

gewähren, die im Wissens- und Technologietransfer wichtige Aufgaben übernehmen und eine ausreichende Forschungsqualität aufweisen. Eine von außen erzwungene Integration in die Fraunhofer-Gesellschaft, die Helmholtz-Gemeinschaft, die Max-Planck-Gesellschaft oder die Leibniz-Gemeinschaft hält sie dagegen für nicht zielführend. Die Regierungen sollten derartige Integrationsprozesse gegebenenfalls fördern, aber ansonsten den beteiligten Institutionen überlassen.

- Die Expertenkommission hat bereits mehrfach die Einführung einer steuerlichen FuE-Förderung, eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Versorgung der Unternehmen mit Eigenkapital sowie eine Verbesserung der Rahmenbedingungen für *Business Angels* und Wagniskapitalgeber angemahnt. Positive Effekte hätte dies auch in strukturschwachen Regionen, wie z.B. in Ostdeutschland, wo die Eigenkapitalbasis der Unternehmen besonders schwach ist, nur wenig Wagniskapital zur Verfügung steht und Großunternehmen fehlen. Innovative Existenzgründungen und die Finanzierung von innovativen Projekten in KMU würden durch die genannten Maßnahmen erheblich erleichtert.

erzeugen und bei entsprechendem Design im Stadverkehr geräuscharm zu sein. Damit sind vollständig neue Gebäude- und Stadtkonzepte realisierbar. Dies gilt insbesondere für Mega-Städte, die derzeit mit großer Geschwindigkeit wachsen.<sup>138</sup> Die Einführung der Elektromobilität bekommt damit eine kulturelle Dimension.

Entschlossene und langfristig angelegte Initiativen der Bundesregierung zur Förderung von Forschung und Innovation im Bereich der Elektromobilität sowie zur Markteinführung von Elektromobilen sind notwendig, um essenzielle Ziele, wie eine starke Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen<sup>139</sup> und die mittelfristige Sicherung der Treibstoffversorgung, erreichen zu können. Die deutsche Politik und Wirtschaft müssen sich intensiv bemühen, eine internationale Führungsrolle im Bereich der postfossilen Mobilität zu erreichen.

### **Einbettung der Elektromobilität in ein umfassendes Mobilitätskonzept**

Die Strategie für die Entwicklung der Elektromobilität muss in ein übergeordnetes, multimodales Konzept der zukünftigen Verkehrs- und Transportsysteme

## **B 4 ELEKTROMOBILITÄT**

### **Revolution des Mobilitätssektors**

Die Transformation der Energiesysteme hin zur Nachhaltigkeit ist in vollem Gange. Deutschland erzeugt heute 16 Prozent seiner Elektrizität aus erneuerbaren, weitgehend CO<sub>2</sub>-emissionsfreien Quellen.<sup>135</sup> Bis 2020 ist mindestens eine Verdopplung dieses Anteils geplant.<sup>136</sup> Durch diesen Umbau der Energieversorgung wird sich mittel- bis langfristig ein im Wesentlichen CO<sub>2</sub>-freies Transportsystem herausbilden. Beschleunigt wird diese Entwicklung durch die unzureichende Versorgungssicherheit bei fossilen Treibstoffen, durch steigende Treibstoffpreise und durch staatliche Regulierungsmaßnahmen, die durch Klimaziele motiviert sind.

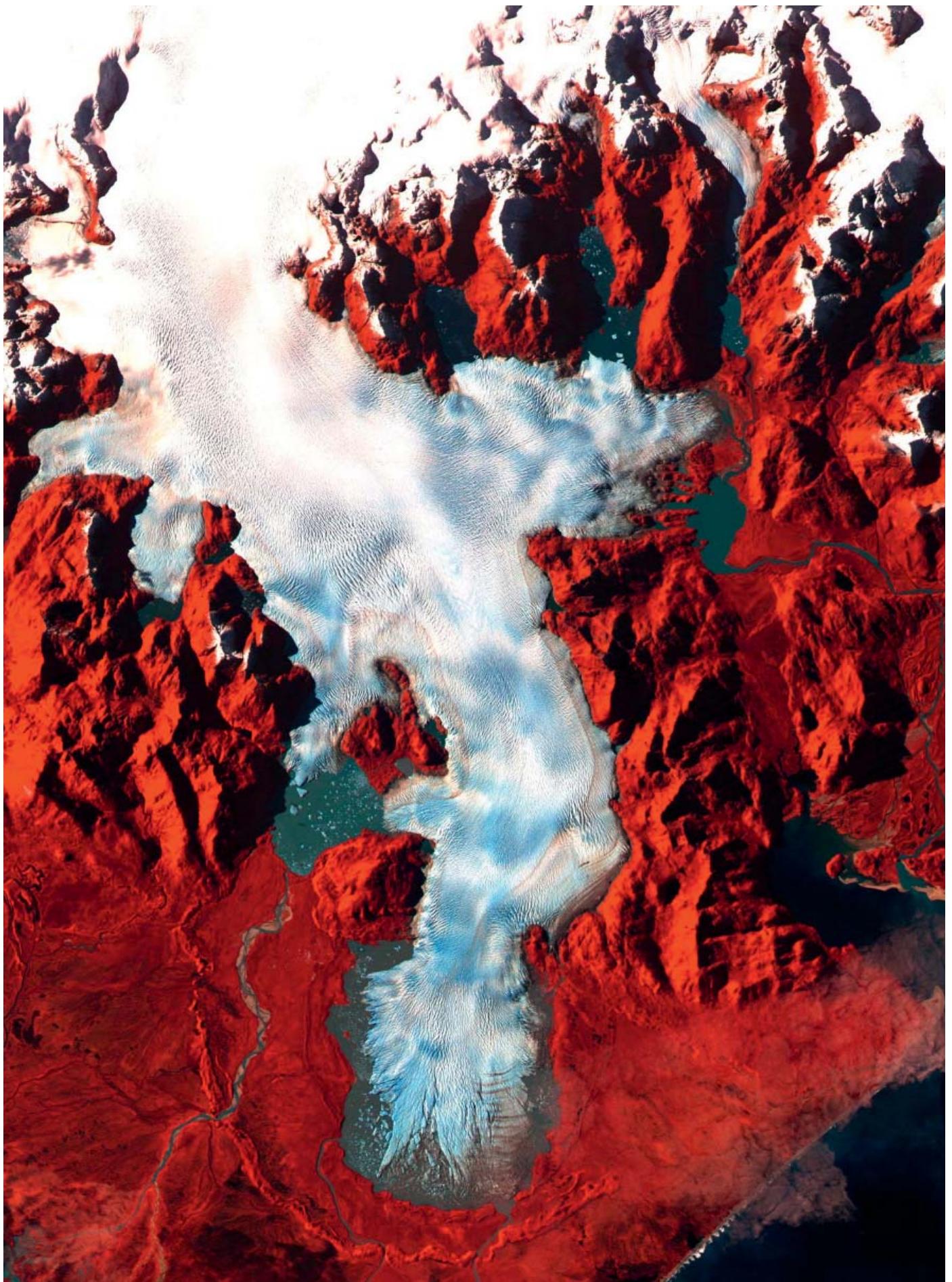
Elektromobilität (Box 12) bietet die Chance, diesen Transformationsprozess nachhaltig zu unterstützen. Zudem lässt sich in Städten eine neue Stufe der Lebensqualität erreichen. Elektrofahrzeuge haben den Vorteil, lokal keine schädlichen Emissionen<sup>137</sup> zu

