und verwendet werden. Diese Technologien müssen für den automobilen Einsatz ertüchtigt werden. Der Fokus muss auf Kostenoptimierung durch bessere Fertigungsprozesse und Produktion gelegt werden.
- Die Systemkompetenz ist eine Stärke der deutschen Industrie, die gezielt auf die Elektromobilität erweitert werden muss. Hierzu ist die Optimierung des Zusammenwirkens von Technologien aus den Bereichen Antrieb, Batterie, Fahrzeugleichtbau, Stromerzeugung und -verteilung und die verstärkte Einbindung der Informations- und Kommunikationstechnologien erforderlich.
- Die deutsche Tradition einer ebenso leistungsfähigen wie breit aufgestellten Forschungs- und Fachkräftebasis in Industrie, Mittelstand und Handwerk muss gezielt und schnell für die Elektromobilität neu ausgerichtet und optimiert werden.
- Die internationale Normung und Standardisierung ist eine Voraussetzung für die Marktentwicklung und internationale Durchsetzbarkeit von Technologien und Lösungen. Die Bundesregierung flankiert diesen Anspruch auf europäischer und internationaler Ebene.
- Die Einführung der Elektromobilität wird nur dann einen signifikanten Beitrag zum Klimaschutz leisten, wenn sichergestellt ist, dass der Energiebedarf der Elektrofahrzeuge mit erneuerbaren Energien gedeckt wird.

## 5.2 Die Bundesrepublik Deutschland als Leitmarkt für Elektromobilität

Der Leitmarkt wird mit dem Ziel aufgebaut, innovative und wettbewerbsfähige Technologien und Lösungen anschaulich zur Anwendung zu bringen. Die positiven Effekte der Elektromobilität hinsichtlich Ressourcen- und Emissionsschutz, Integration erneuerbarer Energien und neuer Mobilitätskonzepte sollen ihr Potenzial auch in Deutschland voll entfalten. Elektromobilität ist damit nicht nur eine neue technologische, sondern auch eine gesellschaftliche und politische Herausforderung im Sinne eines Übergangs zu einer nachhaltigen Mobilität.

Wichtiges Ziel beim Aufbau des Leitmarktes ist es, bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen einzusetzen. Zur Orientierung und Beschreibung eines gemeinsamen Bezugspunkts wurden drei Fahrzeugkategorien definiert:

- vollelektrisches Stadtfahrzeug
- Familienfahrzeug
- Leichte Nutzfahrzeuge mit elektrischer Reichweite für den Stadtverkehr

Der Leitmarkt geht über die reine Anzahl elektrischer Fahrzeuge hinaus. Es geht auch darum, Technologien, und intermodale Anwendungsfelder mit neuen Geschäftsmodellen sichtbar zu machen.

Die erfolgreiche Anwendung von neuen Technologien, Lösungen und Dienstleistungen zur effizienten Einbindung des Elektroautos in das Energiesystem über verschiedene Stufen der Ladesteuerung und der Nutzung der Fahrzeugbatterien können ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal im Weltmarkt sein und die Wettbewerbssituation deutscher Technologien positiv beeinflussen. Die Schaffung der infrastrukturellen Voraussetzungen muss Teil der Leitmarktstrategie sein.

Intelligente Fahrzeugflottenprogramme und die intermodale Vernetzung mit öffentlichen Verkehrssystemen eröffnen neue Geschäftsfelder. Das in Deutschland verfügbare Netz an Bahnen und Bussen nimmt im internationalen Wettbewerb einen Spitzenplatz ein und muss bei der Entwicklung des Leitmarktes strategisch eingesetzt werden.

Die Elektromobilität nimmt eine Querschnittsfunktion bei der Entwicklung, Erprobung und Vermarktung innovativer Verkehrs- und Energiedienstleistungen ein. In beiden Bereichen kann sich in Deutschland erworbene Lösungskompetenz zur optimalen Abstimmung der Technologien des Systems als wichtiger Vorteil im weltweiten Wettbewerb erweisen.

Deutschland verfügt über eine differenzierte Wirtschaft. Zwischen und hinter den großen Industrieunternehmen steht eine Vielzahl mittelständischer und handwerklich geprägter Unternehmen. Sie bieten ein im internationalen Vergleich hohes Maß an breit gestreuter und Expertise. Mittelstand und Handwerk sorgen mit ihren Fachkräften in erheblichem Umfang für die Innovationen und individuellen Dienstleistungen, die notwendig sein werden, um Deutschland zum Leitanbieter und Leitmarkt zu machen. Diesen im internationalen Wettlauf nicht zu unterschätzenden Wettbewerbsvorteil gilt es auch im Bereich der Elektromobilität verstärkt zu nutzen. Zumal durch den direkten Kundenzugang vor der Dienstleister und handwerklich geprägten Unternehmen ein wesentlicher Beitrag zur Steigerung der Akzeptanz neuer Technologien geleistet werden kann.

In einer ersten Phase des Marktaufbaus sollen daher auf den Erkenntnissen der bestehenden Modellregionen und -projekte so schnell wie möglich wenige, große und konzentrierte „Schaufenster“ aufgebaut werden. Sie haben eine außerordentlich wichtige Funktion für den Aufbau eines deutschen Marktes für Elektromobilität. Neue Technologien und Lösungen werden zur Anwendung gebracht. Elektromobilität wird in Ihnen zum ersten Mal einer breiten Bevölkerung sichtbar und zugänglich gemacht. Erfahrungen im Umgang mit der neuen Technologie sind Grundlage für Akzeptanz und steigendes Interesse. Vor allem die Offenheit neuen Technologien gegenüber muss in diesen Schaufenstern aktiv gestützt werden.

Industrie und Politik sollen Kompetenzen und Mittel zusammenführen, um diese Schaufenster effizient zu gestalten. Die Erfahrungen aus den bisherigen Förderprogrammen sollen genutzt werden.

Über die Schaufenster hinaus müssen zur Unterstützung der Zielvision Leitmarkt, frühzeitig die Weichen für eine Marktausbreitung von elektrischen Fahrzeugen gestellt werden. Mögliche Hindernisse der Entwicklung einer signifikanten Nachfrage nach Elektromobilität sind zu identifizieren und zu neutralisieren.

In der Markteinführungsphase und insbesondere bei der vorwettbewerblichen Förderung von Forschung und Entwicklung kommt es entscheidend auf die richtige Rahmensetzung durch die Politik an.

Die Nationale Plattform Elektromobilität erarbeitet deshalb Vorschläge für geeignete Rahmenbedingungen zur nachhaltigen Entwicklung des Leitmarkts. Vorrangiges Ziel ist dabei die Gewährleistung von Planungssicherheit, um sowohl auf der Angebots- als auch der Nachfrageseite Vertrauen für die Investition in die Elektromobilität zu schaffen.

## 6 Vorliegende Ergebnisse der Arbeitsgruppen der Nationalen Plattform Elektromobilität

Zur Bearbeitung der unterschiedlichen Aufgabenfelder wurden 7 Arbeitsgruppen etabliert. Die Ergebnisse dieser Arbeitsgruppen sind in eigenen Berichten dokumentiert. Die ausführlichen Berichte können im Internet auf den Seiten der Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie; Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie Bildung und Forschung abgerufen werden oder sind auf Nachfrage bei den AG Vorsitzenden abrufbar. Die im Folgenden aufgeführten Synopsen sind von den jeweiligen Arbeitsgruppen erstellt worden und verweisen auf den aktuellen Arbeits- und Empfehlungsstand. Aus den Arbeitsgruppen wurden weiterhin die Themen identifiziert, die bis zum nächsten Bericht zu klären sind.

### 6.1 Antriebstechnologie

Die Arbeitsgruppe „Antriebstechnologie und Fahrzeugintegration“ untersucht elektrische und elektrifizierte Antriebssysteme, für den Einsatz in Pkw und leichten Nutzfahrzeugen in Hinblick auf die Ziele der NPE. Der Transfer der Erkenntnisse auf schwere Nutzfahrzeuge soll berücksichtigt werden.

Die Antriebssysteme beinhalten dabei Elektromotoren, leistungselektronische Komponenten, Hoch-Volt-Verkabelungen, Getriebe sowie diverse elektrische Nebenaggregate. Die heute vorhandene technologische Leistungsfähigkeit der deutschen Industrie im Bereich der Elektromotoren und der Leistungselektronik gründet sich auf Produkte, die in kleineren Stückzahlen und vorwiegend nicht für den mobilen Einsatz entwickelt, hergestellt und genutzt werden. Voraussetzung, um den Markteinstieg durch Kostensenkung zu sichern, sind die zügige und signifikante Erhöhung der Stückzahlen und die Etablierung automotiver Produktionstechnologien in möglichst dicht folgenden Lernzyklen. Benchmark für die Elektrotraktion in Deutschland sind die heutigen und in naher Zukunft geplanten Produktionsvolumina in anderen Teilen der Welt. Die chinesischen Programme zur Elektromobilität, sowie die großen Hybridvolumina insbesondere japanischer Hersteller und Zulieferer sind eine ernste Gefahr bzw. echte Konkurrenz zum deutschen Anspruch.

Zur Orientierung und Beschreibung eines gemeinsamen Bezugspunktes sind Referenzfahrzeuge definiert worden. Diese Referenz kann und soll keine vollständige Beschreibung aller im zukünftigen Portfolio enthaltenen Fahrzeuge sein. In die Auswahl wurden ein typisches kleines Stadtfahrzeug, ein Familienauto und ein leichtes Nutzfahrzeug genommen, weil diese gut zu ersten Überlegungen für elektrische Fahrzeuge im urbanen Raum passen. Die zitierten Fahrzeugsegmente umfassen heute ca. 60% der gesamten Flotte auf deutschen Straßen. Die Elektrifizierungsgrade der Antriebssysteme können sehr stark variieren. Es sind Fahrzeuge mit ausschließlich elektrischem Antrieb, aber auch Plug-in Hybride aus Verbrennungskraftmaschine und Elektroantrieb oder Range-Extender-Varianten denkbar. Allen hier betrachteten Varianten ist gemein, dass sie durch Ankopplung an das externe Stromnetz aufgeladen werden können.

Die Erreichung der Arbeitsziele in Hinblick auf Leitanbieter und Leitmarkt für Elektromobilität erfordert im Bereich des elektrischen Antriebssystems eine abgestimmte und schwerpunktmäßige Vorgehensweise in folgende Richtung (Werte im Vergleich der Jahre 2010 und 2020):

- Die Kosten für das Gesamtsystem müssen um zwei Drittel gesenkt werden.
- Die Leistungsdichte (kW/l) und das Leistungsgewichts (kW/kg) sind zu verdoppeln.
- Der durchschnittliche Wirkungsgrad im Betrieb ist um mehr als 5 % Punkte zu steigern.
- Die Zuverlässigkeit und Qualität sind zu verbessern.

Dafür sind umfassende Maßnahmepakete im Bereich der Forschung, der Entwicklung und der Produktionstechnologien identifiziert und in Form einer Technologie-Roadmap zusammengefasst worden.

In der **nächsten Produktgeneration** wird die Leistungselektronik auf elektronischen Bauelementen, Leistungsmodulen, Steckern, Gehäusen und Kabeln, die bereits im industriellen Umfeld eingesetzt werden, basieren. Bei elektrischen Maschinen werden Magnetkreise aus Eisen und Permanentmagnetwerkstoffen mit Wicklungen aus Kupfer oder Aluminium verknüpft. Die Fertigungsverfahren und die Qualitätssicherungsverfahren sind den jetzt üblichen Stückzahlen bei Industrieantrieben angepasst und haben sich in der Praxis über Jahrzehnte hinweg bewährt.

In der **Produktgeneration die ca. bis 2017** auf den Markt kommt, wird die Vereinheitlichung und Standardisierung von Steckern, Gehäusen und Kabeln eine Kostendegression ermöglichen. Die elektronischen Bauelemente werden geringere Verlustleistung und verbesserte Kühlkonzepte aufweisen, sodass der Aufwand zur Kühlung reduziert werden kann. In diesem Zeitraum sind im Bereich der Systemintegration neue, ganzheitliche Systemarchitekturen (auch für das Thermomanagement) auf Gesamtfahrzeugebene zu entwickeln und die Konzepte für hochintegrierte Antriebssysteme zu evaluieren. Auf der Komponentenebene müssen Fortschritte bei der Ladetechnologie im Fahrzeug, bei Range-Extender Varianten und dem Startergenerator erreicht werden.

