

## A6 ELEKTROMOBILITÄT: EINIGES ERREICHT UND NOCH VIEL ZU TUN

Die Entwicklung des Transportsektors hin zu einer klima- und umweltverträglichen Elektromobilität wird als zentral für die Nachhaltigkeit zukünftiger Energiesysteme gesehen.<sup>94</sup>

Insbesondere für die „Autonation“ Deutschland stellt diese Entwicklung eine Herausforderung dar. Die Technologieführerschaft bei Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben lässt sich nicht ohne große Anstrengungen in die neuen Märkte der elektrisch betriebenen Fahrzeuge übertragen. Aktuell beruht die industrielle Wertschöpfung in Deutschland zu etwa 16 Prozent auf der herkömmlichen Automobilindustrie.<sup>95</sup> In der Branche sind ca. 740.000 Menschen beschäftigt. Wird die Zuliefererindustrie miteinbezogen, steigt die Zahl der Beschäftigten auf fast zwei Millionen.<sup>96</sup>

Politik und Wirtschaft haben ihre Anstrengungen zur Förderung der Elektromobilität ab 2009 deutlich verstärkt. Ziel ist es, Deutschland zum Leitmarkt und Leitanbieter für Elektromobilität auszubauen. Die Bundesregierung hat dafür im August 2009 den Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität beschlossen und bis 2011 mit insgesamt 500 Millionen Euro ausgestattet. Wirtschaftsvertreter sagten ihrerseits umfangreiche Investitionen zu.<sup>97</sup> Darüber hinaus wurde bis 2014 ca. eine Milliarde Euro an zusätzlichen öffentlichen Fördermitteln eingeplant. So wurden unter anderem mehrere Forschungszentren für Hochleistungsbatterien auf- oder ausgebaut und zahlreiche Verbundforschungsprojekte initiiert.

Zur Koordination und Umsetzung des Nationalen Entwicklungsplans wurde 2010 die Nationale Plattform Elektromobilität gegründet und mit Spitzenvertretern aus Industrie, Wissenschaft, Verbänden und Politik besetzt.<sup>98</sup> Auch einzelne Bundesländer initiierten Programme zur Förderung von Forschungsaktivitäten sowie zur Markteinführung von Elektrofahrzeugen.<sup>99</sup>

Der Nationale Entwicklungsplan Elektromobilität strebt an, dass 2020 auf Deutschlands Straßen eine Million Elektrofahrzeuge rollen. Das 1-Million-Ziel soll in drei Phasen erreicht werden. Die bis 2014

laufende Markt vorbereitungsphase ist durch mehrere Förderprogramme geprägt. In acht „Modellregionen“ werden unterschiedliche Ansätze zum Aufbau von Infrastrukturen und zur Integration von Elektromobilität in den öffentlichen Raum gefördert.<sup>100</sup> In vier großen Demonstrations- und Pilotprojekten – den sogenannten Schaufenstern – werden Technologien und Konzepte der Elektromobilität auf ihre Zweckmäßigkeit, Nutzerakzeptanz und Umweltwirkung untersucht.<sup>101</sup> Die FuE-Förderung ist entlang sogenannter Leuchttürme organisiert (Batterie, Antriebstechnologie und Fahrzeugintegration, Leichtbau, Recycling, IKT).<sup>102</sup> Bis 2017 ist eine Markthochlaufphase geplant. Bis 2020 soll ein Massenmarkt für Elektromobile etabliert werden. Die Industrie hat für die Markt vorbereitungsphase bis zu 17 Milliarden Euro in Forschung und Entwicklung rund um die Elektromobilität zugesagt.<sup>103</sup>

Die Expertenkommission hat die konzentrierten Anstrengungen von Politik und Wirtschaft – insbesondere die angekündigten massiven Investitionen in Forschung und Entwicklung – in ihren Jahrestutachten 2010 und 2011 ausdrücklich begrüßt. Zugleich hat sie auf Defizite in der Wissenschaft und Technologieentwicklung hingewiesen. Dies gilt insbesondere für die Forschung in den Bereichen Hochleistungselektronik und Hochleistungsbatterien. Diese stellen Schlüsseltechnologien der Elektromobilität dar und machen einen großen Teil der industriellen Wertschöpfung aus.