### **Elektromobilität**

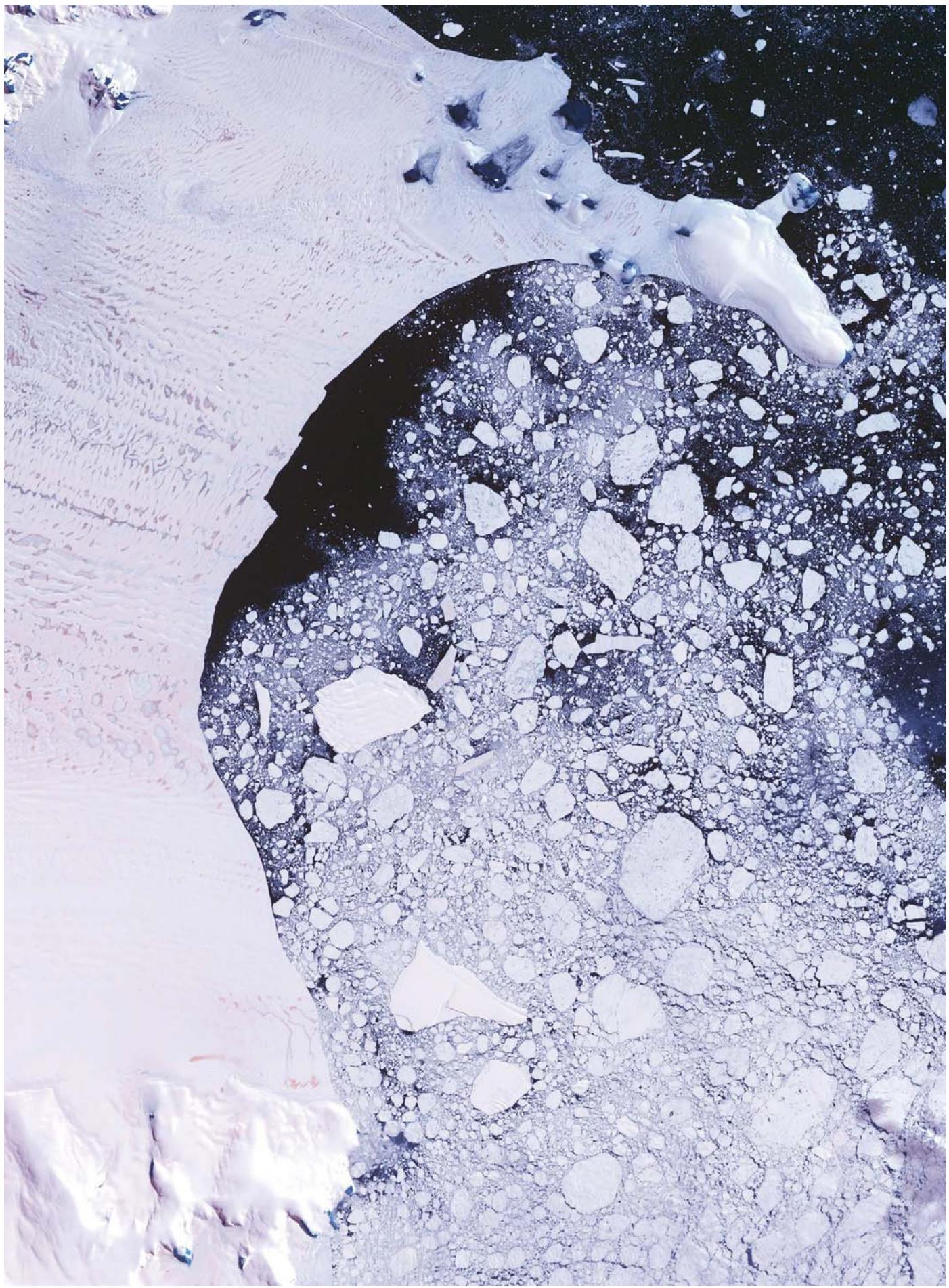
BOX 12

Mit dem Begriff Elektromobilität wird die Nutzung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen, insbesondere von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen, aber auch elektrisch angetriebenen Zweirädern und Leichtfahrzeugen sowie die damit verbundene technische und ökonomische Infrastruktur bezeichnet. In Diskussionen zur Elektromobilität werden oft die in Tabelle 6 aufgeführten Fahrzeugtypen unterschieden.

Sowohl eine Energieversorgung über elektrischen Strom als auch über Wasserstoff verlangt den Ausbau einer entsprechenden Infrastruktur. Der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur ist dabei bedeutend aufwändiger als der Ausbau der Stromversorgung. Erste Hybridfahrzeuge sind bereits kommerziell verfügbar. Pioniere bei der Einführung waren asiatische Produzenten. Reine Elektrofahrzeuge werden bisher nur in Nischen, z.B. als Leichtfahrzeuge aus Kleinserienfertigung, angeboten. Zahlreiche Kfz-Hersteller haben für die nächsten Jahre Modelle aus Serienfertigung angekündigt.



Eiskappe von Patagonien  
© NASA / Goddard Space Flight Center (GSFC)



Larsen Ice Shelf, Antarktis  
© NASA / Goddard Space Flight Center (GSFC)

**Fahrzeugtypen Elektromobilität**

TAB 06

Fahrzeugtyp	Nutzung des Stromnetzes	Zentrale Charakteristika
Hybridfahrzeug <i>HEV – hybrid electric vehicle</i>	keine Netzanbindung	Verbrennungsmotor plus Elektromotor, Nutzung der Bremsenergie zur Ladung einer Batterie
Plug-in-Hybridfahrzeug <i>PHEV – plug-in hybrid electric vehicle</i>	teilweise Netzanbindung	Verbrennungsmotor plus Elektromotor, am Netz aufladbare Batterie
Elektrofahrzeug <i>BEV – battery electric vehicle</i>	hundertprozentige Netzanbindung	Elektromotor, am Netz aufladbare Batterie, Nutzung der Bremsenergie zur Ladung einer Batterie
Brennstoffzellenfahrzeug <i>FCEV – fuel cell hybrid electric vehicle</i>	keine Netzanbindung	Brennstoffzelle, Elektromotor

Quelle: Eigene Darstellung.

eingebunden werden. Diese Systeme lassen sich heute noch nicht mit hinreichender Genauigkeit entwerfen. Bei der Entwicklung von Elektroautomobilen ist daher auf die technologische Anpassungsfähigkeit und Flexibilität der Konzepte zu achten.

Vor dem Hintergrund der Klimaproblematik muss der Übergang von der fossilen zur postfossilen Mobilität zügig in Angriff genommen werden. Dabei wird – aufgrund technologischer Restriktionen – zunächst der Personentransport im Nahverkehrsbereich (100 bis 150 km) angegangen werden können.<sup>140</sup> Es ist aber davon auszugehen, dass sich auf der Basis von Forschung und Technologieentwicklungen die Reichweite der Fahrzeuge mittelfristig merklich vergrößern wird.

Die individuelle Mobilität über sehr große Distanzen wird nach heutigem Kenntnisstand noch für längere Zeit mit Fahrzeugen erfolgen, die mit fossiler Energie versorgt werden. Hybridfahrzeuge können über eine gewisse Zeit einen Bereich der mittleren Entfernungen abdecken.<sup>141</sup> Aller Voraussicht nach wird sich eine Abkehr von dem weitgehend vorherrschenden universellen Leistungsprofil der Automobile ergeben, bei dem ein einziges Fahrzeug für Kurz- und Langstrecken, für Stadtverkehr und Fernreisen geeignet ist. Der elektrische schienengebundene Verkehr wird in zukunftsweisenden Konzepten ebenfalls eine wesentliche Rolle spielen. Dies wird insbesondere für den Fernverkehr gelten. Generell ist von einem Paradigmenwechsel im gesamten

Verkehrssystem auszugehen. Die Elektromobilität wird dabei ein tragendes Element darstellen.

### **Elektromobilität – wesentliches Element einer nachhaltigen Energieversorgung**

Die Elektromobilität dürfte sich insbesondere im Bereich zukunftsfähiger „intelligenter“ Elektrizitätsnetze, sogenannter *Smart Grids* (Box 13), zu einem wesentlichen Stabilitäts- und Wirtschaftlichkeitsfaktor entwickeln: Zeitweilig nicht benutzte Fahrzeuge können durch optimierte Fernsteuerung dann aufgeladen werden, wenn ein Überschuss elektrischer Energie in den Netzen vorliegt. Bei einer ausreichend hohen Zahl solcher Fahrzeuge können Verbrauch und Erzeugung in den großflächigen Netzen ohne wesentliche Verluste aneinander angepasst werden. Dieser Vorteil kommt vor allem bei einer hohen Durchdringung der Netze mit fluktuierender Energie (aus Sonne und Wind) zum Tragen.

