

NATIONALER ENTWICKLUNGSPLAN VERSION 3.0

ZUM



Nationales Innovationsprogramm
Wasserstoff- und
Brennstoffzellentechnologie

INNOVATIONSPROGRAMM WASSERSTOFF- UND BRENNSTOFFZELLENTÉCHNOLOGIE

13. OKTOBER 2011

Vorbemerkung

Das **Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)** wurde 2006 gemeinsam von Akteuren aus Politik, Wissenschaft und Industrie zur Marktvorbereitung der Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Technologien als 10-Jahresprogramm (2007-2016) mit einem Gesamtvolumen von 1,4 Mrd. Euro ins Leben gerufen. Mit der Gründung der **Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH)** im Februar 2008 konnte die operative Umsetzung des NIP mit Forschungs- und Entwicklungsprojekten sowie mit Demonstrationsaktivitäten beginnen. In den ersten drei Jahren (2008 – 2010) wurden aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Vorhaben mit einem Fördervolumen von 99,3 Mio. Euro und aus Mitteln des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung von 209 Mio. Euro bewilligt (Stand 11.01.2011). Damit konnte die Umsetzung des NIP erfolgreich begonnen werden. Neben dem erfolgreichen Einsatz der Technologien im Alltag konnten auch bei Kosten, Lebensdauer und Zuverlässigkeit erhebliche Fortschritte erzielt werden.

Das „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ der Bundesregierung vom 28. September 2010 bzw. dessen Aktualisierung vom 6. Juni 2011 beschreibt den Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien für einen Zeithorizont bis 2050. Wesentliche Merkmale des Konzepts sind die intensive Steigerung der Energieeffizienz (Reduzierung des Primärenergieverbrauchs um 50 % bis 2050) und eine signifikante Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung (z. B. 80 % Anteil an der Stromerzeugung im Jahre 2050). Dieser massive Umbau unserer Energieversorgung mit einem hohen Anteil fluktuierender Einspeisung aus Wind und Sonne erfordert neue Speichersysteme zum Ausgleich des Energieangebots durch erneuerbare Energien und der Nachfrage durch die Verbraucher. Ebenso ist eine deutlich effizientere Energienutzung notwendig, um die ambitionierten Klimaziele zu erreichen. Die im Nationalen Entwicklungsplan geförderten Technologien leisten hierzu einen substantiellen Beitrag: Mit Wasserstoff als Speichermedium mit verschiedenen Wertschöpfungsmöglichkeiten (Transport, Strom, Chemie, etc.) und Brennstoffzellen als hocheffizienter Energiewandler. Im Handlungsfeld F. „Herausforderung Mobilität“ weist daher das Energiekonzept auch darauf hin, die Entwicklung des NIP wie vereinbart fortzusetzen. Im Handlungsfeld G. „Energieforschung für Innovation und neue Technologien“ wird ein neues Energieforschungsprogramm gefordert. Die hier im NEP beschriebenen Maßnahmen zu Forschung und Entwicklung werden ein wesentlicher Bestandteil der Gesamtaktivitäten dieses Programms sein.

Der Nationale Entwicklungsplan beschreibt das Arbeitsprogramm für das NIP und stellt damit den strategischen Rahmen für die Umsetzung dar. Der Beirat der NOW GmbH ist verantwortlich für die Anpassung und Fortschreibung des Entwicklungsplans sowie für die Überprüfung der Erfolge.

Die erste Version des Entwicklungsplans wurde im Juni 2006 auf der zweiten Vollversammlung des „Strategierates Wasserstoff und Brennstoffzellen“ präsentiert und diskutiert. Der Stand der Vorbereitungen des Innovationsprogramms bzw. des Entwicklungsplans wurde im September 2006 mit den Vertretern der Ministerien

und Initiativen der Bundesländer (im Rahmen eines „Ländertreffens“) und im Oktober 2006 mit den Vorständen führender Unternehmen aus dem Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen im Rahmen eines „Industrietreffens“ abgestimmt. In beiden Veranstaltungen wurde die Bereitschaft der Länder und der Wirtschaft zur Unterstützung und Mitwirkung am Innovationsprogramm deutlich zum Ausdruck gebracht. So haben stellvertretend für die nationale und europäische Wasserstoff- und Brennstoffzellenbranche 24 Unternehmen einer Protokollerklärung zur Bereitstellung von Eigenmitteln in Höhe von mindestens 50 % der gesamten Projektbudgets zugestimmt.

Die Version 2.1 vom 30. April 2007 stellte eine Weiterentwicklung früherer Versionen dar und enthält insbesondere Angaben zu Förderthemen, themenspezifischen Planzahlen (Budgets), zu Förderkriterien sowie zur Definition von Demonstrations- und Leuchtturmprojekten. Sie zeigt darüber hinaus die Programmabwicklung über die Programmgesellschaft und die bestehenden Förderstrukturen sowie die Einarbeitung und Abstimmung des Programms mit weiteren Bundes-, Länder- und europäischen Aktivitäten auf.

Der Beirat der NOW GmbH hat im Dezember 2009 beschlossen, den Entwicklungsplan zum NIP auf Basis der Erfahrungen der ersten Jahre der Umsetzung zu überarbeiten und hierzu entsprechende Arbeitsgruppen eingerichtet. In der NIP Vollversammlung am 25. März 2010 wurden mit den Akteuren aus Ministerien, Landesregierungen, Initiativen, Industrieunternehmen, Wissenschaft und Forschungsinstituten notwendige Anpassungen diskutiert. In der vorliegenden Version 3.0 werden die Inhalte der Version 2.1 entsprechend aktualisiert und thematisch erweitert. Die Version 3.0 beinhaltet im Wesentlichen Änderungen in den Programmbereichen, die sich insbesondere aus technischen Fortschritten und dem Marktumfeld heraus ergeben. Neben den bisherigen Programmbereichen Verkehr, Stationäre Anwendungen und Spezielle Märkte werden der Bedeutung der Wasserstoffproduktion durch einen eigenen Bereich Rechnung getragen. Außerdem werden die bisher in den einzelnen Bereichen geführten Querschnittsthemen separat ausgewiesen. Darüber hinaus wird die Vernetzung des NIP mit anderen Förderprogrammen, z.B. zur Energiespeicherung, konkreter dargestellt.

Das NIP wird weltweit beachtet. Es wird als wegweisendes Modell in Bezug auf die Inhalte sowie in Bezug auf die Umsetzungsstrukturen gesehen. Der Entwicklungsplan zum NIP ist an die Inhalte des „Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking“ der Europäischen Kommission angelehnt. In der Programmumsetzung findet ein regelmäßiger Austausch mit dem entsprechenden Programme-Office statt. Darüber hinaus werden die Aktivitäten im NIP mit anderen maßgeblichen Programmen auf internationaler Ebene sowohl bilateral (USA, Japan, China, etc.) als auch im Rahmen der International Partnership for Fuel Cells and Hydrogen in the Economy (IPHE) diskutiert.

Um flexibel auf zukünftige Entwicklungen reagieren zu können, werden auch in Zukunft bedarfsgerecht Anpassungen und Änderungen des Entwicklungsplans durch den Beirat der NOW GmbH vorgenommen.

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	<i>i</i>
1 Einleitung	1
2 Ziele	4
3 Entwicklungsplan „Verkehr“	6
3.1 Geltungsbereich	6
3.2 Status Quo	7
3.3 Fortschreibung des Entwicklungsplans	7
3.3.1 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten	8
3.3.2 Demonstrationsvorhaben	9
3.3.3 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets	10
4 Entwicklungsplan „H2-Produktion H2-Bereitstellung“	13
4.1 Geltungsbereich	14
4.2 Status Quo	14
4.3 Fortschreibung des Entwicklungsplans	17
4.3.1 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten	17
4.3.2 Demonstrationsvorhaben	18
4.3.3 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets	18
5 Entwicklungsplan „Stationäre Anwendungen in der Hausenergieversorgung“	19
5.1 Geltungsbereich	19
5.2 Status Quo	20
5.3 Fortschreibung des Entwicklungsplans	21
5.3.1 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten	22
5.3.2 Demonstrationsvorhaben	25
5.3.3 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets	26
6 Entwicklungsplan „Stationäre Industrieanwendungen“	29
6.1 Geltungsbereich	30
6.2 Entwicklungsplan	32

6.2.1	Status der NIP-Umsetzung _____	32
6.2.2	Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten _____	34
6.2.3	Demonstrationsvorhaben _____	36
6.2.4	Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets _____	37
7	<i>Entwicklungsplan „Spezielle Märkte für Brennstoffzellen“</i>	40
7.1	Die Speziellen Märkte.....	40
7.1.1	Wirtschafts- und industriepolitische Bedeutung _____	40
7.1.2	Besondere Merkmale _____	42
7.1.3	Marktvorbereitung und öffentliche Akzeptanz _____	42
7.1.4	Querschnittsthemen _____	43
7.2	Fortschreibung des Entwicklungsplans	43
7.2.1	Geltungsbereich nach Technologie und Marktsegmenten _____	43
7.2.2	Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie Demonstrationsvorhaben_	47
7.2.3	Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets _____	49
7.3	Blick in die Zukunft - Empfehlungen.....	49
7.3.1	Empfehlungen aus der Studie zur Entwicklung eines Markteinführungsprogramms _____	50
7.3.2	Empfehlungen aus der Branche _____	51
8	<i>Entwicklungsplan „Querschnittsthemen“</i>	52
8.1	Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets	54
9	<i>Kriterien zur Projektförderung und Leitlinien zur Bewertung von Leuchtturmprojekten</i>	56
9.1	Kriterien zur Projektförderung.....	56
9.2	Leitlinien zur Bewertung von Leuchtturmprojekten	58
10	<i>Programmgesellschaft.....</i>	61
11	<i>Anhang</i>	64

1 Einleitung

Deutschland steht heute entsprechend der Vorgaben des Energiekonzepts vor der Herausforderung, den Übergang in das Zeitalter einer umweltschonenden, zuverlässigen und bezahlbaren Energieversorgung voranzutreiben. Ebenso ist die Herausforderung zu meistern, Technologien und Konzepte für eine nachhaltige Mobilität mit hohem Anteil elektrisch angetriebener Fahrzeuge sicher zu stellen. Die Bundesregierung hat am 28. September 2010 ihr „Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ vorgelegt und im Juni 2011 aktualisiert. Untrennbare Bestandteile des Konzepts sind Innovationen und technologischer Fortschritt. Verknüpft mit dem Energiekonzept ist ein erheblicher Ausbau erneuerbarer Energien mit dem Ziel, in 2050 80% des Bedarfs an elektrischer Energie zu decken. Die energiepolitischen Maßnahmen sollen langfristig eine sichere, wettbewerbsfähige und umweltfreundliche Energieversorgung gewährleisten. Um dies auch bei einem hohen Anteil fluktuierender erneuerbarer Erzeugung aus Sonne und Wind zu ermöglichen sind zum einen Speichersysteme notwendig – Wasserstoff als speicherbarer und vielseitig nutzbarer Sekundärenergieträger für mobile Anwendung, Strom- und Wärmeerzeugung, Chemiegundstoff etc. verfügt hier über ein hohes Potential – zum anderen werden wir die uns zur Verfügung stehende Energie wesentlich effizienter einsetzen müssen - Brennstoffzellen als Effizienztechnologien mit besonders hohen Wirkungsgraden wurden als wichtige Elemente einer zukunftsfähigen Energieversorgung identifiziert.

Die Bundesregierung unterstützt die Weiterentwicklung und Einführung dieser Technologien durch die gezielte Förderung im Rahmen des von den Bundesministerien für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Wirtschaft und Technologie (BMWi), Bildung und Forschung (BMBF) sowie Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) gemeinsam formulierten „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ (NIP). Es sieht für eine Periode von Jahren (2007-2016) eine Förderung von 500 Mio. Euro ergänzend zu den bisherigen Fördermechanismen vor.

Bei Fortschreibung der seit Jahren erfolgreich laufenden F&E-Förderung des Bundes für Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien vor allem durch das BMWi stehen unter Berücksichtigung der komplementären Mittel der Industrie und Anwender im Zeitraum 2007 bis 2016 bis zu 1,4 Mrd. Euro zur Verfügung. Hinzu kommen Mittel des BMBF zur Grundlagenforschung und institutionellen Förderung der Großforschungseinrichtungen auf diesem Gebiet sowie Förderprogramme der Länder. Damit werden die bisherigen Aktivitäten von Bundesregierung, Industrie und Forschung konzentriert fortgeführt, deutlich ausgeweitet und neue Schwerpunkte gesetzt.

Das Nationale Innovationsprogramm wurde in Abstimmung mit der European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform (HFP) entwickelt, die für das 7. Forschungsrahmenprogramm (FP 7) und die mittlerweile installierte Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) thematische Empfehlungen aussprach. Zudem fand bereits im Vorfeld eine deutliche Einbindung der Kompetenzen und Erfahrungen der Bundesländer in das NIP statt. Beides führt dazu, dass für die

Durchführung von Projekten in den gemeinsam mit Europa und den Regionen identifizierten Themenfeldern weitere Mittel für Projekte in Deutschland verfügbar sein sollten.

Ziel des Programms ist es, durch die gezielte Unterstützung und Förderung der in der Entstehung befindlichen Wasserstoff- und Brennstoffzellenbranche im mobilen, stationären und portablen Bereich die für den Standort Deutschland wichtige Marktentwicklung zu beschleunigen und insbesondere die notwendigen Wertschöpfungsketten und Wertschöpfungsanteile aufzubauen, um die Technologieführerschaft zu sichern (vgl. Kapitel 2). Im Rahmen des Programms werden kleine und mittlere Unternehmen (KMU) gezielt gefördert und auf den Mittelstand zugeschnittene Maßnahmen entworfen (z.B. Kleingeräteprogramm¹), um Netzwerke technologieorientierter Unternehmen und die Voraussetzungen zur Nutzung der Forschungsvorleistungen deutscher und europäischer Institutionen in Deutschland und Europa zu schaffen.

Neben der konsequenten Fortführung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten stellen Demonstrationsvorhaben sowie die Vernetzung der Akteure in sogenannten Leuchtturm-Projekten in den einzelnen Anwendungssektoren ein wesentliches Element des NIP dar. Die Bundesländer werden speziell bei der Weichenstellung zur Realisierung der Demonstrations- und Leuchtturmprojekte und Technologiecluster frühzeitig eingebunden. Der vorliegende Entwicklungsplan beschreibt das detaillierte Arbeitsprogramm als Basis für die Umsetzung des NIP.

Das Arbeitsprogramm ist in fünf Entwicklungspläne gegliedert, die durch die verschiedenen Einsatzbereiche gekennzeichnet sind. Ergänzt wurde das Kapitel Wasserstoffproduktion (und Speicherung), um die durch den Zubau erneuerbaren Energien gestiegenen Anforderungen an eine sichere Stromversorgung gerecht zu werden. Dazu kommt ein Kapitel zu übergreifenden Querschnittsaufgaben.

- Verkehr inklusive Wasserstoffinfrastruktur (Distribution, Speicherung und Betankung; vgl. Kapitel 3)
- Wasserstoffproduktion (vgl. Kapitel 4)
- Hausenergieanwendung (vgl. Kapitel 5)
- Industrieanwendungen (vgl. Kapitel 6)
- Spezielle Märkte für Brennstoffzellen (vgl. Kapitel 7)
- Querschnittsaufgaben (vgl. Kapitel 8)

In den jeweiligen Kapiteln sind zum einen die in Phase I des NIP von 2007 bis 2010 tatsächlich verausgabten Budgets in von der Bundesregierung geförderten Projekten als auch – analog zur Version 2.1 – die Ressourcenallokationen für die Phase II von 2011 bis 2016 aufgeführt. Bei letzteren handelt es sich nicht um konkrete Budgets des NIP, sondern um Planzahlen, die von der beteiligten Industrie und den Instituten als insgesamt notwendig erachtet werden. Diese Zahlen sind

¹ Im Rahmen des „Kleingeräteprogramms“, das Bestandteil des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung unter der Federführung des BMWi ist, werden kleinere Projekte zur Peripherie von Brennstoffzellen in verschiedenen Anwendungen gefördert.

daher nicht fix (im Sinne eines Budgets), sondern dienen zur Orientierung über die Umfänge der beabsichtigten Aktivitäten.

Die generellen Förderkriterien für alle im Rahmen des NIP durchzuführenden Projekte sowie die Leitlinien und Anforderungen für die Leuchtturmprojekte werden im Kapitel 9 erläutert.

Über die NOW GmbH und den Projektträger Jülich wird die Umsetzung des NIP realisiert. Die Aufgaben der NOW GmbH sowie die Aufteilung der Verantwortlichkeiten und die Schnittstellen zwischen den beiden genannten Institutionen werden in Kapitel 10 erläutert. Zudem werden hier die Schnittstellen und Abstimmungsprozesse mit den weiteren Programmen und den Aktivitäten auf Bundes-, Länder- und internationaler Ebene beleuchtet.

2 Ziele

Die Spitzenstellung der deutschen Industrie und Forschung bei Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien, die unterstützt durch die Förderung von Forschung und Entwicklung in den vergangenen Jahrzehnten insbesondere bei den Komponenten und Systemen erreicht wurde, muss weiter ausgebaut werden. Flankierende Maßnahmen zur Vorbereitung der Markteinführung sind nötig, um in Europa und im Wettbewerb mit den USA und Japan den Weg von der Forschung hin zur kommerziellen Nutzung zu gehen und die entsprechenden Industriezweige aufzubauen. Dabei stehen Initiativen mit kalkulierbarem Risiko zu marktorientierten Produkten und eine hohe Entwicklungsdynamik im Vordergrund. Die Wertschöpfungskette soll evolutionär und dynamisch aufgebaut und der Weg von der Technologie zum Markt konsequent beschritten werden.

Dies sichert Arbeitsplätze am Innovationsstandort Deutschland und leistet einen Beitrag, eine effiziente und emissionsarme Energieversorgung und Energienutzung zu schaffen. Die am Innovationsprogramm beteiligten Bundesministerien (BMVBS, BMWi, BMBF und BMU) stimmen ihre Aktivitäten eng miteinander ab und unterstützen das Programm gemeinsam mit den Landesregierungen nachhaltig. Die Verknüpfung mit den im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU aufgelegten Programmen gewährleistet darüber hinaus die Nutzung transnationaler Ressourcen. Verlässliche Rahmenbedingungen seitens der Politik sind für den Einsatz von Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien im Markt notwendig, damit alle Beteiligten – Anwender, Hersteller und Zulieferer – Chancen und Risiken der Technologie genau und fundiert bewerten können.

Eine stabile, bezahlbare und nachhaltige Stromversorgung ist essentiell für den Wirtschaftsstandort Deutschland. Um dies auch zukünftig bei der fluktuierenden Erzeugung mit Wind und Sonne zu gewährleisten, müssen wirtschaftliche Speichertechnologien entwickelt werden. Wasserstoff bietet sich durch seine relativ einfache Speicherbarkeit, hohes Potential (z.B. Kavernen) und auch vielfältigen Nutzungsoptionen als mittel- bis langfristige Speichertechnologie an.

Dabei ist die Frage der Herstellung des Wasserstoffs insbesondere für die Transportanwendungen von Bedeutung. Wasserstoff kann aus unterschiedlichen Primärenergiequellen hergestellt werden und bietet bei regenerativer Erzeugung vor allem für den Verkehrssektor die langfristige Option, Kraftstoff unabhängig von Erdöl bereitzustellen. Auf dem Weg dorthin ist Erdgas als Brücke und Chance für die Wasserstoffproduktion für die nähere Zukunft zu sehen. Eine wichtige Rolle wird vor allem zu Beginn der industriellen Wasserstoff spielen, der u.a. als Nebenprodukt der chemischen Industrie in für erste Anwendungen ausreichendem Umfang zur Verfügung steht. Für die stationäre Brennstoffzellennutzung werden über Reformierungsprozesse zunächst vor allem Erdgas und in zunehmendem Maße auch biogene Brennstoffe eingesetzt, während im Bereich der speziellen Märkte Methanol und weitere flüssige Kraftstoffe sowie Flüssiggas (LPG) neben Wasserstoff Anwendung finden. Die Rolle von Wasserstoff, der per Elektrolyse aus Windüberschussstrom gewonnen wird, wird mittelfristig zunehmen.

Die Wasserstoff-Infrastruktur für den Verkehrsbereich muss abgestimmt mit dem Entwicklungsstand der Fahrzeuge mit Brennstoffzellen und Wasserstoff-

Verbrennungsmotoren weiter ausgebaut werden. Im stationären Bereich können zunächst die bestehenden Infrastrukturen für Erdgas und teilweise auch Biogas, und andere Brennstoffe genutzt werden. Bei zentraler Produktion kann auch Wasserstoff zum Einsatz kommen. Im Bereich der speziellen Märkte sind anwendungsabhängig ebenfalls Tankstellen oder Kartuschensysteme mit entsprechender Infrastruktur und Logistik für die Distribution einzusetzen.

Bei allen Brennstoffzellenanwendungen ist bereits ein hoher technologischer Entwicklungsstand erreicht worden. Erste Pilot- und Felderprobungsanlagen sind sehr erfolgreich. Eine besondere Entwicklungsreife ist derzeit für Anwendungen aus den speziellen Märkten (z.B. Notstromversorgungen, Flurförderfahrzeuge) zu verzeichnen. Für die meisten Anwendungen sind weitergehende finanzielle Flankierungen zur Markteinführung erforderlich, um gegen die etablierten Technologien eine realistische Marktchance zu haben.

Trotz der bereits erzielten guten Ergebnisse in allen Anwendungsbereichen ist eine enge Rückkopplung zwischen Forschung, Entwicklung und Demonstration weiterhin zwingend erforderlich, um die technischen und wirtschaftlichen Ziele und am Ende marktreife Produkte zu erhalten. Daher beziehen sich die in den nächsten Kapiteln folgenden Entwicklungspläne sowohl auf den Bereich der Forschung und Entwicklung als auch auf den Bereich der Demonstration. In den Gesamtentwicklungsprozess sind möglichst viele Industrieunternehmen, mittelständische Betriebe, Anwender und Forschungseinrichtungen einzubeziehen, um auf dem weltweiten Markt konkurrenzfähige Spitzentechnologien mit einem hohen Anteil an Wertschöpfung aus Deutschland anbieten zu können. Aufgrund ihrer auch im internationalen Vergleich starken Position in F&E und Prototypenherstellung besitzt insbesondere die deutsche Zulieferindustrie für Brennstoffzellenstacks und -komponenten gute Chancen, die Wertschöpfung in Deutschland nicht nur zu halten sondern weiter aufzubauen. Hierbei sollten sich die F&E-Aktivitäten generell am Gesamtsystem und den Anforderungen der Anwender orientieren. Hieraus sind Anforderungen an Subsysteme, Teilkomponenten und die Systemintegration zu definieren und Einzelthemen für Projekte abzuleiten, die unter Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie, die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und auch die größeren Zulieferer eingeschlossen, bearbeitet werden können.

3 Entwicklungsplan „Verkehr“

Der Verkehrssektor (Automobilindustrie) zählt mit mehr als 700.000 Beschäftigten und einem Gesamtumsatz von über 200 Mrd. Euro zu den bedeutendsten Industriebranchen in Deutschland. Der Kraftfahrzeugsektor verfügt über den größten F&E-Etat und trägt damit wesentlich zur Innovationsfähigkeit in Deutschland bei. Das Verkehrsaufkommen in Deutschland steigt – insbesondere in den Ballungszentren – kontinuierlich an, was mit zunehmender Umweltbelastung verbunden ist. Hinzu kommt, dass der Verkehrssektor nahezu vollständig von erdölbasierten Kraftstoffen abhängt.

Wasserstoff als alternativer Kraftstoff und Brennstoffzellenfahrzeuge haben das größte Potenzial, gleichermaßen

- lokale Schadstoffemissionen sowie treibhausrelevante Gase drastisch zu reduzieren bzw. vollständig zu vermeiden,
- den Energieverbrauch für den Verkehrssektor deutlich zu senken und
- ein breites Portfolio an Primärenergiequellen für den Verkehrssektor nutzbar zu machen.

Im Rahmen des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ gilt es für den Verkehrsbereich notwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten mit marktvorbereitenden Demonstrationsvorhaben zu verknüpfen. Hierbei spielt das Verständnis von Marktmechanismen, insbesondere die Kostenentwicklung der Wasserstoffinfrastruktur sowie die Produktions- und Produktkosten, welche durch Erfahrungen aus Demonstrationsprojekten und damit verbundener Forschung gewonnen werden kann eine grundlegende Rolle für den zukünftigen Markterfolg. Im Rahmen der Initiative H2-Mobility haben sich Fahrzeughersteller und Infrastrukturanbieter 2009 übergeordnet auf die stetige Ausweitung der verschiedenen, zunächst lokal beschränkten Demonstrationsprojekte geeinigt, was ab 2015 in die Massenmarkterschließung münden soll. Auf der Basis bestehender Aktivitäten in Deutschland wird vorgeschlagen, schrittweise größere Demonstrationsflotten in Verbindung mit einer sukzessiv wachsenden Wasserstoff-Infrastruktur zu betreiben. Den individuellen Anforderungen von PKW, Bus und Nutzfahrzeugflotten soll dabei jeweils Rechnung getragen werden. Dies bietet für Deutschland die Chance, weltweit federführend die Markteinführung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zu gestalten.