Die **Produktgeneration 2020** wird über verbesserte, verlustärmere Elektronik und eine weiter verstärkte Integration (Leistungselektronik und Motor) Kostenverbesserungen erzielen. Neue Materialien und Werkstoffe (siehe auch AG 5) werden im Antriebssystem und im Fahrzeug verarbeitet sein. Es sind Verbesserungen bei den ferromagnetischen Werkstoffen für die Magnetkreise der Motoren und bei den Permanentmagnetwerkstoffen möglich. Durch neue Halbleitermaterialien werden weitere Reduktionen in der Verlustleistung möglich, die eine Steigerung der Leistungsdichte und damit auch neue Integrations- und Kühlkonzepte zulassen. Bei allen Konzepten sind die Aspekte des Recycling und der Sekundärrohstoffgewinnung zu berücksichtigen. Der steigende Grad der Funktionsintegration lässt die Komplexität der Bauteile und Komponenten und die Qualitätsanforderungen bei den serienfähigen, robusten, skalierbaren Produktionstechnologien wachsen. Der entsprechende Handlungsbedarf kann wie folgt beschrieben werden:

- Entwicklung großserienfähiger Wickel-, Schneid- und Paketiertechnologien und automatisierte Umsetzung (E-Maschine),
- Automatisierte Montage mechatronischer Komplettsysteme,
- Angepasste Produktionsprozesse für neue Fahrzeugstrukturen (z. B. Leichtbau),
- Ertüchtigung der Fertigungsschritte und neuer Aufbau- und Verbindungstechnologien für die Leistungselektronik (Bereitstellung, Montage, Anbindung an Stecker und Gehäuse, Prüfung, Systemintegration) für die automotive Produktion.

Die Entwicklung von Simulations- und Berechnungswerkzeugen für Fertigungsprozesse, für Lebensdauer- und Zuverlässigkeitsvorhersagen, für die Funktionsbeschreibung und für die Optimierung der Elektroantriebssysteme sowie die Entwicklung entsprechender Test- und Prüfverfahren ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Antriebsentwicklung und Fahrzeugintegration und muss intensiv betrieben werden.

Eine Bündelung, Beschleunigung und Förderung dieser Aktivitäten von der Forschung bis hin zu produkt- und produktionsnaher Entwicklung in Kompetenzzentren und Leuchtturmprojekten für die Antriebstechnologie und Fahrzeugintegration wird empfohlen. Für Leuchtturmprojekte eignen sich insbesondere die Themen:

- Entwicklung, Demonstration und Erprobung der Alltagstauglichkeit von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Elektrifizierungsgraden, der Antriebssysteme und -Komponenten (inklusive Leichtbauweise)
- Entwicklung einer modularen Architektur und deren Erprobung durch Demonstration verschiedener technologischer Lösungsvarianten
- Standardisierung und Optimierung von Komponenten und der externen und internen Schnittstellen des Elektro-Antriebssystems
- Ganzheitliches Energie- und Thermomanagement auf Gesamtfahrzeugebene
- Stückzahlskalierbare Produktion in virtueller Modellfabrik

Hierfür sollten auch vorhandene Instrumente der industriellen Gemeinschaftsforschung genutzt werden.

## 6.2 Batterietechnologie

### Ausgangslage und Rahmenbedingungen

Das Batteriesystem für den Antrieb von Fahrzeugen ist die Schlüsselkomponente in einem elektrifizierten Antriebsstrang. Die Batterie definiert dabei maßgeblich die Leistungsfähigkeit der Elektrofahrzeuge und stellt das Element mit dem am Abstand höchsten Wertschöpfungsanteil dar. Die Batterie besteht aus den Zellen, dem Batteriemanagement einschließlich Zellmonitoring, der Elektrik, der Sensorik, den Sicherheitselementen, der Kühlerperipherie und dem Gehäuse und muss in Ihrer Betrachtung als System aufgefasst werden. 60–80 Prozent der gesamten Wertschöpfung in der Batterie wird durch die Zellen bestimmt. Zellchemie und Zelldesign sind entscheidende Ausgangsfaktoren für das Funktionieren des Gesamtsystems.

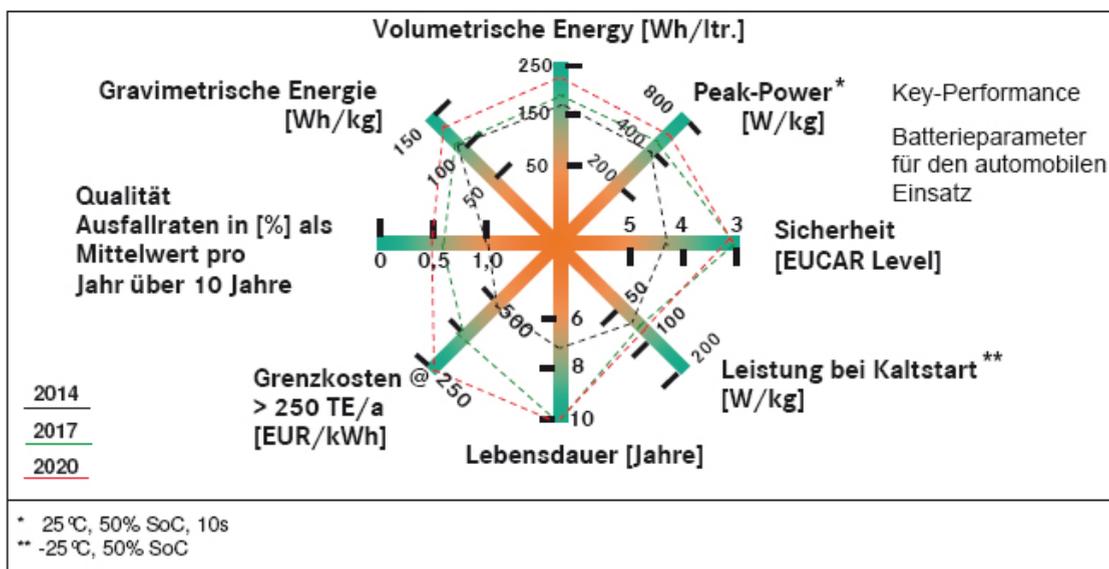
Je nach Einsatzzweck werden unterschiedliche Batterie- und Zelltypen genutzt. Aktuell wird in der Automobilindustrie für Hochleistungsbatterie-Anwendungen (Hybridanwendungen) auf Grund des Reifegrades und verfügbarer Fertigungskapazitäten fast ausschließlich die Nickel-Metall-Hydrid (NiMH) Technologie eingesetzt. Lithium-Ionen Batterien besitzen im Vergleich zu NiMH-Batterien auf Systemebene eine mehrfach höhere Energiedichte. Für eine schnelle Umsetzung von Elektromobilitätskonzepten auf Basis reiner Elektro-, Plug-in- oder Range-Extender-Fahrzeuge mit dem Ziel, möglichst weit elektrisch fahren zu können, wird deshalb auf eine Weiterentwicklung der Li-Ionen-Technologie gesetzt.

Der Einsatzzweck für den Antrieb in Plug-in- oder Range-Extender-Fahrzeugen und in reinen Elektrofahrzeugen verlangt große Batterien als Energiespeicher mit einer spezifischen Chemie. Basiselemente sind im Vergleich zu den Consumer- und Hybridanwendungen große Zellen. Die Anforderungen an die Lithium-Ionen-Großzellen unterscheiden sich wesentlich von denen an die Consumer-Zellen und den Zellen für die Hybridanwendungen. Sie müssen eine vielfach höhere Energiedichte bieten, sollten mindestens 2.500 Vollladezyklen aushalten und eine dem Auto angemessene kalendarische Lebensdauer aufweisen. Aufgrund des Umfangs der gespeicherten Energie müssen Zellen und Batterien für den Einsatz in Elektrofahrzeugen sehr viel weitergehenden Sicherheitsanforderungen genügen. Während es für den Einsatz der Lithium-Ionen-Technologie bei Hybridanwendungen Angebote für Zellen, Batterien und Fahrzeuge auf dem Markt gibt, ist der Wettbewerb um die Entwicklung und den Einsatz von Hochenergiezellen für Traktionsbatterien (batteriebetriebene Fahrzeuge) noch völlig offen. Hier können die deutschen Unternehmen die Chance wahrnehmen, in der Weltspitze zu konkurrieren und eine stabile Lieferkette von der Materialproduktion bis hin zur Zell- und Batterieherstellung zu etablieren.

Aktuell unterstützen Länder wie China, Japan, Korea und die USA mit massiven Fördermaßnahmen ihre heimische Batterieindustrie (z. B. USA: Mit einem Funding des Department of Energy von insgesamt 5,4 Mrd. US\$ für die Jahre 2010–2011 wird dort der Schwerpunkt eindeutig auf die Industrialisierung von Zellen und Batterien gelegt).

## Anforderungen an Batteriesysteme

Bei der Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien für die Automobilindustrie sind acht Kriterien gleichermaßen zu erfüllen, um langfristig die Batterietechnologie in den entsprechenden Elektrofahrzeugen im Markt zu etablieren (s. Abbildung 4.2.1). Dieses Anforderungsspektrum unterscheidet die Batterien für den mobilen Einsatz erheblich von den Zellpacks im Consumerbereich. Daher stellen das Verständnis des Gesamtsystems Batterie und die Kenntnis über die Integrationsmöglichkeiten im Fahrzeug ein Schlüssel-Know-how dar. Dieses Wissen ermöglicht eine zielgerichtete Entwicklung von Zellmaterialien und Zellmechaniken und ist in Deutschland in ausgeprägtem Zustand vorhanden.



**Abbildung 4.2.1:** Key-Performance-Parameter Batteriesysteme für das Referenzfahrzeug 1 2014–2020 für ein batterieelektrisches Stadtfahrzeug (vgl. AG1 Antriebstechnologie)

Ein Entwicklungszyklus für die Lithium-Ionen-Batterie von den Materialien angefangen über das Zelldesign, die Zelle, die Batterie bis hin zum Fahrzeug der Serienproduktion dauert rund 10 Jahre. Bis einschließlich der Fahrzeuggeneration, die nach dem Jahr 2020 angeboten wird, muss mit dieser kontinuierlich verbesserten Technik der Markteintritt und die Marktdurchdringung geleistet werden.

Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass sich insbesondere die Energie- und Leistungsdichte aus heutiger Sicht bis 2020 nur geringfügig verbessern werden. Deutliche Verbesserungen sind auf Seiten der Sicherheit und Lebensdauer zu erwarten. Darüber hinaus werden die Batteriepreise infolge Stückzahlerhöhung und Produktionstechnologie-Verbesserungen bis 2020 deutlich sinken und sich dann in einer Bandbreite von 250 bis zu 300 Euro pro kWh bewegen.

Für die Post-Lithium-Ionen-Technologien müssen zeitnah die erforderlichen Forschungen begonnen werden, damit im Erfolgsfalle ein Einsatz in den Elektrofahrzeugen nach dem Jahr 2025 möglich sein könnte.

## **Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Etablierung der Batterietechnologie am Standort Deutschland**

Die Integrierte Batterieproduktion für Elektrofahrzeuge in Deutschland ist möglich, sinnvoll und erforderlich. Bei Lithium-Ionen-Zellen für Elektrofahrzeuge gibt es in der Technologie eine offene Wettbewerbssituation.

Zu den grundsätzlichen Stärken in Deutschland zählen neben der starken Automobilindustrie mit einer hohen Kompetenz für das Gesamtsystem Automobil vor allem eine innovative Chemieindustrie für elektrochemische Anwendungen sowie eine gute öffentliche wie private Forschungsinfrastruktur. Handlungsbedarf besteht beim Ausbau von Lehrstühlen für Batterietechnik und Elektrochemie, der Stärkung der Produktionstechnologie und des Anlagenbaus für Zellen und Batterien sowie der Materialentwicklung und Materialproduktion in Deutschland.

Zur Erreichung der gesetzten Ziele der NPE ist in Hinblick auf die Batterietechnologie der Aufbau von Kompetenzen in zwei Handlungsfeldern notwendig:

Es muss zum einen ein tiefgehendes Verständnis für die Wirkungsmechanismen entlang der gesamten Prozesskette der Batterie, insbesondere in Bezug auf die Parameter Sicherheit und Lebensdauer, entwickelt werden.