Andererseits kann ein Teil der Energie, die in den Batterien ruhender Fahrzeuge gespeichert ist, durch ferngesteuerten Abruf in die Netze eingespeist werden, wenn kurzfristig eine Unterversorgung vorliegt. Voraussetzung hierfür ist, dass die Zyklenzahl der Fahrzeughärtter höher ist als für den reinen Fahrzeugbetrieb notwendig. Diese Eigenschaft werden zukünftige Antriebsbatterien mit hoher Wahrscheinlichkeit aufweisen. Elektromobilität und ein nachhaltiges Energieversorgungs- und Nutzungskonzept sind

**BOX 13*****Smart Grids***

Informations- und Kommunikationstechnologien werden im Bereich der Elektrizitätsversorgung weiterhin deutlich an Bedeutung gewinnen. Dies wird zum Aufbau von Stromnetzen mit ständig verbesserter „technischer Intelligenz“, sogenannten *Smart Grids*, führen. Solche Netze werden eine optimierte Einspeisung dezentral erzeugter Energie in die Stromverteilungsstrukturen ermöglichen. Dies schließt die Regelung der dezentralen Stromerzeuger ein. Hiermit sind insbesondere Erzeuger gemeint, die Strom auf Basis von Wind- und Sonnenenergie herstellen, sowie Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Auch Stromverbraucher werden in viel stärkerem Umfang als bisher geschaltet und geregelt werden können. Durch hoch variable Tarife und ein intelligentes Reagieren der Verbraucher auf die Strompreise kann dies unterstützt werden. Mit diesen Maßnahmen wird es gelingen, Stromverbrauch und -erzeugung auch in nachhaltigen Energieversorgungsstrukturen dynamisch aneinander anzupassen. Zukünftige Netze werden außerdem Energiespeicher, insbesondere dezentrale Speicher wie die in Elektrofahrzeugen, zur Stabilisierung der Stromversorgung einsetzen können.

unmittelbar miteinander verknüpft. Daraus resultiert die dringende Notwendigkeit einer engen Kooperation zwischen dem Fahrzeugsektor und der Elektrizitätswirtschaft.

### **Wissenschaftlicher und technologischer Leistungsstand in Deutschland**

Die Expertenkommission hat sich davon überzeugt, dass die großmaßstäbliche Einführung eines batteriegetriebenen elektrischen Transportsystems technisch prinzipiell machbar ist. Dies betrifft insbesondere Lebensdauer, Zyklenzahl, Gewicht und Kosten der Batterien, inklusive deren Weiterentwicklungspotenzial; die Verfügbarkeit von Rohstoffen und die Machbarkeit einer weitgehenden Kreislaufwirtschaft der Materialien; die Möglichkeiten der Leistungselektronik und der elektrischen Antriebe; die energetische Kopplung der Fahrzeuge mit dem elektrischen Netz und der verstärkte Einsatz des Leichtbaus im Automobilbereich. Engpässe in der Materialversorgung, so bei Lithium, könnten wie in anderen Hochtechnologiebereichen durchaus auftreten, vor allem wenn

eine Verknappung wichtiger Rohstoffe aufgrund der Konzentration der Anbieter eintritt.

Deutschland als ein führendes Land im konventionellen Automobilbau muss allerdings im Bereich der Elektromobilität erst wieder den Anschluss an das weltweite technologische Entwicklungsniveau finden, um von dem beschriebenen Paradigmenwechsel im Verkehrssektor profitieren zu können. Der Rückstand ist beträchtlich.

### **Defizite in Wissenschaft, Technologieentwicklung und Ausbildung**

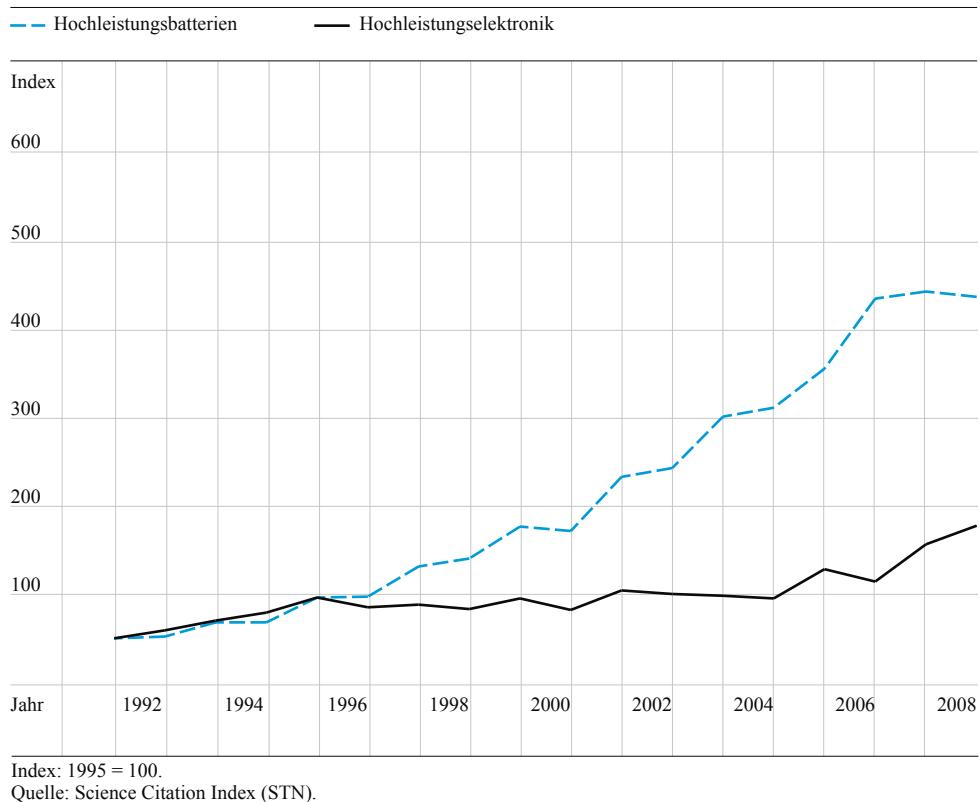
Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität sind Fahrzeughärtierungen, elektrische Motoren, mechanische Antriebsstränge, Leistungselektronik, Leichtbau im Fahrzeugsbereich und die Infrastruktur für die Kopplung der Fahrzeugsysteme mit dem Elektrizitätsnetz (Laden und Entladen der Batterien zur Stützung des Netzes). Deutschland ist hier zumindest in dem besonders wichtigen Bereich der Fahrzeughärtierungen schlecht aufgestellt. Im Bereich der Leistungselektronik hat Deutschland bestenfalls eine mittelmäßige Position. In beiden Fällen liegt die Forschungs- und Technologieführerschaft bei den asiatischen Nationen, insbesondere bei Japan, Korea und China.

In der letzten Dekade wurden an deutschen Hochschulen Lehrstühle in der Elektrochemie – der Grundlagendisziplin für die Batterietechnologie – in beträchtlichem Umfang nicht oder mit einer veränderten wissenschaftlichen Ausrichtung neu besetzt.<sup>142</sup> Die Schwerpunkte in Forschung und Lehre wurden auf andere, als ertragreicher angesehene Felder verlegt. Dieser Trend an den Hochschulen wurde nicht durch eine Stärkung dieses Forschungsgebiets an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen kompensiert. Es ist daher nicht überraschend, dass die Publikationsstatistik deutscher Wissenschaftler im Bereich der Elektrochemie und speziell der Batterietechnologie unterdurchschnittlich ausfällt (Box 14). Die Selbststeuerung des deutschen Wissenschaftssystems hat hier unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten versagt. Auch die Patentbilanz lässt keine aussichtsreiche Position deutscher Unternehmen oder Forschungsinstitute erkennen (Box 15).