3.1 Geltungsbereich

Der „Entwicklungsplan Verkehr“ bezieht sich auf die Anwendungen von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien, die bei erfolgreicher Markteinführung einen signifikanten Beitrag zur Versorgungssicherheit (Wasserstoff als alternativer Kraftstoff auf Basis unterschiedlicher Primärenergiequellen), zur Effizienzsteigerung und zur CO₂-Reduktion leisten. Er umfasst F&E-Arbeiten sowie Demonstrationsaktivitäten für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge für den Straßenverkehr (PKW und Flottenfahrzeuge, wie z.B. Busse). Bei Flottenanwendungen mit Bussen können dabei die beim Einsatz von elektrischen Antrieben in Hybridbussen erworbenen Kenntnisse und wirtschaftlichen Skaleneffekte positiv für die Entwicklung von Brennstoffzellenbussen genutzt werden. Neben den Antriebsystemen sind Systeme

me für die Bordstromversorgung (Auxiliary Power Unit, APU) z.B. für Lastkraftwagen, Flugzeuge und Schiffe berücksichtigt. Andere Einsatzbereiche für die APU (Wohnmobile, kleine Boote) werden im Bereich der "Speziellen Märkte" (vgl. Kap. 6) behandelt. Weitere relevante Transportsektoren sind Bahn- und maritime Anwendungen.

3.2 Status Quo

Seit dem Start des Entwicklungsplans „Verkehr“ wurden in technologischer Hinsicht erhebliche Fortschritte erzielt. Erfahrungen aus Forschungs- und Demoprojekten lieferten dabei wesentliche Ansatzpunkte für technische Weiterentwicklung und Standardisierung. Bis Ende 2011 werden im Rahmen des NIP rund 100 Brennstoffzellen-Pkw, zehn Busse sowie sieben Wasserstofftankstellen in Betrieb sein.

Sämtliche Leistungsmerkmale der Brennstoffzellen-Fahrzeuge (Reichweite, Volumen des Antriebsstrangs, Kaltstartfähigkeit, Lebensdauer der Brennstoffzellenkomponenten sowie die Antriebsleistung) konnten zum Teil erheblich verbessert werden. Durch technische Weiterentwicklung und höhere Stückzahlen konnten unter Ausnutzung dieser Fortschritte die Herstellungskosten der Fahrzeuge reduziert werden.

Hinsichtlich der Verbesserung und des Aufbaus einer Wasserstoffinfrastruktur konnten im Rahmen der Clean Energy Partnership (CEP) und der Initiative H2-Mobility entscheidende Fortschritte erzielt werden. So ist das Land Nordrhein-Westfalen mit der Absicht der Etablierung weiterer Wasserstoff-Leuchtturmregionen der CEP beigetreten. Baden-Württemberg und Hessen sind neben Air Liquide, Toyota und Honda ebenfalls der Gemeinschaft beigetreten. Die CEP zählt inzwischen 15 Partner. Weitere Bewerber, z.B. EnBW, Hyundai/Kia signalisieren starkes Interesse.

Die partnerschaftliche Initiative H2-Mobility, an welcher bedeutende Industrieunternehmen partizipieren, entwickelt derzeit einen Business-Plan zum Aufbau einer flächendeckenden Wasserstoff-Infrastruktur in Deutschland. Als einen ersten Schritt in dieser Richtung haben die Unternehmen Daimler AG und Linde AG den Aufbau von 20 weiteren Wasserstofftankstellen angekündigt, die im Rahmen der CEP innerhalb des NIP aufgebaut werden sollen.

In den bereits laufenden Demonstrationsprojekten in Hamburg und Berlin kommen ab Ende 2010 neben den bereits sich im Einsatz befindlichen Fahrzeugen, weitere Fahrzeuge der neuesten Generation zum Einsatz. Zusätzliche Fahrzeuge sind seit Kurzem auch in Stuttgart und Frankfurt im Einsatz.

3.3 Fortschreibung des Entwicklungsplans

Unter maßgeblicher Beteiligung der deutschen Industrie wird heute weltweit im Rahmen von F&E- und Demonstrationsaktivitäten die Machbarkeit der Herstellung und Nutzung von Wasserstoff als alternativem Kraftstoff sowie des Betriebs von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen unter Beweis gestellt. Für APU-Anwendungen im Bereich der Luftfahrt werden erste Prototypen getestet. Aus den bisherigen Erfahrungen sind technische Ziele abgeleitet, deren Erreichung für eine kommerzielle Anwendung notwendig ist (s. Anhang). Die kommerzielle Anwendung (Fahrzeuge und Kraftstoff) setzt die Validierung der technischen und vor allem wirtschaftli-

chen Wettbewerbsfähigkeit und der Kundenakzeptanz im Vergleich zu konventionellen Technologien voraus (Meilenstein 2015). Der in Abbildung 3-1 dargestellte Entwicklungsplan beschreibt ein integriertes Programm, in dem die beiden Säulen F&E- und Demonstrationsaktivitäten eng aufeinander abgestimmt werden müssen. Das Programm ist gekennzeichnet durch zwei Phasen. In der ersten Phase stand die Weiterentwicklung vorhandener Konzepte und Technologien unter Berücksichtigung innovativer Ansätze im Vordergrund, während die Validierung und Demonstration von Systemlösungen Schwerpunkt der zweiten Phase ist. Als Meilenstein zwischen diesen beiden Phasen (2010) wurde im Rahmen der Novellierung des vorliegenden Entwicklungsplans eine Überprüfung bzgl. der Technologieverfügbarkeit durchgeführt. Das Programm ist flexibel gestaltet, um den Ergebnissen dieser Überprüfung Rechnung zu tragen. D.h. auch, dass die Darstellungen für die zweite Phase entsprechende Unsicherheiten beinhaltet.

3.3.1 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Die F&E-Aktivitäten sind auf die kritischen Komponenten und Prozesse sowohl bei den Fahrzeugsystemen als auch bei der Infrastruktur ausgerichtet. Je nach themenspezifischen Zeitplänen und Meilensteinen sind hierbei die anwendungsorientierten Arbeiten von grundlagenorientierten Arbeiten zu unterscheiden. Während erstere unmittelbare Auswirkungen auf Demonstrationsaktivitäten bis 2015 haben (z.B. Optimierung 700-bar-Speicherung), sind letztere (z.B. alternative Wasserstoffspeicherverfahren oder Hochtemperaturmembranen) erst längerfristig für die kommerzielle Anwendung relevant. Beides ist notwendig und muss auf die Bedürfnisse der spezifischen Anwendungen ausgerichtet sein. Die F&E-Arbeiten beinhalten auf der Fahrzeugseite Aktivitäten zu Brennstoffzellenantrieben, Wasserstoffspeicherung und Bordstromversorgung für verschiedene Verkehrsanwendungen und auf der Seite der Wasserstoffbereitstellung die Wasserstoffverteilung sowie die Tankstellentechnologie. Fragen zur Wasserstoffsicherheit sind als Querschnittsthemen aufgeführt. Inhaltliche Details hierzu sind dem Anhang zu entnehmen.

Aufgrund der Vielfalt unterschiedlicher F&E-Themen waren und sind auch zukünftig im Einzelfall projektspezifische Meilensteine zu definieren, die gewährleisten, dass inhaltlich richtigen Prioritäten gesetzt und die Erreichung technischer Ziele sowie die Kontrolle über den Projektfortschritt sichergestellt ist.

Gerade im F&E-Bereich spielen die Zulieferer (in der Regel aus der mittelständischen Industrie) sowie wissenschaftliche Einrichtungen / Institute eine wichtige Rolle. Sie gilt es im Rahmen der Entwicklungsprozesse der Systemverantwortlichen, zum Beispiel über marktorientierte Systemspezifikationen, einzubinden.

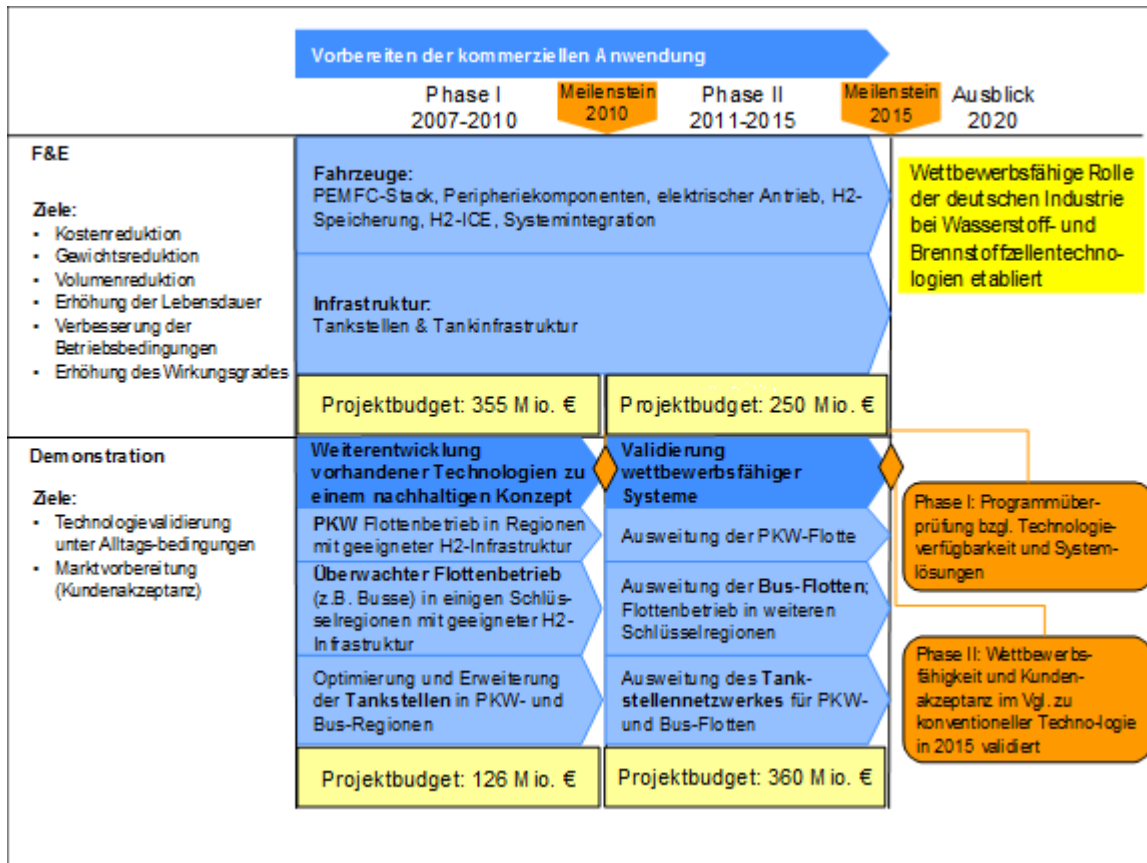


Abbildung 3-1: Entwicklungsplan Verkehr

3.3.2 Demonstrationsvorhaben

Ziele der Demonstrationsprojekte sind zum einen die Validierung der durch F&E-Aktivitäten entwickelten Systeme und Methoden und zum anderen die Marktvorbereitung. Die Validierung bedingt einen intensiven Austausch zwischen F&E und Demonstration. Die enge Verknüpfung von F&E-Themen mit Flottendemonstrationen und der langfristige Ansatz des Gesamtprogramms erleichtern darüber hinaus die Einbindung der Zulieferindustrie.

Für die Marktvorbereitung sind das technische Verhalten (z.B. Fahrzeug-Charakteristik, Betankungszeit, Zuverlässigkeit) und die Synchronisation zwischen dem Fahrzeugbetrieb in Kundenhand und der Verfügbarkeit von Wasserstoff ausschlaggebend, also das Gleichgewicht zwischen hoher Flächendeckung der Infrastruktur und genügend hoher Auslastung im Sinne eines Investitionsoptimums. Letztlich gilt es, durch praktische Erfahrungen die für die Markteinführung notwendige Kundenakzeptanz zu schaffen. Darüber hinaus unterstützen Demonstrationsprogramme die Schaffung adäquater Rahmenbedingungen, zum Beispiel im Bereich der Zulassungen oder Normen.

Der Flottenbetrieb wird auf Schlüsselregionen konzentriert, um in der vorkommerziellen Phase eine optimale Synchronisation zwischen Fahrzeugbetrieb und Infrastruktur zu gewährleisten. Aufgrund von Unterschieden bei den Anforderungen an die Infrastruktur sowie bei den Kunden- und Einsatzprofilen werden PKW-Flotten

und kontrollierte Flotten (z.B. Busse oder Kleintransporter) gesondert betrachtet. Der Einsatz von PKW- und Busflotten (z.B. im öffentlichen Personennahverkehr) fokussiert sich auf Schlüsselregionen mit geeigneter Wasserstoff-Infrastruktur.

Das Programm ist offen für Demonstrationsvorhaben, sofern das Engagement des Landes oder der Region und eine entsprechende Industriebeteiligung die Einbindung in den gesamtstrategischen Rahmen gewährleisten.

Insgesamt wird über die Laufzeit des Programms eine Ausweitung der Fahrzeugflotten sowie des Tankstellennetzwerks von der ersten Phase zur zweiten Phase angenommen. Detaillierte Pläne bzgl. der Anzahl von Fahrzeugen oder Tankstellen sind Teil der jeweiligen Projekte bzw. der regionalen Aktivitäten. So werden z.B. für Berlin und Hamburg – aufsetzend auf den laufenden Aktivitäten des Clean Energy Partnership (CEP) – eine Fortführung der Flottenaktivitäten über 2010 hinaus realisiert. Die beteiligte Industrie will die Demonstration mit einer erweiterten Stückzahl von Fahrzeugen (PKW und Busse) sowie mit der entsprechenden Wasserstoff-Infrastruktur ausbauen bzw. neue erforderliche Technologiefortschritte in einer weiteren Technologievalidierung demonstrieren.

Während für die technologische Validierung nur recht geringe Flottengrößen erforderlich sind, benötigen die Entwicklung und Erprobung von Infrastruktur und auch die Marktvorbereitung eine deutlich größere Anzahl von Fahrzeugen und damit auch finanzieller Mittel, um einen Regelbetrieb unter Auslastung der installierten Kapazitäten zu erzielen. Für die Infrastruktur ist das Ziel eine möglichst hohe Auslastung zu Testzwecken. Für die PKW-Flotte ist die Bereitstellung eines ausreichenden Netzwerkes zur Schaffung der Kundenakzeptanz sicherzustellen. Dies beinhaltet Überlegungen, gegen Ende des Programms erste Wasserstoff-Korridore zwischen den Regionen zu schaffen. Bei den Busflotten steht speziell die technische Definition und Realisierung von geeigneten großen Lager- und Betankungsanlagen im Mittelpunkt der auf die Infrastruktur bezogenen Aktivitäten. Zur Gewährleistung technologiespezifischer Wartung und Instandhaltung von Brennstoffzellen-Demonstrationsflotten sollten entsprechende Konzepte entwickelt und erprobt werden. Das bewährte Konzept eines Public-Private-Partnership kann dabei zur Übernahme von Investitionsrisiken hilfreich sein.

Zusätzlich zu den Säulen F&E und Demonstration beinhalten übergeordnete Aktivitäten des Programms neben der oben erwähnten Koordination eines nationalen Wasserstoffversorgungskonzepts Maßnahmen zur Unterstützung der Arbeiten zu „Regulations, Codes & Standards“ sowie zu Themen der Ausbildung (technische Aspekte, öffentliche Diskussion, ...). Hierzu gilt es, die praktischen Erfahrungen insbesondere aus den Demonstrationsprojekten zu bündeln. Als Basis hierfür sollte auf die Arbeiten zum „Monitoring Assessment Framework“ des EU-Projekts HyLights zurückgegriffen werden.

3.3.3 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets

In Phase I wurden im Verkehrsbereich des NIP in Summe knapp 140 Mio. Euro in konkreten Fördervorhaben investiert. Tabelle 3-1 zeigt die jährlichen Gesamtbud-

gets aufgeteilt in Vorhaben, die vom BMWi bzw. vom BMVBS gefördert wurden bzw. werden.

	2007	2008	2009	2010	Gesamt
BMVBS	-	7.856	20.022	63.093	90.971
BMWi	4.038	7.534	17.223	18.585	47.380
Summe	4.038	15.389	37.245	81.678	138.350

Tabelle 3-1: Projektausgaben Verkehr bis 2010 (Angaben in T€)

Der Entwicklungsplan Verkehr für die Phase II beinhaltet nach wie vor F&E-Aktivitäten (längerfristige und anwendungsnahe F&E), Demonstration und übergreifende Themen. Bei anwendungsnahe F&E ist im Einzelfall zu entscheiden, ob die Arbeiten unter Umständen im Sinne der Demonstrationsvorbereitung eher den Demonstrationsaktivitäten zuzuschreiben sind. Insgesamt ist für die Jahre 2011-2015 im Bereich Verkehr ein Programm mit einem Umfang von gut 610 Mio. Euro beschrieben (s. Tabelle 3-2). Der Anteil für F&E-Aktivitäten liegt bei 40 %, für Demonstration 48 % und für übergreifende Themen knapp 2 %.

Gesamtkosten Phase II		2011	2012	2013	2014	2015	2016	Summe
Forschung und Entwicklung								
Fahrzeug	BZ-Antrieb	26.094	22.794	21.144	19.494	19.494	-	109.020
	Markteinführung	2.744	2.144	1.844	1.544	1.544	-	9.820
	H2-Speicher	16.233	14.433	13.533	12.633	12.633	-	69.465
	APU	3.583	3.083	2.833	2.583	2.583	-	14.665
Tankstellen	Distribution	10.478	9.078	8.378	7.678	7.678	-	43.290
Querschnitt	Sicherheit	776	736	716	696	696	-	3.620
Summe		59.908	52.268	48.448	44.628	44.628	-	249.880
Demonstration								
Fahrzeuge	PKW	27.675	29.025	31.050	35.775	43.200	-	166.725
	Busse	30.800	33.000	33.000	33.000	33.000	-	162.800
Tankstellen		2.900	5.100	5.300	5.500	7.800	-	38.900
Summe		61.375	67.125	69.350	74.275	84.000	-	356.125
Übergreifende Themen								
H2-Sicherheit		110	90	80	70	70	-	420
RCS		111	111	111	111	111	-	555
Ausbildung		667	667	667	667	667	-	3.335
Summe		888	868	858	848	848	-	4.310
Gesamt		122.172	120.262	118.657	119.752	129.477	-	610.315

Tabelle 3-2: Ressourcenallokation im Bereich „Verkehr“ (Angaben in T€)

Innerhalb der F&E-Aktivitäten ist davon auszugehen, dass die Ressourcen der längerfristig angelegten Arbeiten konstant über der Zeit verlaufen. Für die anwendungsnahe F&E-Aktivitäten sind zu Beginn des Programms mehr Mittel vorgesehen als gegen Ende. Hier gilt es weiterhin, diejenigen Technologien zu entwickeln, die noch im Laufe des Programms in Demonstrationsaktivitäten validiert werden können (z.B. konkrete Komponentenentwicklungen für die nächste Generation von Fahrzeugen).

Die Mittel für Demonstrationsaktivitäten steigen über die Programmlaufzeit weiterhin an. Die in den Schlüsselregionen vorhandene Infrastruktur wurde zu Beginn des Programms geringfügig erweitert. Insbesondere wurde neue Infrastrukturtechnologie an bestehenden Tankstellen integriert (u.a. 700-bar-Betankungstechnologie). Parallel zur Ausweitung der Flotten über die Programmlaufzeit wird auch zukünftig weiterhin die Wasserstoff-Bereitstellung (Produktion/Distribution/Betankung) insbesondere aus erneuerbaren Quellen ausgebaut werden.

Bei den übergreifenden Themen sind Aktivitäten für die Entwicklung und Definition des zukünftigen H₂-Portfolios, für die Bereiche RCS (Regulations, Codes & Standards) sowie für die Ausbildung berücksichtigt.

4 Entwicklungsplan „H2-Produktion | H2-Bereitstellung“

Wasserstoff als Energieträger ist gegenwärtig noch von untergeordneter Bedeutung, auch wenn das derzeitige Gesamt-Produktionsvolumen in D und der EU energetisch etwa 10% des Kraftstoffverbrauchs beträgt. Wasserstoff wird heute nahezu ausschließlich als chemisches Element für industrielle Produktionsprozesse hergestellt. Das reicht von der Düngemittelherstellung über die Entschwefelung von Benzin, der Metall-, Glas- und Halbleiter-Herstellung bis hin zur Fetthärtung in der Lebensmittelindustrie. Mit weit über 80% findet die Erzeugung des Wasserstoffes am Ort des Verbrauches (on-site) statt bzw. wird der Wasserstoff aus großtechnischen Produktionseinheiten über Rohrleitungsnetzwerke zwischen verschiedenen Industriestandorten bereitgestellt.

Aufgrund mangelnder Anwendungen in der Energietechnik und einer bisher kaum gegebenen Wirtschaftlichkeit gegenüber anderen Energieträgern spielt Wasserstoff als Energieträger eine noch unbedeutende Rolle. Während sich die derzeitige industrielle Wasserstoff-Infrastruktur überwiegend aus einer überschaubaren Zahl von großen Nutzern und entsprechend großen ortsnahen Wasserstoff-Produktionseinheiten ergibt, ist bei der energetischen Nutzung des Wasserstoffes eine flächendeckende Bereitstellung bei weit geringerer Größe der Einzelabnehmer erforderlich. Das gilt insbesondere im Bereich der Mobilität, bei der einzelne Tankstellen beliefert bzw. der Wasserstoff vor Ort in kleineren Produktionseinheiten hergestellt werden wird.

Seit einiger Zeit besteht ein neues und starkes Interesse der Gaswirtschaft an Wasserstoff. Verschiedene Gasversorger planen angesichts schrumpfender Erdgasmärkte, den Transport elektrischer Energie auf den Transport von Wasserstoff bzw. von Erdgas, das mit Wasserstoff angereichert wurde, zu verlagern. Bei der energetischen Nutzung von Wasserstoff wird ein steigendes Potential erwartet, das sich hauptsächlich auf zwei Entwicklungen gründet:

1. Der zunehmende Ausbau erneuerbarer Energien in D und der EU führt zu einem rapiden Anstieg fluktuierender Energie aus Wind und Sonne in unser Stromversorgungssystem. Dies erfordert die Lösung neuer Herausforderungen hinsichtlich deutlich flexiblerer Regelung des Stromnetzes, des Transports und vor allem auch der Speicherung großer Energiemengen. Hierfür sind nach heutigem Kenntnisstand chemische Speicher wie Wasserstoff am besten geeignet.
2. Wasserstoff ist eine Option als zukünftiger Kraftstoff für unsere Mobilität. Mit den heute in der Entwicklung befindlichen nahezu serienreifen brennstoffzellen-elektrischen Fahrzeugen lassen sich Komfortexpectationen der Kunden an Fahrzeuge hinsichtlich Reichweite und Betankungszeit erfüllen, die mit batterie-elektrischen Fahrzeugen kaum zu realisieren sind. Hierzu ist der Wasserstoff möglichst emissionsfrei zumindest aber emissionsarm bereitzustellen.

Aufgrund der Bedeutung der Produktionspfade sowie der zunehmenden Relevanz von Wasserstoff für die gesamte Energiewirtschaft wurde dieser Bereich als besonderes Kapitel im Entwicklungsplan aufgenommen.

4.1 Geltungsbereich

Wasserstoff ist – wie Elektrizität – ein Energieträger, der aus Primärenergie oder anderen Energieträgern hergestellt werden muss. Wasserstoff ist speicherbare Elektrizität. Der Geltungsbereich umfasst die Wasserstoffbereitstellung (Produktion, Distribution und Abgabe/Betankung) sowie die Wasserstoffspeicherung als einen der zentralen Engpässe der Wasserstoffkette. Die Produktion aus verschiedenen vorgelagerten Energieträgern wie Elektrizität [vorzugsweise aus erneuerbaren Energien], Biomasse oder energetisch verwertbaren Reststoffen und auch fossilen Energien [mit CCS] wird beachtet. Auch die Nutzung von Überschuss-H₂ (Wasserstoff als Nebenprodukt aus Industrieprozessen) soll berücksichtigt werden. Im Rahmen von NEP 3.0 wird fokussiert auf die Bereiche:

- 1. Wasserstoff über Elektrolyse (z.B. Wind, Solar, Wasserkraft) und Speicherung in größeren Mengen**
- 2. Wasserstoff aus Biomasse**

Insbesondere in der regelbaren, hocheffizienten Elektrolyse zur Netzstabilisierung, Speicherung von H₂ in großen Mengen (z.B. in Kavernen) sowie Vergasungsverfahren und Fermentation bei Biomasse werden noch große Entwicklungspotentiale gesehen. Infolge des erheblichen Interesses der Energiewirtschaft an Methoden zur saisonalen und tageweisen Speicherung von Energie in zum Teil erheblichen Mengen, werden zurzeit umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu diesen Themen gestartet.