### Die aktuellen Entwicklungen in Deutschland

Die Gesamtzahl der Elektrofahrzeuge in Deutschland ist derzeit noch sehr gering. Zu Beginn des Jahres 2013 befanden sich nur ca. 16.000 Elektrofahrzeuge (elektrisch betriebene Pkw, Plug-in-Hybride, Krafträder sowie Lastwagen und Busse) im Einsatz.<sup>104</sup>

Mit dem Jahressteuergesetz 2013 wurde die Empfehlung der Expertenkommission<sup>105</sup> berücksichtigt, steuerliche Anreize speziell für den Erwerb von Dienstfahrzeugen mit Elektro- bzw. Hybridantrieben zu schaffen. Bei der Versteuerung des geldwerten Vorteils durch

die private Nutzung von Firmenfahrzeugen werden die Kosten der Batterien – der teuersten Einzelkomponente – vom Listenpreis abgezogen. Die von der Expertenkommission<sup>106</sup> wegen der Gefahr der Fragmentierung kritisierte hohe Anzahl von Modellregionen wurde von siebzehn auf acht reduziert.

### **Können bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf die Straße gebracht werden?**

Eine Studie des Fraunhofer ISI im Auftrag des BMWi untersucht die Verbreitung von Elektrofahrzeugen für unterschiedliche Rahmenbedingungen, zu denen neben den Kraftstoff-, Strom- und Batteriepreisen auch Faktoren wie Modellauswahl, Mehrzahlungsbereitschaft und Ladeinfrastruktur zählen.<sup>107</sup> Bei günstigen Rahmenbedingungen kann laut ISI das Ziel von einer Million Elektrofahrzeugen ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht werden, während bei ungünstigen Rahmenbedingungen immerhin noch mit 150.000 bis 200.000 Fahrzeugen zu rechnen ist. Ein bedeutendes Potenzial für den Einsatz von Elektrofahrzeugen sehen die Verfasser der Studie bei gewerblichen Flotten, die rund 30 Prozent des Neuwagenmarktes ausmachen. In diesem Bereich zeigen sich günstige Fahrprofile, welche bei hohen jährlichen Fahrleistungen durch planbare kurze und mittlere Strecken große elektrische Fahranteile zulassen. Die Bereitstellung öffentlicher und halböffentlicher Ladeinfrastruktur ist hier von geringerer Bedeutung. Zudem steigern bereits bestehende Abschreibungsmöglichkeiten und ein niedrigerer Einkaufspreis durch den Wegfall der Mehrwertsteuer die Attraktivität.

### **Stand der Forschung in den Schlüsseltechnologien Hochleistungselektronik und Hochleistungsbatterien**

Für das Jahrestatistik 2010 wurde die Anzahl der Patentanmeldungen und der Publikationen in international renommierten Zeitschriften herangezogen, um die Leistungsfähigkeit des deutschen Forschungssystems in beiden Schlüsseltechnologien im internationalen Vergleich bis zum Jahr 2007 zu bewerten. Dabei nahm Deutschland bei der Forschung in der Hochleistungselektronik nur einen mittleren Platz ein und war bei der Batterienforschung weit abgeschlagen. Die aktualisierte Analyse der Patentanmeldungen (bis 2011)<sup>108</sup> und der Publikationsaktivitäten

(bis 2012) weist eine gemischte Bilanz aus. Beide Technologiefelder entwickeln sich weltweit sehr dynamisch. Während Deutschland im Bereich der Hochleistungselektronik mit dieser Entwicklung nicht ganz Schritt halten kann, gewinnt die deutsche Batterienforschung international deutlich an Boden.