Zum anderen ist die Industrialisierung von Zell- und Batterietechnologien besonders mit Blick auf die Senkung der Kosten vorrangig voran zu treiben.

Als wesentlichen Schritt zur Erschließung dieser beiden Handlungsfelder und zur Verifizierung der Erkenntnisse in der Praxis empfiehlt die AG2 dringend die Errichtung von Pilotanlagen entlang der Wertschöpfungskette Batteriesystem. Die hierbei betrachteten Komponenten und Bestandteile umfassen:

- Rohstoffe/Materialien
- Aktivmaterialien
- Zellkomponenten/Zelle
- Zellmodule mit Kühlung
- Elektrik/Elektronik
- Batteriemodule
- Batteriegehäuse

Mit einer entsprechenden sich verschränkenden, arbeitsteiligen und finanziell sich ergänzenden Agenda zwischen Wissenschaft, Industrie und Bundesregierung wird die Etablierung eines integrierten Produktionsstandortes Deutschland für Batteriesysteme gelingen.

## 6.3 Ladeinfrastruktur und Netzintegration

Der Aufbau eines Massenmarktes für Elektromobilität bedarf einer effizienten, wirtschaftlichen Ladeinfrastruktur. Dem Verbraucher muss eine sichere, komfortable Ladung seines Elektrofahrzeugs ermöglicht werden. Im Energiesystem wird es vor allem darum gehen, die Möglichkeiten eines Beitrags der Elektrofahrzeuge zur Optimierung der Integration erneuerbarer Energien voll auszunutzen. Kapazitätsengpässe in den Stromnetzen sind erst bei größerer Marktdurchdringung oder bei lokaler Häufung von Ladevorgängen zu erwarten. Mittelfristig werden die sich bietenden energiewirtschaftlichen Potenziale aus Vehicle-to-Grid- und Grid-for-Vehicle-Anwendungen auszunutzen sein.

Als Grundlage für quantitativ validierte Empfehlungen hinsichtlich Ladeinfrastrukturaufbau und notwendigen Maßnahmen zur Gewährleistung von Netzintegration und Potenzialausschöpfungen legt die Arbeitsgruppe erste Betrachtungen zu folgenden Themenbereichen vor:

### Roadmap-Technologie des Ladepunktes

Die Technologie des Ladepunktes als Grundlage des Infrastrukturaufbaus wird in den kommenden zehn Jahren erhebliche Entwicklungsfortschritte machen. Die Varietät an Lademöglichkeiten wird sich erhöhen und die Leistungsparameter werden sich stark verbessern. Auf allen Anforderungsgebieten wird es zu signifikanten Verbesserungen kommen: Ladegeschwindigkeit, Ladekomfort, Sicherheit und vor allem auch bei Kommunikationstechnologien, die der Netzintegration dienen. Schnellladungen bzw. schnelle Zwischenladungen sind, abhängig von den Fähigkeiten der Batterien, bis 2020 machbar und ermöglichen Ladezeiten von rund 10 Minuten. Für eine deutliche Steigerung der Ladegeschwindigkeiten mit Ladeströmen von mehr als 150A muss langfristig (nach 2020) nach Lösungen in einer Post-Lithium-Ionen-Technologie gesucht werden.

	Home Charging			Öffentliche AC Ladepunkte				Induktives Laden				DC Laden		Schnellladung			
<b>Ladeleistung</b>	3,7 kW	11 kW	22 kW	3,7 kW	11 kW	22 kW	44 kW	3,7 kW	11 kW	22 kW	60 kW	<20 kW	<50 kW	60 kW			
<b>Spannungsebene</b>	230 V	400 V	400 V	230 V	400 V	400 V	400 V	230 V	400 V	400 V		450 V dc	<450 V dc	400 V dc			
<b>Stromstärke</b>	16 A	16 A	32 A	16 A	16 A	32 A	63 A	16 A	16 A	32 A		32 A	<100 A	150 A			
<b>von SOC min</b>	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %			
<b>nach SOC max</b>	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	80 %	100 %	100 %	100 %	80 %	100 %	80 %	80 %			
<b>Ladedauer bei 20 kWh Batterie</b>	3,8 h 230 min	1,3 h 80 min	0,6 h 40 min	3,8 h 230 min	1,3 h 80 min	0,6 h 40 min	0,3 h 20 min	3,8 h 230 min	1,3 h 80 min	0,6 h 40 min		0,6 h 40 min	0,3 h 20 min	0,2 h 12 min			
<b>Zeitliche Verfügbarkeit 2010–2020</b>																	
<b>2010–2013</b>	+	+	+	+	+	+		Eine zeitliche Zuweisung wird in Abstimmung mit den Fahrzeugherstellern zum zweiten Bericht angestrebt.				+					
<b>2014–2017</b>							+									+	+
<b>2018–2020</b>																	

### Zeitliche Verfügbarkeit der Ladetechnologien

Kostenseitig liegen Degressionspotenziale vor, die jedoch nur abhängig von Stückzahlen beschreibbar sind. Eine Vertiefung des Dialogs mit den OEMs bezüglich technologischer Präferenzen muss gesucht werden, Normierungs- und Standardisierungsbedarfe weiter identifiziert und verfolgt werden. Anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung ist zu intensivieren.

### **Elektromobilität im Spannungsfeld von Netz und regenerativer Erzeugung**

Ambitionierte Programme für den Ausbau erneuerbarer Energien stellen die großen Volkswirtschaften vor radikale Veränderungen der Energieumwandlungskette von der Erzeugung über den Transport bis hin zum Verbrauch. Deutschland ist in dieser Hinsicht weiten Teilen der Welt voraus. Der beschriebene Wandel vollzieht sich in Deutschland beschleunigt. Der Ausbau zum Smart Grid ist wichtige Voraussetzung, um den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien mit der gewohnten stabilen Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Das Elektroauto kann verbraucherseitig wesentlicher Systembestandteil werden. In der Markteinführungsphase kann eine vergleichsweise einfache Ladeinfrastruktur die Basis für die Verbreitung bilden. Diese sollte jedoch die Möglichkeit einer einfachen technischen Aufrüstung bieten, um eine intelligente Einbindung ins Netz mittelfristig zu ermöglichen. Bei größerer Marktdurchdringung steigen die energiewirtschaftlichen Potenziale. Die Entwicklung, Erprobung und erfolgreiche Anwendung von Technologien, Lösungen und Dienstleistungen beim Ausbau des Smart Grid und der effizienten Einbindung des Elektroautos in das Netz über verschiedene Stufen des Vehicle-to-Grid-Ansatzes werden ein wichtiges deutsches Alleinstellungsmerkmal im Weltmarkt sein.

### **Potenziale durch die Integration der Elektromobilität in das Smart Grid**

Voraussetzung für einen energiewirtschaftliche Nutzen der Elektrofahrzeuge im Smart Grid ist neben der ausreichenden Marktdurchdringung die sinnvolle Informationsdichte in einem Netzbereich und die intelligente Netzsteuerung. Dem zunehmenden Nutzen intelligenter System stehen i. d. R. zunehmende Kosten entgegen. In der Bewertung der Optionen ist daher der Nutzen für Kunden und/oder Netzbetrieb und/oder Dienstleister in Relation zu den Kosten zu sehen.

Bis zum zweiten Bericht werden Festlegungen zum Infrastrukturbedarf nach Markthochlaufszszenarien getroffen, auf deren Basis Netzkapazitätsauswirkungen berechnet und das energiewirtschaftliche Potenzial der zukünftigen Einbindung der Elektrofahrzeuge in die Netzinfrasturktur ermittelt. Den Informations- und Kommunikationstechnologien kommt eine wichtige Rolle zu – sowohl im Rahmen des Ausbaus eines intelligenten Energiesystems als auch bei der Versorgung und Einbindung der Elektrofahrzeuge. IKT-Aspekte werden zum zweiten Bericht beschrieben und bewertet. Aus diesen Analyseergebnissen ergeben sich dann abschließend die Empfehlungen für die politische Rahmensetzung.

## **6.4 Normung, Standardisierung und Zertifizierung**

Normung auf dem Gebiet der Elektromobilität ist durch einige Aspekte charakterisiert, die sie von der bisherigen Normung unterscheidet. Die besondere Herausforderung besteht darin, die vielfältigen Aktivitäten unterschiedlicher Branchen und Industriezweige bedarfsgerecht und zielführend zu koordinieren und zu integrieren.

Die Elektromobilität ist eine Sprunginnovation, die ein neues, übergreifendes Systemdenken erfordert. Bislang wurden Normen und Standards domänenspezifisch getrennt für die Bereiche der Elektrotechnik/Energietechnik und die Automobiltechnik betrachtet. Gerade für das Zusammenführen dieser Domänen und den sich daraus ergebenden neuen Berührungspunkten und Schnittstellen fehlt bislang eine übergreifende Sichtweise und eine klare thematische Zuordnung.

Die Aufgabe der Arbeitsgruppe 4 besteht zum Einen darin, eine Normungs-Roadmap zu entwickeln, in der alle betroffenen Normungsarbeiten im Rahmen der Elektromobilität erfasst und koordiniert und Handlungsempfehlungen einschließlich einer zeitlichen Priorisierung abgeleitet werden. Auf dieser Grundlage sind geeignete Maßnahmen einzuleiten. Zum Anderen behandelt sie die zulassungs- und regulativen Themenstellungen im Rahmen der Elektromobilität. Zu diesen Themenstellungen werden separate Arbeitspapiere in der Arbeitsgruppe verabschiedet, die klar die Abgrenzung dokumentieren.

Die erarbeitete Normungs-Roadmap enthält das gemeinsame Verständnis aller in die Elektromobilität involvierten Akteure, vom Fahrzeughersteller über die Elektroindustrie und Energieversorger bis hin zu Wissenschaft, Verbänden und Politik, für das strategische Vorgehen in Bezug auf die Normung und Standardisierung der Elektromobilität. Zusammenfassend stehen folgende, von allen beteiligten Kreisen rückhaltlos unterstützten Empfehlungen im Vordergrund, um die Verbreitung der Elektromobilität zu unterstützen:

- Eine politische Flankierung ist europäisch und international erforderlich
- Normung muss schnell und international sein
- Koordination und Fokussierung sind zwingend erforderlich
- Normung muss klar und eindeutig sein
- Weltweit ist die Implementierung einer einheitlichen Ladeinfrastruktur notwendig
- Vorhandene Normen müssen genutzt und umgehend weiterentwickelt werden
- Die Mitwirkung der Wirtschaft an europäischer und internationaler Normung ist essenziell

Neben dieser Normungs-Roadmap hat die Arbeitsgruppe 4 einen **Bericht über kraftfahrzeugtechnische Vorschriften und Gefahrgutvorschriften** vorgelegt. Darin werden die dazu laufenden Aktivitäten von Anpassungen im Hinblick auf verstärkten Markteintritt von Elektrofahrzeugen aufgezeigt: Für die Genehmigung und Zulassung von Kraftfahrzeugen in Deutschland sind insbesondere europäische Verordnungen und Richtlinien verbindlich vorgeschrieben. Zukünftig werden darin vermehrt ECE-Regelungen oder Globale technische Regelungen herangezogen. Diese werden auf internationaler Ebene vom „Weltforum für die Harmonisierung von Fahrzeugregelungen“ (WP.29) bei der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UN ECE) entwickelt.

## 6.5 Materialien und Recycling

Innovative Materialien sind die Basis für technologisch überlegene und nachhaltige Konzepte für konkurrenzfähige Elektrofahrzeuge. Da die Materialfestlegung am Anfang der Wertschöpfungskette steht, bestimmt sie wesentlich die nachgelagerten Prozesse. Trotz zum Teil erheblichen Aufholbedarfs hat die deutsche Industrie im Bereich der innovativen Materialien enormes Potenzial, den Zielsetzungen der Nationalen Plattform Elektromobilität zur Realisierung zu verhelfen. Dieses zu heben, gilt als große Herausforderung mit dem Ziel, Elektromobilität bezahlbar zu machen. Das schließt die Industrialisierung der erforderlichen Technologien in massentauglichen Produktionsprozessen mit ein.