Andere Verfahren wie z.B. Kohlevergasung mit nachgeschaltetem CCS-Prozess werden bereits mit erheblichen öffentlichen Mitteln im Rahmen anderer Programme untersucht. Große Steam Reformer (SMR) sind heute Stand der Technik, kleine SMR werden nach den vorliegenden Untersuchungen (z.B. GermanHy) nur eine untergeordnete Bedeutung haben.

Als eine besondere Herausforderung, die letztlich auch die Schwerpunkte der Technologieentwicklung beeinflusst, wird die Bereitstellung (Produktion | Distribution) der Energieträger Wasserstoff und Elektrizität gesehen. So wird zukünftig weit mehr zu differenzieren sein für welche Anwendung welche Technologie vielversprechender ist (z.B. großtechnische Speicherung von Elektrizität in Form von Wasserstoff, Smart-Grid Applikationen, flächendeckende Verteilung, etc.). Insbesondere wird im mobilen Bereich stets die Gesamtkette bis zur Tankstelle technologisch richtungsweisend sein müssen.

4.2 Status Quo

zu 1. Elektrolyse

Bei der Elektrolyse gibt es mehrere Verfahren, die einen unterschiedlichen Entwicklungsstand und Marktreife besitzen. Der überwiegende Teil der heute industriell verfügbaren elektrolytischen Wasserstofferzeugungssysteme basiert auf der s.g. alkalischen Elektrolyse. Unterschiedlichste Anlagendesigns bieten sowohl drucklose als auch druckaufgeladene Elektrolyseure. Die Leistungsbereiche sind je nach Anwendung weit gespreizt. Eine Häufung ist jedoch im Bereich 30 bis 180 Nm³/h zu finden. PEM-Elektrolyseure werden heute nur in Leistungsgrößen von 10

bis max. 30 Nm³/h angeboten. Der wesentliche Absatzmarkt findet sich in der verarbeitenden und produzierenden Industrie.

Alkalische Elektrolyse

Die alkalische Elektrolyse ist das heute dominierende Verfahren zur elektrolytischen Wasserstoff-Erzeugung. Die heute verfügbare und zur Serienreife entwickelte alkalische Elektrolyse hat neben den Vorteilen der hohen operativen Verfügbarkeit, des stabilen Betriebs und ihrer hohen Lebensdauer von mehr als 50,000 Betriebsstunden (Stack) Einschränkungen in Bezug auf Größe, Arbeitsbereich (turn-down ratio) und Wirkungsgradsteigerung. Einheiten werden bis zu Leistungen von einigen MW hergestellt und in unterschiedlichen Industriebranchen eingesetzt. Der Wirkungsgrad der Anlagen liegt bei 65-70%, zunehmend werden auch Druckelektrolyseure (Betriebsdruck 10-30 bar) entwickelt, um bei der anschließenden Verdichtung von H₂ (insb. notwendig bei Speicherung und energetischer Nutzung) die erste Kompressorstufe zu sparen.

PEM-Elektrolyse

Eine deutlich höhere Stromdichte ermöglicht der Bau extrem kompakter Stacks und einer simplifizierten Gesamtanlagentechnik. Der Arbeitsbereich ist dabei gleichzeitig weiter gespreizt. Eine kurzzeitige deutliche Überlastung der PEM-Elektrolyse ermöglicht Arbeitsbereiche, die mit der alkalischen Elektrolyse nicht abgedeckt werden können und für bestimmte Anwendungen einen erheblichen Vorteil darstellen. Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten im Bereich der PEM-Elektrolyse streben Wirkungsgradsteigerungen, Lebensdauersteigerungen und betriebsabhängige Regeloptimierungen an. Die PEM-Elektrolyse liegt vom Entwicklungsstand noch deutlich hinter alkalischen Elektrolyseuren zurück. Diese Technologie ist nur von wenigen Anlagenherstellern verfügbar mit Leistungsklassen von bisher wenigen kW bis etwa 100 kW. Vorteile der PEM-Elektrolyse gegenüber der alkalischen Elektrolyse sind der deutlich höhere Wirkungsgrad (ca. 80%) und der erheblich geringere Platzbedarf (rund Faktor 10).

Hochtemperatur-Elektrolyse

Bei der Hochtemperatur-Elektrolyse wird die Aufspaltung von Wasser durch das hohe Temperaturniveau von ca. 700 - 800°C unterstützt. Hierdurch kann die Effizienz gesteigert werden, allerdings ist eine Hochtemperaturwärmequelle notwendig. Dieses Verfahren befindet sich noch im Frühstadium der Entwicklung, insb. wegen der hohen Anforderungen an die Werkstoffe (Keramiken).

Speicherverfahren

Zur Speicherung größerer Mengen H₂ (GWh-TWh) bieten sich folgende Verfahren an:

Verfahren	Stand der Technik	Speichermenge	Anwendungsbereich
Druck-Röhren	Standardprodukt	Mittel	mittlere Menge, z.B. für kleinere Windparks, Puffer für größere Betankungsanlagen
Metall-Hydrid	Entwicklung, erste Prototypen	Mittel	s. Druckröhren
Kaverne	Muss für H ₂ noch verifiziert werden (bisher nur Erdgas)	groß (TWh)	Wochenspeicher, z.B. große Mengen Überschuss-Windstrom

Tabelle 4-1: Verfahren zur Wasserstoff-Speicherung

Zu 2. Biomasse

Die Beurteilung der Rolle des Wasserstoffs aus Biomasse ist unklar.

Sie wird erschwert durch die fehlende praktische Erfahrung und die bisher fehlende Relevanz der Erzeugung von Wasserstoff aus Biomasse. Die Einschätzungen bezüglich der Energieaufwendungen bzw. der Energieverluste (Wirkungsgrade) beim Anbau der Biomasse, beim Transport zur Umwandlung/Aufbereitung, bei der Umwandlung/Aufbereitung selbst, der Speicherung und des Transportes von Zwischenprodukten bzw. des Wasserstoffes sind sehr unterschiedlich und auch stark divergierend.

Grund dafür ist vor allem die lückenhafte Kenntnis bezüglich des Zusammenspiels von Bereitstellung der Biomasse, daraus folgenden festzulegenden (optimierten) Produktionskapazitäten, Wahl des geeigneten Produktionsverfahrens, zu erzielende Qualität (Reinheit) des produzierten Wasserstoffs sowie die bislang nur rudimentär vorliegenden Konzepte zur notwendigen Einbringung des Wasserstoffs in vorhandene bzw. erforderliche Verteilernetzwerke. Notwendig ist v.a. auch eine vergleichende Bewertung der Produktionsverfahren aus technologischer, ökologischer und wirtschaftlicher Sicht. Eine angelaufene Studie zu diesem Thema wird eine umfassende Bewertungsgrundlage liefern. Konzepte der Biomassebereitstellung werden als wesentlicher Punkt berücksichtigt. Dabei sind Umwelteffekte der Gesamtkonzepte sowie THG-Emissionen unter Rückgriff auf anerkannte Verfahren (z.B. ISO 14040/44 und EU-Direktive 2009/28/EC) zu bilanzieren.

Darüber hinaus befinden sich die meisten der aktuell diskutierten bzw. vorgeschlagenen Verfahren noch im Entwicklungsstadium. Beispiele sind:

Thermo-chemische Verarbeitung (Vergasung oder Pyrolyse) Wasserstoff kann im industriellen Maßstab aus Biomasse (Holz, Stroh, Grasschnitt, etc.) wie auch aus Zwischenprodukten (Biogas, Bioethanol, etc.) durch thermo-chemische Verarbeitung und direkte oder anschließende Dampfreformierung hergestellt werden. Das bei der Vergasung gebildete Synthesegas besteht, abhängig vom verwendeten Rohstoff, aus unterschiedlichen Anteilen Kohlendioxid (CO₂), Kohlenmonoxid (CO), Methan (CH₄), Wasserstoff (H₂) und anderen Komponenten. Zudem finden bei der Dampfreformierung auch chemische Reaktionen zwischen dem Wasserdampf und Synthesegasanteilen statt, die die Ausbeute an Wasserstoff erhöhen;

Gärung (Teilbereich der Fermentation, vergärende Bakterien, anaerober Prozess) Aus energiereichen organischen Verbindungen in der Biomasse (Kohlenhydrate, Fette, Proteine, etc.) kann im Labor-Maßstab durch vergärende Bakterien neben CO₂ und oxidierenden organischen Verbindungen auch Wasserstoff (H₂) gebildet werden;

Fermentation und oxygene sowie anoxygene Photosynthese.

Wichtig bei der zukünftigen Beurteilung (Förderung) der "Erzeugung von Wasserstoff aus Biomasse" muss ein ganzheitlich aufgezeigtes Logistik-Konzept sein, das von der Verfügbarkeit der Biomasse, über die erforderlichen Transporte bis hin zur Distribution des Wasserstoffs reicht und das neben der regionalen/lokalen Verfüg-

barkeit des Rohstoffs Biomasse auch die saisonalen Gegebenheiten (Felderwirtschaft/Fruchtfolge) berücksichtigt.

Folgende Elemente spielen dabei eine Rolle:

- tatsächliche regionale/lokale Verfügbarkeit des Ausgangsmaterials
- tatsächliche saisonale Verfügbarkeit des Ausgangsmaterials (Felderwirtschaft)
- kosten- und CO₂-optimierte Klarlegung der max. Transportwege zum Produktionsstandort
- die auf den vorgenannten Faktoren basierende Festlegung der Anlagenkapazität
- die Qualität des Endproduktes Wasserstoff sowie die Klarlegung eventuell erforderlicher Maßnahmen um eine bestimmte Qualität zu erreichen
- Speicherung des Produktes Wasserstoff am Produktionsort
- kostenoptimierte Anbindung an ein Distributionsnetzwerk sowie die eventuell notwendige vorherige Aufbereitung (Druck, Verflüssigung) des Produktes Wasserstoff

4.3 Fortschreibung des Entwicklungsplans

In der Fortschreibung des Entwicklungsplanes wird empfohlen sich auf die beiden unter 4.2 angegebenen Gebiete Elektrolyse und Speicherung sowie Wasserstoff aus Biomasse zu fokussieren. Primär sollen anwendungsbezogene Maßnahmen mit der Nähe zur Markteinführung gefördert werden. Grundlagenforschung sollte flankierend z. B. aus Mitteln des BMBF gefördert werden.

4.3.1 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Wasserstofftankstellen und Wind-Wasserstoff-Systeme erfordern größere Wasserstofferzeugungseinheiten als heute verfügbar. Elektrolyseure mit einer Leistungsaufnahme von einem bis zu mehreren 10 oder auch 100 MW sind erforderlich um zukünftige Anforderungen zu bedienen. Gerade die PEM-Elektrolyse offeriert eine Technologie, die diesen Schritt mit vertretbarem Aufwand technisch beherrschbar ermöglicht. Demonstrationsvorhaben, die kompakte 1 MW Anlagen für den Aufbau der H₂-Infrastruktur für die mobile Anwendung fokussieren, werden mittelfristig die Eignung dieser Technologie belegen.

Der geplante Zubau von erneuerbaren Energien von ca. 25 GW bis 2020 erfordert den Ausbau von Regelenergiesystemen. Diese Systeme müssen netznah an kritischen Standorten errichtet werden und einen weiten Regelbereich aufweisen. Kompakte und hocheffiziente Multi-MW Wasserstofferzeugungssysteme können sowohl die benötigte Regelenergie bereitstellen, als auch einen wertvollen und wirtschaftlichen Beitrag zur verbrauchsnahe Erzeugung von Wasserstoff für Industrie und Verkehr liefern.

Folgende konkrete Maßnahmen werden empfohlen:

- Weiterentwicklung der alkalische Elektrolyse hinsichtlich Effizienz und Steigerung des Druckniveaus

- Weiterentwicklung der PEM-Elektrolyse zu Anlagen im MW-Bereich, Kostenreduzierung, Effizienz und Steigerung des Druckniveaus
- Weiterentwicklung von großtechnischen Speicherverfahren, insb. Kavernen und Metallhydride
- Integration der Wind-Wasserstoffsysteme in die Netzregelung und in die Gasmärkte
- Vergasungsverfahren vs. Fermentation etc. bei Biomasse
- erforderliche Produktionskapazitäten für unterschiedliche Anwendungen
- Verteilungs- | Bereitstellungspfade

Die Förderaktivitäten des NIP zu den Themen Wasserstoffherzeugung und -speicherung werden in erheblichem Umfang durch fachlich verwandte Förderaktivitäten der Bundesministerien ergänzt. So ist die Umwandlung und Nutzung von Biomasse auch ein Förderschwerpunkt des BMELV. Darüber hinaus fördern die drei Bundesressorts BMWi, BMU und BMBF Arbeiten zur Wasserstoffherzeugung und -speicherung mit Mitteln der Energieforschung sowie aus dem Energie- und Klimafonds. Die Arbeiten dienen der Umsetzung der Ziele, die im Energiekonzept der Bundesregierung genannt werden.

4.3.2 Demonstrationsvorhaben

Zur Elektrolyse werden folgende Demovorhaben vorgeschlagen, die ergänzend zu den Möglichkeiten des NIP im Rahmen von Fördervorhaben zur Umsetzung des Energiekonzepts der Bundesregierung gefördert werden sollten:

1. Entwicklung und praxisnaher Einsatz von PEM-Elektrolyseuren im MW Bereich
2. alkalischer Hochdruck-Elektrolyseuren
3. Kopplung einer großen Wind-Wasserstoff Elektrolyse-Anlage an einen Großspeicher (Kaverne) mit Optimierung Rückverstromung und Einbindung Netzregelung

4.3.3 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets

In der Phase I war der Bereich H2-Produktion/H2-Bereitstellung im Bereich Verkehr integriert. Die folgende Tabelle zeigt die Ressourcenallokation für Phase II des NIP entsprechend der Bottom-Up-Planung der Forschung und Industrie.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Gesamt
Demovorhaben							
MW PEM Ely	10.000	10.000	8.000	4.000	4.000	-	36.000
Alkalischer HD Ely	2.000	2.000	2.000	-	-	-	6.000
Speicher/Systemeinbindung	5.000	8.000	10.000	10.000	8.000	-	41.000
Gesamt	17.000	20.000	20.000	14.000	12.000	-	83.000

**Tabelle 4-2: Ressourcenallokation im Bereich Wasserstoffproduktion
(Angaben in T€)**

5 Entwicklungsplan „Stationäre Anwendungen in der Hausenergieversorgung“

Deutschland verfügt im weltweiten Vergleich über einen besonders hohen technologischen Stand in der Heizungstechnologie. Die in Deutschland tätigen Heizgeräthehersteller haben in Europa eine führende Rolle. Nach der Einführung der Niedertemperatur- und Brennwerttechnologie wird die Kraft-Wärme-Kopplung durch Brennstoffzellen den nächsten Technologiesprung in diesem Sektor darstellen. Die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie in Gewerbebetrieben mittels Brennstoffzellen ermöglicht hohe Gesamtnutzungsgrade ($> 85\%$) der eingesetzten Primärenergie. Dabei kann der erzeugte Strom zum Eigenverbrauch oder zur Einspeisung in das Elektrizitätsnetz genutzt werden. Hier sind in der Regel CO_2 -Einsparungen zwischen 25% und 35% gegenüber einer modernen konventionellen Versorgung (Brennwertkessel und Strom aus dem Netz) erreichbar.

Das Marktpotential für Brennstoffzellen in der Hausenergieversorgung ist vor allem im Gebäudebestand außerordentlich groß. Allein in Deutschland besteht nach wie vor ein enormer Modernisierungsstau bei Heizungsanlagen. Nach Erhebungen des Schornstefegerhandwerks und des BDH sind weniger als ein Drittel der 17,8 Mio. Wärmeerzeuger auf dem Stand der Technik. Die beteiligten Hersteller richten ihre Entwicklungen an diesem Bedarf aus. Arbeitsplätze entstehen hier zukünftig nicht nur in der herstellenden Industrie und bei ihren Zulieferern, sondern vor allem auch im planenden und ausführenden Handwerk, sowie im Service und im Bereich Energiedienstleistung.

Globale Vorreiter bei der Entwicklung von Kraft-Wärme-Kopplungs-Hausenergieanlagen (KWK) auf Basis von Brennstoffzellen sind Deutschland und Japan. Hier gilt es, die erreichte Wettbewerbsposition zu verteidigen und kontinuierlich weiter auszubauen.

5.1 Geltungsbereich

Der Entwicklungsplan „Stationäre Anwendungen in der Hausenergieversorgung“ umfasst Anlagen im Leistungsbereich von unter 1 kW_{el} bis ca. 5 kW_{el} . Die Anlagen arbeiten nach dem Prinzip der sogenannten Kraft-Wärme-Kopplung und erreichen damit eine sehr hohe Ausnutzung des Primärenergieträgers. Als Brennstoff wird dabei Erdgas auf Basis der bestehenden Leitungsnetze eingesetzt. Mittelfristig sind auch der Einsatz von in das Erdgasnetz eingespeistem Biogas sowie die Verwendung von flüssigen erneuerbaren Brennstoffen geplant. Stationäre Brennstoffzellen im Geltungsbereich des Entwicklungsplans haben den Vorteil, dass ihr Betrieb unmittelbar und ohne Investitionen, z.B. in die Errichtung einer Wasserstoff-Infrastruktur möglich, ist. Dafür muss aber die Systemkomponente Reformer in die Entwicklung einbezogen werden. Langfristig, aber außerhalb dieses Entwicklungsplanes, ist ein Ausbau auch auf lokale Wasserstoffnetze denkbar.

5.2 Status Quo

In 2008 wurde der Demonstrations-Leuchtturm CALLUX offiziell gestartet. Energieversorgungsunternehmen und Hersteller von Brennstoffzellenheizgeräten für die Hausenergieversorgung beabsichtigen bis 2015 ca. 800 Brennstoffzellensysteme in üblichen Ein- und Mehrfamilienhäusern zu installieren und zu erproben. Mit Stand Februar 2011 wurden bereits über 112 Anlagen installiert. Allein in Deutschland sind damit kumuliert über 180 Anlagen in Gebäuden unter realen Bedingungen erprobt worden. Dabei haben sich bisher u.a. regionale Schwerpunkte in Niedersachsen, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen herausgebildet. Diese Schwerpunkte wurden in CALLUX durch die Region Berlin/Brandenburg ergänzt. Es werden in den nächsten Jahren weitere Installationen durch die Energieversorgungsunternehmen vorgenommen. In den Projekten werden neben der technischen Validierung der Brennstoffzellen auch Erkenntnisse über Anforderungen der Kunden und Installateure gewonnen. Die Qualifizierung des Handwerks stellt einen wesentlichen Baustein der begleitenden Maßnahmen im Projekt CALLUX dar.

CALLUX ist in drei Phasen unterteilt. Vor dem Beginn einer neuen Phase werden die Feldtestergebnisse in einem Assessment auf den Prüfstand gestellt und mit den Entwicklungszielen verglichen.

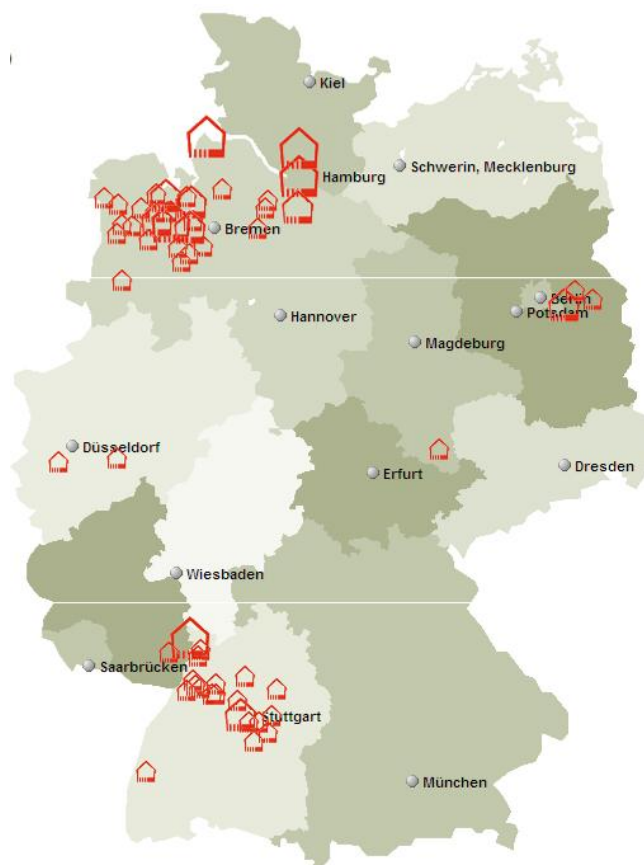


Abbildung 5-1: Projektlandkarte CALLUX (Quelle: www.callux.net)

5.3 Fortschreibung des Entwicklungsplans

CALLUX zeigt bereits heute die Praxistauglichkeit der Brennstoffzellenheizgeräte. Jedoch sind insbesondere weitere Fortschritte beim Erreichen der Kosten- und Lebensdauerziele erforderlich. Daher müssen auch in den nächsten Jahren weiterhin erhebliche Anstrengungen im Bereich F&E erfolgen. Zusätzlich führen die zeitlichen Verzögerungen, u.a. bedingt durch die weltweite Finanz- und Wirtschaftskrise zu einer leichten zeitlichen Ausdehnung des erforderlichen Demonstrationszeitraumes. In weiteren Demonstrationsprojekten müssen die in CALLUX und weiteren Projekten erzielten Ergebnisse zu weiteren Kostendegressionen führen. Diese Phase stellt die ursprünglichen Planungen des EP 2.1 für stationäre Anwendungen sicher, in der in der Demonstrationsphase 2.250 Geräte bis 2013 avisiert wurden. Kapitel 5.2.2 beschreibt die hierzu erforderlichen Entwicklungsmaßnahmen.

Es ist erforderlich, in einem abgestimmten Rahmenplan zwischen Industrie, Instituten und Politik die Brennstoffzellenheizgeräte zur Marktreife zu bringen. Hierzu wurde in verschiedenen Workshops zwischen Entwicklern, Instituten und Energieversorgern ein aktualisierter und abgestimmter Entwicklungsplan (s. Abbildung 5-2) erarbeitet, der die F&E-Maßnahmen und Demonstrationsprojekte beschreibt.

Nationaler Entwicklungsplan Stand 14. Sept. 2010

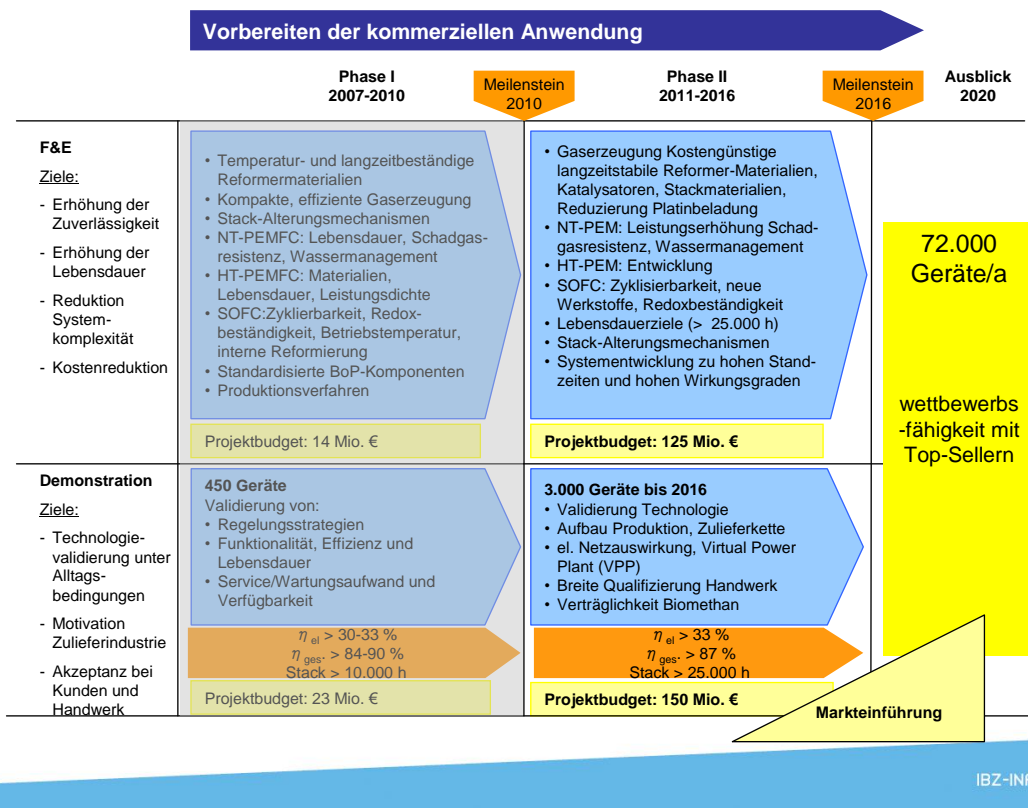


Abbildung 5-2: Aktualisierter Entwicklungsplan für stationäre Anwendungen in der Hausenergieversorgung

5.3.1 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Eine Übersicht der F&E-Aufgaben gegliedert nach den Schlüsselthemen Gaserzeugung, die beiden Brennstoffzellen-Typen PEMFC und SOFC, Gesamtsystem und Methoden ist in der Abbildung 5-2 wiedergegeben. Eine detaillierte Zusammenstellung der F&E-Themen findet sich im Anhang zu diesem Abschnitt.