Patentanmeldungen wie auch Publikationen im Bereich der Hochleistungselektronik zeigen weltweit einen positiven Trend (Abbildung 5 und 6). Der jeweils über drei Jahre gemittelte deutsche Anteil an den Patentanmeldungen ist aber seit 2007 leicht zurückgegangen. Die Analyse der Publikationsaktivitäten zeigt ebenfalls keine markanten Verbesserungen seit 2009. Die ab 2009 initiierten Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität haben sich also bisher nicht in einer erhöhten Publikationsdynamik im Bereich Hochleistungselektronik niedergeschlagen. Allerdings ist es zu früh, eine endgültige Bewertung der Fördermaßnahmen des Bundes vorzunehmen.

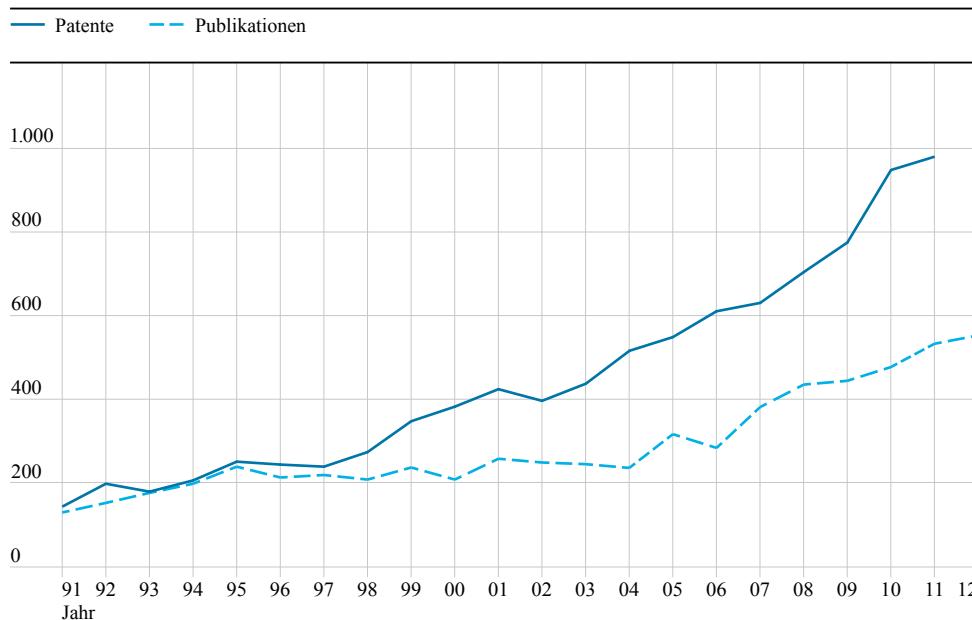
Die aktualisierte Analyse für den Bereich der Hochleistungsbatterien weist bei den deutschen Patentanmeldungen zwischen 2007 und 2011 eine überdurchschnittliche Dynamik aus. Bei einem starken globalen Wachstum – die Anzahl der weltweiten Patentanmeldungen hat sich zwischen 2007 und 2011 fast verdreifacht – weist der über drei Jahre gemittelte Anteil deutscher Anmeldungen in diesem Zeitraum einen positiven Trend auf. Die Analyse der Publikationsaktivitäten weist in dieselbe Richtung. Seit 2007 liegt auch hier ein deutlicher Aufwärtstrend vor. Die Entwicklung der deutschen Forschung im Bereich Hochleistungsbatterien ist damit positiv zu bewerten. Allerdings lässt sich auch anhand dieser Daten der Beitrag der öffentlichen Forschungsförderung seit 2009 noch nicht abschließend bewerten.

