SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik: Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan

Weider, Marc; Metzner, André; Rammler, Stephan

Veröffentlichungsversion / Published Version
Arbeitspapier / working paper

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
SSG Sozialwissenschaften, USB Köln

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Weider, M., Metzner, A., & Rammler, S. (2003). *Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik: Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan.* (Discussion Papers / Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Forschungsschwerpunkt Organisationen und Wissen, Abteilung Innovation und Organisation, 2003-114). Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-112162

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:
This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

WZB – discussion paper

Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik.

Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan

Marc Weider, André Metzner, Stephan Rammler

SP III 2003-114

weider@wz-berlin.de
andre.metzner@daimlerchrysler.com
st.rammler@hbk-bs.de

ZITIERWEISE/CITATION:

Marc Weider, André Metzner, Stephan Rammler

Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik.

Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan

Discussion Paper SP III 2003-114
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (2003)

Forschungsschwerpunkt:
Organisationen und
Wissen

Research Area:
Organizations and
Knowledge

Abteilung:
Innovation und
Organisation

Research Unit:
Innovation and
Organization

Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung gGmbH (WZB)
Reichpietschufer 50, D-10785 Berlin
Telefon: +49 30 25491-201, Fax: +49 30 25491-209
www.wz-berlin.de/ow/inno

Zusammenfassung

Im Gegensatz zu den Aktivitäten der Automobilindustrie sind politische Initiativen bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle von der Öffentlichkeit eher weniger beachtet worden. Dabei hat gerade das Engagement der Politik, insbesondere in Japan, den USA und seit 2003 auch auf europäischer Ebene, an Dynamik gewonnen. So kam es zur Formulierung von Fahrplänen und Zielen für die Markteinführung der Brennstoffzellentechnologie, der Initiierung von Demonstrationsprojekten und einer deutlichen Erhöhung von Fördersummen. Die vorliegende Studie gibt einen umfassenden Überblick über die Förderprogramme zur Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan. Neben den politischen Zielsetzungen werden Umfang, Instrumente und tragende Akteurskonstellationen der politischen Initiativen beschrieben. Die Darstellung soll einerseits einen fundierten vergleichenden Überblick ermöglichen, sowie andererseits als Basis für notwendige empirische Studien dienen.

Abstract

In contrast to the hydrogen and fuel cell activities known to take place in the automobile industry, political initiatives concerning this subject have received little attention from the public. Nevertheless, political involvement, especially in Japan, the US and recently at the level of the European Union, has become increasingly dynamic with the formulation of roadmaps and goals for the commercialisation of fuel cell technology, the initiation of demonstration projects, and a marked increase in public funding. The following study gives a comprehensive overview of the programs supporting hydrogen and fuel cell technologies in Germany, the European Union, the US and Japan. In addition to the political objectives, the scope, instruments and supporting parties of the political initiatives will be explained. This account should provide the reader with a sound comparative overview of the subject as well as a basis for needed further empirical studies.