Bei der Ermittlung der F&E Aufgaben wurde in zwei Kategorien differenziert:

Kategorie 1: Nach heutigem Kenntnisstand besteht eine hohe Bereitschaft der direkt in die Entwicklung der Hausenergieversorgung involvierten Industrie, diese Projekte bei Gewährung einer staatlichen Förderung umzusetzen. Hierbei handelt es sich vornehmlich um Hersteller von Brennstoffzellensystemen und Energieversorgungsunternehmen. Daher haben diese Projekte eine sehr hohe Realisierungswahrscheinlichkeit und Umsetzungspriorität.

Kategorie 2: In dieser Kategorie sind F&E Aktivitäten gelistet, die wichtig sind um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können. Aktuell übersteigen diese Projekte jedoch die Finanzkraft der Industrieunternehmen der Hausenergieversorgung in Deutschland. Hier sind zusätzliche Umsetzungs- und Finanzierungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Gaserzeugung, Reformier

F&E-Aktivitäten Kategorie 1:

- Bei der Erdgasreformierung müssen neue, langzeitstabile Materialien entwickelt werden.
- Die Integration der Gasaufbereitung in das Gesamtsystem muss zu kompakten und preiswerten Lösungen führen.
- Das Projekt „Branchenlösung Entschwefelung“ muss nach dem Abschluss weiter zur Serienreife vorangetrieben werden.
- Die Entwicklung weiterer Branchenlösungen (z.B. für die Wasseraufbereitung) ist anzustreben.
- Produktionsverfahren für kostengünstige Fertigung von Gaserzeugungssystemen sind zu entwickeln, damit eine realistische Erreichung von Serienzielkosten möglich ist.
- Brenner für Dampfreformer und Nachbrenner benötigen weitere Fortschritte, um funktionale Verbesserungen (Modulationsbandbreite, Robustheit gegen Grenzgas) zu erreichen.
- Die Beeinflussung von Gaserzeugungssystemen durch Bioerdgas und Flüssigas-Luft Mischungen im Erdgas müssen untersucht werden.

F&E-Aktivitäten Kategorie 2:

- Verbesserte Katalysatoren (CPOX, Dampfreformer, Feinreinigung) zur Erreichung der Ziele für Lebensdauer und Kosten.

- Untersuchung der Degradationsmechanismen von Reformerkatalysatoren und Trägermaterialien, um Lebensdauerprognosen und beschleunigte Alterungstests zu ermöglichen.
- Entwicklung von Flüssiggasreformierung und –entschwefelung.
- Kostenoptimierung der Brenner für Dampfreformer und Nachbrenner.
- Entwicklung kostengünstiger Isolierungskonzepte.

PEM-Brennstoffzellenstack

F&E-Aktivitäten Kategorie 1:

- NT-PEMFC: Ziele sind die Erhöhung der Stack-Leistungsdichte, die Reduktion des Edelmetallgehalts und des Wasserumsatzes, die weitgehende Unabhängigkeit des Betriebs vom Wassernetz sowie die Erhöhung der CO- und der Schwefeltoleranz sowie die Erhöhung der Betriebstemperatur.
- Die Kostenreduzierung von Kathodenluftfiltern zur Senkung der Wartungskosten und Verlängerung des Wartungsintervalls von NT-PEM Systemen.
- Neue diagnostische Tools ermöglichen eine verbesserte Qualitätsüberwachung der Stacks.
- Daneben eröffnet sich durch die Hochtemperaturmembran (120-200°C) eine vielversprechende Technologie. Sie erlaubt eine vereinfachte Gasaufbereitung. Im Bereich der HT-PEM gibt es interessante neue Membranentwicklungen. Stackentwicklung für Hochtemperaturmembranen (120-200°C).

F&E-Aktivitäten Kategorie 2:

- Entwicklung wettbewerbsfähiger Stacks, um im internationalen Vergleich konkurrenzfähig zu sein.
- Erprobung und Optimierung von Fertigungstechnologien für die PEM-Stackproduktion.
- Untersuchung von Alterungsmechanismen von PEMFC-MEA und Stacks.
- Untersuchung von neuen Materialien für die Bipolarplatten.
- Entwicklung platinfreier Katalysatoren für die MEA.
- Optimierung von Dichtungsmaterialien für den PEM-Stack

SOFC-Brennstoffzellenstack

F&E-Aktivitäten Kategorie 1:

- Für SOFC-Zellen wird angestrebt, die Abhängigkeit der Leistungsdichte von der Betriebstemperatur zu verringern und gleichzeitig deren mechanische Festigkeit, Robustheit und Zyklisierbarkeit zu verbessern.
- Das Wärmemanagement auf Stackebene ist durch neue Designlösungen in Kombination mit dem Einsatz neuer Werkstoffe zu optimieren.

- Die Redoxstabilität der Stacks und die thermische Zyklisierbarkeit sind wichtige Voraussetzungen für die Entwicklung serientauglicher SOFC-Systeme kleiner Leistung, da bei den kleineren Systemen eine Spülung mit Stickstoff nach wenigen Zyklen ausgeschlossen ist.
- Die Entwicklung standardisierter Lebensdauertests unter dynamischen Betriebsbedingungen und die Analyse von Degradationsmechanismen sind erforderlich.
- Der Nachweis der Skalierbarkeit von SOFC-Stacks hin zu größeren Leistungen (5, 20 kW) ist erforderlich, um Stückzahleffekte zu erreichen, die es erst ermöglichen, bei kleinen Leistungen die kritischen Zielkosten zu erreichen.
- Optimierung von Dichtungsmaterialien für SOFC-Stack

Gesamtsysteme für die Hausenergieversorgung

F&E-Aktivitäten Kategorie 1:

- Die PEM- und SOFC- Systementwicklung von Heizgeräten ist verstärkt im Fokus um neben den funktionalen Zielen wie hohen Wirkungsgraden und Standzeiten auch qualitativ hochwertige und robuste Geräte zu erhalten.
- Als neues Aufgabengebiet muss die Einbindung von Brennstoffzellen der Hausenergieversorgung in intelligente Energiesysteme (Smart Grid, virtuelles Kraftwerk) vorangetrieben werden.

F&E-Aktivitäten Kategorie 2:

- Komponentenentwicklung hin zu standardisierten, hinsichtlich Qualität und Preis serientauglichen Bauteilen.
- Die weitere Entwicklung von langzeitstabilen, medienbeständigen und kostengünstigen Komponenten (Pumpen, Ventile, Lüfter, Wärmetauscher, Sensoren, Befeuchter, Luftfilter).

Methoden

F&E-Aktivitäten Kategorie 1:

- Die Simulation der Stacks sowie des Systems ist erforderlich.
- Die Mitarbeit und Gestaltung der internationalen Normen ist dringend geboten, um Wettbewerbsvorsprünge zu halten und Arbeitsplatzeffekte zu erzielen.
- Die Qualifizierung des Handwerks im Projekt Callux wird fortgesetzt.

Derzeit nicht durchführbare, aber wünschenswerte F&E-Aktivitäten (fehlende Finanzierungsmöglichkeit seitens der Industrie):

- Betrieb eines Prüflabors für Brennstoffzellenstacks.

5.3.2 Demonstrationsvorhaben

Technologievalidierung und Marktvorbereitung sollen innerhalb der Demonstrationsprojekte realisiert werden.

Es werden Erfahrungen mit größeren Stückzahlen gesammelt, die Zuverlässigkeit und die Reproduzierbarkeit gesteigert, das Nutzerverhalten analysiert, die Installation und Wartung durch Handwerker erprobt, sowie Markthemmnisse für den kommerziellen Einsatz identifiziert und - soweit innerhalb des Programms möglich - abgebaut.

Die Lieferkette wird durch Zusage von Mindeststückzahlen in Gang gesetzt und für Zulieferer ein erster Markt geschaffen. Auch die Auswirkungen dezentraler Energieerzeugungsanlagen auf elektrische Netze sollen untersucht werden und virtuelle Kraftwerke mit kleinen dezentralen Erzeugern erprobt werden. Weiterhin führen die gewonnenen Ergebnisse zu zielgerichteten F&E-Arbeiten für die nächste Generation der Brennstoffzellensysteme und dienen der Optimierung der Produkte zur vollen Marktfähigkeit.

Die Marktpartner wie Installateure, Planer, Architekten, Hochschulen und Endkunden sollen durch die Demonstrations- und Leuchtturmprojekte sowie Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen auf die Markteinführung der Brennstoffzellensysteme für die Hausenergieversorgung vorbereitet werden.

Die Kundenakzeptanz wird ebenso eine große Rolle beim Aufbau und Betrieb von Leuchtturmprojekten spielen wie die Weiterentwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen und die Verifizierung der CO₂-Einsparpotenziale.

Eine für den Markterfolg nach wie vor wichtige Maßnahme ist die erfolgreiche Umsetzung einer Kostendegression der Geräte. Hierzu sind aufbauend auf die in CALLUX erreichten Ziele weitere Demonstrationsvorhaben notwendig, die dann den Fokus auf eine in die Fläche gehende Installation der bereits im EP2.1 formulierten Stückzahlen von kumuliert 2250 Geräten legt. Nach den in der ersten Phase erreichten voraussichtlichen 1000 installierten Brennstoffzellen-Heizgeräten wird eine Installation weiterer ca. 1250 - 2000 Systeme, abhängig von der Anzahl der beteiligten Hersteller, der Leistungsgröße und der Kosten je System, im Zeitraum bis 2015 folgen müssen. Dieses sollte, wie Callux im Rahmen des NIP, als F&E begleitende Demonstration mit Kostenzuschuss für die Anlagen erfolgen. Dazu wird ein vereinfachtes, standardisiertes Antrags- und Genehmigungsverfahren vorgeschlagen, bei dem die Projektförderung als Kostenzuschuss pro Gerät und zugehörigem Service dem gewerblichen Betreiber gewährt wird.

Um eine vernünftige Deckelung des Budgets zu erreichen und den unterschiedlichen Entwicklungsständen einzelner Technologien und Anbietern Rechnung zu tragen, wird das Budget und Stückzahl je Hersteller sinnvoll definiert. Der Betrieb der Anlagen wird maximal bis Ende 2016 gewährt. Es wird bei einer durchschnittlichen Leistung von 1,0 kW je Anlage von einem Fördervolumen von ca. 35 Mio. Euro ausgegangen.

Dieses erweiterte Demonstrationsprogramm wird auch als Pilotphase für die im Projekt CALLUX entwickelten Bildungsmedien in der breiteren Anwendung genutzt.

Im Anschluss an diese Pilotphase muss die breite Einführung der Technologie durch ein Markteinführungsprogramm begleitet werden. Aus heutiger Sicht ist damit zu rechnen, dass erste Anlagen ab 2014 – unterstützt durch ein solches Programm – für den Markteintritt bereit sind.

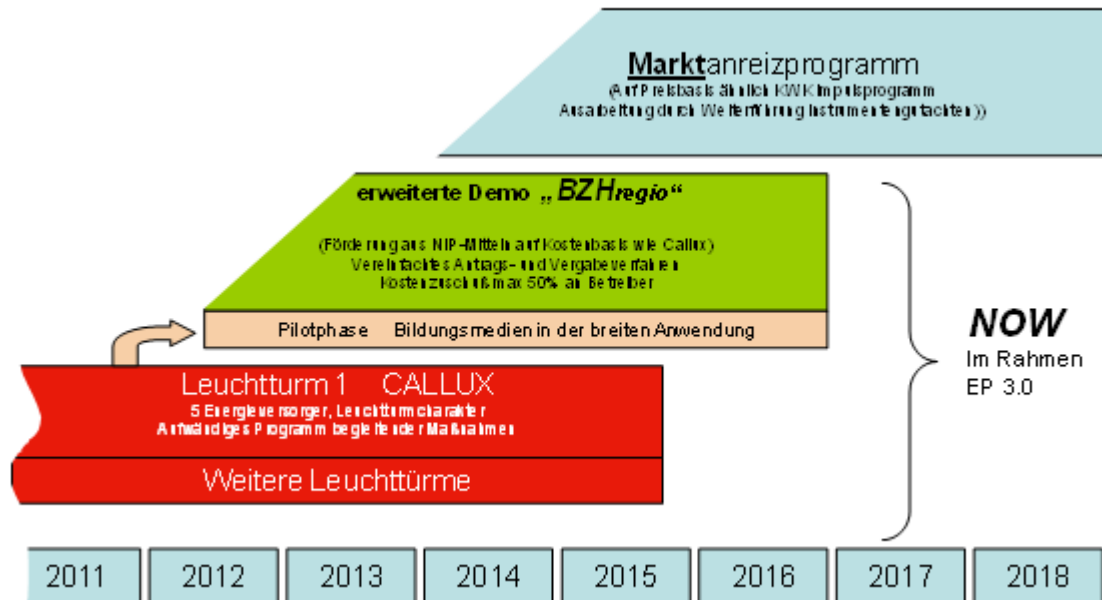


Abbildung 5-3: Entwicklungsplan von kostenbasierter Förderung von F&E und Demonstration zu preisbasierten Markteinführungsinstrumenten

5.3.3 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets

Um die Marktreife der Brennstoffzellen in der Hausenergieversorgung gegenüber traditionellen Technologien zu erreichen, sind weiterhin noch erhebliche F&E-Aufwendungen erforderlich. In der ersten Phase des NIP sind im Bereich der Hausenergieversorgung Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von gut 56 Mio. Euro gefördert worden (S. Tab. 5-1).

	2007	2008	2009	2010	Gesamt
BMVBS	-	2.413	7.127	8.743	18.283
BMWi	12.449	10.063	9.514	5.890	37.916
Summe	12.449	12.476	16.641	14.633	56.199

Tabelle 5-1: Projektausgaben Hausenergieversorgung bis 2010 (Angaben in T€)

Durch die aktuell festgestellten noch erheblichen F&E-Aufgaben und der bereits eingetretenen leichten Verzögerung beim Start der bereits laufenden Demonstrationvorhaben, müssen sinnvolle Anpassungen an der Phasen- und Budgetplanung vorgenommen werden, ohne die ambitionierten Ziele des Gesamtvorhabens aus den Augen zu verlieren.

Es wird daher empfohlen die Demonstration zeitlich zu verlängern – möglichst bis spätestens 2016 – und auf weitere Hersteller und Anwender auszudehnen.

Forschung und Entwicklung

Der Umfang an durchführbaren F&E-Projekten wird für den Zeitraum bis 2016 auf etwa 125 Mio. Euro Projektbudget abgeschätzt. Dabei handelt es sich lediglich um die anwendungsorientierte F&E, die durch Kooperationen zwischen Industrie und Wissenschaft erfolgen soll.

Tabelle Abb. 5-4 zeigt bei F&E eine Aufteilung nach den Themengebieten Gaserzeugung, Stack, Gesamtsystem und Methoden.

Unter Gaserzeugung wird im Wesentlichen der Erdgasreformer verstanden. In dem Bereich Stack sind Zell- und Stackentwicklung für die PEMFC- und SOFC-Technologie zusammengefasst. Der Begriff Gesamtsystem umfasst die Entwicklung und Integration der Komponenten. Die Methoden beinhalten Simulationsverfahren und die Entwicklung zeitraffender Tests sowie die Vertretung in internationalen Normungsgremien.

Eine weitere Detaillierung der Themen ist in der Anlage zu finden.

Demonstration

Der Bedarf an Demonstrationsanlagen wird mit den Jahren ansteigen, um Kosten zu senken, die Fertigung aufzubauen und die Lieferketten zu stabilisieren. Die Steigerung der installierten Brennstoffzellenheizgeräte ist im Projekt CALLUX an das Erreichen ehrgeiziger Meilensteine gebunden.

Aufgeführt sind Projektbudgets für die Anlagen, die überwiegend durch Kooperationen zwischen Energieversorgungsunternehmen und Geräteherstellern (aktuell im Projekt CALLUX) bei Endkunden installiert werden. Die Betriebszeit jedes installierten BZH ist im Schnitt auf drei Jahre angesetzt worden und berücksichtigt im Budget die Investitions-, Installations- und Betriebskosten. Weiterhin sind in dem Budget Kosten berücksichtigt, um Aus- und Weiterbildung im Handwerk voranzutreiben, und um Projekte, die sich mit der Einbindung der Brennstoffzellen-Heizgeräte in bestehende und sich verändernde Infrastrukturen für Strom und Gas beschäftigen.

Das gesamte Projektvolumen für Demonstrationen wurde im EP 2.1 mit rd. 140 Mio. Euro veranschlagt. Es wird erwartet, dass sich in den nächsten Jahren weitere Systemanbieter mit Demonstrationsanlagen beteiligen werden. Mit dem neu vorgeschlagenen erweiterten Demonstrationsprogramm *BZHregio* mit bis zu 2000 Anlagen (ca. 70 Mio. Euro) liegt der gesamte Projektmittelbedarf für alle Demoprojekte der Hausenergieversorgung bis 2016 bei 174 Mio.

Gesamtbudgetrahmen

Insgesamt liegt der neu bewertete kumulierte Mittelbedarf für F&E und Demonstration in der Hausenergieversorgung für die Phase II des NIP bei rund 275 Mio. Euro

(s. Tabelle 5-2). Die Addition der Projektausgaben aus Phase I und der Ressourcenallokation für Phase II liegt mit rund 331 Mio. Euro deutlich unter den im EP 2.1 veranschlagten Rahmen von 500 Mio. Euro.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Summe
Forschung und Entwicklung							
Gaserzeugung	3.250	3.250	3.250	2.380	2.380	2.380	16.890
PEMFC Stack	3.220	3.220	3.220	3.390	3.390	3.390	19.830
SOFC Stack	5.700	5.700	5.700	5.380	5.380	5.380	33.240
Gesamtsystem	9.260	9.260	9.260	7.560	7.560	7.560	50.460
Methoden	920	920	920	460	460	460	4.140
Summe	22.350	22.350	22.350	19.170	19.170	19.170	124.560
Demonstration							
Summe	20.700	32.000	44.700	36.700	16.700	6.800	150.700
Gesamt	43.500	64.350	67.050	55.870	35.870	25.970	275.260

Tabelle 5-2: Ressourcenallokation im Bereich Hausenergieversorgung (Angaben in T€)

Um die wirtschaftliche Nachhaltigkeit des NIP sicherzustellen, sollte ab 2013 zeitlich überlappend und auf der Basis eines aktualisierten Instrumentengutachtens ein Markteinführungsprogramm die breite kommerzielle Markteinführung der ersten serienreifen BZH stützen.

6 Entwicklungsplan „Stationäre Industrieanwendungen“

Die globale Energieversorgung bietet als Wachstumsmarkt breiten Raum für Brennstoffzellen in stationären Industrieanwendungen. Weltweit besteht bei stark steigendem Energieverbrauch und sinkender Ressourcenverfügbarkeit ein gewaltiger Bedarf an effizienten Technologien zur Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte. Allein in Europa werden bis zum Jahr 2030 nach einem Expertenausblick von VDMA Power Systems zum Strommix der EU 27 über 1.000 Mrd. Euro in 800 GW neue Stromerzeugungsanlagen investiert. Daneben werden jährlich tausende Schiffe mit Energieversorgungsanlagen ausgerüstet. Brennstoffzellen-Industrieanlagen können mit jährlich über 1 GW installierter Leistung ein Milliardenmarkt für die Industrie in Deutschland und Europa werden. Derzeit arbeiten bei jährlichen Investitionen im kleineren zweistelligen Millionenbereich einige Hundert Menschen in der Erforschung und Entwicklung sowie Demonstration von BZ-Technologien für Industrieanwendungen. Bei einer Milliarde Euro jährlichem Umsatz kann mit bis zu 10.000 direkt und indirekt Beschäftigten in Deutschland gerechnet werden, wenn es gelingt die Industrie hier auszubauen.

Die dezentrale Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte in Brennstoffzellen zur Versorgung von Industrie und Gewerbe ermöglicht Gesamtnutzungsgrade von über 90 % der eingesetzten Primärenergie bei elektrischen Wirkungsgraden von über 50 %. Der erzeugte Strom kann selbst verbraucht oder in das Netz eingespeist werden. Der hohe elektrische Wirkungsgrad reduziert Ressourcenverbrauch und der CO₂-Emissionen auch gegenüber klassischer Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) um bis zu 20 %; gegenüber der konventionellen Erzeugung von Strom und Wärme im Mix sogar um 30 % bis 40 %. Stationäre Brennstoffzellen für Industrie und Gewerbe sind eine mittelfristig wettbewerbsfähig verfügbare grundlastfähige Energietechnologie, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden kann. Als Brennstoff wird heute überwiegend noch Erdgas eingesetzt. In mehreren Projekten wurden aber bereits CO₂-neutrale biogene Brennstoffe genutzt. Mittelfristig kann bei zentraler Erzeugung aus erneuerbaren Energien auch Wasserstoff oder Methan sowie langfristig bei CO₂-Abspaltung und Speicherung auch Kohlegas eingesetzt werden. Vorreiter bei der Entwicklung von industriellen BZ-KWK-Anlagen sind die USA und Deutschland. Korea, Japan und China holen durch staatlich forcierte Projekte auf.

Im Bereich der Industrieanwendung sind weitere F&E-Anstrengungen zur Kostenreduktion und Lebensdauerverlängerung von Stack, Balance of Plant und Gesamtsystem sowie weitere Demonstrationsprojekten zum Beweis der Alltagstauglichkeit notwendig. Im Rahmen des NIP liegt der Schwerpunkt bei stationären Industrieanwendungen auf Demonstrations- und Leuchtturmprojekten in verschiedenen Anwendungsbereichen von der dezentralen Erzeugung von Strom und Wärme über Bordenergieversorgung von Schiffen bis zum Brandschutz. In den Projekten sollen technologische Entwicklungen mit verschiedenen Brennstoffen in unterschiedlichsten Anwendungen demonstriert sowie weitere Kundenerfahrung mit Installation, Service und Wartung gesammelt und bewertet werden. Daneben ist eine Flankierung der Markteinführung zum Erreichen von Skaleneffekten erforderlich, wenn die technologischen Entwicklungen erfolgreich an den Markt gebracht und die Industrie in Deutschland ausgebaut werden soll.

6.1 Geltungsbereich

Bei BZ für Industrieanwendungen handelt es sich in der Regel um KWK-Anlagen im Leistungsbereich von einigen 10 kW bis wenige MW. Mehrere hundert große BZ-KWK-Anlagen ab 100 kW sind weltweit im Einsatz. Eine Option ist Trigeneration, d.h. die zusätzliche Erzeugung von Kälte aus der Hochtemperaturabwärme über Absorptionskältemaschinen (KWKK). Auch Quattrogeneration mit Brandschutz durch Sauerstoffreduzierung ist in Industrieanwendungen möglich.

KWK und KWKK mit SOFC

Die SOFC-Technologie wird hauptsächlich in Deutschland, den USA, Japan und Korea entwickelt. Unternehmen aus Deutschland nehmen bei Komponenten der SOFC-Technologie weltweit eine Spitzenposition ein. Lebensdauern über 30.000h wurden mit einer mit einer 100 kWel-SOFC-Anlage bereits vor vielen Jahren nachgewiesen. Die Aktivitäten von Forschungsinstituten und Komponentenherstellern für stationäre BZ im Bereich SOFC konzentrieren sich inzwischen auf planare SOFC-Technologie, die Leistungsdichte und Skaleneffekte bei Massenproduktion verbinden. Die tubulare SOFC-Technologie wurde im Jahr 2008 zurückgefahren. In der planaren Technologie wurden mit kleinerer Leistung 40.000h Standzeit und bis zu 60% Wirkungsgrad AC netto demonstriert. Im Rahmen des NIP werden in den kommenden Jahren mittelgroße SOFC-Anlagen entwickelt und bis 100 kWel skaliert.