### **Eine weitere Antriebstechnologie für Elektromobilität: Die Brennstoffzelle**

Neben Hochleistungsbatterien könnte sich auch die Brennstoffzelle als Antriebstechnologie für Elektromotoren mittel- bis langfristig etablieren. So prognostizieren Studien, die mit Brennstoffzellen betriebene Elektrofahrzeuge explizit berücksichtigen, für diese Antriebstechnologie langfristig erhebliche Marktanteile.<sup>109</sup> Der zentrale Wettbewerbsvorteil der Brennstoffzelle gegenüber Hochleistungsbatterien ist die

**ABB 05 Weltweite Anzahl transnationaler Patentanmeldungen und international renommierter Publikationen im Bereich Hochleistungselektronik**  
(Aktualisiert bis 2011 (Patente) bzw. 2012 (Publikationen))

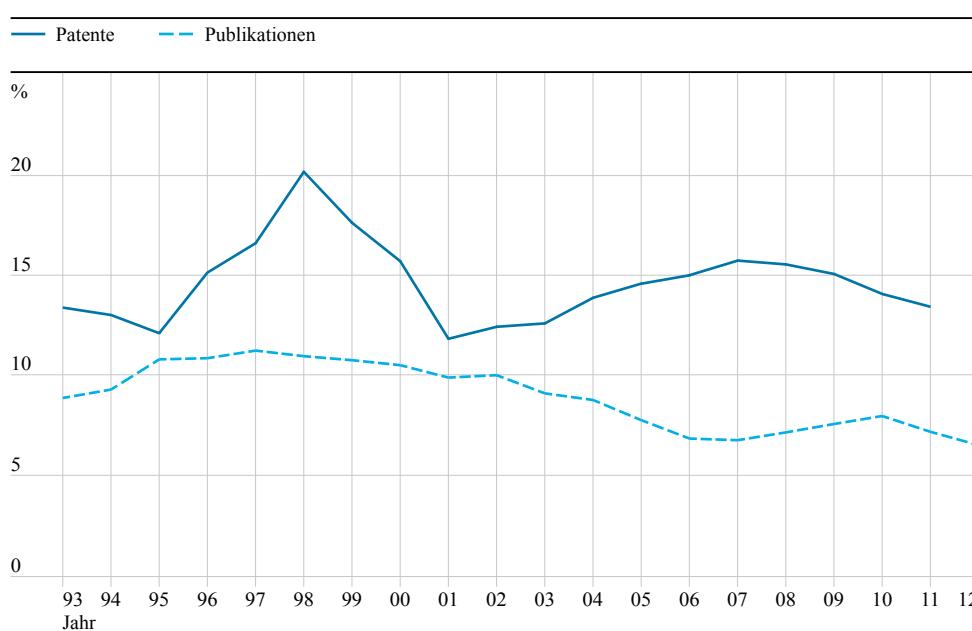
DOWNLOAD  
DATEN



Quelle: Patente: Eigene Darstellung basierend auf WPINDEX (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.  
Publikationen: Eigene Darstellung basierend auf SCISEARCH (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.

**ABB 06 Prozentualer Anteil Deutschlands an transnationalen Patentanmeldungen und international renommierten Publikationen im Bereich Hochleistungselektronik**  
(Aktualisiert bis 2011 (Patente) bzw. 2012 (Publikationen); Anteil Deutschlands aufgrund der hohen Varianz jeweils über drei Jahre gemittelt)