Mittlerweile werden an einigen Hochschulen umfangreiche Maßnahmen ergriffen, um einschlägige

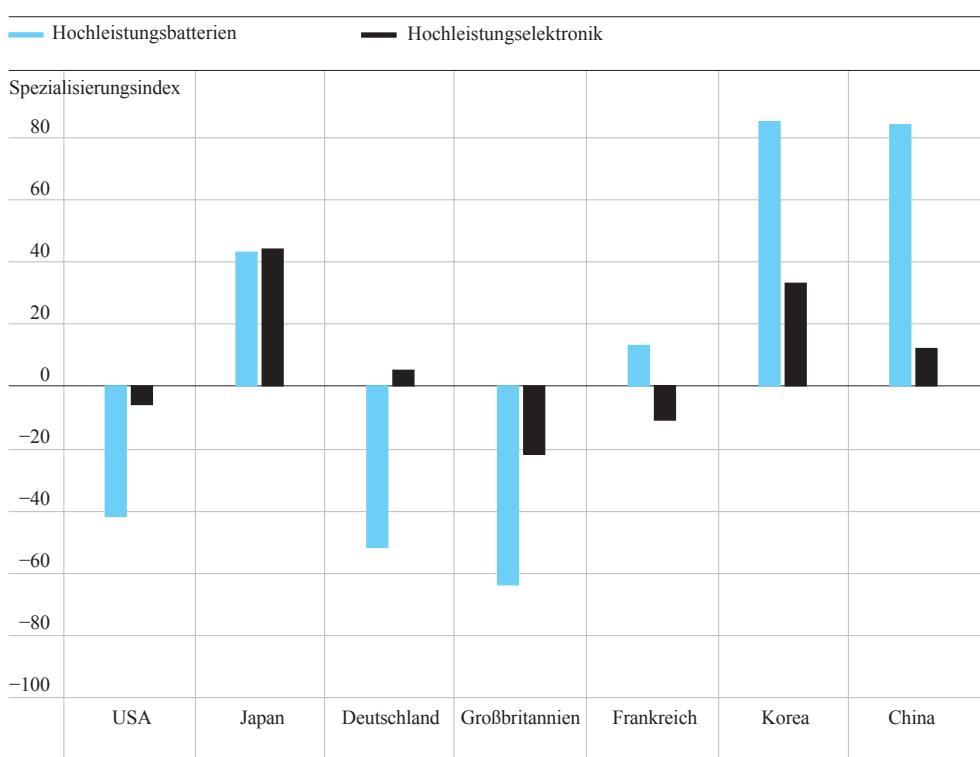
**International renommierte<sup>143</sup> Publikationen in den Bereichen Hochleistungsbatterien und -elektronik**

ABB 13



**Spezialisierung<sup>144</sup> bei international renommierten Publikationen ausgewählter Länder in den Bereichen Hochleistungsbatterien und -elektronik 2008**

ABB 14



Indizes mit dem Wert 0 zeigen ein durchschnittliches Niveau an, solche oberhalb von +20 stark überdurchschnittliche, von unterhalb -20 stark unterdurchschnittliche Publikationsaktivitäten. Quelle: Science Citation Index (STN).

**BOX 14****Elektromobilität – Publikationen im internationalen Vergleich**

Eine Publikationsanalyse zum Feld der Hochleistungsbatterien zeigt für die Jahre 1991 bis 2008 einen weltweit steigenden Trend bei einschlägigen renommierten Publikationen mit Wachstumsraten von etwa 13 Prozent pro Jahr (Abbildung 13). Bei der Auswertung der Länderspezialisierung zeigt sich eine stark überdurchschnittliche Aktivität von Japan, Korea und China (Abbildung 14). Dieses Bild für Hochleistungsbatterien findet sich in ähnlicher Weise in dem umfassenderen und übergeordneten Feld „Elektrochemie“ wieder. Auch dort steigen die Publikationszahlen stetig an. Bei den Spezialisierungen zeigt sich eine hohe Aktivität von Japan, Korea und vor allem China. Deutschland dagegen hat hier eine weniger ausgeprägte Spezialisierung.

Bei den Publikationen im Bereich der Leistungselektronik ist weltweit ebenfalls ein Aufwärtstrend feststellbar, der allerdings erst in den letzten Jahren stärker geworden ist. Auch hier bestätigt sich die hohe Aktivität der ostasiatischen Länder, insbesondere Japans. Der deutsche Index ist leicht überdurchschnittlich; die Spezialisierung liegt immerhin über der der USA, Großbritanniens und Frankreichs, aber deutlich unter der der drei asiatischen Länder.

Forschungskapazitäten in den vernachlässigten Bereichen aufzubauen. In außeruniversitären Forschungseinrichtungen werden Verbünde gebildet und Schwerpunkte für Elektromobilität gegründet.<sup>145</sup> Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) hat eine Forschungsinitiative zu Lithium-Hochleistungsbatterien gestartet.<sup>146</sup> Es darf aber nicht übersehen werden, dass diese Aktivitäten Zeit benötigen, um in vollem Umfang zu wirken. Die Engpässe im Bereich speziell ausgebildeten Personals können nicht unmittelbar überwunden werden. Umso wichtiger ist eine starke Einbindung der Hochschulen in die neuen Forschungsinitiativen, damit der benötigte qualifizierte Nachwuchs durch eine Verzahnung von Forschung und Lehre zügig ausgebildet werden kann.

**Bewertung der derzeitigen Situation in Deutschland**

Die Entwicklung hin zur Elektromobilität ist nicht nur aus den oben genannten Gründen notwendig und

wünschenswert. Sie bietet im Prinzip auch ausgesprochen gute wirtschaftliche Chancen, insbesondere für ein Hochtechnologieland mit großem Innovationspotenzial wie Deutschland. Die Führungsposition Deutschlands im Automobilsektor basiert im Antriebsbereich auf der Technologie der Verbrennungsmotoren. Derzeit zeichnet sich noch nicht ab, dass eine ähnliche Position in der Elektromobilität erreicht werden kann. Andere Länder haben früher und massiver als Deutschland in die Elektromobilität investiert. Der größte Teil der Wertschöpfung bei kleineren Elektrofahrzeugen liegt bei Batterien (etwa 50 Prozent) und elektrischen Antriebssystemen, inklusive der Leistungselektronik (etwa 20 Prozent). In beiden Bereichen sind andere Länder besser aufgestellt als Deutschland. Dies zeigen unter anderem die Patentanalysen (Abbildung 16).

**BOX 15****Elektromobilität – Patente im internationalen Vergleich**

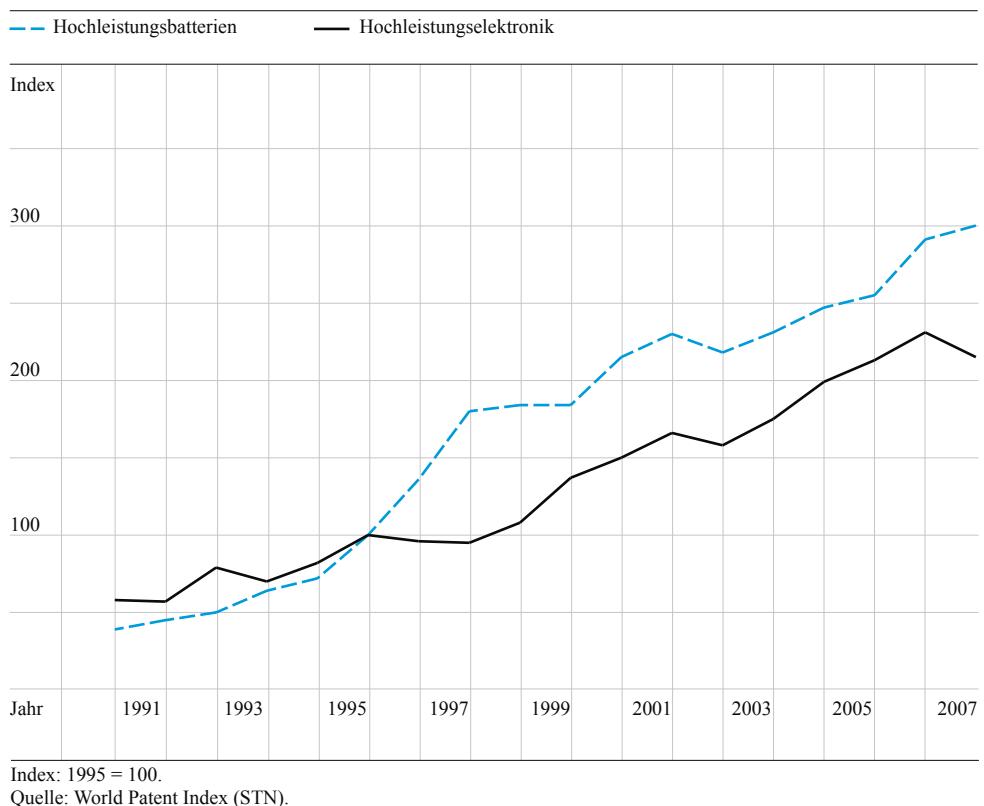
Bei einer Analyse transnationaler Patentanmeldungen (PCT-Anmeldungen oder Anmeldung beim Europäischen Patentamt) für zwei zentrale Komponenten von Elektrofahrzeugen – Hochleistungsbatterien und Leistungselektronik – zeigt sich ein starkes Wachstum der Anmeldungen (Abbildung 15). 1995 gab es im Bereich der Hochleistungsbatterien 850 Anmeldungen; 2007 waren es mit 2550 dreimal so viele. Im Bereich Leistungselektronik ergeben die Analysen, dass auch dieses Feld einen deutlichen Aufschwung erfahren hat: Seit 1995 haben sich die jährlichen Anmeldezahlen mehr als verdoppelt.