KWK und KWKK mit HT-PEMFC

Im Bereich der HT-PEMFC-Technologie werden europäische Unternehmen in der Industrieanwendung aktiv. Die Verstromung von Restgasen mit hohem Wasserstoffanteil mit HT-PEM-Systemen ist im Leistungsbereich von bis zu 100 kWel geplant. Der wichtigste Vorteil der HT-PEM ist die in Relation zur NT-PEM geringere Empfindlichkeit gegenüber CO, die ein vereinfachtes Reformiersystem sowie den flexiblen Einsatz von gasförmigen und flüssigen Treibstoffen wie Ethanol oder Methanol zulässt. Ein weiterer Vorteil der HT-PEM ist das Temperaturniveau von 120 - 160°C, das zum einen eine effiziente stationäre Wärmenutzung ermöglicht, zum anderen an die verwendeten Materialien (im Vergleich zu MCFC und SOFC) geringe Anforderungen stellt. Darüber hinaus können HT-PEMFC Systeme aufgrund der Ähnlichkeit zur PAFC sehr hohe Lebensdauern von 50.000 -100.000 Betriebsstunden erreichen. Die Kostenstrukturen der HT-PEMFC sind aufgrund der bereits genannten Systemvereinfachungen so vorteilhaft, dass die HT-PEMFC Technologie in Zukunft nach Aussage der Hersteller mit verbrennungsmotorischen Systemen konkurrieren kann. HT-PEM Systeme können im Bereich der Industrieanwendung im NIP mit in Deutschland aktiven Partnern durchgeführt werden wenn wesentliche Komponenten in Deutschland entwickelt und gefertigt werden und entsprechende Geschäftsmodelle vorliegen.

KWK und KWKK mit SOFC und HT-PEMFC in Schiffen

Bei der Nutzung von Brennstoffzellen auf Seeschiffen steht die Versorgung mit Wärme und Energie für die Nebenaggregate, die Leistungen bis zu etlichen Megawatt erreichen können, im Fokus der Entwicklungs- und Demonstrationsaktivitäten im Rahmen des NIP. Für die Zukunft sind dabei überwiegend modulare Einsätze in mehreren räumlichen Segmenten der Schiffe geplant. Die eingeplanten SOFC- und HT-PEM-Systeme haben zwar noch nicht die vollständige technische

Reife erreicht, sind aber über den F&E Status hinaus. Die parallele Weiterentwicklung mehrerer Technologien mit verschiedenen Industriepartnern vermeidet Risiken beim Ausfall einer Technologie oder eines Lieferanten. Ein Hindernis für Brennstoffzellen auf Schiffen war lange der Einsatz billiger Schweröle als Brennstoff. Dieses ändert sich jetzt grundlegend, da Erdgas als Schiffsbrennstoff bereits in den nächsten Jahren breite Anwendung finden wird. Bei der Weiterentwicklung der Systeme lassen sich Synergien mit stationären Anlagen realisieren.

Mengeneffekte durch Skalierung von PEMFC

Im Bereich der PEMFC Systeme gibt es in Europa Projekte mit Komponenten aus Deutschland zur Entwicklung und Demonstration von Anlagen für stationäre Industrieanwendungen, die mit Wasserstoff aus chemischen Prozessen betrieben werden. Vergleichbare Projekte, die Skaleneffekte bei Komponentenherstellern vergrößern und damit die Marktvorbereitung zukünftig wettbewerbsfähiger BZ-Produkte beschleunigen, sollten im NIP nur mit in Deutschland aktiven Partnern durchgeführt werden, wenn wesentliche Komponenten hier entwickelt und gefertigt werden sowie entsprechende Geschäftsmodelle vorliegen.

Brandschutz mit PAFC - Weiterentwicklung mit PEMFC und HT-PEMFC

Unternehmen aus den USA und Japan haben PAFC-Systeme mit vergleichsweise geringen Gesamtwirkungsgraden entwickelt, die sich für den deutschen und europäischen KWK-Markt wenig eignen. Durch Nutzung der sauerstoffarmen Kathodenabluft, kann die KWKK oder TriGeneration (Strom, Wärme, Kälte) um das Produkt Brandschutz auf QuattroGeneration erweitert werden. Hierbei können Gesamtnutzungsgrade von weit über 90% erreicht werden. Anwendungsmöglichkeiten gibt es etwa in Rechenzentren oder Tiefkühlagarn in denen Brandschutz mit großem und stetigem Energiebedarf kombiniert sind. Die Technologie eines Entwicklers aus Deutschland zur Validierung des Brandschutzes basiert bisher auf einem PAFC System aus Japan. Wenn Systeme aus Ländern außerhalb der EU im Rahmen des NIP eingesetzt werden, sollte die Förderung auf die Peripherie begrenzt oder die Förderquote deutlich reduziert werden. BZ-Brandschutz sollte im NIP nur dann unterstützt werden, wenn die Anwendung mit anderen Technologien weiter entwickelt wird und/oder wesentliche Komponenten in Deutschland gefertigt werden. Wenn die kommerzielle Anwendung des Gesamtsystems erfolgreich demonstriert wird, eröffnen sich neue Anwendungsbereiche auch für PEM und HT-PEM Systeme sowie Komponenten aus Deutschland und Europa.

KWK und KWKK mit MCFC

Die Entwicklung und Demonstration von Brennstoffzellenanlagen nach der MCFC-Technologie wurde bis Dezember 2010 mit erheblichem Einsatz privater und öffentlicher Mittel in Deutschland vorangetrieben. Durch den Ausstieg eines privaten Investors wird die Technologieentwicklung zurzeit nicht mehr aktiv vorangetrieben. Der Technologie wird in Korea und USA allerdings ein hohes Potenzial beigemessen. Daher wird zurzeit geprüft, ob eine intensivere Erforschung und Weiterentwicklung der Technologie die Möglichkeit zur Verbesserung der Leistungsdaten liefern kann und damit neue Chancen für die Technologie offeriert werden. Aufgrund der Verkaufs- und Produktionserfolge insbesondere in Korea wird die KWK und KWKK mit MCFC-Technologie weiter als erfolgversprechend eingeschätzt. Bei entsprechendem Engagement der Industrie in Deutschland können weitere

Demonstrationsprojekte mit MCFC-Technologie im Rahmen des NIP durchgeführt werden.

6.2 Entwicklungsplan

Die Funktionalität und die Vorteile von Brennstoffzellen werden in verschiedenen Industrieanwendungen in Demonstrationsanlagen unter Beweis gestellt. Anlagen werden in Mehrfamilienhäusern, Gewerben, in Telekommunikations- und Industrieeinrichtungen, bei Energieversorgungsunternehmen und in Schiffen eingesetzt. Weitere Entwicklungen und Erfahrungen sind erforderlich, um die Zuverlässigkeit zu verbessern, die Komplexität der Systeme zu verringern und die Kosten zu senken. Der in Abbildung 6-1 dargestellte Entwicklungsplan stellt die hierfür wesentlichen Aktivitäten dar. Er beschreibt ein Programm, in dem F&E- und Demonstrationsaktivitäten eng aufeinander abgestimmt und spätestens 2013 von einem Technologieeinführungsprogramm jenseits flankiert werden müssen, wenn das politische Ziel wettbewerbsfähiger Anlagen vor dem Jahr 2020 für den weltweiten Energieversorgungsmarkt durch den Ausbau der Industrie in Deutschland im internationalen Wettbewerb wie politisch gewünscht erreicht werden soll.

6.2.1 Status der NIP-Umsetzung

Der Programmbereich „Stationäre Anwendungen – Industrie“ setzte sich Mitte 2011 aus 18 Vorhaben zusammen, die bei Genehmigung der Anträge und Durchführung der geplanten Projekte ein Gesamtbudget von 84,7 Mio. Euro bzw. eine Förderung von 40,4 Mio. Euro bedeuten. Im Gesamtprogramm nimmt der Bereich Stationäre Industrieanwendungen damit etwa 11 % des Projektvolumens ein. In Folge der Wirtschaftskrise haben potenzielle Betreiber von großen stationären Anlagen ihre Planungen verzögert, zurückgestellt oder Projekte aufgegeben. In der Konsequenz konnten bei der MCFC-Technologie die serielle Fertigung nicht anlaufen und die Kosten kaum gesenkt werden. Damit befand sich die MCFC-Technologie im Stückzahl-Preis-Dilemma, das durch das NIP eigentlich aufgelöst werden sollte. Der Industriepartner hat Ende 2010 den Ausstieg aus der MCFC-Technologie angekündigt und Mitte 2011 vollzogen.

Die Installationen im Bereich „Stationäre Industrieanwendungen“ liegen deutlich unter Plan. Laut Entwicklungsplan NEP 2.1 sollte zwischen 2006 und 2010 eine installierte Leistung von bis zu 54 MW erreicht werden. Mit 0,5 MW installiert und ca. 3 MW in Planung war dieses Ziel Mitte 2011 in keiner Weise erreicht.

Mit dem Ausstieg des SOFC-Systementwicklers sind die Aktivitäten mit tubularen SOFC für die Industrieanwendung in Deutschland zum Erliegen gekommen. Im Bereich der planaren SOFC hingegen wurden die Entwicklungsanstrengungen von Instituten, System- und Komponentenherstellern erheblich intensiviert. Im letzten Drittel des NIP-Zeitrahmens können SOFC-Systeme voraussichtlich auch im höheren Leistungsbereich im Feld getestet werden. Seit 2008 arbeitet ein Konsortium aus Zulieferern und Entwicklern an der Konzeption eines modular aufgebauten SOFC-Systems mit planaren CFY-Stacks im Leistungsbereich unter 100 kWel, mit dem bei gleichzeitiger Auskopplung von Hochtemperaturwärme über 60% elektri-

scher Wirkungsgrad möglich sind. Ein weiteres Konsortium entwickelt planare SOFC-Stacks auf Basis metallischer Interkonnektoren, die ebenfalls zu größeren Modulen verbaut werden sollen. Kleinere Systeme wurden als SOFC-Versuchsanlagen über mehrere tausend Stunden unter Feldbedingungen mit realem Biogas aus biogenen Reststoffen bzw. Klärgas getestet. Diese Systeme bilden die technische Basis für die Hochskalierung der Biogas-SOFC auf > 20 kWel. Mit zunehmendem Interesse an der SOFC in Deutschland und Europa werden Entwickler im Bereich der stationären Brennstoffzellensysteme für Industrieanwendungen tätig. Bei der Durchführung und Priorisierung von Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet der SOFC im mittleren Leistungsbereich ist es gelungen auch im Stack komplett deutsche oder zumindest europäische Wertschöpfungsketten zu schaffen. Wenn es gelingt, in Deutschland leistungsfähige Systementwickler und -integratoren aufzubauen, entsteht hier ein zweiter Schwerpunkt des NIP im Bereich der Industrieanwendung.

Das Leuchtturmprojekt e4ships wurde mit drei Projektmodulen gestartet. Im Projektmodul SchIBZ mit SOFC-Technologie ist die zu entwickelnde Leistungsklasse etwa 1 MW, in Staffeln von 50 kW Modulen. Im Modul PaXell mit HT-PEM-Technologie soll die Erprobung des Brennstoffzellensystems auf einem Kreuzfahrtschiff erfolgen. Die geforderte Leistungsklasse entspricht in der Grundeinheit etwa 70 - 100 kW bzw. als Gesamtsystem dann ebenfalls bis zu 1 MW. Die Umsetzung erfolgt in modularen Systemen im Industriestandard. Toplaterne ist das übergeordnete Projektmodul zur Steuerung der Projektaktivitäten. Außerdem werden hier die relevanten Aktivitäten im Bereich Codes und Standards, bei der strategischen politischen Einbindung im europäischen und internationalen Kontext (IMO-Regelungen etc.) sowie die Kommunikationsaktivitäten ausgeführt.

Die Brandschutzanwendung der anodengas-getrennten Brennstoffzellentypen ist bisher im NIP nicht berücksichtigt. Ein deutsches Unternehmen hat im Rahmen eines F&E-Projektes des Landes Mecklenburg-Vorpommern ein BZ-System zum präventiven Brandschutz entwickelt und am Standort Wismar in Betrieb genommen. Das PAFC-System erzeugt Strom, Wärme sowie Kälte für die industrielle Anwendung und sichert Brandschutz durch Sauerstoffreduzierung. Kraft-Wärme-Kälte-Sicherheits-Kopplung kann auf Basis verschiedener Brennstoffzellentypen und verschiedenen Leistungsklassen im Rahmen des NIP demonstriert werden.

Die Industrieanwendungen sind mit den Bereichen MCFC, SOFC, HT-PEMFC, evtl. PEMFC und PAFC in Deutschland in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Die MCFC-Technologie stand vor der breiteren Markterprobung und Kleinserienfertigung. Der Ausstieg des Industrieentwicklers aus der MCFC-Technologie zeigte allerdings, dass auch in dieser Technologie noch erhebliche technische Herausforderungen gemeistert werden müssen. Vor einem eventuellen Neustart müssen konkrete Meilensteine zu Kosten, Stromdichte, Lebensdauer und Anlagenkomplexität definiert und mit Entwicklungserfolgen erreicht werden.

Im Bereich MCFC hatte der Industriepartner in Deutschland in den letzten Jahren vor allem die Zellentwicklung vorangetrieben. So sind beachtliche Fortschritte hinsichtlich Leistungsdichte und Standfestigkeit erzielt worden. Was nicht erreicht wurde, sind Kostensenkungen der BoP sowie der serielle Zellproduktion. Wesentliche Ursache war die fehlende Lernkurve aufgrund fehlender Installationen. In-

dustriepartner in den USA und Korea hingegen bedienen bereits nordamerikanische und asiatische Märkte, um auch über Stückzahlen zu den erforderlichen Kostensenkungen zu gelangen. Europa und die BRIC-Länder sind die nächsten Zielmärkte dieser MCFC-Entwickler. Wenn es eine realistische Chance gibt, die erfolgreiche Zellentwicklung in Deutschland mit den Erfolgsfaktoren der Entwicklungen in den USA und insbesondere Korea zu kombinieren, sollte sie genutzt werden. Dies würde den Forschungs- und Entwicklungsstandort Deutschland für die MCFC erhalten und die erheblichen Investitionen einer sinnvollen Verwertung zuführen. Voraussetzung für eine Unterstützung von Demonstrationsprojekten in Deutschland ist der Aufbau eines Produktions-, Vertriebs- und Servicestützpunkts für MCFC-Anlagen in Deutschland.

6.2.2 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Die F&E-Schwerpunkte des Entwicklungsplans zu Kostenreduktion, Anlagenvergrößerung, Komponentenoptimierung und Produktionskapazitätsausweitung gelten für alle im Bereich der Industrieanwendung genutzten Brennstoffzellentechnologien, wenn auch zeitlich versetzt.

In der MCFC-Technologie sind bei Weiterführung der Entwicklungen weitere umfangreiche F&E-Aktivitäten erforderlich, um sowohl Lebensdauer- als auch Kostenziele für die kommerzielle Phase zu erreichen. Signifikante Verbesserungen von Zelleistung & Wirkungsgrad wurden bereits erreicht. Eine kontinuierliche Stabilisierung der Komponenten ist allerdings noch erforderlich. Zur Zelloptimierung müssen hochtemperatur- und korrosionsbeständige Beschichtungen ebenso weiterentwickelt werden wie poröse Metall- und Keramikstrukturen, Pulverwerkstoffe und Isoliermaterial. Die Stack-Mechanik muss optimiert und die Leistungsdichte weiter gesteigert werden. Fertigungsverfahren und Produktionstechnik müssen ebenfalls weiterentwickelt, erprobt und eingesetzt werden. Um erneuerbare Energien effizient einzusetzen, müssen System- und Zelltechnik optimiert an biogene Brennstoffe angepasst werden. Vorrangiges Ziel muss die weitere Produkt- und Kostenverbesserung sein, wenn ein neuer Industriepartner die Entwicklungen in Deutschland weiterführt.

In der SOFC-Entwicklung ist bereits für das Jahr 2015 eine Anlagennutzungsdauer von 120.000 h angestrebt, das entspricht 15 Jahren. Eine Stack-Lebensdauer von mindestens 60.000 Betriebsstunden sind Zielvorgabe und Meilenstein. Die Degradation darf dann nur weniger als 0,1 % pro 1.000 h betragen. Der Gesamtwirkungsgrad soll bei deutlicher Leistungserhöhung schon im Jahr 2015 bis zu 90 % betragen. Elektrische Wirkungsgrade von 60 % sollen 2012 erreicht und 2015 deutlich überschritten werden. Attraktive Nischen bieten sich insbesondere für SOFC mittlerer Größe im Biogasbereich. SOFC-Stacktechnologie steht heute bereits für die 1 kW Klasse auf kommerzieller Basis als Integriertes Stackmodul (ISM) zur Verfügung. Solche Stackplattformen können schon bei Produktionsvolumina von 20 MW/a ein Kostenniveau erreichen, bei dem ein marktfähiger Endkundenpreis für Anwender realisierbar ist. Verschiedenen Entwicklern steht diese Plattform offen, die unter anderem die für stationäre Systeme günstige Dampfremierung nachgewiesen haben. Für Systeme der 10 bis 100 kW Klasse ist es nötig, diese planaren Stacktechnologien zunächst weiter auf z.B. 5 kW pro Stackmodul zu skalieren und dann in einem nächsten Schritt unter Nutzung der

Skaleneffekte identische, kompakte Module zu größeren Einheiten zu gruppieren. Weiterhin muss die Produktionstechnik entwickelt werden. Eine Produktion von relevanten Stückzahlen ist Voraussetzung zur Entwicklung von kostengünstigen und zuverlässigen Prozessen. Die Schwerpunkte der Entwicklung auf der SOFC-Systemebene (außerhalb des Stacks) beinhalten Schwerpunkt des Wassermanagements und Anodenrecyclings bei großen SOFC-Systemen, die Steuerung und Regelung des kompletten Systems unter der gesamten Breite möglicher Betriebszustände sowie der Langzeitbetrieb unter Feld- oder feldnahen Bedingungen.

Im Bereich Hochtemperatur-PEM sind zwischenzeitlich Fortschritte sowohl im Stackdesign in Bezug auf optimierte Flowfields und Kühlung als auch bei der Herstellung und Lebensdauer von Membranen und MEAs erzielt worden. Daher können durch europäische und deutsche Projektpartner F&E-Projekte mit dem Ziel der Weiterentwicklung von HT-PEM-Stacks und zugehörigen Peripheriesystemen durchgeführt werden. Der Einsatz derartiger Systeme ist für modular aufgebaute Schiffs-APUs oder Brennstoffzellen-BHKWs mittelfristig geplant. Mit dem Ziel der massiven Kostensenkung der HT-PEM-MEA wurde der Katalysator bereits drastisch reduziert, der Fertigungsprozess optimiert und Elektrodenmaterialien verbessert. Kurzfristig angestrebt sind verbesserte Katalysatorlegierungen, die Reduktion des Katalysators um weitere 30% und eine Leistungssteigerung um weitere 25%.

Durch die noch nicht erreichte Kommerzialisierung von industriellen Anlagen basierend auf PEM und HT-PEM, muss für die kurzfristige Einführung der Brennstoffzellentechnologie im Brandschutz, auf die PAFC zurückgegriffen werden. Die technische Entwicklung fokussiert sich hierbei auf Sensorik, Ablufführung und Steuerung für verschiedene Anwendungen. Ziel ist die Komponenten in den nächsten Jahren soweit zu standardisieren und weiter zu entwickeln, dass ein Wechsel der bisherigen PAFC- auf PEM- und auf HT-PEM-Systeme möglich ist. Ein weiterer Bestandteil der Entwicklung ist die Zulassung und Zertifizierung dieser Komponenten nach VdS (Verein deutscher Schadensversicherer).

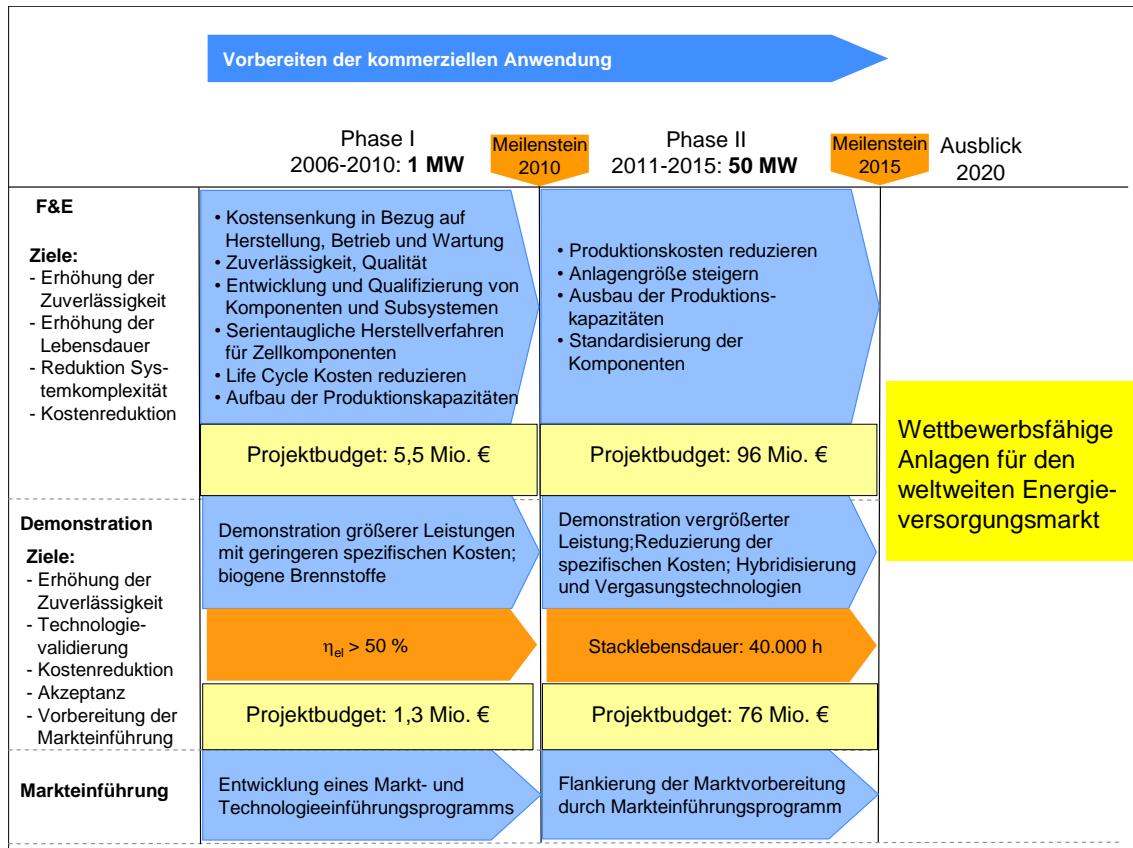


Abbildung 6-6-1: Entwicklungsplan für stationäre Industrieanwendungen

6.2.3 Demonstrationsvorhaben

Technologievalidierung und Marktvorbereitung sollen durch die nationalen Demonstrations- und Leuchtturmprojekte realisiert werden. Hier werden Erfahrungen mit Praxistests neuer Entwicklungen, mit verschiedenen Brennstoffen, mit größeren Leistungen, mit geringeren spezifischen Kosten und mit größeren Stückzahlen gesammelt, die Integration in bestehende Infrastrukturen optimiert und die Zuverlässigkeit gesteigert. Die Demonstrations- und Leuchtturmprojekte werden zur zielgerichteten F&E für die nächste Generation der Brennstoffzellensysteme, zur Optimierung der Produkte und damit zur Erreichung der vollen Marktfähigkeit für die Industrieanwendung genutzt. Sie sind ein wesentlicher Schritt zur Vorbereitung der Markteinführung.

Im Rahmen des NIP waren Mitte 2011 zwölf MCFC-Projekte geplant und zum Teil bereits bewilligt. Weitere Projektskizzen liegen vor. Aufgrund des Ausstiegs des Industriepartners wurden die Projekte gestoppt. Mit neuem Industriepartner können sie im Rahmen des NIP wieder aufgenommen werden, wenn Entwicklung und Produktion in Deutschland ausgebaut werden.