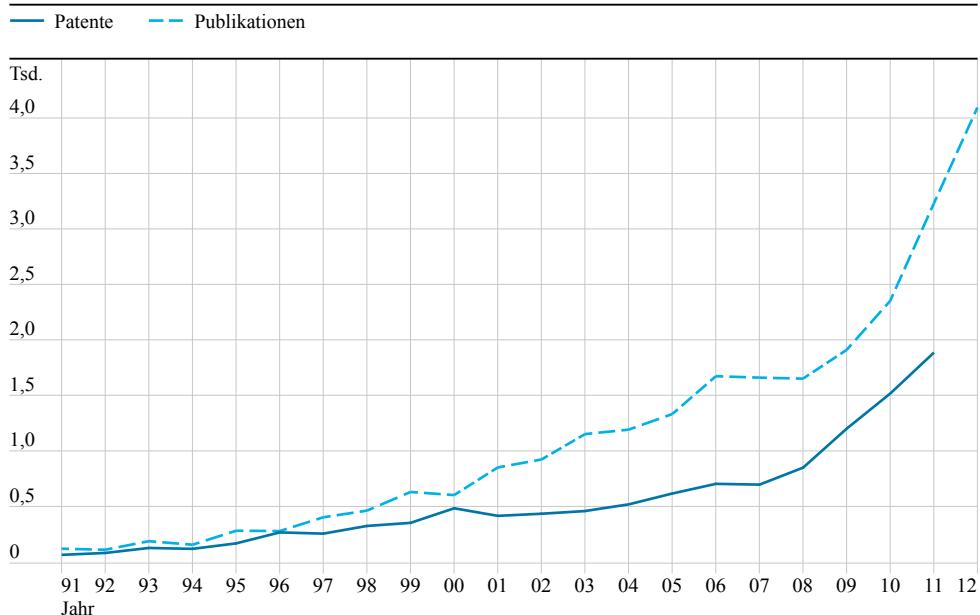
DOWNLOAD  
DATEN



Quelle: Patente: Eigene Darstellung basierend auf WPINDEX (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.  
Publikationen: Eigene Darstellung basierend auf SCISEARCH (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.

**Weltweite Anzahl transnationaler Patentanmeldungen und international renommierter Publikationen im Bereich Hochleistungsbatterien**  
 (Aktualisiert bis 2011 (Patente) bzw. 2012 (Publikationen))

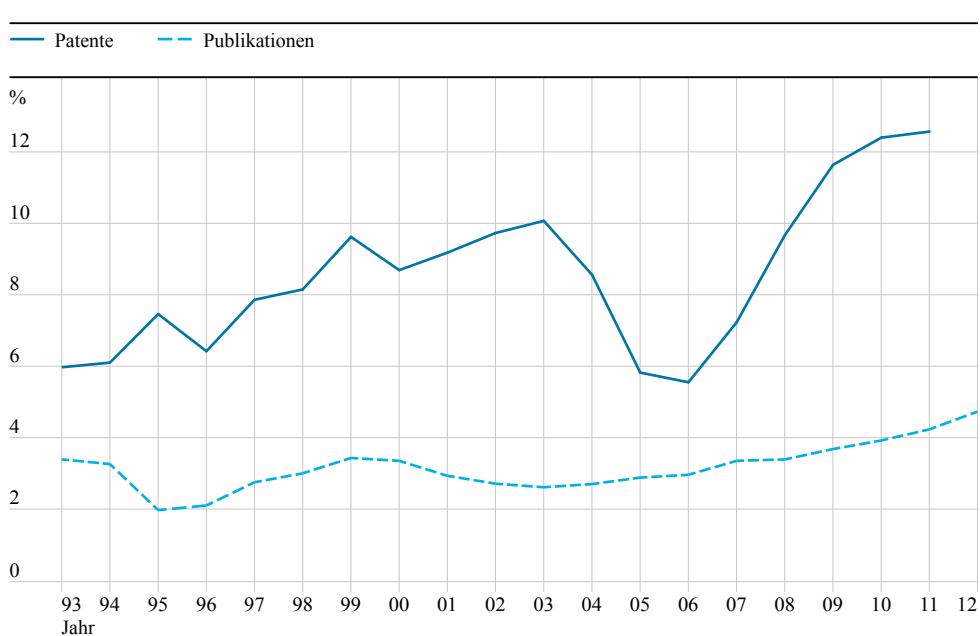
ABB 07

DOWNLOAD  
DATEN

Quelle: Patente: Eigene Darstellung basierend auf WPINDEX (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.  
 Publikationen: Eigene Darstellung basierend auf SCISEARCH (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.