Zu den wesentlichen Bedarfsfeldern zählen:

### **Batteriematerialien**

Die Entwicklung und Herstellung leistungsfähiger und kostengünstiger Batterien ist der Schlüssel zum Erfolg bei der Elektromobilität. Die Leistungsfähigkeit der Batterien wird dabei maßgeblich durch die eingesetzten Aktivmaterialien der chemischen Zellkomponenten (Kathode, Anode, Elektrolyt, Separator, Additive) und deren Wechselwirkung bestimmt.

Die mit den gegenwärtig verfügbaren Materialien in Lithium-Ionen-Batterien der Generation I und II erreichbaren Energiedichten und die damit verbundene Limitierung der Reichweite stellen ein großes Hindernis für eine Kommerzialisierung von Elektrofahrzeugen in großer Zahl dar. Eine breite Markteinführung erfordert darüber hinaus Optimierungspotential bei den Leistungs-Parametern Lebensdauer, Sicherheit und Kosten. Auf Lithium-Ionen-Technologie basierende neue Hochvoltkathodenmaterialien im Bereich von 5 V (Generation III) stellen einen ersten Schritt zur Darstellung höherer Energiedichten dar. Kathoden- und Anodenmaterialien sind hierfür ebenso zu entwickeln wie stabile Elektrolyte und Separatoren. Ziel ist es, diese bis 2015 zur Verfügung zu stellen.

Deutlich höhere Energiedichten werden jedoch erst durch Batterien der IV. Generation auf Basis Post-Lithium-Ionen-Technologie erwartet. Die zu dieser Generation zählenden Metall-Chalkogen-Systeme (wie z. B. Lithium-Luft, Lithium-Schwefel, Zink-Luft) sind als Primärzellen schon seit langem bekannt, bisher aber – bis auf erste Prototypen bei Lithium-Schwefel – nicht in mehrfach wiederaufladbaren, sekundären Systemen realisiert worden. Ziel ist es, erste Prototypen dieser neuen Batteriesysteme ab 2020 für mobile Anwendungen zur Verfügung zu stellen. Dazu sind erhebliche Forschungsanstrengungen sowie die Bildung von branchenübergreifenden Industrie- und Forschungskonsortien erforderlich, um grundlegende stoffliche und systemseitige Fragen bezüglich Zyklisierbarkeit, Stabilität und Sicherheit zu lösen.

Neben dieser Intensivierung der Forschungsaktivitäten ist zudem der industrielle Aufbau der Batterie-Prozesskette voranzutreiben. Die hierzu erforderlichen umfangreichen und mit hohem unternehmerischem Risiko verbundenen Investitionen sind nur mit Hilfe strukturpolitischer Anreize von staatlicher Seite sowie dem Commitment aller beteiligten Branchen zu realisieren.

### **Materialien für Konstruktions- und Leichtbauwerkstoffe**

Energiebedarf und Fahrdynamik eines Elektrofahrzeugs werden wesentlich durch die Fahrzeugmasse bestimmt. Trotz der zu erwartenden Leistungssteigerung der Energiespeicher ist daher eine Kompensation der erheblichen, batteriebedingten Massenzunahme zwingend erforderlich, um die Anforderungen an Reichweite, Geschwindigkeit und Fahrverhalten erfüllen zu können. Dies setzt ein Verlassen reinen Werkstoffdenkens hin zu funktionsintegrativem Systemleichtbau voraus. Darunter ist eine ganzheitliche Massen-, Kosten- und Zuverlässigkeitsbetrachtung des technischen Systems zu verstehen, wobei nicht die einzelne Komponente im Vordergrund steht, sondern vielmehr deren Wechselwirkung im Gesamtsystem. Hierzu müssen neu zu entwickelnde und bestehende Werkstoffe in einem Multi-Materialansatz integriert werden.

Dies beinhaltet sowohl die systemische Entwicklung auf den Anwendungszweck Elektrofahrzeug angepasster Leichtbauwerkstoffe und Werkstoffverbunde als auch die Entwicklung spezifischer Elektrofahrzeug-Leichtbaustrukturen. Im Rahmen der Leichtbau-Roadmap der AG5 wurden unterschiedliche Konzepte ausgehend vom Conversion-Design bis hin zum Purpose-Design skizziert. Ziel ist es, bis 2020 Multi-Material-Konzepte für Fahrzeugstrukturen in der Großserie wettbewerbsfähig darstellen zu können. Ebenso gilt es, gezielt einstellbare Werkstoffsysteme und Fail-Safe-Werkstoffe für den breiten Serieneinsatz zur Verfügung zu stellen.

Die aus den Zielen der Roadmap abgeleiteten Anforderungen an die für diese Anwendungsfälle optimierten Werkstoffe und Werkstoffpaarungen zeigen die Handlungsfelder in Forschung und Entwicklung der Werkstoffhersteller sowie der weiterverarbeitenden Industrie auf. Dabei gilt für die Auswahl dieser verschiedenen Werkstoffe: Kosten-Nutzen-Gesichtspunkte sowie eine ausgeglichene ökonomische und ökologische Gesamtbilanz der eingesetzten Materialien müssen maßgebliche Entscheidungskriterien sein. Bestehende und neue für die Materialherstellung und -verarbeitung erforderliche Wertschöpfungsketten müssen unter der Prämisse, bestehende Arbeitsplätze zu sichern bzw. neue Arbeitsplätze im Land zu schaffen, gestaltet werden.

### **Rohstoffsicherung und Recycling**

Der Bedarf nach Rohstoffen für die Elektromobilität (z. B. Kobalt, Seltene Erden u. v. m.) wird in Zukunft stark ansteigen. Die ausreichende Verfügbarkeit dieser Rohstoffe und Materialien hat direkten Einfluss auf den Erfolg einer Elektrifizierung der Mobilität und auf die Wettbewerbsfähigkeit der betroffenen Industrien, da Deutschland ein rohstoffarmes Land bleiben wird. Eine sichere Primärversorgung hängt unmittelbar mit der gegebenen geopolitischen Situation zusammen und muss daher auch politisch adressiert werden. Neben der Umsetzung der Rohstoffstrategie der Bundesregierung sind insbesondere die Durchführungskontrollen für den EU-Export wirtschaftsstrategischer Metallkomponenten zu verbessern, so dass ein erleichterter Rohstoffzugriff der Recyclingindustrie unter wettbewerblichen Bedingungen entsteht.

Auch wenn sie wegen der Lebenszyklusdauer von Elektrofahrzeugen nur sehr zeitverzögert wirken, sind bereits heute kosteneffiziente Recycling-Technologien zu entwickeln, um die Abhängigkeit von strategischen Primärrohstoffen zu reduzieren. Die Technologieführerschaft in der Erschließung und Rückgewinnung dieser sekundären Rohstoffquellen ist anzustreben. Dies beinhaltet recyclinggerechtes Produktdesign, der Aufbau der gesamte Prozess- und Logistikkette wie auch wirkungsvolle Anreize für den Endverbraucher.

### **Materialien für weitere Schlüsselkomponenten**

Durch die Entwicklung neuer Werkstoffe für spezifische, für die Elektromobilität erfolgskritische Gewerke wie Elektroantrieb und Karosserie, kann der Energieverbrauch der Haupt- und Nebenaggregate weiter reduziert werden, was eine höhere Reichweite und einen verbesserten Fahrkomfort der Elektrofahrzeuge mit sich bringt.

Dazu zählen insbesondere:

- Weich- und Hartmagnetmaterialien für den Einsatz in hocheffizienten Antriebsmotoren
- Materialien für Range-Extender: z. B. leistungsfähige Brennstoffzellen oder auf einen einzigen Betriebspunkt hin optimierte Verbrennungsmotoren mit Tieftemperaturkatalysatoren
- Materialien für ein leistungsfähiges Solar- und Wärmemanagement, wie z. B. Hochleistungsdämmstoffe oder innovative IR-aktive Pigmente für Scheiben und Lacke
- Materialien für die Weiterentwicklung von Kondensatoren, Widerständen und Induktivitäten (passive Bauelemente)
- Materialien für die Leistungselektronik sowie für Aufbau- und Verbindungstechnik

In den genannten Bedarfsfeldern der Arbeitsgruppe 5 befinden sich bereits heute zahlreiche Projekte in der Umsetzung, die jedoch aufgrund des vorhandenen Handlungsdrucks weiter zu intensivieren sind. Dies kann nur durch eine konzertierte Aktion von Industrie, Forschung und Regierung im Rahmen der Nationalen Plattform gelingen.

## 6.6 Ausbildung und Qualifizierung

Die AG 6 – Ausbildung und Qualifizierung hat in der ersten Phase der NPE herausgearbeitet, was getan werden muss, um die akademische und berufliche Aus- und Weiterbildung erfolgreich auf die Zielsetzung auszurichten, Deutschland bis zum Jahr 2020 zum Leitanbieter und Leitmarkt für die Elektromobilität zu entwickeln. Im Rahmen einer Analyse wurden dazu die akademischen und beruflichen Bildungsangebote der Erstausbildung und der beruflichen Fort- und Weiterbildung an den Qualifikationsanforderungen der Elektromobilität gespiegelt und so Stärken und Schwächen identifiziert und den Handlungsbedarf abgeleitet, priorisiert und quantifiziert.

### **Akademische Bildung**

Die Elektromobilität bedarf einer Vielzahl neu ausgebildeter Fachkräfte und des rechtzeitigen Aufbaus der erforderlichen Kompetenzen. Für die einzubindenden wissenschaftlichen Disziplinen ist die Entwicklung insofern eine Herausforderung, als viele Teildisziplinen zusammenarbeiten und eine gemeinsame vernetzte wissenschaftliche Basis finden müssen. Für die Unternehmen ist es von erheblicher Bedeutung, dass sie zeitnah über ausreichend adäquat ausgebildete Akademikerinnen und Akademiker verfügen.

Eine solche Entwicklung vollzieht sich in der Regel über einen längeren Zeitraum. In der Zielsetzung der NPE geht es jetzt aber darum, kurzfristig die für die Elektromobilität relevanten ingenieurwissenschaftlichen Studiengänge systemorientiert und den Erfordernissen entsprechend interdisziplinär auszurichten. Der Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung betrachtet die gesamte Wertschöpfungskette. In allen Teilen besteht Ausbildungsbedarf und muss Kompetenzaufbau betrieben werden. Dies gilt insbesondere für drei Kernthemen der Elektromobilität: die Elektrochemie bzw. die Batterieforschung, die Leistungselektronik sowie den Leichtbau. Die Systembetrachtung Elektromobilität macht zudem die Einbindung bisher nicht beteiligter Fachdisziplinen notwendig. Identifiziert wurden: Volks- und Wirtschaftswissenschaften, Sozial- und Geisteswissenschaften, um die Themen Marketing, betriebswirtschaftliche Aspekte, zukünftige Geschäftsmodelle und weiterführende Dienstleistungen, aber insbesondere auch die gesellschaftliche Verankerung der Elektromobilität in angemessener Weise zu adressieren.

Eine stichprobenartige Wettbewerbsanalyse mit ausländischen Hochschulen (Italien (Politecnico di Torino/Politecnico di Milano), Japan (Chiba University), USA (Ohio State University)) lässt nicht erkennen, dass die deutsche Hochschulausbildung durch besondere Anstrengungen im Ausland bereits in Rückstand geraten ist. Allerdings besteht die Gefahr, dass durch laufende bzw. angekündigte staatliche Fördermaßnahmen die ausländischen Hochschulen ihre Kompetenzen kurzfristig ausbauen. Dies gilt insbesondere für eine in allen Ländern geplante Ausstattungsoffensive der Hochschullabors und die Einrichtung neuer Lehrstühle.

## **Berufliche Bildung**

In der Metall- und Elektroindustrie, in den Elektro- und Informationstechnischen Handwerken und im Kfz-Gewerbe sind in den letzten Jahren moderne, zukunftsorientierte Berufsbilder entwickelt und umgesetzt worden, die den Qualifikationsanforderungen dieser dynamischen Branche gerecht werden. Markantes Merkmal der neuen Ausbildungsberufe sind breit angelegte Qualifikationsprofile. Ihnen liegt ein ganzheitliches Berufsverständnis zugrunde, das sich an den Geschäftsprozessen orientiert und an den Kundenbeziehungen ausrichtet. Diese prozessorientierten Berufsbilder bieten überall dort große Vorteile, wo – kennzeichnend für die Tätigkeitsfelder der Elektromobilität - dynamischer Wandel, vielfältige Innovationen oder komplexe Fragestellungen für Herausforderungen im Arbeitsalltag sorgen. Die bestehenden beruflichen Bildungsgänge sind offen für die Integration neuer Qualifikationsinhalte, wie sie sich aus den Tätigkeitsfeldern und zugehörigen Geschäftsprozessen der Elektromobilität ableiten. Es sind weder in der Berufsausbildung noch in der Fortbildung neue Berufsprofile erforderlich. Notwendig ist allerdings die Entwicklung und Integration der eMob-spezifischen Qualifizierungsinhalte. Für den Bereich der Beruflichen Weiterbildung vollzieht sich dies vorteilhafterweise im Rahmen einer arbeitsprozessorientierten Qualifizierung.