Deutschland weist hier bei Erfindungen im Bereich der Hochleistungsbatterien eine ausgeprägt negative Spezialisierung auf (Abbildung 16). Hohe positive Spezialisierungsindizes ergeben sich dagegen für die ostasiatischen Länder Japan, Korea und China. Bei der Hochleistungselektronik ist die deutsche Spezialisierung durchschnittlich. Starke Spezialisierungen finden sich hier wiederum in den Ländern Japan, Korea und China.

Bei den Hochleistungsbatterien ist die Dominanz Japans auch in absoluten Zahlen erheblich: Obwohl das Land bei transnationalen Anmeldungen insgesamt fast 70 Prozent weniger Anmeldungen als die USA und nur 14 Prozent mehr als Deutschland aufweist, stammen bei Hochleistungsbatterien im Jahr 2007 mehr als ein Drittel aller Anmeldungen aus Japan. Deutsche Unternehmen sind in diesem Bereich stark unterdurchschnittlich vertreten.

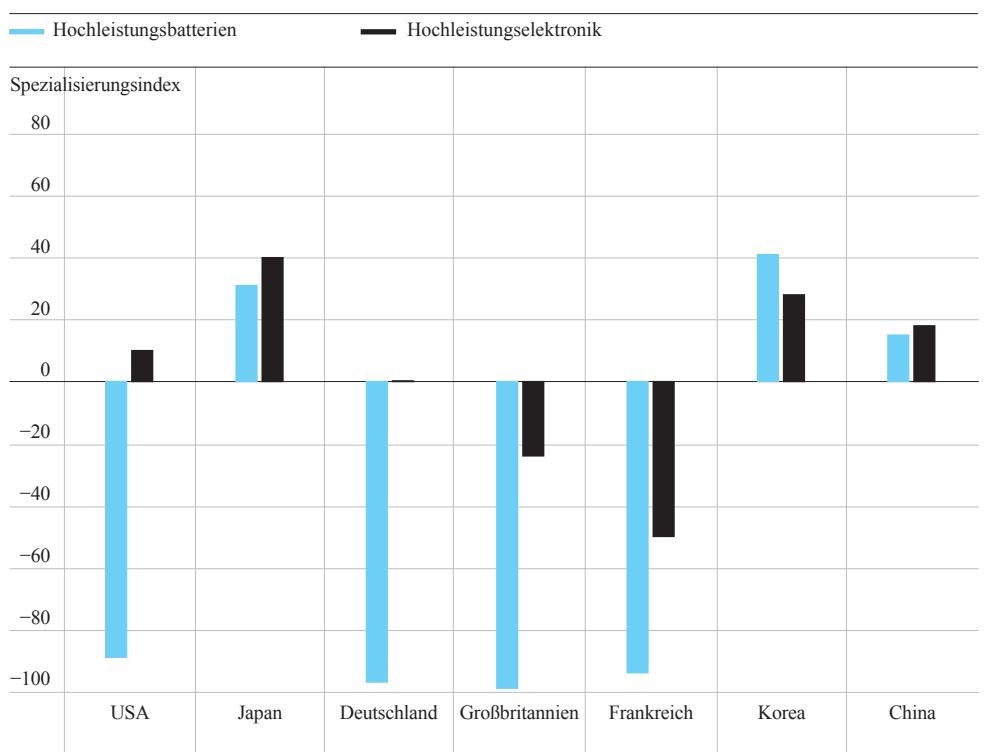
### Transnationale Patentanmeldungen in den Bereichen Hochleistungsbatterien und -elektronik

ABB 15



### Spezialisierung bei transnationalen Patentanmeldungen ausgewählter Länder in den Bereichen Hochleistungsbatterien und -elektronik, 2005 bis 2007

ABB 16



Wissenschaft und Industrie müssen sich nunmehr mit aller Kraft der postfossilen Mobilität widmen. Insbesondere wegen des derzeitigen Rückstands in der Batterieentwicklung kommt die deutsche Industrie nicht umhin, Partnerschaften mit internationalen (vor allem auch asiatischen) Industrieunternehmen einzugehen. Deutschland sollte aber starke Anstrengungen unternehmen, um auch in der Batterietechnologie wieder deutliche eigene Stärken zu entwickeln. Auf diesem zukunftsträchtigen Hochtechnologiegebiet sollte Wertschöpfung in Deutschland in beträchtlichem Umfang gebunden werden. Vermutlich wird es jedoch sinnvoll sein, dass sich der deutsche Forschungs- und Entwicklungssektor auf Batterien der nächsten Generation<sup>147</sup> konzentriert. Zur Unterstützung sind verstärkte Förderprogramme der öffentlichen Hand unabdingbar.

### Mangelnde Kooperation und Koordination

Der Weg hin zur Elektromobilität stellt keine inkrementelle Transformation dar. Elektrofahrzeuge haben, insbesondere was die Energiespeicherung, den Antriebsstrang und die Versorgungsinfrastruktur angeht, nur wenig mit den derzeitigen fossil-angetriebenen Automobilen gemein. Solche Veränderungen werden in der Innovationsforschung als radikale oder architekturelle Innovationen bezeichnet, weil sie zu völlig neuen Produktkonzepten und technischen Lösungen führen. Stärken in jetzt noch dominanten Technologien, wie z. B. bei Verbrennungsmotoren, lassen sich nicht direkt in Führungspositionen in der Elektromobilität umsetzen. Es ist empirisch belegt, dass etablierte Produzenten in solchen Situationen die Bedrohung häufig zu spät erkennen und die ihnen vertrauten technischen Konzepte zu lange verfolgen.<sup>148</sup>

Zudem leisten sich deutsche Automobilhersteller und Zulieferer auf dem Gebiet der Elektromobilität einen schwer verständlichen Wettbewerb, der zu einer Fragmentierung der FuE-Anstrengungen führt und der internationalen Position Deutschlands auf dem Gebiet der Elektromobilität schadet. Derzeit fehlen vorwettbewerbliche Kooperationsprojekte, an denen sich alle wichtigen Akteure engagiert beteiligen – selbst dann, wenn zwischen ihnen auf dem Gebiet der fossilen Mobilität starker Wettbewerb herrscht. Hier sollte der Staat aus gesamtwirtschaftlichen Gründen mit strukturierten Forschungsprogrammen koordinierend einwirken.

Zudem stellt das Fehlen eines breit aufgestellten nationalen, unabhängigen Testzentrums für Elektromobilität derzeit einen strategischen Engpass dar. Auch hier ist eine staatliche Beteiligung, zumindest bei der Initiierung und Planung, ratsam.

Erfolgt der Anschluss der deutschen Forschung und Entwicklung an die internationale Führungsspitze nicht umfassend und schnell, wird der Übergang zur Elektromobilität eine erhebliche Schwächung des Industriestandorts Deutschland mit sich bringen. Eine derartige Entwicklung wäre fatal. Die industrielle Wertschöpfung in Deutschland basiert – einschließlich der Zuliefererindustrien – zu etwa 15 Prozent auf der herkömmlichen Automobilindustrie.<sup>149</sup> Nach Berechnungen des RWI sind etwa 1,8 Millionen Arbeitsplätze in Deutschland direkt oder indirekt von der Automobilproduktion abhängig.<sup>150</sup> Selbst wenn der Übergang zu einem breiten Einsatz der Elektromobilität eine Dekade oder länger dauern wird, muss mit einer massiven Veränderung der Wirtschaftsstrukturen im Automobilsektor gerechnet werden.