**Prozentualer Anteil Deutschlands an transnationalen Patentanmeldungen und international renommierten Publikationen im Bereich Hochleistungsbatterien**  
 (Aktualisiert bis 2011 (Patente) bzw. 2012 (Publikationen); Anteil Deutschlands aufgrund der hohen Varianz jeweils über drei Jahre gemittelt)

ABB 08

DOWNLOAD  
DATEN

Quelle: Patente: Eigene Darstellung basierend auf WPINDEX (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.  
 Publikationen: Eigene Darstellung basierend auf SCISEARCH (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.

große Reichweite und die kurze Tankzeit im Vergleich zur Ladedauer einer Batterie. Derzeit treiben verschiedene Automobilhersteller, z.B. Daimler, Ford, Toyota und Honda, die Entwicklung der mit Brennstoffzellen betriebenen Fahrzeuge voran.<sup>110</sup> Allerdings erfordert diese Technologie ein flächen-deckendes Wasserstoff-Tankstellensystem.<sup>111</sup>

Die Entwicklungen auf dem Elektromobilitätsmarkt stehen in enger Wechselwirkung mit der zukünftigen Ausgestaltung der Stromversorgung. So ist es für die Elektrizitätsversorgung aus erneuerbaren Energien von großer Relevanz, welche Technologie – Hochleistungsbatterie oder Brennstoffzelle – sich im Mobilitätssektor in welchem Maße durchsetzt. Ein Massenmarkt batteriebetriebener Fahrzeuge kann zur Stabilisierung der Verteilnetze beitragen, indem die Stromspeicherkapazitäten der Fahrzeuge zur Pufferung der fluktuierenden Erzeugung aus erneuerbaren Energien eingesetzt werden. Gleichzeitig ergibt sich daraus die Herausforderung, Spitzen in der Stromnachfrage zu vermeiden, die entstehen könnten, wenn viele Nutzer zeitgleich ihre Batterien laden – etwa abends nach der Arbeit. Andererseits würde ein Massenmarkt für Brennstoffzellenfahrzeuge positiv mit einer Infrastruktur für die Wasserstoffversorgung interagieren, die im Stromsektor zum Beispiel durch einen großskaligen Einsatz von Power-to-Gas-Technologien<sup>112</sup> entstehen würde.

Öffentlich gefördert wird die deutsche Brennstoffzellenforschung unter anderem über das 2006 initiierte Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP).<sup>113</sup> Die dort geförderten Projekte werden durch die 2008 gegründete Plattform Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) gebündelt und koordiniert.<sup>114</sup> Das Gesamtbudget des auf 10 Jahre angelegten NIP (2006–2016) beträgt 1,4 Milliarden Euro, wovon knapp 60 Prozent in den Programmbe-reich „Verkehr und Infrastruktur“ fließen. Die Hälfte des Budgets wird durch das BMVBS und das BMWi getragen, die andere Hälfte durch die Industrie. Im NIP werden sowohl Forschung und Entwicklung als auch Demonstrationsprojekte gefördert.<sup>115</sup>

Wertet man die deutsche Innovationstätigkeit im Bereich der Brennstoffzellen nach denselben Kriterien aus wie jene in den Bereichen Hochleistungselektronik und -batterien, so zeigt sich ein ernüchterndes Bild.<sup>116</sup> Während der sehr dynamischen weltweiten

Entwicklung der transnationalen Patentanmeldungen in den 1990er Jahren wächst der über drei Jahre ge-mittelte Anteil deutscher Anmeldungen auf knapp 30 Prozent im Jahr 1997 an. Zwischen 2000 und 2011 sind die weltweiten Anmeldungen eher rückläufig und der deutsche Anteil schwankt größtenteils zwischen 10 und 15 Prozent – bei aktuellem Abwärts-trend. Die Auswertung der Publikationsdaten zeigt einen stetigen Anstieg der weltweiten Publikationen in den letzten 20 Jahren. Der deutsche Anteil ist da-gegen seit Anfang des Jahrtausends kontinuierlich gefallen. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass die deutsche FuE-Strategie in diesem Sektor sehr stark auf marktnahe Arbeiten mit teils hohem Demonstra-tionscharakter setzt, während stärker innovations-orientierte Forschung nicht im Vordergrund steht.<sup>117</sup>