Mit der Zielsetzung „Leitanbieter“ ist eine branchenübergreifende Zusammenarbeit mit neuen Wertschöpfungsketten, veränderten Geschäfts-/Arbeitsabläufen und technologischen Transformationsprozessen verbunden. Diese Veränderungen können nur bewältigt werden, wenn die Branchen über Mitarbeiter verfügen, die diesen Wandel tragen und gestalten. Die Unternehmen müssen sich deshalb fragen, ob die richtigen Experten zur rechten Zeit im Boot sind und das benötigte Know-how einbringen. Doch genau hier liegt das Problem, denn während der Fachkräftebedarf und der qualifikatorische Anspruch der Branchen steigen, werden die Belegschaften älter und der Nachwuchs knapper. Bislang abstrakte demografische Szenarien werden so zu akuten betrieblichen Herausforderungen.

Wenn sich das Umfeld verändert und die Branchen sich selbst immer wieder neu erfinden, braucht die berufliche Aus- und Fortbildung und damit die Personalentwicklung in den Unternehmen neue Strategien, um die Wettbewerbsfähigkeit auch für die Zukunft zu sichern. Dem Fachkräftemangel können die Unternehmen nur begegnen, wenn es ihnen gelingt, neue Potenziale für die gewerblich-technischen Ausbildungsberufe und die technischen Studiengänge zu erschließen. Dafür gilt es, das Image dieser Berufe im Kontext der Elektromobilität zu verbessern und neu zu positionieren.

## **6.7 Rahmenbedingungen**

In der Arbeitsgruppe Rahmenbedingungen (AG7) erarbeiten Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft, Gesellschaft und Politik Empfehlungen zu Rahmenbedingungen für eine nachhaltig erfolgreiche Marktentwicklung der Elektromobilität in Deutschland.

Für den zweiten Bericht der NPE legt die AG ein in sich konsistentes, zeitlich gestaffeltes Maßnahmenprogramm vor. Die zum Zwischenbericht vorliegenden Arbeitsergebnisse der NPE (u. a. Referenzfahrzeuge, Kosten, Marktentwicklungsphasen) sind die Basis für diesen Programmvorschlag.

Zugunsten einer Strukturierung des Arbeitsprozesses wurden vier Unterarbeitsgruppen (UAGs) gebildet.

1. Die UAG „Kunde“ konsolidiert und bewertet Aussagen zu den Erwartungen und Handlungsbereitschaften von zukünftigen Nutzern und wertet die bisher vorliegenden nationalen und internationalen Ergebnisse zur Nutzung von E-Fahrzeugen aus.
2. Die UAG „Fahrzeug“ erarbeitet eine Einschätzung zu den aktuellen technischen und wirtschaftlichen Potenzialen der Elektromobilität sowie – daraus abgeleitet – den möglichen Anreizinstrumenten.
3. Die UAG „Infrastruktur und Energie“ bewertet mögliche Modelle einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität und leitet Empfehlungen für regulative und ordnungspolitische Maßnahmen für den Aufbau einer adäquaten Ladeinfrastruktur ab.
4. Die UAG „Standort“ erarbeitet Aussagen zu den Wertschöpfungseffekten der Elektromobilität und möglichen Maßnahmen zur Sicherung von Beschäftigung in Deutschland und der Befähigung des Industriestandortes für den internationalen Wettbewerb.

Die zum Zwischenbericht vorliegenden Arbeitsergebnisse zeigen, dass elektrifizierte Fahrzeugkonzepte aufgrund der höheren Herstellungskosten mittelfristig einen signifikanten Nachteil in den Gesamtnutzungskosten (Total Cost of Ownership, (TCO); Anschaffung und Unterhalt) gegenüber konventionellen Fahrzeugen aufweisen. Vorliegende Analysen zur Zahlungsbereitschaft potenzieller Käufer stellen dar, dass Nutzer zudem nur sehr begrenzt bereit sind, wesentliche höhere Gesamtnutzungskosten für Elektrofahrzeuge als für verbrennungsmotorische Fahrzeuge zu tragen. In Verbindung mit einer in den kommenden Jahren noch geringen Segmentdurchdringung auf der Angebotsseite ergibt sich ein Bedarf an intelligenter Förderung, um das Ziel von 1 Million Elektrofahrzeugen bis zum Jahr 2020 zu erreichen.

Dabei können infrastrukturelle, verkehrspolitische und finanzielle Maßnahmen einen Beitrag leisten. Die NPE hat zur Unterstützung eines erfolgreichen Markthochlaufes einen Maßnahmenkatalog erarbeitet, der mit dem weiteren Bericht der NPE veröffentlicht wird. Das Ziel ist dabei eine intelligente Kombination geeigneter Instrumente, ausgerichtet auf den konkreten Handlungsbedarf bei verschiedenen Nutzergruppen in der jeweiligen Phase der Marktentwicklung.

### **Nutzergruppen und Phasen der Marktentwicklung**

Die in **kurzfristiger** Perspektive für die Marktentwicklung der Elektromobilität vorrangig relevante Nutzergruppe ist der durchschnittliche gewerbliche Kunde mit einem besonderen Fokus auf Nachhaltigkeit und Technologie – unabhängig von der Größe der betriebenen Flotte. Die gewerbliche Nutzung umfasst ein breites Anwendungsspektrum beispielsweise vom mittelständischen Unternehmer bis zu kommerziell betriebenen Flotten in Unternehmensfuhrparks im Lieferverkehr, bei technischen und sozialen Services oder bei Mobilitätsanbietern im Car Sharing.

Gegenüber privaten Nutzern bestehen bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen durch gewerbliche eine Reihe von Vorteilen:

- Die kürzere Haltedauer führt zu einer schnelleren Marktdurchdringungen der Elektromobilität durch ein höheres Angebot im Gebrauchtwagenmarkt nach Abschluss der gewerblichen Erstnutzung.
- Bei Flottenbetreibern steht eine TCO- Betrachtung im Vordergrund, die es erlaubt, die Vorteile niedriger Unterhaltskosten von EVs zu nutzen. Auf kalkulierbare Anreize (Besteuerung, Abschreibung etc.) reagieren Flottenbetreiber wesentlich schneller als Privatkunden.
- Flottenbetreiber können andere Finanzierungsmodelle nutzen als Privatkunden.
- Die von immer mehr Unternehmen verfolgte explizite Einbeziehung von Nachhaltigkeitskriterien in Fahrzeugauswahl und -management unterstützt einen frühen und demonstrativen Einsatz von Elektrofahrzeugen.
- Oftmals ist das Einsatzgebiet mit dem optimalen Nutzungsprofil von Elektrofahrzeugen deckungsgleich. So haben Fahrzeuge im städtischen und regionalen Lieferverkehr ein Einsatzprofil mit einer genau umrissenen Kilometerleistung pro Tag, häufigem Start/Stop. Nachts können die Fahrzeuge auf dem Betriebshof geladen werden, tagsüber im betrieblichen Umfeld. Der Druck auf den Aufbau einer öffentlichen Ladeinfrastruktur wird dadurch verringert.
- Flottenbetriebe bieten bei hinreichender Konzentration die Möglichkeit, integrierte Systeme in Kombination mit intelligenten Flotten in intermodalen Angeboten (Kombination mit öffentlichen Verkehrsunternehmen) zu testen (intelligente Kommunikations- und Abrechnungsprozesse, Smart Home und Smart Grid-Ansätze, Grid to Vehicle). Dadurch können insbesondere auch Angebote zur Integration erneuerbarer Energien entwickelt und eingesetzt werden.

Begünstigende Rahmenbedingungen für den gewerblichen Käufer sind vor allem fiskalische Instrumente sowie Investitionsanreize wie beispielsweise Sonderkredite der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW).

In **mittelfristiger** Perspektive wird zunehmend der Privatmarkt für die Elektromobilität interessant, wobei die sogenannten „Early Adopter“ eine Pionierfunktion für eine Ausbreitung in den Massenmarkt übernehmen.

Diese Zielgruppe hat – auf der Basis der zurzeit vorliegenden Erkenntnisse – vermutlich folgende Merkmale:

- lebt in Ballungsgebieten,
- nutzt eigene Garage/Stellplatz,
- hat ein relativ hohes Haushaltsnettoeinkommen
- kann wahrscheinlich mit überdurchschnittlicher Häufigkeit einen Dienstwagen nutzen

- hat einen Zweit- oder Drittwagen, fährt mit keinem der Fahrzeuge mehr als 100 km/Tag oder hat keinen Bedarf für ein Langstreckenfahrzeug
- ist technologieaffin (20–30 % in dieser Gruppe) eher als „grün“.

Die Gruppe der „Early Adopter“ lädt das Elektrofahrzeug (Zweitwagen) dann entweder in der heimischen Garage oder am Arbeitsplatz und nutzt das Fahrzeug für die Kurzstrecke oder als Pendler für genau definierte Wege.

Um die Akzeptanz für Investitionen in den Aufbau und Betrieb von Ladestationen bei Unternehmen (zur Nutzung durch Mitarbeiter auf dem Firmenparkplatz, im Fuhrpark usw.) und Gewerbetreibenden (Kundenparkplätze in Einkaufszentren, Restaurants, an Bahnhöfen oder Flughäfen) zu fördern, werden geeignete Instrumente wie z. B. beschleunigte Abschreibung untersucht. Die Investition von Wohnungseigentümern in die Installation einer Ladeinfrastruktur z. B. in Tiefgaragen sollte analog durch steuerliche Erleichterungen und KfW-Mittel gefördert werden und durch baurechtliche Anpassungen flankiert werden.

Erste Ergebnisse aus den Modellregionen und -projekten erlauben den Schluss, dass eine flächendeckende öffentliche Ladeinfrastruktur in den nächsten Jahren nicht entscheidend für den Markterfolg von Elektromobilität ist. Die Mindestabdeckung für die psychologische Akzeptanz von Elektromobilität ist mit dem Marktfortschritt festzustellen und mit der notwendigen Anzahl an öffentlich zugänglichen Ladepunkten zu bilanzieren. Bei Nachholbedarf sind weitere Anreize zu prüfen. In welchem Maße Schnellladestationen Kaufentscheidung und Nutzungsprofil der unterschiedlichen Zielgruppen und damit die Marktdurchdringung befördern, ist in Erarbeitung und ist abhängig von der jeweiligen Marktphase. Dazu zählen vor allem auch Rahmenbedingungen zur Erleichterung und zur Durchdringung des Ladeinfrastrukturaufbaus im öffentlichen, semi-öffentlichen und privaten Bereich.

Die für die Entwicklung einer nachhaltigen Infrastruktur notwendigen ordnungs- und wettbewerbspolitischen Modelle befinden sich noch in Abstimmung. Im Wesentlichen werden derzeit zwei Modellansätze diskutiert: „Kommerzieller Aufbau und Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur“ und „Aufbau und Betrieb öffentlicher Ladeinfrastruktur durch einen teilregulierten Betreiber“. Das Spektrum an Variationen der beiden Modellansätze wird bis zum weiteren Bericht detailliert untersucht und bewertet.

In der Arbeitsgruppe Rahmenbedingungen wird im engen Austausch mit den versammelten Experten der NPE Vorarbeiten für verschiedene Business Cases und eine volkswirtschaftliche Gesamtbetrachtung ermittelt. Die zum Zwischenbericht vorliegenden Arbeitsergebnisse stellen hierfür die zentralen Eingangsgrößen dar. Die in Erarbeitung befindlichen Modelle zur Ermittlung der einzelwirtschaftlichen Gesamtkosten (TCO) inklusive der Annahmen zur Preis-Volumenssensitivität sowie zur Ausrollung der öffentlichen Ladeinfrastruktur und den Wertschöpfungseffekten der Elektromobilität bilden die Grundlage für die Berechnung entsprechender Business Cases und die Ableitung von Handlungsempfehlungen zum nächsten Berichtstermin.