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 1

2 DEUTSCHLAND – DIE INDUSTRIE ALS MOTOR DER ENTWICKLUNG 4

2.1 Überblick 4

2.2 Förderprogramme in Deutschland 8

2.2.1 Bundesebene 8

2.2.1.1 Die Vision einer solaren Wasserstoffwirtschaft – die deutsche Wasserstoffpolitik bis Mitte der 1990er 9

2.2.1.1.1 HYSOLAR 10

2.2.1.1.2 Solar-Wasserstoff-Bayern (SWB) 10

2.2.1.2 Zäsur in der deutschen Wasserstoffpolitik 10

2.2.1.3 Brennstoffzelle, Automobilindustrie und (regionale) Technologiepolitik 12

2.2.1.4 Aktuelle Projekte und Förderprogramme auf Bundesebene 13

2.2.1.4.1 Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie 13

2.2.1.4.2 Clean Energy Partnership 14

2.2.1.4.3 Zukunfts-Investitions-Programm 15

2.2.1.4.4 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz 16

2.2.2 Förderprogramme und Aktivitäten deutscher Bundesländer 16

2.2.2.1 Bayern 17

2.2.2.2 Baden-Württemberg 18

2.2.2.3 Nordrhein-Westfalen 20

2.2.2.4 Andere Bundesländer 20

3 EUROPÄISCHE UNION – HOHE UMWELTPOLITISCHE ZIELE, ABER NOCH KEINE KOHÄRENTE STRATEGIE 22

3.1 Überblick 22

3.2 Förderprogramme der Europäischen Union 26

3.2.1 Vergangenheit 26

3.2.1.1 Euro-Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project 26

3.2.2 Aktuelle Programme 27

3.2.2.1 European Integrated Hydrogen Project 27

3.2.2.2 Clean Urban Transport for Europe 28

3.2.2.3 European High Level Group on Hydrogen and Fuel Cells 29

3.2.2.4 Hycom- und Hypogen-Programm 31

4 USA – „KEEP THE FREEDOM“ 32

4.1 Überblick 32

4.2 Förderprogramme in den USA auf Bundesebene 38

4.2.1 U.S. Department of Energy 38

4.2.1.1 Solid State Energy Conversion Alliance 39

4.2.1.2 FutureGen 39

4.2.1.3 FreedomCAR und Hydrogen Fuel Initiative 41

4.2.1.4 Hydrogen Vehicle and Infrastructure Demonstration and Validation Project 43

4.2.2 U.S. Department of Defense 43

4.2.2.1 DoD Fuel Cell Program 44

4.2.2.2 Brennstoffzellenaktivitäten des National Automotive Center 46

4.3 Förderprogramme der US-amerikanischen Bundesstaaten 47

4.3.1 Ohio Fuel Cell Coalition 47

4.3.2 Michigan NextEnergy Program 48

4.3.3 Fuel Cell Texas 49

4.3.4 Das kalifornische „technology forcing“ 50

4.3.4.1 Die kalifornische „zero emission vehicle“-Gesetzgebung 51

4.3.4.2 California Fuel Cell Partnership 52

4.3.4.3 California Stationary Fuel Cell Collaborative 53

4.3.5 Clean Energy Funds in Connecticut und Massachusetts 54

4.3.6 New York Energy $mart 55

5 JAPAN – BRENNSTOFFZELLE ALS SCHLÜSSELTECHNOLOGIE FÜR WIRTSCHAFTLICHE ENTWICKLUNG 57

5.1 Überblick 57

5.2 Förderprogramme 61

5.2.1 „World Energy Network“ & „Development for Safety Use and Infrastructure of H2” 62

5.2.2 Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project 63

6 FÖRDERPROGRAMME ZU WASSERSTOFF UND BRENNSTOFFZELLE – EINE VERGLEICHENDE DARSTELLUNG 66

Abbildungsverzeichnis

Bild 1: „Logo“ Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (Quelle: BMVBW) 4

Bild 2: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der deutschen Bundesregierung 1990-1999 (Quelle: L-B-Systemtechnik GmbH; Layout überarb. (MW))5

Bild 3: Brennstoffzellenförderung der deutschen Bundesregierung 2000-2003 (Quelle: Eigene Darstellung) 7

Bild 4: Brennstoffzellenförderung der deutschen Bundesregierung im Rahmen der ZIP mit prozentualer Verteilung der Brennstoffzellen-Fördermittel (Quelle: Geipel/Malinowski) 16

Bild 5: Logo des EU-Programmes „Thermie“ (Quelle: EU) 22

Bild 6: Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie innerhalb der Rahmenprogramme (RP) der EU (eigene Darstellung) 24

Bild 7: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der EU im 5. Rahmen programm (1999-2002) (Quelle: Angel Perez Sainz; Layout überarb. (MW)) 24

Bild 8: „A Challenging European Hydrogen Vision“ – Entwurf der High Level Group für eine Europäische Wasserstoff und Brennstoffzellen Roadmap (Quelle: HLG Report) 30

Bild 9: Logo FreedomCAR Initiative (Quelle: DoE) 32

Bild 10: Projektion des Erdölverbrauchs der USA (Quelle: FreedomCAR Partnership Plan) 34

Bild 11: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der US-amerikanischen Bundesregierung 1998-2004 (eigene Darstellung) 35

Bild 12: Aufgliederung des aktuellen Wasserstoff-, Brennstoffzellen- und Infrastruktur-Technologieprogramms des DoE (Quelle: eigene Darstellung) 36

Bild 13: Anteile der Fördergelder, die einzelne Bereiche des FreedomCAR Projekt erhalten (Quelle: DoE) 42

Bild 14: Logo des japanischen Wasserstoffprogrammes (Quelle: ENNA) 57

Bild 15: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der japanischen Regierung 2000-2003 (Quelle: eigene Darstellung) 58

Bild 16: Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle in Deutschland, der EU, den USA und Japan im Vergleich (Quelle: eigene Darstellung) 66

Bild 17: Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle in Deutschland, der EU, den USA und Japan per Capita-Vergleich (Quelle: eigene Darstellung) 67

Bild 18: Vergleich wesentlicher Eckpunkte der Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle in Deutschland, der EU, den USA und Japan 68