Ein SOFC-Konsortium plant innerhalb von drei Jahren ein 20 kW-System für KWK (Erdgas) auf Basis modular verschalteter planarer Stackmodule von je 5 kW zu entwickeln. Die Entwicklungskosten werden auf insgesamt 20 Mio. Euro geschätzt. Drei Jahre nach Programmstart kann mit dem Bau von bis zu zehn De-

mo-Systemen begonnen werden, Herstellkosten pro Demo-System sollen unter 15.000 Euro/kW liegen. Drei Jahre nach Programmstart können Derivate aus dem System abgeleitet werden, z.B. größere Systeme auf Basis des 5 kW Stackmoduls sowie Biogasvarianten. Fünf Jahre nach Projektstart sollen feldtestfähige Systeme zu Kosten < 5.000 Euro/kW bei Produktionsstückzahlen von 200 Systemen pro Jahr vorliegen. Kosten für das komplette installierte SOFC System von 1.500 €/kW sind laut Entwickler bei jährlichen Produktionsstückzahlen von 50 bis 100 MW pro Jahr erreichbar. Durch die Grundlastfähigkeit können insbesondere kleinere SOFC hinsichtlich Wirkungsgrads, Kosten pro kW und Wartungsaufwand früh mit kleinen Motor-BHKW konkurrieren.

Zur Bordstromversorgung von Schiffen sind sowohl sind Test und die Demonstration nicht nur von SOFC- Systemen, sondern auch von HT-PEMFC-Systemen geplant. Von dort ausgehend können nach erfolgreichem Abschluss der Entwicklungsarbeiten von 50 kW Modulen auf Basis der HT-PEMFC Technologie etwa insgesamt 2 MW (40 Module) der HT-PEMFC Technologie in verschiedenen Industrieanwendungen demonstriert werden. Ein weiterer Industriepartner plant die Demonstration von HT-PEMFC-Systemen für die Strom- und Wärme- sowie Kälteversorgung von Mehrfamilienhäusern und Gewerbe, Industrieanlagen und große Wohnanlagen. Zunächst ist etwa gemeinsam mit Immobilienunternehmen der Einsatz von bis zu 20 Anlagen mit BZ-Systemen mit einer elektrischen Leistung von 10 kW geplant, die später modular zu 50 kW-Systemen weiterentwickelt und in acht großen Anlagen demonstriert werden sollen.

Das im Rahmen des NIP geplante F&E- und Demonstrationsprojekt zur QuattroGeneration soll einen Praxistest und einen Feldtest von bis zu zehn Systemen bei verschiedenen Kunden inklusive Installation, Inbetriebnahme, Service und Wartung beinhalten. Die Systeme sollen unter verschiedenen Einsatzbedingungen in die bestehende Infrastruktur von Rechenzentren und Tiefkühlagerhallen eingebunden und erprobt werden. Ziele der ersten Phase sind Technologievalidierung, Kostenreduzierung des Systems, Aufbau eines Wartungs- und Servicecenters, Qualifizierung von technischem Personal und Imagegewinn der BZ-Technologien. In einer anschließenden zweiten Phase sollen die Erkenntnisse aus der PAFC-Technologie zur Nutzung der sauerstoffarmen Abluft auf andere Brennstoffzellentypen übertragen werden. Der Übergang von QuattroGeneration aus der Entwicklung in den Markt kann im Rahmen des NIP begleitet werden, wenn sich die Förderung auf die in Deutschland entwickelten und gefertigten Komponenten konzentriert die Förderquote reduziert wird. Mit Hilfe des Marktvorbereitungsprojektes können bei Unterstützung der BoP, der Systemintegration, von Service und Betrieb nach Aussage des Projektentwicklers kurzfristig Verkaufsstückzahlen von 20 Systemen pro Jahr erreicht werden. Mittelfristig erlaubt der Markt Stückzahlen von bis zu 40 Systemen. Die Markteinführung soll zunächst auf Deutschland fokussiert werden. Mittelfristig soll der Vertrieb dann auf europäische Nachbarländer ausgeweitet werden.

6.2.4 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets

Tabelle 6-1 zeigt die in den Jahren 2007 bis 2010 tatsächlich aufgewendeten Mittel in Höhe von 42,4 Mio. Euro in Vorhaben, die vom BMWi bzw. vom BMVBS gefördert wurden.

	2007	2008	2009	2010	Gesamt
BMVBS	-	2.249	1.805	9.003	13.057
BMW i	8.534	7.084	7.754	5.971	29.343
Summe	8.534	9.333	9.559	14.974	42.400

Tabelle 6-1: Projektausgaben Stationäre Industrie bis 2010 (Angaben in T€)

Um die Marktreife der Brennstoffzellen in der Industrieanwendung gegenüber traditionellen Technologien zu erreichen, ist zunächst noch die Fortschreibung der F&E-Aufwendungen erforderlich. Der Gesamtbedarf wird in dem Zeitraum bis 2015 auf etwa 96 Mio. Euro Projektbudget abgeschätzt (s. Tabelle 6-2). Bei Fortführung der MCFC-Aktivitäten in Deutschland müsste das F&E-Budget für Industrieanwendungen um etwa 9 Mio. Euro aufgestockt werden. Dabei handelt es sich um Mittel für Aufgaben vor allem im Bereich der angewandten Forschung, die mit dem laufenden Etat des BMW i und aus Investitionen der Industrie anteilig finanziert werden, zusätzliche angewandte Forschung und Strategiefindung im Rahmen des NIP und darüber hinaus.

Der Demonstrationsbedarf schwankt über die Zeit mit der Entwicklung neuer Technologien und sinkt mit der Möglichkeit demonstrierte Anlagen frühzeitig in den Markt einzuführen. Entsprechend dem BMW i-Instrumentengutachten, das Anfang 2011 aktualisiert wird, ist im Bereich Industrieanwendung bereits ab 2012 zum Erreichen von Skaleneffekten eine zusätzliche Flankierung der Markteinführung etwa über das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz und einen differenzierten und degressiv ausgestalteten Investitionskostenzuschuss sinnvoll und erforderlich.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Summe
Forschung und Entwicklung							
SOFC	6.000	15.400	20.000	15.000	3.000	-	59.400
HT-PEMFC	7.012	11.000	10.000	6.000	1.000	-	35.012
PAFC	230	950	500				1.680
Summe	13.242	25.050	26.500	21.500	4.000	-	96.092
Demonstration und Marktvorbereitung							
SOFC		500	2.400	8.000	11.000	-	21.900
HT-PEMFC		6.080	12.000	14.000	14.000	-	46.080
PAFC	1.300	5.840	810				7.950
Summe	1.300	12.420	31.210	22.000	19.000	-	75.930
Gesamt	14.542	47.470	62.710	43.500	29.000	-	172.022

Tabelle 6-2: Ressourcenallokation im Bereich Industrieanwendungen (Angaben in T€)

Demonstration und Markteinführung sind an das Erreichen kritischer Meilensteine bei Wirkungsgrad und Stacklebensdauer gebunden. Beispielhaft sind Projekte, die durch Kooperationen zwischen Energieversorgungsunternehmen oder anderen Anwendern wie Krankenhäusern oder IT-Betreibern und Anlagenherstellern instal-

liert werden. In den Planzahlen für Demonstrationsprojekte sind Kosten berücksichtigt, um Aus- und Weiterbildung bei den Betreibern voranzutreiben, und Projekte, die sich mit der Einbindung der Brennstoffzellen in bestehende und sich verändernde Infrastrukturen für Strom und Gas beschäftigen, zu finanzieren.

Das gesamte Projektvolumen für Demonstrations- und Leuchtturmprojekte sowie kleinere Marktvorbereitungsaktivitäten beträgt von 2011 bis 2015 rund 76 Mio. Euro (s. Tabelle 6-2). Bei Fortführung der MCFC-Aktivitäten in Deutschland müsste das Demo-Budget für Industrieanwendungen um etwa 45 Mio. Euro aufgestockt werden. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ideen für die MCFC in der Phase II des NIP entsprechend der Planung der Forschung und Industrie.

ggf. MCFC in Phase II	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Summe
Forschung und Entwicklung	-	3.000	3.000	2.000	1.000	-	9.000
Demonstration und Marktvorbereitung	-	5.000	15.000	15.000	10.000	-	45.000
Summe	-	8.000	18.000	17.000	11.000	-	54.000

Tabelle 6-3: Zusätzliche Ressourcenallokation im Bereich Industrieanwendungen bei Fortführung der MCFC-Aktivitäten in Deutschland (Angaben in T€)

Insgesamt liegt der neu bewertete kumulierte Mittelbedarf für F&E und Demonstration in der Industrieanwendung von 2011 bis 2015 mit 172 Mio. Euro im Bereich der im NEP 2.1 veranschlagten Rahmen von 250 Mio. Euro. Um die wirtschaftliche Nachhaltigkeit des NIP sicherzustellen, sollte ab 2012 zeitlich überlappend und auf der Basis des aktualisierten BMWi-Instrumentengutachtens ein Markteinführungsprogramm die breite kommerzielle Markteinführung der serienreifen BZ-KWK-Anlagen stützen. Mit der Aktualisierung des BMWi-Instrumentengutachtens zur Markteinführung stationärer Brennstoffzellen wird ein entsprechendes Programm vorbereitet, das in der Umsetzung des Energiekonzepts der Bundesregierung zur Anwendung kommen kann. Spätestens 2012 ist der Einsatz eines unkomplizierten, degressiven und zeitlich befristeten Instrumentariums erforderlich, das an technischen wie ökonomischen Meilensteinen ausgerichtet und mit Abbruchkriterien versehen ist für den Fall, dass Ziele nicht erreicht werden.

7 Entwicklungsplan „Spezielle Märkte für Brennstoffzellen“

7.1 Die Speziellen Märkte

7.1.1 Wirtschafts- und industriepolitische Bedeutung

Nach Studien der Marktforschungsunternehmen Freedonia (2008) und Pike Research (2009) wird für das Jahr 2017 ein globaler Markt für Brennstoffzellen von insgesamt 8,6 Mrd. US\$ prognostiziert. Für Brennstoffzellen in Speziellen Märkten wird ein Marktanteil in Höhe von 3,24 Mrd. US\$ (38%) erwartet.

Folgende Märkte mit industriepolitisch hoher Bedeutung bieten interessante Applikationspotentiale für die Brennstoffzelle:

- **Stromversorgung Business** (Telekommunikation, Informationstechnologie, Verkehrsleittechnik)

Marktpotentiale für Brennstoffzellensysteme in der Notstromversorgung, gem. o.g. Studien:

- USA im Jahr 2007: 25 Mio. US\$
- USA bis 2012: 200 Mio. US\$
- USA bis 2017: 600 Mio. US\$
- Weltmarkt bis 2012: 600 Mio. US\$
- Weltmarkt bis 2017: 1,8 Mrd. US\$

Im Bereich kritische Telekommunikation wird der Markt für Back-up Systeme mit Brennstoffzellen allein in den USA auf 2-3 Mrd. US\$ geschätzt (Citigroup/CTIA, August 2005).

Im Bereich unterbrechungsfreie Stromversorgung (UPS: Uninterruptible Power Supplies) für Rechenzentren, Krankenhäuser, Sicherheitsbehörden und andere 24/7 netzgebundene Prozesse wird der Markt weltweit auf 4-7 Mrd. US\$ geschätzt (Frost & Sullivan; BCC, 2005).

Gem. Alcatel Lucent und Nokia Siemens Networks besteht ein weltweites Marktpotential für Brennstoffzellensysteme in der Notstromversorgung von 75.000 bis 100.000 Mobilfunk-Basisstationen pro Jahr. Dieses Potential liegt vorwiegend in den Emerging Countries (Afrika, Asien, Südamerika) aufgrund schwieriger Flächendeckung und instabiler Netze sowie in USA ebenfalls aufgrund instabiler Netze.

Moderne ICT (Informations- und Kommunikationstechnologie) dringt immer tiefer in das Wirtschafts- und Privatleben ein. Dabei wird die Zahl der weltweiten Internetnutzer inzwischen auf 1,6 Milliarden geschätzt.

Immer leistungsfähigere Dienste und wachsende Datenübertragungsraten führen dabei zu einem ansteigenden Stromverbrauch in der ICT-Infrastruktur. Die Energieeffizienz von Netzinfrastuktur und Rechenzentren soll daher gesteigert werden und ist von großer Bedeutung für den Klimaschutz.

Jede Kilowattstunde Strom, die nicht aus dem Stromnetz bezogen wird, vermindert den CO₂-Ausstoß und schont nachhaltig Natur, Umwelt und Ressourcen. Die European Telecommunications Network Operators Association (ETNO) errechnete eine Belastung des Weltklimas durch IT- und Kommunikationstechnik (ICT) von 4,73 Mio. t CO₂. Effiziente und intelligente Technologien, wie z.B. die Brennstoffzelle, in Verbindung mit erneuerbaren Energien, bieten hier ideale Voraussetzungen.

- **Stromversorgung Freizeit** (Caravan (APU), Camping, Berghütte, Boot (APU))

Nach Freedonia (2008) und Pike Research (2009) wird für das Jahr 2017 ein globaler Markt für Brennstoffzellen in der Lagertechnik in Höhe von 240 Mio. US\$ erwartet.

Marktpotentiale bei Reisemobilen:

- Neuzulassungen in Deutschland (2009):	34.000
- Neuzulassungen in Europa (2009):	155.000
- Neuzulassungen in USA (2007):	300.000

- **Lagertechnik Fahrzeuge** (Gabelstapler, Cargoschlepper, Flurförderzeuge, Hubwagen, Förderbandwagen)

Der globale Gabelstapler-Markt hat nach Gaines (2008) heute einen Wert von 6 Mrd. US\$.

Nach Freedonia (2008) und Pike Research (2009) wird für das Jahr 2017 ein globaler Markt für Brennstoffzellen in der Lagertechnik in Höhe von 470 Mio. US\$ (370 Mio. Euro bzw. 330 – 860 Mio. Euro gem. einer LBST-Studie „Vergleich von Strom und H₂“ vom Mai 2010) erwartet.

Marktpotentiale für elektrisch angetriebene Gabelstapler:

- Verkaufte Neufahrzeuge in Deutschland (2007):	57.800
- Verkaufte Neufahrzeuge in Europa (2007):	293.170
- Verkaufte Neufahrzeuge weltweit (2007):	524.400

Beitrag zur Erreichung der energiepolitischen Ziele:

Durch den Einsatz von Brennstoffzellen bei Gabelstaplern kann der CO₂ Ausstoß, der geschätzt etwa 1 Mio. t CO₂ per anno beträgt, je nach Wasserstoffherzeugung um mindestens 40% reduziert werden.

- **Sonderfahrzeuge** (Servicefahrzeuge, Kommunale Fahrzeuge / Reinigungsfahrzeuge)

Marktpotential für kommunale Fahrzeuge bei 15 Fahrzeugen pro Kommune in Deutschland: 187.500

Beitrag zur Erreichung der energiepolitischen Ziele:

Verglichen mit herkömmlichen Antriebstechniken haben Brennstoffzellen ein CO₂ Minderungspotential von 50-70% sowie drastisch reduzierte Schadstoff- und Lärm-Emissionen.

- **Elektrische Leichtfahrzeuge** (Fahrräder, Cargo Bikes, Golf-Caddies, Leichtboote (Antrieb), BZ- Elektroroller, Medizinische Fahrhilfen)

Nach Freedonia und Pike Research wird für das Jahr 2017 ein globaler Markt für Brennstoffzellen in Leichtfahrzeugen in Höhe von 32 Mio. US\$ erwartet.

Marktpotentiale von Zustelldiensten (Bedarf an Neufahrzeugen pro Jahr)

- Deutsche Post:	10.000
- La Poste France:	10.000
- Royal Mail, UK:	6.000
- Yamamoto & JP Post, Japan:	25.000
- US Post, USA:	40.000

Beitrag zur Erreichung der energiepolitischen Ziele:

Verglichen mit herkömmlichen Antriebstechniken haben Brennstoffzellen ein CO₂ Minderungspotential von 50-70% sowie drastisch reduzierte Schadstoff- und Lärm-Emissionen.

7.1.2 Besondere Merkmale

Die Speziellen Märkte zeichnen sich vor allem durch folgende Besonderheiten aus:

- sehr stark diversifizierte Märkte mit neuen und z.T. schnell erschließbaren Marktchancen
- ein große Vielfalt an Applikationen in unterschiedlichsten Leistungsklassen
- ein weites Spektrum an Brennstoffzellen-Technologien.
- überwiegend kleine und mittlere Unternehmen sowie Neu- und Ausgründungen, die eine hohe Innovationskraft besitzen, jedoch zumeist über sehr begrenzte Ressourcen zur Weiterentwicklung und Marktvorbereitung ihrer Produkte verfügen.

7.1.3 Marktvorbereitung und öffentliche Akzeptanz

Die Speziellen Märkte bieten gute Voraussetzung, zeitnah signifikante Erfolge in der Marktvorbereitung nachzuweisen und damit die Brennstoffzellentechnologie einem breiten Anwenderkreis zugänglich und in der Öffentlichkeit bekannt zu machen und mit positiven Betriebs- und Feldtest-Erfahrungen Vertrauen zu schaffen.

Die Aktivitäten im Bereich der Elektromobilität bieten eine Chance für Brennstoffzellen-Anwendungen in Hybridsystemen, wie bspw. als Range Extender. Gewisser Maßen symbiotisch bietet der Einsatz von Brennstoffzellen im Bereich der Elektromobilität erheblich verbesserte Anwendungsmöglichkeiten.

7.1.4 Querschnittsthemen

Aufgrund unerwarteter Dynamik in einzelnen Marktsegmenten wird in den Speziellen Märkten eine Realisierung größerer Stückzahlen und somit Schaffung der dafür notwendigen Voraussetzungen (Querschnittsthemen) nötig, so z.B. durch:

- Qualifizierung der Schlüsseltechnologien und Komponenten
- Aufbau notwendiger Regelwerke (Normen, Patente, Inbetriebnahme, Zulassungen)
- Aufbau von H₂-Infrastruktur-/Logistiklösungen
- Komplettierung von Wertschöpfungsketten in Deutschland
- Entwicklung von serientauglichen Produktions- und Fertigungstechniken
- Verwendung der gleichen Basistechnologien (z.B. PEM, Systemkomponenten, Infrastruktur) wie in den Massen Anwendungen Verkehr und Stationär

Die Synergiepotentiale mit den Bereichen Stationär und Mobil zu nutzen bleibt daher nicht nur weiterhin das Ziel sondern hat an Bedeutung auch zugenommen.

7.2 Fortschreibung des Entwicklungsplans

Einige der Anwendungen im Bereich der Speziellen Märkte befinden sich schon im prototypischen Stadium oder sind in ersten Pilotserien einsatzfähig. Der Fokus des Entwicklungsplanes liegt dementsprechend auf den Aktivitäten, die die Marktvorbereitung, die Demonstration der Praxistauglichkeit und die Vorbereitung der Serienfertigung von Systemen zum Ziel haben.

7.2.1 Geltungsbereich nach Technologie und Marktsegmenten

Die frühen Märkte sind breit diversifiziert in Bezug auf Leistungsbereich, Brennstoff und Brennstoffzellentechnologie:

- Der **Leistungsbereich** der Anwendungen der Speziellen Märkte reicht von wenigen mW (z. B. für Sensorikanwendungen) bis etwa 50 kW (z. B. für Boote) oder Range Extender für batterieelektrische Fahrzeug-Anwendungen.
- Als **Brennstoff** wird Wasserstoff, Methanol, Ethanol, Bioethanol oder LPG in Verbindung mit einem Reformer in PEMFC sowie auch direkt verstromt eingesetzt. Bei Wasserstoffsystemen ist sowohl die Verwendung von Druckgasflaschen und Kartuschen mit Metallhydriden bzw. Wasserstoffgeneratoren auf Basis chemischer Hydride oder Methanol mit Distributionsinfrastruktur und -logistik als auch der Aufbau von Wasserstoff-Tankstellen vorgesehen.
- In Bezug auf die **Brennstoffzellentechnologien** wird das Spektrum von PEM, HT-PEM, DMFC bis hin zu SOFC abgedeckt.

Die Speziellen Märkte verwenden somit eine Vielzahl der Schlüsseltechnologien, die auch in den Massenmärkten Automobil und Stationär benötigt werden.

Die Anwendungen der Brennstoffzellen in den Speziellen Märkten mit ihren dazu gehörigen Projekten lassen sich in folgende Marktsegmente einteilen:

- **Stromversorgung Business** (Notstromversorgung USV, Netzferne Stromversorgung, Autark/Hybride Stromversorgung, Netzersatzanlagen)

Brennstoffzellen zeichnen sich hier durch eine Reihe technischer Vorteile gegenüber Akkumulatoren und Dieselgeneratoren aus:

- längere Autonomiezeiten und Skalierbarkeit der Autonomiezeit durch die Gasversorgung
- deutliche längere Lebensdauer (bis zu 10 Jahren)
- breiterer Bereich an Betriebsbedingungen
- geringere “total cost of ownership”
- höhere Betriebszuverlässigkeit
- leise, emissionsfreie Stromerzeugung

Neben der weiteren Optimierung von Komponenten und Systemen sind nun umfangreiche Feldtests geplant. Einsatzgebiete sind vor allem die Telekommunikation (DSL-Stationen, Mobilfunkstationen, Behördenfunk (BOS-Net), TETRA) wie auch in Rechenzentren, in der Verkehrsleittechnik, bei der Deutschen Bahn (Weichen) sowie in Industrieanwendungen. Die Felderprobung mit einigen hundert Geräten soll zu verbesserten Geräten der nächsten Generation führen bzw. zu Geräten, die auf die jeweiligen Applikationsspezifika hin optimiert sind.

Die Applikationen der Brennstoffzellen in autarken Systemen verlangen neben dem Einsatz von Batterien, Wind- und Solarenergie auch den Einsatz von Elektrolyseuren und H₂-Speichern.

- **Stromversorgung Freizeit**

Technologietreiber sind in diesem Segment Umweltfreundlichkeit, Netzunabhängigkeit, hohe Verfügbarkeit und die hohe Energieeffizienz. Vorteile der Brennstoffzelle gegenüber herkömmlichen Dieselgeneratoren sind die geringe Geräuschentwicklung und der schadstofffreie Betrieb. Im Vergleich zu größeren Batterien sind sie umweltfreundlicher, da sie ohne schädliche Batteriechemikalien auskommen und langlebiger sind.

Brennstoffzellen für die Bordstromversorgung von Freizeitfahrzeugen befinden sich im Status der Vorserie (LPG-Systeme) bzw. Serie (DMFC-Systeme), mit jedoch noch starkem Manufakturcharakter.

Es ist insbesondere die Ausstattung von Freizeitfahrzeugen wie Wohnmobilen mit Bordstromversorgungen vorgesehen. Als Treibstoffe kommen vorwiegend Methanol, Propan/Butan oder Ethanol aber auch Bioethanol und weitere zum Einsatz. Nach der bereits im Wesentlichen erfolgten Adaption der Systeme an die jeweilige Anwendung, steht nun die Klärung wichtiger Zulassungsfragen, Aspekte der Produktionsentwicklung, der weiteren Komponentenoptimierung in Komplexität und Baugröße, der Leistungserweiterung, der Kostenreduzierung und die Darstellung von Pilotanwendungen bei

den Akteuren im Vordergrund. Auf diese Weise soll vor allem auch eine Anpassungsentwicklung mit Blick auf Marktbedürfnisse und Marktfähigkeit erreicht werden. Die im nächsten Schritt anstehende breite Markteinführung soll damit vorbereitet werden. Darüber hinaus sollen mit geringem Aufwand die Systeme für weitere Anwendungsbereiche adaptiert werden können, so z.B. für die dezentrale Stromversorgung, die Bordstromversorgung für Sonderfahrzeuge.

- **Lagertechnik Fahrzeug, Sonderfahrzeuge**

Durch den Einsatz von Brennstoffzellen entfallen die bei Batterien üblichen langen Lade- und damit Standzeiten der Fahrzeuge. Diese Produktivitätserhöhung ist insbesondere bei Dreischichtbetrieben von Bedeutung. Zudem ist beim Betrieb der Fahrzeuge eine volle Leistungsfähigkeit durchgehend gewährleistet, d.h. der bei Batteriefahrzeugen übliche Leistungseinbruch mit geringerem Batterieladezustand entfällt. Des Weiteren können bei einer vollständigen Flottenumstellung auf Brennstoffzellenfahrzeuge Kosten für den Batterieladeraum inkl. Personal ebenso wie die Anschaffung eines zweiten Batteriesatzes eingespart werden. Brennstoffzellen-Fahrzeuge ermöglichen auch den Betrieb in Innenräumen.

In Europa befindet sich der Lagertechnik / Sonderfahrzeuge in der Prototypen- bzw. Vorserienphase. In USA wird zurzeit der Übergang zur Kleinserie vollzogen. Im Vordergrund stehen nun Integrationsentwicklungen und die Darstellung von Pilotfahrzeugen. Aufgrund des räumlich begrenzten Einsatzes der Fahrzeuge bieten sie optimale Bedingungen für die geplanten Feldteststudien. Typische Projekte sind daher Entwicklung und Einsatz kleiner Gabelstaplerflotten in der Logistik oder der Einsatz von kleinen Flotten an Vorfeldfahrzeugen (Schlepper, etc.) auf Flughäfen. Idealerweise sollten hier mehrere Flughäfen kooperieren.