Klare Zielsetzung ist dabei – unter Vermeidung von vorschnellen Fixierungen – die Unterbreitung eines konsistenten, zeitlich gestaffelten Maßnahmenprogramms unter ausdrücklicher Berücksichtigung der verschiedenen Phasen der Technologieentwicklung, Kundengruppen und Geschäftsmodelle. Die einzelnen Maßnahmen müssen dabei den folgenden, gemeinsam definierten Kriterien für eine erfolgreiche Wirtschafts-, Energie-, Klimaschutz- und Verkehrspolitik genügen:

- **Effektivität** – Ist die Maßnahme geeignet, um eine höhere Nachfrage herbeizuführen?
- **Effizienz** – Wie verhalten sich die Kosten der Maßnahme zu ihrem konkreten Effekt?
- **Vermeidung von Mitnahmeeffekten** – Wäre der Effekt auch ohne die Maßnahme in vergleichbarer Form aufgetreten?
- **Nachhaltigkeit der Maßnahmen** – Führt die Maßnahme zu einer nachhaltigen Ressourcenschonung?
- **Vermeidung von Wettbewerbsverzerrungen** – Unterstützt die Maßnahme fairen und chancengleichen Wettbewerb und vermeidet sie Marktzutrittsbarrieren?
- **Einfluss auf die Wertschöpfung in Deutschland** – Hat das Instrument einen positiven Steuerungseffekt auf die Sicherung bzw. den Ausbau der Wertschöpfung in Deutschland?

## 7 Erste Empfehlungen

### 7.1 Leitanbieterschaft und Gestaltung eines Leitmarktes für Elektromobilität

Die Stärke der deutschen Industrie speist sich zu einem wesentlichen Anteil aus ihrem Erfolg auf den Exportmärkten. Eine Ausweitung des Qualitätssiegels „Made in Germany“ auf die Elektromobilität ist notwendige Konsequenz, um eine starke Position im neuen Markt zu erlangen und die Aufgabe aktueller Wettbewerbsvorteile deutscher Schlüsselindustrien zu verhindern.

Der Aufbau von Kompetenzen und die Einnahme von Schlüsselpositionen im Weltmarkt sind Prioritäten. Die Anstrengungen innerhalb der Industrie und die weiter einzusetzenden Mittel sollten mittelfristig auf die Sicherung der Rolle als Leitanbieter konzentriert werden. Forschung und Entwicklung in allen Sektoren sowie der Aufbau einer integrierten Wertschöpfungskette stehen im Vordergrund. Der Anspruch Leitanbieter in der Elektromobilität zu sein, ist eng mit der Technologieführerschaft auf dem Gebiet der Batterie verbunden. Dabei ist die Industrialisierungs- und Fertigungskompetenz ein wichtiger Erfolgsfaktor.

Der Leitmarkt ist eng mit dem Anspruch der deutschen Wirtschaft, Leitanbieter zu werden, verknüpft. Er muss den Beitrag von Elektromobilität für eine nachhaltige Mobilität unter Beweis zu stellen und durch erfolgreiche Anwendung von Spitzentechnologien und -lösungen in Deutschland, starke Signale im Weltmarkt zu setzen.

Die Rahmenbedingungen spielen vor allem in der Anfangsphase des Markthochlaufs zur Erreichung des Leitmarktzieles eine wichtige Rolle. Die NPE erarbeitet einen Maßnahmenkatalog zur Unterstützung eines erfolgreichen Markthochlaufs. Dieser Katalog umfasst eine Bandbreite verschiedener Instrumente, darunter auch finanzielle und steuerliche Gestaltungsmöglichkeiten, verkehrsrechtliche Anpassungen oder infrastrukturelle Voraussetzungen. Die Bewertung der Maßnahmen muss den internationalen Vergleich mit den Rahmenbedingungen in anderen europäischen und außereuropäischen Ländern berücksichtigen. Es muss alles daran gesetzt werden, in Europa ein gemeinsames Wettbewerbsumfeld zu schaffen, um insbesondere das Ziel eines deutschen Leitmarktes von 1 Mio Elektrofahrzeugen in 2020 zu erreichen.

Es wird in der weiteren Arbeit untersucht, wie Elemente dieses Kataloges sinnvoll zu einem wirkungsvollen Paket zusammengefasst werden können. Um die notwendige Planungssicherheit sowohl zum Aufbau der Infrastruktur als auch für anstehende Investitionsentscheidungen zu gewährleisten, wird in Bälde eine Klärung über die in einzelnen Phasen anzuwendenden Maßnahmen herbeigeführt. Die Empfehlungen an die Politik zur Gestaltung und Implementierung eines Maßnahmenpakets für einen erfolgreichen Markthochlauf werden bis zum zweiten Bericht der NPE vorgelegt.

## 7.2 Erfolgsfaktor Forschung und Entwicklung

Die Schwerpunktsetzung privatwirtschaftlichen Engagements und öffentlicher Förderung sollte weiter darauf ausgerichtet sein, die Basis für den angestrebten Innovationsvorsprung zu legen.

Es gilt, breitenwirksame vorwettbewerbliche Förderinstrumente auszubauen. Die Fördermechanismen sollten dabei teilweise neu überdacht und auch innerhalb der Bundesregierung ressortübergreifend weiter optimiert werden. Dem Ansatz einer systemübergreifenden Entwicklung von Produkten und Lösungen muss Rechnung getragen werden.

Die Förderung und Umsetzung von Einzelprojekten ist nur ein Schritt. Vielmehr geht es auch darum, massiv auf eine bessere Verzahnung von industrieller Forschung und Entwicklung mit universitärer und außeruniversitärer Forschung und Lehre hinzuarbeiten.

### 7.2.1 Umsetzung definierter Forschungs-, Entwicklungs- und Qualifizierungsprojekte.

Die Bundesregierung sollte in den kommenden Jahren Forschungs-, Entwicklungs- und Qualifizierungsprojekte mit zusätzlichen Fördermitteln weiter unterstützen, um die Entwicklung der Elektromobilität über bestehende Programme (Konjunkturpaket II etc.) hinaus zu fördern. Regierung, Industrie und Mittelstand gehen in engem Schulterschluss vor.

Technologie-Roadmaps verbunden mit dem daraus abgeleiteten Forschungs- und Entwicklungsbedarf wurden in den Arbeitsgruppen der Nationalen Plattform Elektromobilität erstellt und mit den Arbeitsgruppenberichten der Bundesregierung vorgelegt.

Eine zeitliche Priorisierung der dahinter stehenden Vorhaben ist in den Arbeitsgruppen erfolgt.

Die Vorhaben sind in der Folge nach geltendem Beihilferecht auf eine Eignung als Fördervorhaben zu überprüfen. Unter Anwendung der bestehenden Regeln für Förderprojekte ist im Anschluss die jeweils anzusetzende Förderquote zu ermitteln.

### 7.2.2 Optimierung der Wertschöpfungskette des Wissens

Deutschland verfügt über eine sehr ausdifferenzierte und hoch spezialisierte Forschungs- und Entwicklungslandschaft. Allerdings kann die produktive Zusammenarbeit zwischen universitären und außeruniversitären Instituten sowie auch zwischen akademischer Forschung und Industrie noch weiter intensiviert werden. Leitgedanke einer intersektoralen Zusammenarbeit ist die themen- und problemorientierte Ausrichtung der Förderlandschaft; wissenschaftliche Institute, Industrieunternehmen und Kompetenzzentren des Handwerks arbeiten dabei im vorwettbewerblichen Bereich.

Eine genauere Definition und die Ausarbeitung von Empfehlungen für tragfähige Konzepte der Forschungsförderung erfolgt bis zum Frühjahr 2011. Als Ergebnis wird eine Machbarkeitsanalyse und bei positiver Bewertung ein Konzept für Aufbau, Finanzierung und Einbindung in die übergeordneter und problemorientierter Forschungsprojekte vorgelegt.

### **7.3 Technologische Entwicklung in Leuchtturmprojekten gezielt ausbauen**

Eine umfassende Bündelung möglichst vieler verschiedener Einzelvorhaben in der Produkt und Komponentenentwicklung sollte in wenigen Leuchtturmprojekten angestrebt werden. Neben der effizienteren Verwendung verfügbarer Mittel, soll über die Bündelung der Kompetenzen der deutschen Industrie ein entscheidender Vorteil im internationalen Wettbewerb zur Geltung gebracht werden.

In einem technologischen Leuchtturm werden einzelne Entwicklungsvorhaben aus den Roadmaps der NPE zu einem technischen Projektvorhaben über die Grenzen der Arbeitsgruppen hinweg gebündelt.

Leuchttürme haben den Charakter von Großprojekten und sind erkennbar an die Erreichung von Meilensteinen und Zielvorgaben in einem festen Zeitrahmen mit einem definierten Budget gebunden. Gegenstand sollten übergreifende, interdisziplinäre Themen zur Konvergenz verschiedener Technologien (Batterie, Karosserie, Fahrwerk und Antriebsstrang, Verkehrs- und Energieinfrastrukturen, IKT, Mechanik) sowie dazugehörige innovative Geschäftsmodelle, Akzeptanzverhalten, Standardisierungsprozesse und rechtliche Fragestellungen sein.

Um Technologieoffenheit und Wettbewerb zu fördern sind kompetitive Konsortien unter dem Dach eines Großvorhabens explizit gewünscht. Konzept- und/oder Gestaltungsvorschläge für Technologieleuchttürme werden in der zweiten Phase der NPE erarbeitet und in den Kontext der Technologieroadmaps gesetzt.

### **7.4 Aufbau aussagekräftiger Schaufenster als erster Schritt des Marktaufbaus**

Auf eine begrenzte Zahl von Standorten oder Regionen konzentrierte Schaufenster dienen dazu, offene Erkenntnisinteressen zum Beispiel zum Nutzerverhalten und zum Zusammenspiel der verschiedenen Technologien im Alltag zu befriedigen und gleichzeitig die Technologie-, Dienstleistungs- und Interaktionskompetenz der deutschen Wirtschaft im Zusammenhang der Interaktion in einem abgegrenzten System zu demonstrieren.

Schaufenster haben eine herausragende Öffentlichkeitswirkung, die über die bisherigen Modellregionen und -projekte weit hinausgehen. Diese müssen so angelegt sein, dass sie eine kritische Größe erreichen, um Rückschlüsse auf die Massentauglichkeit der angewendeten Elektromobilitätslösungen zu erhalten. Der systemische Ansatz ist in den Schaufenstern sicher zu stellen.

Darüber hinaus ist die Zielstellung der Schaufenster um die Aspekte der akademischen und beruflichen Erstausbildung und Weiterqualifizierung zu erweitern. Sichtbare Maßnahmen zur Qualifizierung der Menschen werden den „Schaufenstercharakter“ unterstreichen.

Ein wesentlicher Aspekt der Schaufenster muss die Einbindung einer breiten Öffentlichkeit sein. Zielsetzung: Akzeptanz schaffen, Interesse wecken, Marktbereitschaft generieren.

## 7.5 Evaluation der bestehenden Modellvorhaben und Anschlussregelungen

Das im Rahmen des Konjunkturpaketes II der Bundesregierung initiierte Programm zur Förderung der Elektromobilität läuft zum Oktober 2011 aus. Allen Beteiligten ist dabei klar, dass es dringend erforderlich ist, bereits jetzt über die bestehenden Programme hinaus an der Gestaltung aussagekräftiger Schaufenster zu arbeiten.

Im Verlauf sowie nach Abschluss der bestehenden Modellregionen und -projekten ist hierzu ein umfangreiches und kritisches Impact-Assessment sowie eine detaillierte Analyse der vorliegenden Ergebnisse aus den verschiedenen Einzelprojekten durchzuführen. Daraus werden Schlussfolgerungen für einen zukünftig zu optimierenden Prozessverlauf gezogen. Anschlussregelungen sind zu diskutieren, unter denen die im Rahmen der Projekte geschaffenen Infrastrukturen, Anlagen, Produkte und Wissensnetzwerke weiter genutzt werden können.