### **Staatliche Förderung der Elektromobilität in Deutschland**

Die Bundesregierung und die Länder haben im Bereich der Elektromobilität bereits etliche Maßnahmen ergriffen (Box 16). Der Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung vom August 2009 wurde anfangs durch die Ministerien BMBF, BMU, BMWi und BMVBS implementiert. Mit der maßgeblichen Beteiligung so vieler Ministerien war keine optimale Lösung gefunden worden, so dass inzwischen eine Bündelung der Verantwortlichkeit angestrebt wird. Die laufenden Markteinführungsprogramme des BMVBS bieten weiteren Raum für Optimierung: Die Förderrichtlinien des Ministeriums sind nicht leicht zu durchschauen und ändern sich; die Ausstellung von Bewilligungsbescheiden kommt bislang nur schleppend voran.

Auf Bundesebene stehen für die Jahre 2009 und 2010 500 Millionen Euro aus dem Konjunkturpaket II zur Verfügung. Ohne diese Mittel wäre Deutschland in Forschung und Entwicklung zu Ländern wie den USA, Japan oder China nicht mehr konkurrenzfähig.<sup>151</sup> Der Nationale Entwicklungsplan ist programmatisch auf eine Laufzeit von zehn Jahren angelegt. Die Fortsetzung der in den Konjunkturpaketen angelegten Finan-

**BOX 16****Fördermaßnahmen des Bundes und der Länder im Bereich der Elektromobilität**

Die Bundesregierung hat im August 2009 den Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität beschlossen, der darauf abzielt, eine umfassende Strategie von der Grundlagenforschung bis hin zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen zu entwickeln und umzusetzen. Dabei soll auch ein Konzept erarbeitet werden, um die durch Elektromobilität zusätzlich generierte Stromnachfrage abzudecken, um diese Nachfrage mit erneuerbaren Energiequellen zu decken und um den Beitrag der Elektromobilität zum Lastmanagement im Stromnetz sicherzustellen. Deutschland soll auf diese Weise zu einem Leitmarkt für Elektromobilität werden. Bis zum Jahr 2020 soll es eine Million Elektrofahrzeuge auf deutschen Straßen geben.<sup>152</sup>

Dafür stellt die Bundesregierung aus dem Konjunkturpaket II insgesamt 500 Millionen Euro zur Verfügung. Unternehmen erhalten für förderfähige Projektanträge eine Förderquote von maximal 50 Prozent, öffentliche Forschungseinrichtungen von 100 Prozent. Die innerhalb des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität geförderten Maßnahmen sind vielfältig. Ein Beispiel ist etwa der BMVBS-Förderschwerpunkt „Elektromobilität in Modellregionen“, in dem acht Modellvorhaben mit insgesamt 115 Millionen Euro unterstützt werden. Bereits im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregie-

rung wurde die Innovationsallianz Lithium-Ionen-Batterie (LIB 2015) initiiert. Diese Forschungsaktivitäten begannen Ende des Jahres 2008. Insgesamt stehen hier 60 Millionen Euro bis zum Jahr 2015 zur Verfügung; die Industrie soll sich mit 360 Millionen Euro beteiligen.<sup>153</sup>

Auch einzelne Bundesländer haben Förderprogramme zur Unterstützung von FuE und Markteinführungsmaßnahmen im Bereich der Elektromobilität aufgelegt. Beispielhaft sei genannt, dass bayerische Unternehmen eine Projektförderung in Höhe von 50 Prozent der förderfähigen Kosten erhalten können, wenn sie FuE-Maßnahmen im Bereich der Elektromobilität durchführen. In Schleswig-Holstein wurde an der Fachhochschule Kiel ein Kompetenzzentrum für Elektromobilität gegründet. Nordrhein-Westfalen fördert unter anderem im Zuge eines Masterplans Elektromobilität den Aufbau des Batterieforschungszentrums MEET (Münster *Electrochemical Energy Technology*) an der Universität Münster. Auch Niedersachsen hat im April 2009 eine Landesinitiative Brennstoffzelle und Batterietechnologie ins Leben gerufen und stellt bis zum Jahr 2012 rund 10 Millionen Euro für die Vernetzung relevanter Akteure bereit. Baden-Württemberg investiert rund 15 Millionen Euro in Struktur- und Projektmaßnahmen im Rahmen der Landesinitiative Elektromobilität. Die zugehörige Landesagentur Elektromobilität soll eine ressortübergreifende Innovationsförderung für dieses Technologiefeld sicherstellen.

zierung ist allerdings nicht gesichert, sie ist aber von höchster Bedeutung, wenn Deutschland aus eigener Kraft eine merkliche Rolle bei der Entwicklung der Elektromobilität spielen will. Die Fördervorhaben auf Bundesebene sind nach Ansicht der Expertenkommission derzeit nicht ausreichend mit denen auf Länderebene und auf europäischer Ebene abgestimmt. Hier liegt ein beträchtliches Optimierungspotenzial.

Die Expertenkommission unterstützt generell die Schwerpunktaktivitäten der Bundesregierung und einzelner Bundesländer im Bereich der Elektromobilität. Voraussetzung für einen Erfolg Deutschlands in diesem Feld ist aber eine exzellente Koordination der FuE-Anstrengungen in den Bereichen Grundlagenforschung und Entwicklung. Diese Forderung schließt die Industrie ausdrücklich mit ein – die Akteure müssen zügig zu einer sinnvollen Kooperation finden. Das ist derzeit nicht gegeben.

**Ungewisse Realisierung eines Leitmarkts für Elektromobilität in Deutschland**

Die Entwicklung hin zur Elektromobilität erfordert die Koordination zahlreicher Akteure, einschließlich staatlicher Stellen. Dies betrifft nicht nur die Forschung, sondern auch die Markteinführung. Hier auf reine Marktlösungen zu hoffen, wäre unrealistisch – der Staat ist selbst zentraler Akteur und nimmt mit seinen Entscheidungen auf die Akzeptanz neuer Mobilitätssysteme unmittelbar Einfluss. Angesichts der aus der Klimadiskussion erwachsenden Anforderungen und des zunehmenden Wettbewerbs müssen mögliche Konzepte zügig erprobt und implementiert werden.

Von der Politik wird im Kontext der Elektromobilität häufig der Begriff „Leitmarkt“ verwendet. In der Innovationsforschung werden damit besonders günstige Nachfragestrukturen bezeichnet, die es

einem Anbieter ermöglichen, neue Produkte zügig zu entwickeln und zu vermarkten und dann mit einem zeitlichen Vorsprung und Kostenvorteilen in anderen Märkten einzuführen. So wird argumentiert, dass die Entwicklung von Telefaxgeräten bevorzugt in Asien erfolgen konnte, weil dort die Bereitschaft besonders ausgeprägt war, für die Übermittlung graphischer Symbole, der Schriftzeichen, zu bezahlen. Die Nutzung eines Leitmarkts kann folglich zu einer zeitweiligen Marktdominanz führen.

Ein Leitmarkt für die Elektromobilität ist derzeit in Deutschland nicht zu identifizieren. Eher ist eine solche Situation in chinesischen Ballungszentren zu erkennen, wo gegenwärtig ein Prozess der Basismotorisierung mit dem Schwerpunkt Nahverkehr stattfindet und wo die Nachfrage der meisten Kunden nicht auf große, schwere und schnelle Fahrzeuge mit einer langen Reichweite ausgerichtet ist. Ein Beispiel ist in diesem Zusammenhang die Technologie der batteriegetriebenen Elektrofahrräder und Elektoroller, die derzeit in China enorme Wachstumsraten verzeichnet.<sup>154</sup> Der nächste Schritt werden leichte und preiswerte Elektrofahrzeuge sein. China hat die Entstehung dieses Marktes durch strategische und umfassende Technologieentwicklungen, insbesondere im Bereich der Batterietechnologie, frühzeitig abgesichert.