Als Treibstoff kommt überwiegend Wasserstoff und Methanol zum Einsatz. Wichtig ist die Schaffung einer geeigneten und kostengünstigen Betankungsinfrastruktur. Für die Demonstrationsvorhaben wird eine Wasserstoffinfrastruktur benötigt, die für Abgabemengen von wenigen kg Wasserstoff pro Tag geeignet ist und das Tanken in Innenräumen gestattet.

Flankierend sind die Nutzer bei Genehmigungsverfahren zu unterstützen, z.B. durch Bereitstellung ausgearbeiteter Checklisten (bspw. für die Tankstellengenehmigung) und anerkannten Referenzen, mit dem Ziel mittelfristig standardisierte Zulassungsverfahren zu installieren.

Zu berücksichtigen sind in diesem Segment besonders auch verkehrstechnische Anwendungen zur Nutzung auf Straße, bei der Bahn und im Flughafenbetrieb.

- **Elektrische Leichtfahrzeuge**

Das Marktsegment der elektrischen Leichtfahrzeuge bietet neben den Massmärkten im Mobilitätsbereich die Chance, unter weniger anspruchsvollen Randbedingungen, Anwendungs- und Markterfahrungen zu sammeln

sowie technische Lerneffekte zu generieren und somit die Akzeptanz der Technologie zu steigern.

Gegenüber batteriebetriebenen Fahrzeugen haben BZ-Fahrzeuge den Vorteil der längeren Ladungsintervalle und deutlich größeren Reichweite (Range Extender).

Brennstoffzellen-Antriebssysteme für Leichtfahrzeuge bergen bereits heute ein großes Marktpotential und eröffnen nachhaltige Perspektiven in unterschiedlichen Anwendungen:

- Individualverkehr: sicheres, emissionsarmes Verkehrsmittel für die Metropolen der Zukunft
- Zustell- und Lieferdienste in Innenstadtbereichen
- Kommunalen und innerbetrieblichen Verkehr

Elektrische Leichtfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb bzw. Range Extender befinden sich im Vorserienstadium. Sie verfügen mittlerweile über die notwendigen Zulassungen und über einen technologischen Reifegrad, der mittelfristig Kommerzialisierungsperspektiven bietet. Es sind jedoch noch Hürden, wie Kosten und Infrastruktur zu bewältigen.

Auch in diesem Segment geht es primär um spezifische Integrationsentwicklungen mit sich daran anschließender Demonstration von Pilotsystemen.

- **Mikrobrennstoffzelle**

Primärer Wettbewerbsvorteil der Mikrobrennstoffzelle ist die höhere Energiedichte und die damit verbundene längere Laufzeit für elektrisch betriebene Geräte. Dadurch können die Serviceintervalle verlängert werden, die typischerweise für Batteriewechsel nötig sind.

Hierunter fällt die gesamte Anwendungspalette der Stromversorgungen für portable Industrieanwendungen (Sensorik, autonome Energieversorgung, Automatisierung), Ladestationen und sogenannte 4-C-Anwendungen (Computer, Cordless Phone, Cellular Phone, Camcorder) sowie eine Vielzahl weiterer Anwendungen im Leistungsbereich bis zu 240 W.

Zu diesem Thema wurden vom BMBF im Jahr 2006/7 neun entsprechende Fördervorhaben gestartet („Leitinnovation Mikrobrennstoffzelle“ mit einem Gesamt-Budget von 40 Mio.; Stand 01/07), die über den Projektträger VDI/VDE/IT für das BMBF koordiniert wurden und derzeit beendet werden. Auf den Forschungsergebnissen aufbauend sollen ergänzende Aktivitäten im Rahmen des NIP weitergeführt und mit in Demonstrationen weiterentwickelt werden.

7.2.2 Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie Demonstrationsvorhaben

In allen Segmenten der Speziellen Märkte ist die Funktionsfähigkeit von Produkten im Prototypen- oder Vorserienstatus demonstriert. Zukünftig stehen bei der Weiterentwicklung der Systeme folgende F&E Themen im Vordergrund:

- Kostenreduktion sowohl über
 - technische Fortschritte
 - Vereinfachung der Systemarchitektur
 - Standardisierung von Schnittstellen (elektrisch, fluidisch, mechanisch, thermisch)
 - Economy of Scale (Entwicklung von seriennahen, QS gesicherten Produktionsprozessen)
 - Aufbau und Optimierung von Zulieferstrukturen
 - kurzen und damit kostengünstigen Logistikketten, um Systemkomponenten und Ersatzteile schnell verfügbar zu machen
 - Synergien mit mobilen und stationären Anwendungen
- Optimierung der Zuverlässigkeit (auch unter variablen Klimabedingungen), u.a. über eine Minimierung von Degradation (bspw. durch Luftschadstoffe bzw. Schadstoffe in den Brennstoffen)
- Optimierung der Betriebsführung und des Energiemanagements (v. a. bei Hybridsystemen)
- Entwicklung einfacher, flexibler und kostengünstiger Wasserstoff-Tankstellen bzw. Logistik-/Infrastruktursysteme zur Versorgung von Flotten
- Etablierung von Zertifizierungen, normgerechten Prüfungen und Qualitätssicherung sowie Installationsanweisungen
- Entwicklung und Adaption von Mikro-Reformer-Systemen für Methanol und Flüssiggas für verschiedenste Anwendungen
- Entwicklung und Anpassung von Elektrolyseuren, Wasserstoffspeichern und peripheren Komponenten

Die Demonstration der Funktionstüchtigkeit, sowie der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit der Anwendungen im Alltagsbetrieb steht bei allen Anwendungen der Speziellen Märkte im Vordergrund. Entwicklungsarbeiten werden daher immer von Feldtests begleitet. Die Erkenntnisse aus den Feldtests wiederum fließen in begleitende F&E-Arbeiten und -Optimierung sowie Anpassungsentwicklungen ein.

Ein wesentliches Ziel der Demonstrationsvorhaben ist es, dem Hersteller sowie dem Endanwender die Möglichkeit zu bieten, die Brennstoffzellentechnologie im realen Einsatz auf Alltagtauglichkeit und Marktfähigkeit zu prüfen und mit anderen Technologien zu benchmarken. Darüber hinaus sollen die Feldtests bzw. Demonstrationsvorhaben die Basis schaffen, um entsprechende Stückzahlen zu ge-

nerieren und damit Wertschöpfungsketten aufbauen und etablieren zu können. Für die Zulieferindustrie kann damit eine Grundlage geschaffen werden, weiterhin investiv zu bleiben und den Weg zu ebnen, die notwendigen Schritte für den Aufbau einer serientauglichen Fertigung vorzunehmen.

Demonstrationsvorhaben im Bereich der Speziellen Märkte dienen des Weiteren der Einführung und Standardisierung von Genehmigungsverfahren – hiervon profitieren auch die stationären und mobilen Brennstoffzellen-Märkte. Ebenso werden die Demonstrationsvorhaben genutzt, um eine geeignete Infrastruktur/Logistik für die Brennstoffe aufzubauen.

Demonstrationsvorhaben werden im Sinne von Leuchtturmprojekten thematisch und/oder regional in Cluster zusammengefasst. So in touristisch bedeutsamen Regionen (z.B. Bodensee, Mecklenburg-Vorpommern) oder in ausgewählten Vorreiterregionen mit bestehenden Projekten (z.B. HYCHAIN/Minitrans in NRW) und Infrastrukturen (z.B. Hamburg, NRW, Hessen). Dies vor allem mit Blick auf eine bestmögliche Öffentlichkeitswirkung, auch um Image und Akzeptanz dieser neuen Technologie nachhaltig zu fördern. Aber auch mit dem Fokus auf die Bündelung von Kräften zur Hebung von Synergien.

Für die gesamte Brennstoffzellenindustrie, insbesondere auch die nationale Zulieferindustrie, bilden die Anwendungen der Speziellen Märkte wichtige „Early Market“-Referenzen, in denen die Möglichkeit zum Einstieg in die Vermarktung der zumeist in langjähriger Entwicklungsarbeit entstandenen Systeme und Komponenten, zur Qualifizierung und Validierung der eigenen Entwicklungsprozesse sowie zur Stärkung der wirtschaftlichen Stellung besteht. Eine erfolgreiche Umsetzung unterstützt deren weitere Aktivitäten auch in den Bereichen stationärer und mobiler Brennstoffzellen-Anwendungen.

7.2.3 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets

In den nachfolgenden Tabellen sind die tatsächlichen (bis 2010) und die geplanten Budgets für die Speziellen Märkte aufgeführt. Sie sind in die o.g. Segmente eingeteilt und auf der Grundlage bekannter Projektplanungen kalkuliert worden. In den Segmenten selbst müssen sich allerdings noch entsprechende Konsortien bilden, um zu abgestimmten Projektanträgen zu gelangen. Die folgende Tabelle zeigt die bisherigen realverausgabten Mittel, wie sie beim Projektträger hinterlegt sind.

	2007	2008	2009	2010	Gesamt
BMVBS	-	2.428	12.743	19.102	34.273
BMWi	455	1.278	1.584	3.327	6.644
Summe	455	3.706	14.327	22.429	40.917

Tabelle 7-1: Projektausgaben Spezielle Märkte bis 2010 (Angaben in T€)

In den letzten 2-3 Jahren des NIP sollte ein angeregtes Markteinführungsprogramm bereits wirksam werden. Die folgende Tabelle zeigt daher die Ressourcenallokation für Phase II des NIP unter Berücksichtigung eines solchen Programms.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Summe
Stromversorgung Business	18.200	17.600	10.700	7.600	5.000	5.300	64.400
Stromversorgung Freizeit	14.000	9.700	8.000	2.100	1.200	1.200	36.200
Lagertechnik Fahrzeuge	4.300	4.900	4.900	6.100	5.800	4.500	30.500
Sonderfahrzeuge	13.700	15.100	8.000	3.200	3.000	2.900	45.900
Elektrische Leichtfahrzeuge	9.300	8.400	3.700	2.000	1.800	1.800	27.000
Mikrobrennstoffzellen	5.200	5.800	3.600	2.700	1.500	1.500	20.300
Querschnittsthemen	6.900	7.800	5.800	7.800	6.700	7.100	42.100
Summe	71.600	69.300	44.700	31.500	25.000	24.300	266.400

Tabelle 7-2: Ressourcenallokation im Bereich „Spezielle Märkte“

7.3 Blick in die Zukunft - Empfehlungen

Die Fähigkeit der Speziellen Märkte zur zeitnahen Demonstration einer Marktreife macht neben den skizzierten Förderinhalten die Notwendigkeit deutlich, möglichst bald geeignete Förderinstrumente zu entwickeln, die den Übergang von der Demonstration zur konkreten Markteinführung gewährleisten. Für die Speziellen Märkte ist in vielen Segmenten entscheidend, dass ein solches Förderinstrument bereits während der Laufzeit des Innovationsprogramms wirksam wird, um die angeschobene Dynamik aufrecht zu erhalten. Die nachstehenden Hinweise aus der Studie Entwicklung eines Markteinführungsprogramms für Brennstoffzellen in

Speziellen Märkten ebenso wie die Empfehlungen aus der Branche sollten aufgegriffen und der Abbau der Markthemmnisse gezielt vorangebracht werden.

7.3.1 Empfehlungen aus der Studie zur Entwicklung eines Markteinführungsprogramms

Die Studie zur Entwicklung eines Markteinführungsprogramms für Brennstoffzellen in Speziellen Märkten wurde im Auftrag des BMVBS erstellt. Ziel der Studie war es, die bestehenden Markthürden für Brennstoffzellen in den Speziellen Märkten zu identifizieren und Empfehlungen für konkrete Maßnahmen und Instrumente zur Überwindung der Hemmnisse und zur Markteinführung zu geben.

Die Produktions- und Anschaffungskosten für Brennstoffzellen sind zurzeit noch wesentlich höher als für entsprechende konventionelle Produkte. Aus diesem Grund sind bereits in den USA und auch Japan massive Markteinführungsprogramme initiiert worden. Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gewährleisten zu können und sicherzustellen, dass auch zukünftig deutsche Brennstoffzellentechnologie auf dem nationalen und internationalen Markt angeboten werden kann, müssen auch in Deutschland entsprechende Markteinführungsprogramme starten. Die wesentlichen Handlungsempfehlungen, die als Ergebnis der Studie für ausgewählte Anwendungen empfohlen werden, sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst.

Handlungsempfehlungen für ein Markteinführungsprogramm im Bereich Brennstoffzellen in Speziellen Märkten			
	Stromversorgung Business	Lagertechnik-Fahrzeuge/ Sonderfahrzeuge	Kleinleistungsbereich
Marktanreizprogramm	Förderung Endanwender: 50 Mio. € über 3 Jahre (10.000 Anlagen bei 5.000 € pro System)		CO ₂ -Substitutionsprämie durch BZ-Einsatz: 10 Mio. € über 5 Jahre (10.000 Anlagen bei 1.000 € pro System)
Öffentliches Beschaffungsprogramm	2.000 Systeme für BOS-Netze, Bundeswehr und THW (als Referenzprojekte)	10.000 Fahrzeuge für kommunalen Einsatz: 150 Mio. € über 10 Jahre (bei 15.000 € pro Fahrzeug)	
Flankierende Maßnahmen	Vereinfachte Genehmigungsverfahren durch Regelwerke, Normen und Standards sowie Exportflankierung	Flankierung des Aufbaus einer Wasserstoff-Infrastruktur	Imagekampagne, stärkere Vernetzung der Akteure, Standardisierung durch Zulieferer
Marktsegmentübergreifende Maßnahmen	Schließen von Lücken in der Wertschöpfungskette, Schaffung von Ausbildungs- und Arbeitsplätzen		

Tabelle 7-3: Handlungsempfehlungen für ein Markteinführungsprogramm im Bereich Brennstoffzellen in Speziellen Märkten

Empfehlungen aus der Branche

Die Empfehlungen aus der Branche lassen sich abschließend wie folgt zusammenfassen:

Förderung

- Förderung der Betreiber / Anwender von Brennstoffzellensystemen
- Erweiterte Feldtests
- Vorreiterrolle der Öffentlichen Hand als Kunde und Anwender innovativer Technologien
- Substantielle Einbindung der Bundesländer bzw. ihrer Länderinitiativen

Organisation

Bildung von Clustern analog Clean Energy Partnership (CEP) wie z.B. die Leuchtturmprojekte Bodensee, Clean Power Net und ggf. weitere im Bereich Lagertechnik

Regularien

Schaffung von Rahmenbedingungen - Politische Unterstützung in Hinsicht auf Regularien und Vorgaben wünschenswert

Öffentlichkeitsarbeit

Image von BZ im Allgemeinen und Bedeutung von Anwendungen in Speziellen Märkten auf und ausbauen

8 Entwicklungsplan „Querschnittsthemen“

Die Themen in den Entwicklungsplänen zum Verkehr (inklusive Wasserstoff-Infrastruktur), zur Wasserstoff-Produktion, zu den stationären Anwendungen sowie zu den Speziellen Märkten decken ein sehr breites technisches und auch nicht-technisches (Kundenakzeptanz, Sicherheit, Standardisierung etc.) Spektrum ab. Während die Demonstrationsaktivitäten inklusive der hierfür notwendigen Vorarbeiten stark anwendungsspezifisch sind, gibt es bei den eher forschungs- und entwicklungslastigen Aktivitäten Themen, die der Marktvorbereitung der Technologie in allen Anwendungsfeldern zugutekommen. Dies sind insbesondere Ansätze zur Kostenreduktion oder zur Erhöhung der Lebensdauer. Im nicht-technischen Bereich ist in diesem Zusammenhang z.B. die Vermittlung der Grundlagen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Ausbildung und Handwerk zu nennen. Diese Querschnittsaufgaben sind in diesem Kapitel zusammengefasst und stellen im Rahmen des NIP einen eigenen Bereich dar. Dort wo eine Querschnittsaufgabe hauptsächlich in einem Anwendungsfeld bearbeitet wird, muss eine permanente Kommunikation zu den anderen Bereichen gewährleistet werden, um Synergien zu ermöglichen.

Angewandte Grundlagenforschung zu Brennstoffzellen- und Systemkomponenten

Die Kosten der verschiedenen BZ-Technologien werden in erheblichem Umfang durch die Kosten ihrer Komponenten bestimmt. Deren Kostensenkung bzw. die Verbesserung ihrer spezifischen Parameter kommt allen relevanten Anwendungen zu gute. Daher ist eine systematische Grundlagenforschung im Bereich der kostenintensiven und leistungsbestimmenden Komponenten notwendig. Dies beinhaltet z.B.:

- die Reduktion bzw. Substitution von Platin, oxidationsstabile Katalysatorträger oder die Entwicklung langzeitstabiler kostengünstiger Membranen;
- im Bereich der Wasserstoffspeicherung chemische Speicher und Adsorptionspeicher, bei denen die Erhöhung der massen- und volumenbezogenen Speicherkapazität, Reduzierung der Kosten, Erhöhung der Belade/Entladekinetik, der energetischen Effizienz und der Zyklenstabilität im Vordergrund stehen.

Entwicklung und Erprobung von Brennstoffzellen, Brennstoffzellen-Komponenten und –Systemen

Unabhängig vom spezifischen Anwendungsgebiet sind sowohl auf der Stack-Ebene als auch im Bereich der Komponenten und Systeme die folgenden Themen übergreifend zu betrachten: Kostenreduktion, Lebensdauererhöhung, Lebensdauererhersagen, Zuverlässigkeitserhöhung und Sicherheitskonzepte.

Obwohl diese Themen prinzipiell auf alle Brennstoffzellensysteme anwendbar sind, liegt der Fokus im Querschnittsbereich des NIP auf Komponenten für Brennstoffzellen-Stacks im Leistungsbereich von ca. einem Watt bis zu einigen zehn Kilowatt, da eine Reihe von Anwendungen in dieser Leistungsklasse liegen (APU, Range Extender, Hausenergieversorgung, Back-up-Power etc.). Hierbei gilt es insbesondere Erfahrungen und Ergebnisse der Zulieferer aus dem Bereich der

Fahrzeugentwicklung zu nutzen. Spezifische Beispiele umfassen die Entwicklung massenfertigungstauglicher Komponenten

- von Brennstoffzellen-Stapeln wie z.B. Membrane, Membran-Elektroden-Einheiten, Gasdiffusionsschichten;
- von Systemkomponenten wie z.B. Ventile, Leitungssysteme, Sensoren.

Verfahren und Konzepte zur Vorbereitung der Industrialisierung

Bei diesem Schwerpunkt geht es insbesondere um Gemeinsamkeiten bei der Industrialisierung, d.h. der Vorbereitung zur Massenfertigung von Brennstoffzellensystemen und ihren Komponenten. Es sind Fertigungs- und Produktionstechnologien mit einem hohen Grad der Automatisierung inklusive der notwendigen Qualitätssicherungssysteme zu entwickeln.

Die Komponenten von Brennstoffzellen wie Membranen, MEA, Bipolarplatten usw. sind den Komponenten von Elektrolyseuren, die zur Herstellung von Wasserstoff zur Energiespeicherung benötigt werden, ähnlich. Es können gegenseitige Impulse aus der Entwicklung der Komponenten erwartet werden. Zusätzlich wird die benötigte Stückzahl steigen, so dass weitere Synergieeffekte in der Entwicklung von Verfahren zur Industrialisierung erwartet werden dürfen..

Wasserstoff-Infrastruktur

Wasserstoff als Kraftstoff spielt im Verkehr eine herausragende Rolle mit sehr spezifischen Anforderungen, die zum Beispiel im Rahmen der CEP bearbeitet werden.

Im Bereich der speziellen Märkte existieren mehrere Optionen (z.B.: Methanol, LPG, Wasserstoff), die jede ihre eigenen technischen und strukturellen Herausforderungen haben. Übergreifend sind in diesem Zusammenhang aber Themen zur dezentralen Bereitstellung der Kraftstoffe. Dies beinhaltet technische Fragestellungen (z.B. Reformertechnologie) sowie Fragen der Rahmenbedingungen bzgl. einer flächendeckenden Verfügbarkeit (Geschäftsmodelle etc.).

Marktvorbereitung

Das NIP widmet sich nicht nur technischen Fragestellungen der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologien, sondern adressiert im Rahmen der Marktvorbereitung auch nicht-technische Rahmenbedingungen, die in erster Linie anwendungsspezifisch sind. Folgende Themen gilt es allerdings übergreifend zu beachten:

Aus- und Weiterbildung

Als Querschnittsaufgabe ist die Aus- und Weiterbildung als allgemeines Thema (z.B. Grundlagen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie ihre Rolle in der Energiewirtschaft bzw. im Verkehr) und weniger anwendungsbezogen zu verstehen. Spezifische anwendungsbezogene Themen (Handwerk, Service und Wartung etc.) werden in den anwendungsspezifischen Bereichen bzw. innerhalb der jeweiligen Leuchttürme behandelt. Im Fokus steht daher vor allem die akademische Ausbildung mit Studiengängen wie Ingenieurwesen, Elektrochemie, Physik etc., damit diese Technologie bereits frühzeitig Unterstützung erhält.

Akzeptanz/Öffentlichkeit

Die Markteinführung erfordert ein breites Verständnis in der Öffentlichkeit bzw. bei Entscheidungsträgern bzgl. der Vorteile der Technologien. Es gilt z.B. im Rahmen von Studien die Wahrnehmung und die Akzeptanz gezielt auszubauen oder Sicherheitsaspekte im Zusammenhang mit der Verwendung der Technologie zu adressieren. Hierbei sind auch verwandte Technologiebereiche zu betrachten.

8.1 Tabellarische Übersicht über die Themen und Budgets

Die nachfolgend aufgeführten Querschnittsthemen betreffen die Zuständigkeiten unterschiedlicher Ressorts innerhalb der Bundesregierung. Bei der Mittelverwendung sind auch für die Querschnittsthemen grundsätzlich die entsprechenden Regularien zu beachten.

	Verkehr	Infrastruktur	H2 Erzeugung	Stationär Hausenergie	Stationär Industrie	Spezielle Märkte	Themen
1 - Angewandte Grundlagenforschung	x		x (PEM-EL)	x		x	PEMFC/DMFC; Pt-Reduktion bzw. -Substitution, oxidationsstabiler Katalysatorträger, langzeitstabile billigere Membranen, H2-Speicher: Massen- und volumenbezogene Speicherkapazität, Kinetik, Kosten, energetischen Effizienz und Zyklenstabilität
2 - Entwicklung/Erprobung	x	x	x (PEM-EL)	x		x	Kosten, Lebensdauer, Lebensdauervorhersagen, BOP, Serienfertigung, Bereitstellung von BZ-tauglichen Systemkomponenten (Unterbaugruppen, Stack- und Peripheriekomponenten), Schnittstellendefinition, Automatisierung, Verpackung; Sicherheitstechnologie.
3 - Vorbereitung Industrialisierung	x		x (PEM-EL)	x		x	Herstellungsverfahren, Automatisierung, Qualitätskontrolle, RSC
4 - Kraftstoff-Infrastruktur	x	x				x	Komponenten: Kosten, Alterung-Lebensdauer, Verunreinigungen-Toleranz, Wassermanagement,
5 - Marktvorbereitung							
5a - Aus- und Weiterbildung	x	x	x	x	x	x	Allgemeine Weiterbildung. Ausbau von WB-Zentren, Ausbildung von Fachleuten
5b - Öffentlichkeitsarbeit	x	x	x	x	x	x	Zielgruppen: Öffentlichkeit, Entscheidungsträger, Journalisten; Ausbau von Wahrnehmung und Akzeptanz, E-Mobilität

Tabelle 8-1: Übersicht über Querschnittsaufgaben (PEMEL: PEM-Elektrolyseur)

Die folgende Tabelle zeigt die bisherigen realverausgabten Mittel für Querschnittsthemen.

	2007	2008	2009	2010	Gesamt
BMVBS	-	-	129	126	255
BMWi	9.521	3.222	2.707	5.401	20.851
Summe	9.521	3.222	2.836	5.526	21.105

Tabelle 8-2: Projektausgaben Querschnittsthemen bis 2010 (Angaben in T€)

Angesichts der Bedeutung der Querschnittsthemen für das NIP sind hierfür mindestens 5 % der verfügbaren Mittel (BMWi und BMVBS) vorzusehen. Die folgende Tabelle zeigt die Ressourcenallokation für Phase II des NIP entsprechend der Bottom-Up-Planung der Forschung und Industrie. Zusätzlich sind Mittel des BMBF notwendig um insbesondere die grundlagenorientierten Themen sowie Aktivitäten zur Aus- und Weiterbildung zu adressieren.