Aus heutiger Sicht erscheint es ratsam, frühzeitig konsolidierte Folgeprogramme zu definieren, das geeignet ist, die sich anschließenden oder noch offenen Fragestellungen aus den bisherigen Vorhaben zu beantworten und – darauf aufbauend – die notwendige Vorbereitung zur Etablierung der zentralen Schaufensterprojekte zur Unterstützung einer breiten Markteinführung von Elektromobilität abzuschließen. Dafür sind aber zunächst die jetzt bestehenden Programme zu evaluieren.

## 7.6 Empfehlungen für Ausbildung und Qualifizierung

Auf Basis der Arbeiten zur Ausbildung und Qualifizierung wurde eine kurzfristig zu realisierenden Kompetenz-Roadmap der akademischen und beruflichen Aus- und Weiterbildung zur Elektromobilität in Deutschland aufgezeigt. Die erfolgreiche Umsetzung der darin unterbreiteten Empfehlungen ist die Grundlage für alle weiteren Aktivitäten:

### **Nationale Konferenz zur akademischen und beruflichen Aus- und Weiterbildung**

Die Durchführung der Konferenz ist Startschuss aller folgenden Maßnahmen und findet bereits im ersten Halbjahr 2011 statt. Beteiligt werden BMBF, BMWi mit allen Akteuren der beruflichen und akademischen Aus- und Weiterbildung, Dozenten, Hochschullehrer, Ausbilder, Berufsschullehrer, Exzellenz-/ Kompetenzzentren, Bildungsträger, Berufsgenossenschaften.

#### **Die erwarteten Ergebnisse sind:**

- Bewusstseinsbildung, dass eMob-Ausbildung und Qualifizierung systemorientiert und branchenübergreifend gesehen und gestaltet werden muss
- Ausgestaltung der Kompetenz-Roadmap durch inhaltlich, zeitlich und finanziell geplante Maßnahmen
- eMob-Bildung auf allen Ebenen als Einheit betrachten

- Nachhaltigkeit schaffen: Etablierung der Strukturen zur Umsetzung der Maßnahmen
- Verabredungen zum Monitoring der Umsetzung

Um in einem überschaubaren Zeitraum über ausreichende Kompetenz für die Märkte der Elektromobilität zu verfügen, muss jetzt in die Qualifizierung der erforderlichen akademischen Fachkräfte investiert werden. Dies kann zu so einem frühen Zeitpunkt nur in enger Verbindung zur Forschung erfolgen, das neue Wissen muss schnell in die Curricula einfließen. Darauf aufbauend wird die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF) sowie weitere Institutionen (z. B. DFG) als bewährtes Instrument mit existierendem und nachhaltigem Netzwerk zwischen Industrie und Wissenschaft zur Umsetzung der Forschung empfohlen.

Sowohl in der akademischen und der beruflichen Bildung besteht erheblicher Bedarf in der berufsbegleitenden Fortbildung der heutigen Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen. Dazu müssen Elektromobilitäts-Kompetenzzentren aufgebaut und zeitnah mit Trainern und Ausstattung versehen werden.

## Weitere Empfehlungen

### Akademische Bildung

- Neue Lehrstühle (Schwerpunkt: Elektrochemie/Batterieforschung, Leichtbau), Entwicklung/Umsetzung von Studiengängen, Ausstattung der Hochschulen
- Postgraduale Fortbildung: Entwicklung von Ausbildungsgängen, Aufbau und Ausstattung von Fortbildungszentren, „Train the Trainer“
- Vernetzung Wissenschaft-Wirtschaft durch den Ausbau der Projektförderung der vorwettbewerblichen industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) parallel zum Ausbau der eMob-unterstützenden Verbundforschung (s. andere AG-Berichte)

### Berufliche Bildung

- Marketing eMob zur Nachwuchssicherung und Fachkräfteentwicklung
- Handreichungen/Umsetzungshilfen zur eMob-Qualifizierung in der beruflichen Aus- und Fortbildung, Qualifizierungsmodule, Lehr- und Lernmedien, „Train the Trainer“, Expertisepool, technische Ausstattung von Bildungsstätten
- Handreichungen/Umsetzungshilfen zur berufsbegleitenden eMob Anpassungsqualifizierung, qualitätsgesicherte Weiterbildungsstandards, modulare Qualifizierungsbausteine, eMedien, Lernplattformen, Zertifizierung, Expertennetzwerke, technische Ausstattung von eMob Kompetenzzentren

### Ein gemeinsames Projekt „akademische Bildung/berufliche Bildung“:

- Kompetenzportfolio für den globalen eMobilitätsmarkt

## 7.7 Empfehlungen für eine deutsche Normungs-Roadmap

### **Politische Flankierung ist europäisch und international erforderlich**

Eine enge Verzahnung von Forschung und Entwicklung, Regulierung und gesetzlichen Rahmenbedingungen mit der Normung ist notwendig. Nationale Normung und Regulierung bestimmter Staaten darf eine internationale Vereinheitlichung nicht behindern. Standardisierung und Normung sollte auch ein wichtiges Thema in bestehenden Foren wie dem Transatlantic Economic Council sein.

### **Normung muss schnell und international sein**

Nationale und internationale Normungskonzepte konkurrieren derzeit miteinander. Aufgrund von internationalen Märkten für Kraftfahrzeuge müssen jedoch von Beginn an internationale Normen angestrebt werden. Dies gilt in gleicher Weise für die Schnittstelle von Fahrzeug und Infrastruktur. Eine alleinige deutsche bzw. europäische Normung für die Elektromobilität wird als nicht ausreichend angesehen. Daher ist eine schnelle Erarbeitung nationaler Vorschläge und der kurzfristigen Umsetzung der in Deutschland erzielten Ergebnisse in der internationalen Normung essenziell.

### **Koordination und Fokussierung zwingend erforderlich**

Elektromobilität ist durch eine Vielzahl an Akteuren und Fachgebieten geprägt. Daher ist eine gremienübergreifende Zusammenarbeit und Koordinierung durch den bestehenden Lenkungsreis EMOBILITY (DKE/NA-Automobil) und die Geschäftsstelle Elektromobilität im DIN wichtig, um Doppelarbeit zu vermeiden. Es sollen keine neuen Gremien geschaffen werden; stattdessen sind die existierenden Gremien in DIN und DKE zu stärken.

### **Normung muss klar und eindeutig sein**

Um Innovationen zu fördern, soll Normung funktionsbezogen sein und Festlegungen hinsichtlich technischer Lösungen vermeiden („performance based rather than descriptive“). Zur Sicherstellung der Interoperabilität bei Schnittstellennormen (z. B. zwischen Fahrzeug und Netzinfrastruktur) müssen jedoch technische Lösungen festgelegt werden.

### **Weltweit einheitliche Ladeinfrastruktur ist notwendig (Interoperabilität)**

Elektrofahrzeuge müssen „immer und überall“ geladen werden können: Die Interoperabilität von Fahrzeugen verschiedener Hersteller zur Infrastruktur unterschiedlicher Betreiber ist sicherzustellen. Normung und Standardisierung der Ladetechnik und Abrechnung muss sicherstellen, dass zum Anwender hin eine einheitliche, komfortabel nutzbare und sichere Ladeschnittstelle geschaffen wird. Die Interessen der Nutzer müssen Vorrang haben vor den Interessen einzelner Unternehmen.

### **Vorhandene Normen müssen genutzt und umgehend weiterentwickelt werden**

In den etablierten Domänen „Automobiltechnik“ und „Elektrotechnik“ existiert bereits eine Vielzahl an notwendigen Normen. Diese müssen entsprechend genutzt und bekannt gemacht werden. Informationen über diese Normungsarbeiten und deren Status sind Bestandteil dieser Normungs-Roadmap. Darüber hinaus liegt der Schwerpunkt der erforderlichen Arbeiten weniger auf der Initiierung neuer Normungsvorhaben als eher bei der Erweiterung/Anpassung bestehender Normen und Standards an die Anforderungen der Elektromobilität. Insbesondere bei Schnittstellenthemen muss eine domänen-übergreifende Zusammenarbeit auf internationaler Ebene erfolgen.

### **Mitwirkung an europäischer und internationaler Normung essenziell**

Zur aktiven Einflussnahme und Umsetzung der Ziele ist eine verstärkte Mitarbeit auf nationaler und internationaler Ebene notwendig. Deutsche Unternehmen müssen sich deshalb verstärkt in die deutschen, europäischen und internationalen Normungsarbeiten einbringen.

### **Die Zusammenarbeit der Normungsorganisationen ISO und IEC muss sichergestellt werden**

Zur internationalen Konsensbildung zwischen ISO und IEC ist verstärkt mit Joint Working Groups (JWG) unter Mode 5 zu operieren. Im Themenfeld „Laden von Elektrofahrzeugen“ (Normenreihe IEC 61851) besteht dazu der dringlichste Handlungsbedarf zwischen IEC/TC 69 und ISO/TC 22/SC 21. Es ist zu beobachten, ob das gerade in der Verabschiedung befindliche Memorandum of Understanding (vgl. 3.5) zwischen ISO und IEC in der geforderten Ausprägung umgesetzt wurde.

### **Konsortien müssen in die Arbeiten von ISO und IEC eingebunden werden**

Normung ist in den etablierten internationalen Organisationen ISO und IEC durchzuführen. Konsortien, insbesondere SAE, müssen aufgefordert werden, sich an der Normungsarbeit bei ISO und IEC zu beteiligen, anstatt eigene, zusätzliche Spezifikationen zu erstellen. Es ist davon auszugehen, dass die SAE-Standards für viele Bundesstaaten der USA verbindlich vorgeschrieben sind. Eine Übernahme von Inhalten der SAE-Standards in internationale konsensbasierte Normen (ISO, IEC) ist aufgrund des Urheberrechts problematisch (z. B. SAE J 2929). Ziel muss es jedoch sein, die Inhalte der SAE-Standards mit den Inhalten der ISO- und IEC-Normen zu harmonisieren. Nur so kann der zusätzliche Zulassungsaufwand der Fahrzeugindustrie in den USA verringert werden. In der Übergangszeit wird empfohlen, dass Vertreter der europäischen Industrie in den SAE-Gremien mitarbeiten, um abweichende Regelungen zu vermeiden. Darüber hinaus existieren zahlreiche weitere Organisationen, die aufgrund ihrer Aktivitäten Einfluss auf die Anforderungen an Elektrofahrzeuge bzw. die Elektromobilität allgemein haben und somit direkt oder indirekt Normen und Standards beeinflussen. Es ist zu prüfen, ob und in welcher Form eine Abstimmung der Aktivitäten notwendig ist und vor allem, inwieweit Aktivitäten anderer Organisationen in ISO und IEC überführt werden müssen.

Durch den Lenkungskreis EMOBILITY und die Geschäftsstelle Elektromobilität im DIN sollte ein geeignetes Vorgehen zur Liaison mit anderen Organisationen koordiniert werden. Weitere Organisationen sind rechtzeitig zu identifizieren und die Etablierung widersprüchlicher Anforderungen an die Elektromobilität durch eine frühzeitige Kontaktaufnahme und Einbindung der Organisationen zu vermeiden. Ein Engagement in anderen Standardisierungsorganisationen als ISO und IEC darf nur übergangsweise eine Option sein.

### **Kooperationen mit China müssen verstärkt und deren Mitarbeit bei ISO und IEC forciert werden**

Es ist derzeit nicht zu erwarten, dass aus nationalen chinesischen Normen für Elektrofahrzeug internationale Normen werden. Es ist aber wahrscheinlich, dass die Erfüllung solcher Normen Voraussetzung für den Marktzugang in China ist. Übersetzungen und Interpretationen bei chinesischen Normen sind häufig problematisch. Von deutscher Seite ist durch die Normung und den Deutsch-Chinesischen Wirtschaftsausschuss aktiv darauf hinzuwirken, dass China stärker in die internationale Normung eingebunden wird.

Die Normungs-Roadmap liegt nun vor und ist aus Sicht der AG4 umgehend national und international von den renommierten Normungsgremien unterstützt durch Industrie und Politik in die notwendigen Gremien getragen werden und dort gemeinschaftlich vertreten werden.