### **Versuchsprojekte besser koordinieren und auf die europäische Ebene ausdehnen**

In Deutschland könnte ein Leitmarkt nur dann entstehen, wenn der Nahverkehr hinreichend großer Ballungszentren zügig und radikal auf den Elektroverkehr umgestellt würde. Voraussetzung dafür wäre, dass der Autokäufer von „leistungsstark, schnell und langreichweitig“ auf „leicht, klein und flexibel“ umsteigt. Eine derartige Veränderung im Verhalten der Käufer müsste durch staatliche Markteinführungsprogramme unterstützt werden, um schnell die hohen Stückzahlen zu realisieren, die zu einer deutlichen Kostenreduktion führen. Aber im Gegensatz zu anderen Ländern wird der Planung von Marktanreizen in Deutschland bisher nur geringe Bedeutung beigemessen. Auch die Erforschung der zukünftigen Akzeptanz der Elektromobilität ist in den laufenden Forschungskonzepten nur rudimentär angelegt.

Derzeit gibt es in Deutschland 17 Modellregionen und Flottenversuche für die Elektromobilität und weitere

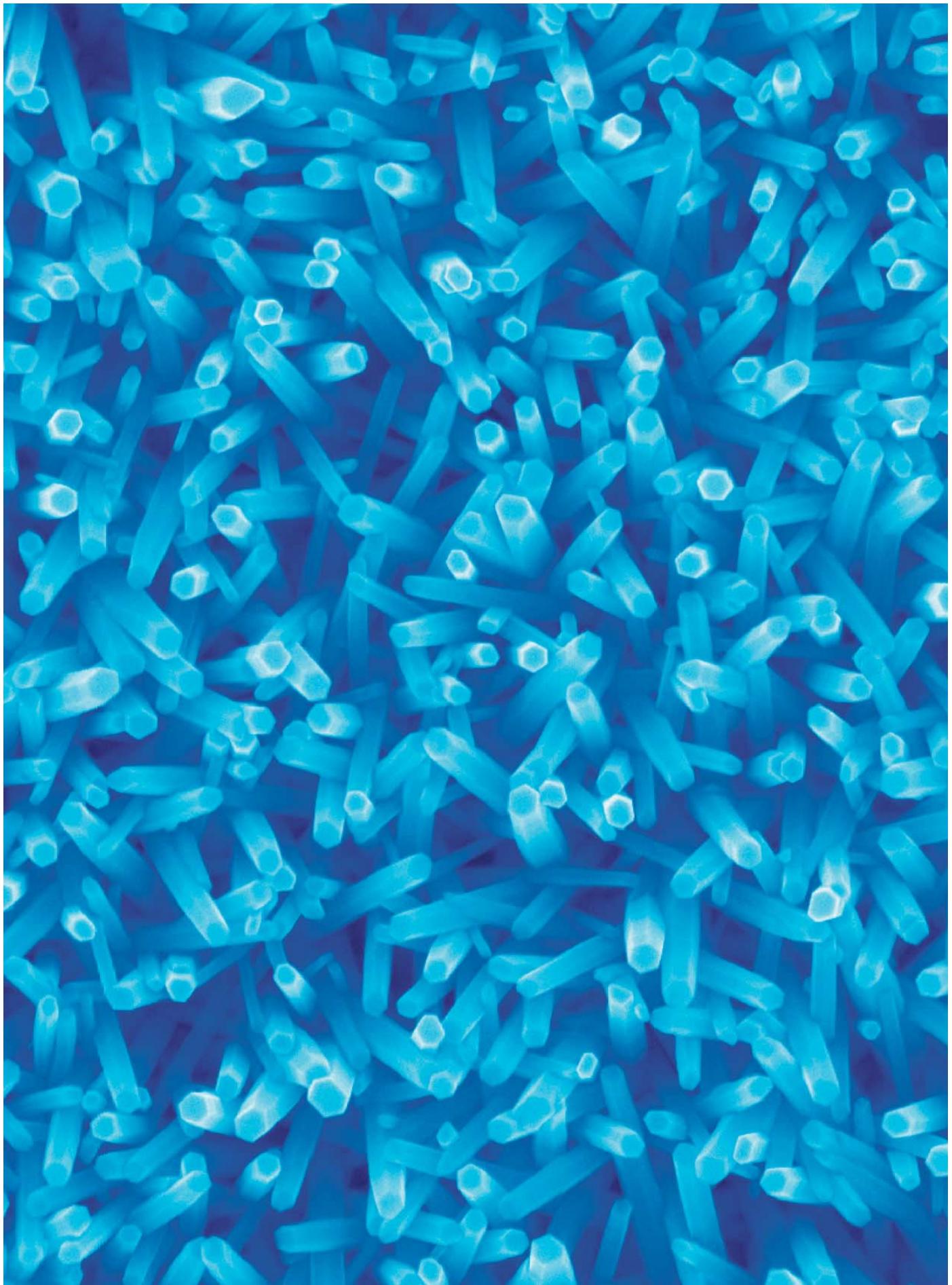
sind in Planung. Diese große Zahl von Versuchen dürfte eher kontraproduktiv wirken. Eine wirkliche Konzentration – im Sinne der Generierung von Leitmärkten – ist nicht erkennbar. Zudem gibt es keine Anzeichen für eine überlegte Koordination der Versuche. Es besteht die Gefahr, dass so isolierte Ergebnisse erzeugt werden, ohne dass ein sinnvolles Gesamtbild entsteht.

National beschränkte Initiativen allein werden nach Ansicht der Expertenkommission nicht ausreichen, vielmehr müssen diese durch grenzüberschreitende europäische Maßnahmen ergänzt werden. Auf dem Wege europäischer Kooperationen lassen sich vermutlich auch die notwendigen übergeordneten Rahmenbedingungen für eine großflächige Einführung der Elektromobilität deutlich leichter realisieren als bei einem nationalen Alleingang. Dies betrifft die Bereiche Normung, Standardisierung, Infrastruktur, Präferenzen in der Verkehrsführung für Elektroautomobile (der Bevölkerung könnten die Vorteile der Elektromobilität unter diversen Bedingungen demonstriert werden) und vieles mehr. Eine solche Koordinationsleistung ist eine wesentliche Vorbedingung, um mit Hilfe von Skaleneffekten die Kosten der neuen, umweltschonenden Technologien schnell zu senken.