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Summe
Angewandte Grundlagenforschung	1.500	1.500	1.500	1.500	1.000	500	7.500
Entwicklung und Erprobung	2.000	2.000	2.000	2.000	1.000	500	9.500
Vorbereitung der Industrialisierung	2.000	2.000	2.000	2.000	1.000	500	9.500
Kraftstoff-Infrastruktur	250	250	250	250	100	100	1.200
Marktvorbereitung	1.000	1.000	1.000	1.000	500	200	4.700
Summe	6.750	6.750	6.750	6.750	3.600	1.800	32.400

Tabelle 8-3: Ressourcenallokation für Querschnittsaufgaben (Angaben in T€)

9 Kriterien zur Projektförderung und Leitlinien zur Bewertung von Leuchtturmprojekten

9.1 Kriterien zur Projektförderung

Die Projektförderung spielt eine zentrale Rolle für die Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien. Damit potenzielle Antragsteller optimal unterstützt werden und der Aufwand für eine erste Interessensbekundung möglichst gering gehalten werden kann, ist ein zweistufiges Verfahren aus formal einfach gehaltenen Projektskizzen und vollständigen Förderanträgen vorgesehen.

Die erste Stufe besteht in der Erstellung einer Projektskizze, die max. 5 Seiten umfassen und folgende Angaben enthalten sollte:

- Kurze Beschreibung des Projektkonzeptes (Zielsetzung, Durchführung)
- Darstellung der Zusammenarbeit mit anderen Institutionen der Wirtschaft bzw. Forschung
- Grobkalkulation der Kosten des Projektes
- Vorschlag für eine Finanzierung
- Geplante Verwertung der Ergebnisse nach erfolgreichem Projektabschluss
- Hinweis darauf, ob es sich bei dem vorgeschlagenen Projekt um ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt (F&E) oder ein Demonstrationsprojekt (D) handelt

Die Projektskizzen stehen im Wettbewerb zueinander. Sie werden im Falle eines Forschungs- und Entwicklungsprojekts vom Projektträger Jülich (PtJ) in der Forschungszentrum Jülich GmbH und im Falle eines Demonstrationsprojekts von der NOW GmbH entgegen genommen. Beide Einrichtungen bieten potenziellen Antragstellern Unterstützung bei der Einordnung eines geplanten Projekts in die Kategorien Forschung und Entwicklung bzw. Demonstration an und beraten dahingehend, welche Fördermaßnahme optimal geeignet ist.

Die Skizzen werden nach den folgenden Kriterien bewertet:

- Bezug und Beitrag des Vorhabens zum NIP
- Bedeutung, Qualität des Projektvorschlags und ggf. der Konzeption der Zusammenarbeit, in Bezug auf die Umsetzung des NIP
- Innovationsgehalt sowie Fähigkeiten, Kenntnisse und Erfahrungen der Projektpartner
- Plausibilität der Realisierbarkeit und der Projektorganisation und Angemessenheit zwischen geplantem (finanziellem) Aufwand und dem Beitrag zur Umsetzung der Ziele des Programms
- Eigener finanzieller Beitrag zu der vorgeschlagenen Maßnahme
- Attraktivität von Marktumfeld und Marktpotential
- Plausibilität und Nachprüfbarkeit der Entwicklungs- und Vermarktungspläne
- Qualität der geplanten weiterführenden Aktivitäten

Bei Projektskizzen, die mehrere Forschungsstufen umfassen, wird die eindeutige Zuordnung und Förderung entsprechend dem F&E&I-Gemeinschaftsrahmen ("Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation") dadurch sichergestellt, dass die Maßnahme durch die Antragssteller bzw. die Programm- sowie Projektsteuerung in mehrere, den Forschungskategorien entsprechende Unterprojekte aufgegliedert wird. Bei der Bewertung erfolgt eine enge Absprache zwischen der NOW GmbH und dem Projektträger Jülich. Sollte sich im Rahmen der Absprache heraus stellen, dass sich eine ursprünglich als Forschungsprojekt geplante Maßnahme besser zur Förderung als Demonstrationsprojekt eignet oder umgekehrt, wird dem Antragsteller die Möglichkeit geboten, seine Skizze entsprechend anzupassen.

Nach Bewertung der Projektskizze werden die Antragsteller über das Ergebnis informiert. Bei positiver Bewertung beginnt die zweite Phase des Verfahrens. Zur Konkretisierung des geplanten Projektes sollte ein Antragsvorgespräch mit dem Projektträger Jülich oder/und der NOW GmbH stattfinden. Anschließend arbeitet der Antragsteller vollständige Förderanträge aus. Dabei sollte er auf den elektronischen Antragsassistenten easy zurückgreifen. Die Programmgesellschaft und der Projektträger Jülich beraten den Antragsteller bei der Erstellung der Anträge in fachlichen sowie in administrativer Hinsicht. Zur Belegung des Eigeninteresses müssen die Antragsteller eigene Ressourcen (Sach-, Personal-, Finanzmittel) in das Projekt einbringen.

Nach Einreichung der Förderanträge erfolgt erneut eine Bewertung durch den Projektträger Jülich bzw. die NOW GmbH. Bei positiver Förderentscheidung erhält der Antragsteller eine Zuwendung. Das Verhältnis von Zuwendung zu Projektkosten, die Förderquote, wird im Einklang mit dem EU-Gemeinschaftsrahmen für staatliche F&E&I-Beihilfen sowie mit den national veröffentlichten Förderbekanntmachungen festgelegt.

Es wird angestrebt, dass die nationalen Projekte grundsätzlich – unter Beachtung der Förderhöchstgrenzen – mit weiteren öffentlichen Mitteln (Länder, EU, ...) mitfinanziert werden können. Im Falle einer solchen Co-Finanzierung, z.B. durch die Joint Technology Initiative im Rahmen des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms, werden aneinander angepasste Dokumente (Beantragung, Berichterstattung, etc.) avisiert, um den bürokratischen Aufwand gering zu halten. Hierzu sollen auf Programmebene entsprechende Abstimmungen erfolgen.

Der Förderung von F&E-Vorhaben im Rahmen des NIP liegen die Förderrichtlinien zur Projektförderung des BMWi und BMBF zu Grunde, denen sich das BMVBS angeschlossen hat. Im Wesentlichen sind dies die „Nebenbestimmungen des BMWi für Zuwendungen an Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft auf Kostenbasis“ (NKBF 98) bzw. die „Allgemeinen und Besonderen Nebenbestimmungen für Zuwendungen auf Ausgabenbasis“ (ANBest-P bzw. ANBest-GK und BNBest-BMBF). Mit der endgültigen Ausarbeitung des Förderantrags ist ein belastbarer Verwertungsplan für die Zeit nach Abschluss des Projekts zu erstellen, der den Mehrwert des Projekts für Deutschland erkennen lässt.

Darüber hinaus finden zusätzlich die nachfolgend beschriebenen Leitlinien zur Förderung von Leuchtturmprojekten Anwendung.

9.2 Leitlinien zur Bewertung von Leuchtturmprojekten

Zielsetzung

Leuchtturm-Projekte schlagen eine Brücke zwischen Forschung/Entwicklung und den späteren Märkten. Sie sind Keimzellen für eine anschließende breite Vermarktung und sollen diese initiieren und vorbereiten.

Sie dienen auch dazu, Produkte und Dienstleistungen rund um das Thema Wasserstoff und Brennstoffzellen einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen, mit diesen Produkten und Dienstleistungen erste praktische Erfahrungen zu gewinnen, Vertrauen künftiger Anwender und Zulieferer, insbesondere auch KMUs, sowie Infrastrukturen und Vertriebssysteme aufzubauen.

Leuchtturm-Projekte besitzen ausgedehnte Strahlkraft, im technologischen und/oder im geographischen Sinn. Sie bestimmen das Bild der Innovationskraft der deutschen Wirtschaft an entscheidender Stelle mit und fördern diese aktiv.

In Leuchtturm-Projekten sind finanzielle Mittel aus öffentlicher Hand und von privaten Investoren und Anwendern so konzentriert, dass die für eine effiziente Forschung und Entwicklung sowie erfolgreiche Demonstration notwendige Mindestgröße an Technologie-Kompetenz und Finanzkraft erreicht wird und damit ein gutes Verhältnis von Aufwand zu Wirkung für die deutsche Volkswirtschaft erzielt werden kann. Damit werden Synergiepotenziale genutzt und die interdisziplinäre Zusammenarbeit gefördert.

Inhalte

Die Projektinhalte müssen sich an den obigen Zielsetzungen ausrichten. Es ist zwischen technologischen, sozioökonomischen, ökologischen sowie infrastrukturellen Inhalten zu unterscheiden. Leuchtturm-Projekte sollen nach Möglichkeit Bestandteile aus allen Inhaltsgruppen angemessen integrieren.

Technologische Inhalte

- Die Technologien müssen einen Reifegrad haben, der einen dauerhaften Einsatz unter für die Anwendung typischen Bedingungen erlaubt. Die Technologien sollen ohne den dauerhaften Einsatz von Fachleuten von den üblichen Nutzern bedient werden. Der Einsatz erfolgt unter den üblichen genehmigungsrechtlichen Rahmenbedingungen, wie sie auch für konventionelle Technologien gelten.
- Bei den eingesetzten Technologien handelt es sich nicht um Unikate. Es sollte eine Anzahl von reproduzierbar hergestellten Produkten zum Einsatz kommen, um statistisch belastbare Aussagen über Leistung und Zuverlässigkeit zu ermöglichen.

sigkeit machen zu können. Das Erreichen der Kostenziele für eine spätere Kommerzialisierung muss erkennbar sein

- Durch begleitende F&E sollen Verbesserungs- und Optimierungspotenziale identifiziert werden, die zur Gestaltung der nächsten Produktgeneration genutzt werden sollten. Die Erschließung der Verbesserungspotenziale wird jedoch in den meisten Fällen außerhalb der Leuchtturmprojekte erfolgen.
- Ergebnisse sollen unter Wahrung von Betriebsgeheimnissen kommuniziert werden.
- Bei den mit öffentlicher Unterstützung entwickelten Technologien ist die Verwertungspflicht zu beachten, für die Umsetzung der Technologien ein angemessener Wertschöpfungsanteil in Deutschland anzustreben und insbesondere auch kritische Pfade innerhalb der Wertschöpfungskette beseitigen.

Übergeordnete Themen

- Aufbau und Nutzung der erforderlichen Infrastruktur und Logistik, z.B. zur Versorgung der Nutzer bzw. Betreiber mit Brennstoffen zu akzeptierbaren Bedingungen. Die Einbindung vorhandener Infrastrukturen (Energienetze, Tankstellen) soll erprobt und optimiert werden.
- Schulungs- und Weiterbildungsmaßnahmen für alle an Nutzung/Betrieb und Wartung beteiligte Gruppen.
- Beteiligung an RCS-Aktivitäten (Regulations, Codes & Standards) zur Marktvorbereitung und der zügigen bzw. breiten Markteinführung der Technologien.
- Öffentlichkeitsarbeit zur Förderung der Akzeptanz der neuen Technologien.
- Entwicklung und Umsetzung von Markteinführungsinstrumenten parallel zu den Leuchtturmprojekten.
- Die ökologischen Inhalte tragen den Zielsetzungen der Bundesregierung in Bezug auf Erhöhung der Energieeffizienz, schonenden Einsatz von Ressourcen und Klimaschutz Rechnung.
- Projekte orientieren sich an den derzeitigen Klimaschutzverpflichtungen und dem Integrierten Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung.
- Konzepte zum Aufbau von Kreislaufsystemen zur Verwertung von Komponenten, Materialien, kreislauffähigen Wertstoffen aus den Leuchtturmprojekten.

Organisation

- Die Zielsetzung der späteren Vermarktung bedingt die Beteiligung einer privatwirtschaftlichen Organisation, die bei erfolgreicher Erprobung entsprechende Produkte entwickelt und vertreibt.
- Leuchtturmprojekte erfordern ein effizientes Management.
- In speziellen Anwendungsbereichen ist eine regionale Bündelung der Aktivitäten zur effizienten Nutzung von Ressourcen, zur besseren Wahrnehmung etc. erforderlich. Dabei sollte nach Möglichkeit eine bereits vorhandene Infrastruktur (z.B. Tankstellen, Wartungsgebäude...) genutzt und weiterentwickelt werden.
- Nach Möglichkeit sind alle Akteure des gesamten Innovationsprozesses (Zulieferindustrie, Hersteller, Nutzer, Genehmigungseinrichtungen, Behörden etc.) an Leuchtturmprojekten zu beteiligen.
- Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturm-Projekte sollen von möglichst vielen Beteiligten an der Wertschöpfungskette (Zulieferer, Hersteller, Anwender/Betreiber, Dienstleistungsunternehmen) mit einem angemessenen Anteil deutscher Wertschöpfung gestaltet werden.

Verknüpfung mit Forschungs- und Entwicklungsprojekten

Demonstrations- bzw. Leuchtturmprojekte werden neben Entwicklungserfolgen auch Lücken und Schwachstellen in den getesteten Anlagen, Geräten und Technologien aufzeigen. Daher kann ein wesentliches Ergebnis der Projekte in der konkreten Ausformulierung noch ausstehender Forschungsarbeiten bestehen. Zur Unterstützung dieser Arbeiten stehen Fördermöglichkeiten aus Mitteln des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung sowie – je nach Themenfeld – weiteren Förderprogrammen zur Verfügung.

10 Programmgesellschaft

Die anwendungsspezifischen Entwicklungspläne zeigen die Komplexität der Aktivitäten zu Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien auf: unterschiedliche Anwendungen, Märkte und Industriesektoren; Beteiligung von Industrie, Wissenschaft und Politik; Grundlagenforschung, anwendungsorientierte Entwicklung, Demonstration, usw.

Eine effiziente Koordination unterschiedlicher Programmpartner und -aufgaben führt zu einer beschleunigten Technologieentwicklung und Markteinführung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien. Für die Koordination der Umsetzung des Nationalen Innovationsprogramms sowie die konkrete Umsetzung des vom BMVBS verantworteten Teils des Programms wurde am 18.02.2008 die Programmgesellschaft Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW GmbH) gegründet.

Die NOW GmbH übernimmt die Aufgabe dieser umfassenden Koordination und inhaltlichen Umsetzung des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“. Sie ist zentraler Ansprechpartner für die gesamte Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Branche. Ihr obliegen dabei neben der Steuerung der Programmumsetzung auch die fachlich-inhaltliche Prüfung und Vorauswahl von Demonstrationsprojekten.

Im Einzelnen stellen sich die Aufgaben der NOW GmbH wie folgt dar:

- Koordination und Steuerung der Umsetzung eines detaillierten Entwicklungsplans und seiner Einzelprojekte im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie;
- Koordination des Abstimmungsprozesses zwischen Demonstrationsprogrammen, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, Querschnittsaufgaben;
- Erschließung und Bewertung von Synergieeffekten mit verwandten Technologiegebieten, wie z.B. Materialwissenschaften, Produktionstechnologien und Grundlagenforschung (s. Anhang, Tabelle A.6);
- Kontinuierlicher Abstimmungsprozess mit allen Beteiligten: verantwortliche Ministerien und deren Projektträger, Industrie, Forschungsinstitute, Bundesländer, lokale Initiativen;
- Koordination zu europäischen und internationalen Initiativen;
- Koordination von Antragstellungen, Berichterstattungen (national und im Rahmen europäischer Beihilferegelungen);
- Kommunikation zu Beteiligten und Öffentlichkeit; Wissensmanagement zur Bewertung des Fortschrittes und der Ergebnisse.

Gesellschafter der NOW GmbH ist zu 100 % die Bundesregierung vertreten durch das BMVBS. Im Aufsichtsrat sind alle am NIP beteiligten Ressorts der Bundesregierung vertreten: BMVBS (Vorsitz), BMWi, BMBF und BMU. Die Projektpartner im NIP beteiligen sich indirekt über eine um zwei Prozentpunkte verringerte Förder-

quote an der Finanzierung der NOW GmbH. In Bezug auf den Bewilligungsprozess der Förderanträge ist die NOW GmbH im Wesentlichen im Vorfeld der Antragstellung in Diskussion mit den Akteuren. Der NOW GmbH obliegt hierbei insbesondere die Bewertung der Vorhaben im Hinblick auf ihren Beitrag zum Gesamtprogramm. Insbesondere die Wahl der Partner und der Verwertungsplan müssen klar erkennen lassen, welchen Beitrag das Vorhaben zur Marktvorbereitung leistet. Für die administrative und wissenschaftlich-technische Abwicklung der Vorhaben nach der Antragstellung ist der Projektträger Jülich (PtJ) beauftragt.

Die inhaltliche Kontrolle des nationalen Innovationsprogramms obliegt dem Beirat der NOW GmbH. Die Zusammensetzung des Beirats ist der Abbildung 8-1 zu entnehmen.

Die NOW GmbH arbeitet eng mit den bestehenden Projektträgerstrukturen des Programms zusammen und stellt zusätzliche koordinierende Funktionen vor allem zu europäischen und internationalen Initiativen sicher. Weitere fachliche Unterstützung kann durch Kompetenzträger (Verbände, Initiativen, Institute) oder regionale Netzwerke wahrgenommen werden.

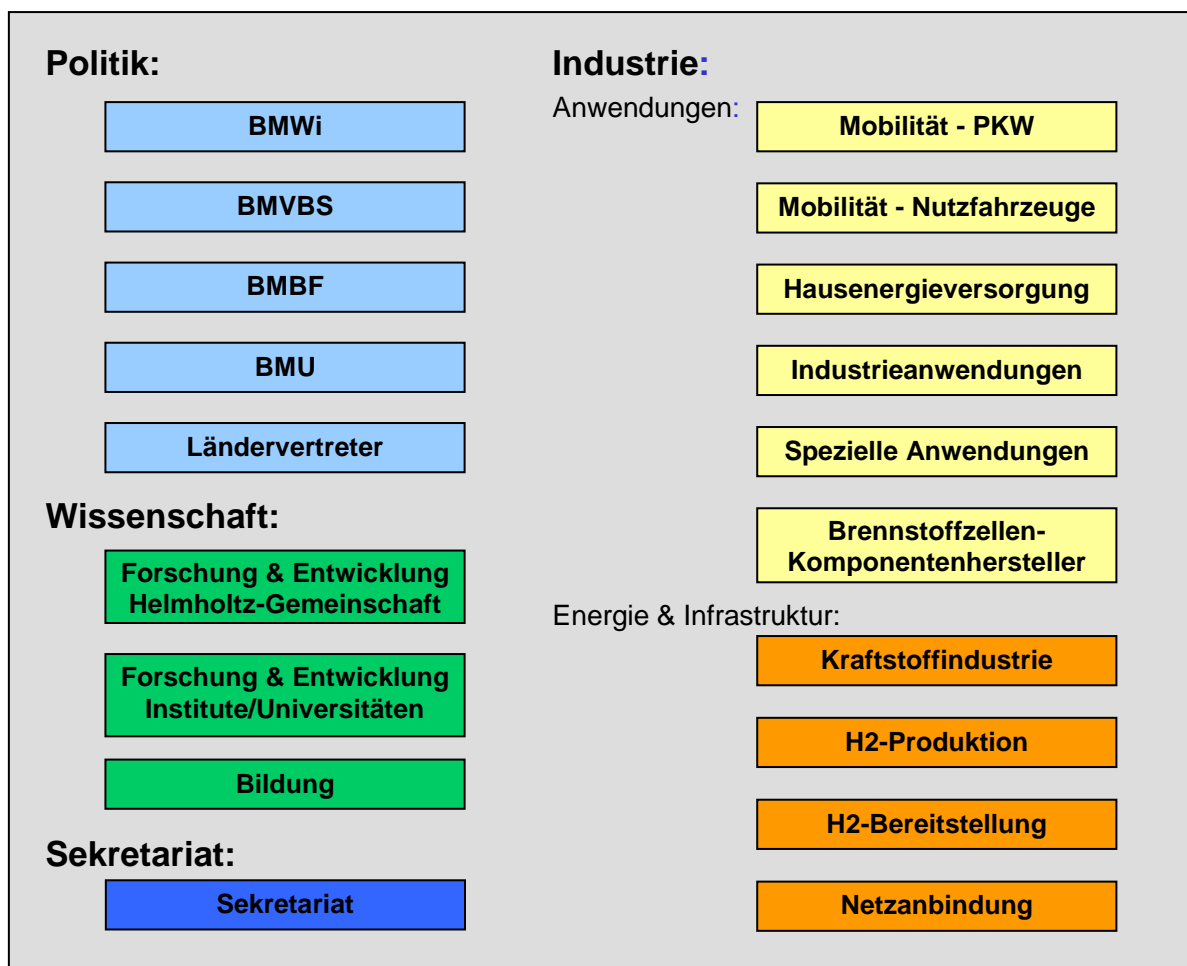


Abbildung 10-1: Zusammensetzung des Beirats (jeweils ein Vertreter pro Themenfeld)

Das nationale Innovationsprogramm umfasst inklusive der Mittel aus dem Energieforschungsprogramm für F&E im Bereich Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

nologien bis zu 1,4 Mrd. Euro aus öffentlichen (nationalen) und privaten Mitteln (s. Kap. 1) über einen Zeitraum von zehn Jahren. Hierbei sind Mittel aus Landesinitiativen oder der europäischen Kommission noch nicht berücksichtigt. Ebenso sind die Mittel des BMBF für die Grundlagenforschung und die Förderung der Großforschungseinrichtungen in dieser Summe nicht enthalten, inhaltlich unterstützen sie aber die Umsetzung des NIP.

Die oben dargestellten Entwicklungspläne der einzelnen Anwendungsbereiche adressieren die gleichen Themen wie der „Implementation Plan“ der European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform. Es gilt daher die einzelnen nationalen Aktivitäten mit den europäischen zu verknüpfen.

Auch die in den Bundesländern vorhandenen oder neu hinzukommenden Initiativen sowie andere öffentlich geförderte Forschungsprogramme, in denen Aspekte der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie oder flankierende Themen wie die Energiespeicherung, Entwicklung von KWK-Technologien oder energieeffiziente Städte behandelt werden, gilt es durch die NOW GmbH mit dem nationalen Innovationsprogramm zusammenzubringen.

In Summe sollten durch die Co-Finanzierung gemeinsamer Aktivitäten von Ländern, Bund und der Europäischen Kommission deutlich mehr als die oben angeführten Mittel für die Durchführung des Gesamtprogramms zur Verfügung stehen. Dies korrespondiert auch mit dem hier angegebenen Finanzierungsbedarf von mehr als 2 Mrd. Euro, der in den einzelnen Entwicklungsplänen des vorliegenden Dokuments für F&E sowie Demonstrations- und Leuchtturmaktivitäten ausgewiesen wird (eine zusammenfassende Darstellung der Budgets zeigt Tabelle A-1 im Anhang). Es ist dabei auch die Aufgabe der Programmgesellschaft, das Gesamtprogramm entsprechend den politischen Vorgaben zu gestalten. Hiernach soll ein Großteil der Budgets (65 %) verwendet werden, um im Rahmen von Demonstrationsprojekten (Leuchttürmen) die Alltagstauglichkeit und Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen für den späteren kommerziellen Einsatz systematisch vorzubereiten (Schwerpunkt mobile Anwendungen).

Mit der Programmgesellschaft NOW GmbH ist eine Gesamtkoordination aus einer Hand und eine zielgerichtete Entwicklung sichergestellt, um im internationalen Wettbewerb bestehen zu können.

11 Anhang

A.1 Zusammenfassung der sechs Entwicklungspläne

Anwendung		Gesamtbudget in Mio. €	Anmeldung		Verteilung in		
			2007 für 2008 - 2016	%	2010 für 2011 - 2016	2011* für 2011 - 2016	%
Verkehr	F&E		658	54	250	144	36
	Demonstration		478		356		
	Querschnitt		8		4		
	Summe Verkehr		1.144		610		
H2- Produktion	F&E		-	-	60	34	9
	Demonstration		-		106		
	Summe H2-Produktion		-		166		
Haus- energie	F&E		361	24	125	97	24
	Demonstration		141		151		
	Summe Hausenergie		502		275		
Industrie	F&E		80	12	100	49	12
	Demonstration		170		72		
	Summe Industrie		250		172		
Spezielle Märkte	F&E		69	10	82	60	15
	Demonstration		152		184		
	Summe Spez. Märkte		221		266		
Quer- schnitt	F&E		-	-	18	16	4
	Demonstration		-		15		
	Summe Querschnitt		-		33		
Gesamt	F&E		1.168	100	615	400 (weitere 200 ohne Zuordnung)	100
	Demonstration		949		862		
	Gesamtsumme		2.117		1.522		

* Von dem für 2008-2016 zur Verfügung gestellten Budget in Höhe von 1,4 Mrd. Euro wurden bis 2011 bereits 800 Mio. Euro verplant. Von den verbleibenden 600 Mio. Euro sollen 200 Mio. Euro bis mindestens 2012 nicht verplant werden. Somit stehen 400 Mio. Euro für die Planungen der einzelnen Bereiche als Richtwert für 2011-2016 zur Verfügung.