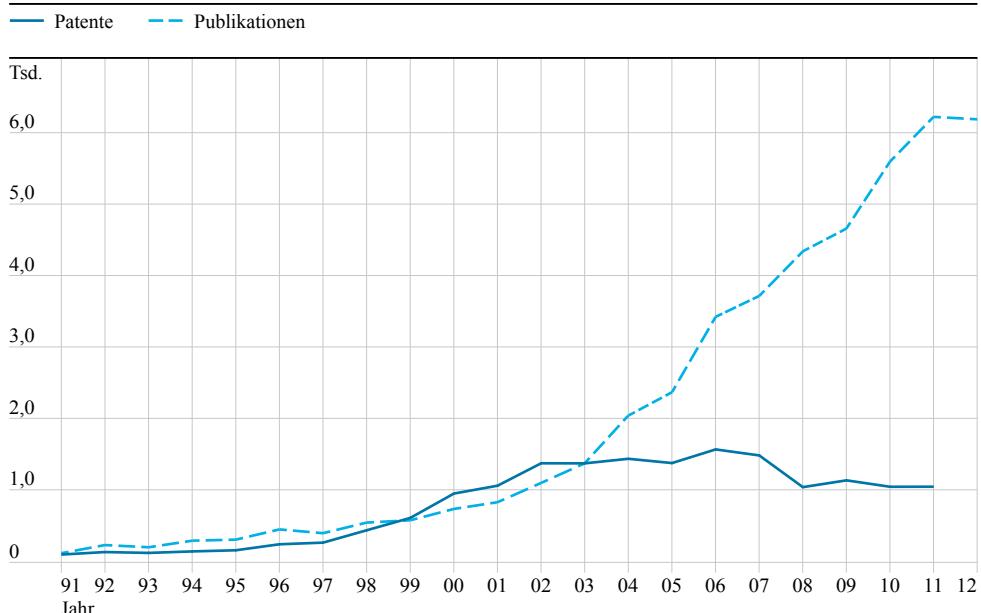
## Empfehlungen

Deutschland hat in den vergangenen Jahren große Forschungsförderprogramme für Elektromobilität in den Bereichen der Hochleistungselektronik, der Hochleistungsbatterien und der Brennstoffzellen auf-gelegt. Die Entwicklung der Forschungsaktivitäten – gemessen an Patentanmeldungen und Publikationen – im Bereich der Hochleistungsbatterien ist positiv zu bewerten. Im Bereich der Hochleistungselektronik und der Brennstoffzellen lassen sich keine Verbes-serungen bei Patentanmeldungen und Publikationen als Indikator für die Innovationsaktivität beobach-ten, was möglicherweise der großen Produktnähe aktueller FuE-Aktivitäten geschuldet ist. Derzeit lässt sich die Effektivität der Forschungsförderpro-gramme allerdings noch nicht abschließend bewer-ten, da Patentanmeldungen und Publikationen oft eine erhebliche Vorlaufzeit benötigen.

In den letzten Jahren haben sich die Bemühungen zur Einführung der Elektromobilität auf batterie-angetriebene Fahrzeuge konzentriert.<sup>118</sup> Langfristig sollte Forschungsförderungspolitik technologieoffen, also nichtdiskriminierend zwischen Forschung auf den Gebieten von Hochleistungsbatterien und Brennstoffzellen, ausgestaltet sein. Die Expertenkommis-sion begrüßt, dass dies auch im Koalitionsvertrag festgehalten wird.<sup>119</sup> Die Förderung des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoff-zellentechnologie“ läuft 2016 aus. Nach Überprü-fung der Wirksamkeit der Maßnahmen und Bewer-tung der Zukunftspotenziale kann eine Fortführung

**Weltweite Anzahl transnationaler Patentanmeldungen und international renommierter Publikationen im Bereich Brennstoffzelle**  
 (Aktualisiert bis 2011 (Patente) bzw. 2012 (Publikationen))