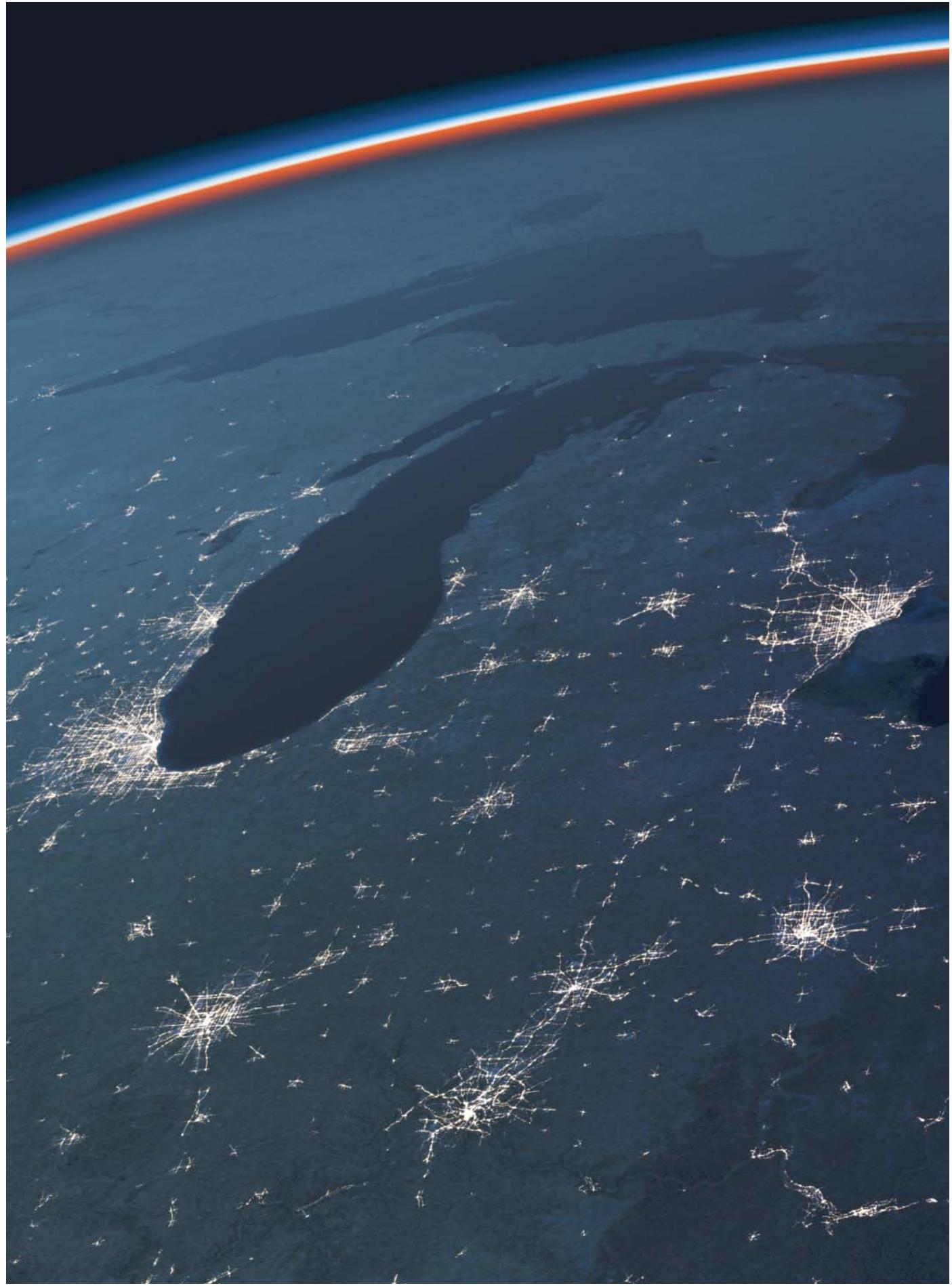
### **Empfehlungen**

Elektromobilität ist ein wichtiger Baustein für die Erreichung von Zielen in den Bereichen Klimaschutz und Sicherheit der Energieversorgung. Die Elektromobilität stellt aber aufgrund des derzeit herrschenden Rückstandes von Forschung und Entwicklung in der deutschen Wissenschaft und Industrie eine besondere Herausforderung dar.

- Der Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität ist ein erster wichtiger Schritt, um die deutsche Position zu stärken. Um zügig entscheidende Fortschritte zu erreichen, bedarf es einer deutlich verbesserten Koordination und einer stärkeren Führung der öffentlichen Aktivitäten im Bereich Elektromobilität. Die Fragmentierung der Bundes- und Landesprogramme muss überwunden werden; Strategien und Förderinitiativen müssen langfristig angelegt sein.
- Universitäten, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und Forschungsförderungseinrichtungen sollten noch stärkere und umfassendere Aktivitäten



Nanodrähte aus Zinkoxid  
© Peidong Yang/UC Berkeley/SPL/Agentur Focus



USA bei Nacht  
© Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

auf dem Feld der Elektromobilität entfalten. Das betrifft nicht nur die Forschung – durch geeignete Ausbildungsmaßnahmen muss sichergestellt werden, dass Engpässe bei qualifizierten Fachkräften überwunden werden.

- Mit den bisher nicht kooperierenden Unternehmen der Wirtschaft sollte zügig ein Dialog initiiert werden, um die Akteure aus ihrer Isolation zu lösen. Der Bund sollte weitere Förderungen nur gewähren, wenn sinnvolle Kooperationen im Bereich der Elektromobilität zustande kommen.
- Basierend auf der vorhandenen Entwicklungskompetenz im europäischen Automobilbau (z. B. in Frankreich und Italien) sollte die Bundesregierung eine gemeinsame Vorgehensweise europäischer Länder anregen, um die europäische Position insgesamt zu stärken und um Skaleneffekte bei der Markteinführung zu ermöglichen.
- Die Bundesregierung sollte einige wenige Regionen als Standorte für die Markteinführung neuer Mobilitätskonzepte auswählen und die entsprechenden Erprobungen zügig planen und durchführen. Denkbare Kandidaten sind Metropolregionen, die idealerweise eine internationale Ausdehnung haben, wie z. B. das Ruhrgebiet mit Teilen des Benelux-Raumes. Europäische Ballungsräume wie Paris, Rom, Madrid, Athen oder London könnten weitere Testregionen in einem europaweiten Förderkonzept darstellen.
- Der Verzicht auf die gewohnten schweren und antriebsstarken Automobile des fossilen Zeitalters muss für den Automobilkäufer attraktiv werden. Nutzern von Elektroautomobilen sollten neben finanziellen Anreizen auch weitere Erleichterungen geboten werden, wie z. B. die Nutzung von Busspuren im Stadtgebiet und von dedizierten E-Fahrspuren auf stadtnahen Fernstraßen.

## B 5 AKTUELLE ENTWICKLUNG UND GESTALTUNG DES PATENTSYSTEMS

Die Expertenkommission greift in ihren Analysen auf Patentinformationen und -statistiken zurück (Kapitel C 5 dieses Gutachtens). Zudem ist das Patent- system aber auch eine wichtige Institution der F&I- Politik, dessen Ausgestaltung in den letzten Jahren kontrovers diskutiert wurde. In Kapitel B 5–1 kommentiert die Expertenkommission daher jüngere Ent-

wicklungen in den nationalen und internationalen Patentsystemen. Dabei stehen vor allem Veränderungen im Verhalten der Patentanmelder im Vordergrund. Im Kapitel B 5–2 wird die Verwendung von Patentdaten in F&I-Studien vor dem Hintergrund dieser Veränderungen diskutiert.

### ZUR INSTITUTIONELLEN GESTALTUNG VON PATENTSYSTEMEN

B 5–1

#### Innovation und Patentschutz

Patentsysteme sollen Anreize für FuE-Aktivitäten schaffen. Der Patentinhaber erhält das Recht, andere Parteien von der Nutzung der patentierten Erfindung auszuschließen. Im Extremfall kann Patentschutz auf diese Weise ein Monopol begründen. Das Ausschlussrecht, so die Theorie, verbessert die Renditeaussichten des Patentinhabers und stärkt damit die Neigung, in FuE zu investieren. Gleichzeitig soll die Offenlegung der zum Patent angemeldeten Erfindung Folgeinnovationen erleichtern. Ob die derzeitigen Systeme diesen Zweck zufriedenstellend erfüllen, ist in den letzten Jahren zunehmend in Frage gestellt worden. Zahlreiche Studien in den USA haben die dortigen Entwicklungen analysiert und sind zu einer verhaltenen Bewertung des US-Patentsystems hinsichtlich seiner innovationsfördernden Wirkung gekommen.<sup>155</sup> Die Einschätzung, dass Patentsysteme nur in einer eng begrenzten Anzahl von Technologien oder Industrien starke positive Anreize für Innovation schaffen, ist inzwischen weit hin akzeptiert.<sup>156</sup> Vor allem in der chemischen und der pharmazeutischen Industrie wirkt sich Patentschutz positiv auf FuE-Aktivitäten aus. Allerdings können Patente auch eine Reihe von innovations- und wettbewerbshemmenden Effekten haben.<sup>157</sup>

In welchem Umfang positive Anreizeeffekte oder aber dysfunktionale Wirkungen auftreten, hängt maßgeblich von der Ausgestaltung des Patentsystems ab. Eine Pauschalbewertung ist deshalb nicht sinnvoll. Gerade der Vergleich des US-amerikanischen und des europäischen Patentsystems zeigt viele wichtige institutionelle Unterschiede auf. Die Expertenkommission geht in ihrer Bewertung davon aus, dass ein sinnvoll gestaltetes Patentsystem Anreize für Forschung und Innovation und somit volkswirtschaftlichen Nutzen schaffen kann. Wie aber sieht eine sinnvolle Justierung dieses Systems aus?