## 8 Empfehlungen zur weiteren Gestaltung der Arbeit der Nationalen Plattform Elektromobilität

Um dem Ziel der NPE Rechnung zu tragen, schnell die Weichen für die Übernahme der Leitanbieterschaft zu stellen, werden beschlossene Themen wie z. B. die F&E-Roadmap mit Veröffentlichung dieses Zwischenberichts umgesetzt.

Ein zweiter Bericht soll so bald wie möglich veröffentlicht werden. Dazu wird die Arbeit an offenen Themenstellungen unmittelbar fortgeführt. Über den Zeitpunkt der Veröffentlichung wird Anfang 2011 entschieden.

Für die Periode bis zum zweiten Bericht wird empfohlen, die Nationale Plattform Elektromobilität in ihrer jetzigen Struktur beizubehalten. Offene Themen sind als Teil dieses Berichts klar identifiziert. Diese werden soweit inhaltlich möglich innerhalb einer Arbeitsgruppe bearbeitet, um die etablierten Prozesse und Abstimmungswege optimal zu nutzen.

Es wurden eine Reihe arbeitsgruppenübergreifender Themen identifiziert. Diese Themen sollen in NPE-Expertengruppen (Arbeitsgruppen übergreifenden Unterarbeitsgruppen) bearbeitet und gelöst werden. Diese arbeiten unter organisatorischer Federführung der Arbeitsgruppe Rahmenbedingungen, werden aber durch Mitglieder anderer Arbeitsgruppen erweitert.

Die Tagungsfrequenz der Arbeitsgruppen und des Lenkungskreises richtet sich an den abgestimmten Projektplänen aus.

Die Nationale Plattform Elektromobilität wird von allen Beteiligten als Erfolg gesehen. Ein Fortbestand über den vereinbarten Zeitrahmen bis zum Sommer 2011 wird angestrebt. Aufgaben sollen neben dem Monitoring der beschlossenen Maßnahmen die Weiterführung eines industrie- und gesellschaftsübergreifenden Dialogs zur Sicherung eines allgemeinen Konsenses sein. Als Steuerungs- und Beratungsgremium kann die Nationale Plattform Elektromobilität eine konzertierte Vorgehensweise bei der Sicherung der internationalen Wettbewerbsposition Deutschlands gewährleisten. Der Lenkungskreis wird als Beschluss fassendes Gremium beibehalten. Die Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität (GGEMO) setzt die erfolgreiche Organisation der Arbeiten der NPE fort.

Kernaufgaben der Nationalen Plattform Elektromobilität sollen im Rahmen der Institutionalisierung von Planung, Bewertung, Lenkung und Ausführung von E-Mobilitätsprojekten unter anderem sein:

- Identifizierung von relevanten FuE Themen
- Monitoring und Auswertung internationaler Aktivitäten
- Stabile und kontinuierliche (auch ideelle) Unterstützung der E-Mobilität

Ein detaillierter Vorschlag zu Organisationsstruktur und Arbeitsweise wird mit dem zweiten Bericht vorgelegt.

## 9 Arbeitsaufträge und weiterer Klärungsbedarf

Die Nationale Plattform Elektromobilität geht mit Vorlage dieses Zwischenberichtes in eine zweite Phase. In dieser Phase werden folgende abgegrenzte Themenstellungen verfolgt, die bis zu einem bald möglichst vorzulegenden zweiten Bericht, gelöst werden sollen:

### 9.1 Entwicklung von Schaufensterprogrammen

Im Rahmen der Nationalen Plattform Elektromobilität sollten unter Nutzung der versammelten Expertise und Beantwortung der folgenden Fragestellungen ein Vorschlag für ein geeignetes Schaufensterprogramm erarbeitet werden. Das Konzept ist bis zum nächsten Bericht zu erarbeiten und beinhaltet folgende Aspekte:

- Anzahl und Dimensionierung
- Bestandteile
- Finanzierung
- Management und Bewertung

Die im Rahmen des „Konjunkturpakets II“ etablierten Modellregionen und Modellprojekte sollten in einer Gesamtevaluation auf die Möglichkeit einer Überführung von Projektbestandteilen in die aufzubauenden Schaufensterprojekte geprüft werden.

Dabei sollte die Überprüfung der Tauglichkeit bestehender Projekte im Kontext des Systemcharakters und der Alltagstauglichkeit der Elektromobilität sowie der angestrebten Leitanbieterschaft und dem Leitmarktanspruch im Vordergrund stehen. Kriterien und Ablaufdetails für den Evaluationsprozess werden von den Bundesressorts beschlossen, der Prozess sollte sofort gestartet werden. Die NPE wird dazu Empfehlungen entwickeln.

### 9.2 Konsolidierung der Markthochlaufszenerarien

Innerhalb der NPE ist ein gemeinsames Verständnis über ein in sich konsistentes und wahrscheinliches Markthochlaufszenerario herzustellen, das sich an erwarteten Nutzerprofilen und zu erschließenden Marktsegmenten über die Zeit hin orientiert. Dieses gemeinsame qualitative Verständnis ist dann Grundlage für die Detaillierung der Arbeitspakete „Anreizmaßnahmen“, „Rahmenbedingungen für die Leitanbieterschaft“ und „Infrastrukturhochlauf“.

### **9.3 Politische Rahmenbedingungen und Maßnahmen für den Markthochlauf**

Im weiteren Verlauf der NPE wird der Maßnahmenkatalog zur Unterstützung eines erfolgreichen Markthochlaufs und des Ausbaus technologischer Kompetenzen finalisiert. Es wird vor Empfehlung an die Bundesregierung untersucht wie die Elemente dieses Kataloges sinn- und wirkungsvollen zusammengefasst werden können.

### **9.4 Infrastrukturaufbau und Energiewirtschaftliche Implikationen**

Auf Basis der bisher erarbeiteten Erkenntnisse zu Infrastrukturtechnologien und grundlegenden Anforderungen an den Aufbau eines Leitmarkts in Deutschland wird auf Basis der Markthochlaufszszenarien ein konkreter Umsetzungsplan für den Infrastrukturbedarf bis 2020 erarbeitet. Dieser Plan fasst zwei Perspektiven zusammen: konkreter Bedarf an Lade-Infrastruktur, um das Leitmarktziel zu stützen sowie notwendige Voraussetzungen zur Gewährleistung von Ladung und Netzstabilität bei gleichzeitiger Unterstützung der energiepolitischen Ziele der Bundesregierung. Die energiewirtschaftlichen Potenziale der Vehicle-to-Grid-Anwendungen werden auf Basis konkreter Annahmen weiter verifiziert.

### **9.5 Kriterien zur Förderung von Forschung und Entwicklung**

Die Arbeitsgruppen haben eine Vielzahl von Forschungsfeldern mit Schlüsselcharakter für die Elektromobilität herausgearbeitet. In der nächsten Phase der NPE sollte über eine AG-übergreifende Arbeitsgruppe definiert werden, ob diese Forschungsfelder in der Bearbeitung wettbewerblichen oder vorwettbewerblichen Kriterien entsprechen. Eine frühzeitige Abstimmung und Zuordnung beschleunigt die Projektentwicklung und die mögliche Allokation öffentlicher Förderung und der zugehörigen Instrumente.

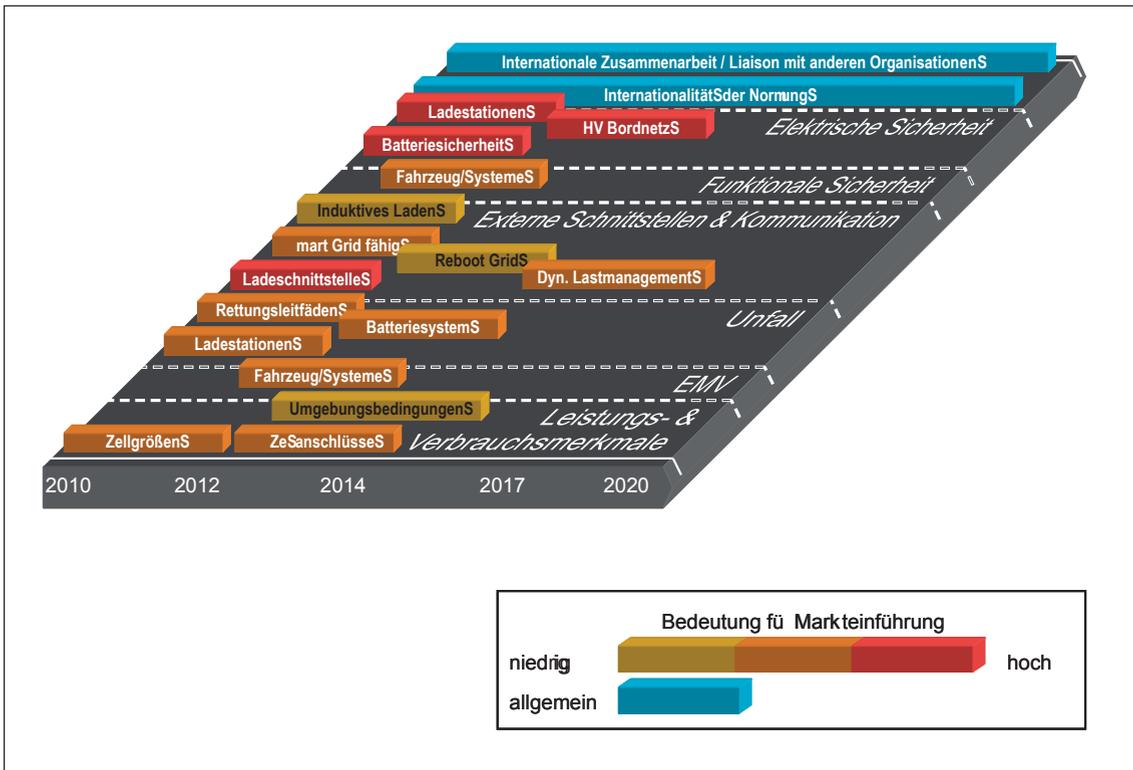
### **9.6 Finalisierung Normungs-Roadmap**

Der Zeitplan für Umsetzung der Normungs-Roadmap ergibt sich aus den identifizierten und geschätzten

- Prioritäten
- dem notwendigen Aufwand der Notwendigkeit einer Klärung des Normungsumfangs (Einsetzung eines ad hoc-Arbeitskreises)
- dem Forschungsbedarf

Aus dieser Analyse ergibt sich für die nächsten Jahre ein erheblicher Normungsbedarf, der in der Version 1.0 der „Deutschen Normungs-Roadmap Elektromobilität“ detailliert ausgewiesen ist. Abbildung 1 zeigt eine Übersicht der wichtigsten Handlungsfelder für die Markteinführung der Elektromobilität.

Die Normungsroadmap in der Version 1.0 beschreibt eine Momentaufnahme und ist in regelmäßigen Abständen auf Umsetzung und Aktualität zu prüfen. Es ist dazu ein Konzept in Ausarbeitung, das zum nächsten Bericht veröffentlicht wird.



Themenfelder der Normungs-Roadmap

## 9.7 Kommunikation

Der angestrebte Erfolg der Elektromobilität braucht breite gesellschaftliche Unterstützung: Ziel der öffentlichen Kommunikation muss sein, die Akzeptanz für neue Technologien und neue Mobilitätskonzepte zu entwickeln. Nur auf dieser Grundlage kann ein Markt entstehen, werden politische Weichenstellungen verstanden und mitgetragen. Die NPE soll daher bis zum nächsten Bericht ein Konzept für eine breit angelegte Kommunikations- und Marketingstrategie entwickeln.

## 9.8 Weitere organisatorische Gestaltung der NPE

Ein Konzept für die Fortführung der NPE wird erarbeitet. Darin werden Aufgaben, Zusammensetzung und Kompetenzen beschrieben und ein Vorschlag für eine Organisationsstruktur erarbeitet. Ziel soll sein, den branchen- und gesellschaftsübergreifenden Dialog zu institutionalisieren und ein Steuerungsgremium zur Bewertung und Weiterentwicklung der beschlossenen Maßnahmen zu etablieren. Lenkungskreis und Gemeinsame Geschäftsstelle werden zentraler Bestandteil dieser neuen Struktur sein.





**Verfasser:**

Nationale Plattform Elektromobilität (NPE)  
Berlin, November 2010

**Herausgeber:**

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

**Grafik/Design:**

Theim Kommunikation GmbH  
Carl-Thiersch-Str. 3  
91052 Erlangen

**Druck:**

Referat Z 22  
Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  
Bonn