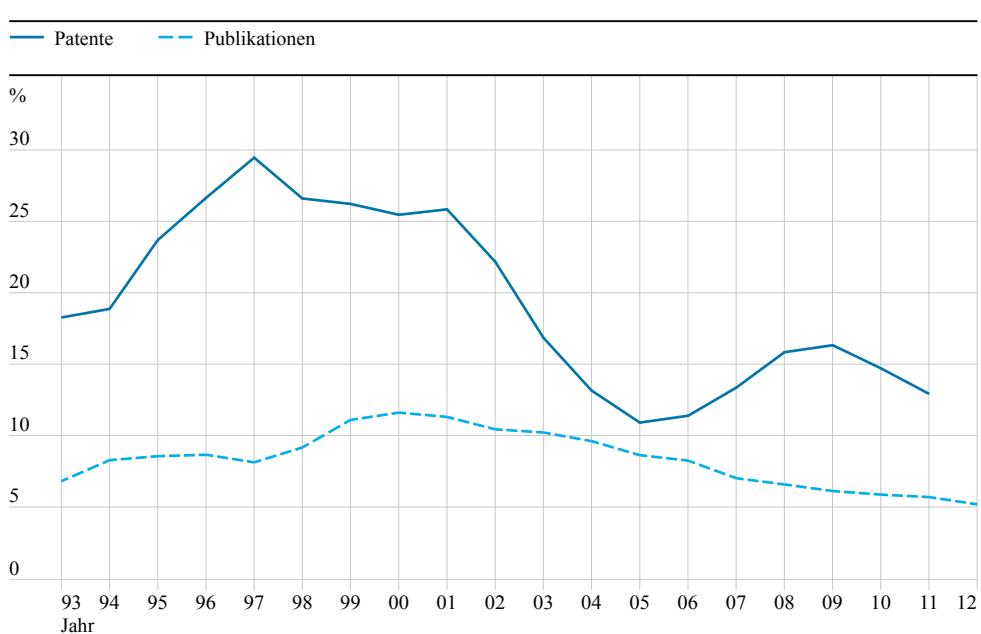
ABB 09

DOWNLOAD  
DATEN

Quelle: Patente: Eigene Darstellung basierend auf WPINDEX (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.  
 Publikationen: Eigene Darstellung basierend auf SCISEARCH (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.

**Prozentualer Anteil Deutschlands an transnationalen Patentanmeldungen und international renommierten Publikationen im Bereich Brennstoffzelle**  
 (Aktualisiert bis 2011 (Patente) bzw. 2012 (Publikationen);  
 Anteil Deutschlands aufgrund der hohen Varianz jeweils über drei Jahre gemittelt)

ABB 10

DOWNLOAD  
DATEN

Quelle: Patente: Eigene Darstellung basierend auf WPINDEX (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.  
 Publikationen: Eigene Darstellung basierend auf SCISEARCH (STN), eigene Erhebungen und Berechnungen.

sinnvoll sein, um die aufgebauten Kompetenzen in Deutschland zu erhalten und eine Markteinführung erfolgreich zu begleiten.

Die Schnittstelle zwischen Elektromobilität (ob auf der Basis von Batterien oder Brennstoffzellen) und Stromnetzen ist von zentraler Bedeutung. Es bestehen wechselseitige Abhängigkeiten zwischen Netzmanagement bzw. Energiespeichertechnologien und Antriebstechnologien von Elektrofahrzeugen. Die Erforschung und Entwicklung integrierter Technologiekonzepte sollte vorangetrieben werden. Hier besteht ein wichtiger Ansatzpunkt für staatliche Koordination bzw. eine Förderung von Forschungskooperationen zwischen Automobilherstellern, Stromversorgungsunternehmen sowie Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen.

Die Expertenkommission begrüßt, dass im Koalitionsvertrag von Kaufprämien für Elektrofahrzeuge Abstand genommen wird und plädiert für die Weiterführung öffentlicher FuE-Förderprogramme.<sup>120</sup>

Die Elektromobilität stellt ein wichtiges Anwendungsfeld für IKT dar. Eine enge Verzahnung der Forschungsförderung von Elektromobilität und IKT sollte im Rahmen der Digitalen Agenda der Bundesregierung erfolgen.