Abkürzungsverzeichnis

APU	=	Auxiliary Power Unit
BMBF	=	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMVBW	=	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
BMWA	=	Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (ehemals BMWi = Bundesministerium für Wirtschaft)
BZ	=	Brennstoffzelle
CARB	=	„California Air Ressource Board“ – Kalifornische Umweltbehörde
DMFC	=	„Direkt Methanol Fuel Cell“ – Brennstoffzelle mit protonenenleitender Membran als Elektrolyt, in der direkt, d.h. ohne Reformer, Methanol als Treibstoff eingesetzt werden kann
DoD	=	US-amerikanisches Verteidigungsministerium („Department of Defense“)
DoE	=	US-amerikanisches Energieministerium (“Department of Energy”)
EERE	=	„Office of Energy Efficiency and Renewable Energy“ – Abteilung des amerikanischen Energieministeriums
ENNA	=	„Engineering Advancement Association of Japan”
FC	=	„Fuel Cell“ – Brennstoffzelle
FE	=	„Office of Fossil Fuels” – Abteilung des amerikanischen Energieministeriums
GHW	=	Gesellschaft für Hochleistungselektrolyseure zur Wasserstofferzeugung mbH
H_2	=	Wasserstoff
MCFC	=	„Molton Carbonate Fuel Cell“ – Schmelzkarbonat Brennstoffzellen arbeiten im Hochtemperaturbereich (ca. 650 °C), und sollen in großen stationären Anwendungen (Kraftwerk) eingesetzt werden
PAFC	=	„Phosphoric Acid Fuel Cell“ (Phosphorsaure Brennstoffzelle) – Brennstoffzelle mit konzentrierter Phosphorsäure als Electrolyt; Arbeitstemperatur ca. 200°C; Brennstoff: Wasserstoff
PEM(FC)	=	„Proton Exchange Membran“ (Brennstoffzelle) – Brennstoffzelle mit protonenenleitender Membran als Elektrolyt; Arbeitstemperatur 60 bis 80°C; notwendiger Brennstoff: reiner Wasserstoff
R&D	=	Forschung & Entwicklung (Research and Development)
SOFC	=	„Solid Oxid Fuel Cell“ – Festoxid-Brennstoffzelle mit sauerstoffionenleitendem Keramikelektrolyten; Arbeitstemperatur 800 bis 1000°C; Brennstoff: neben reinem Wasserstoff auch kohlenstoffhaltige Brenngase (Erdgas, Synthesegas)
WE-NET	=	„World Energy Network“ – japanisches Wasserstoff-Großprojekt
ZEV	=	Zero Emission Vehicle – Nullemissionsfahrzeug

1 Einleitung

Während die Aktivitäten der Automobilindustrie bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle in den letzten Jahren im Blickpunkt der Öffentlichkeit standen[1], sind politische Initiativen in diesem Bereich eher weniger beachtet worden. Dabei hat gerade das Engagement der Politik in den letzten zwei Jahren mit der Formulierung von Fahrplänen und Zielen für die Markteinführung der Brennstoffzellentechnologie, der Initiierung von Demonstrationsprojekten und einer deutlichen Erhöhung von Fördersummen an Dynamik gewonnen. So fördert die japanische Regierung im Rahmen ihrer „Millenium"-Initiative die Brennstoffzelle als eine Schlüsseltechnologie für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit der japanischen Wirtschaft mit 300 Mio. € im Haushaltsjahr 2003. Im Rahmen des seit 2002 laufenden „Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Projects" werden mobile und stationäre Anwendungen der Brennstoffzelle in Japan in größerem Maßstab getestet. Bekannter noch als die japanischen Aktivitäten ist die 1,7 Mrd. US$ schwere „FreedomCAR & Hydrogen Fuel"-Initiative des amerikanischen Präsidenten. Dieser hat die Entwicklung des Wasserstoffautos bis 2020 zum nationalen Interesse erklärt, da damit die Unabhängigkeit von ausländischen Energiequellen gefördert werde. Nach Japan und den USA hat auch die Europäische Union ihre Aktivitäten verstärkt. Ein von der Europäischen Kommission einberufenes Expertengremium, die „High Level Group", hat Mitte 2003 einen Bericht vorgelegt, der eine Vision für die Transformation zu einer nachhaltigen wasserstofforientierten Wirtschaft formuliert. Welche Bedeutung Wasserstofftechnologien auf der EU-Ebene zugemessen wird, macht die Aussage vom Präsidenten der Europäischen Kommission Romano Prodi auf einer USA-Reise Anfang 2003 deutlich: „I want to be remembered for only two things: the European Unions's eastward expansion, and hydrogen energy"[2]. Eine Ausnahme bei dem industrie- und technologiepolitischen Wettbewerb der Staaten um die Zukunftstechnologie Brennstoffzelle macht die deutsche Bundesregierung. Die Brennstoffzelle wird zwar auch als Schlüsseltechnologie bezeichnet, und auch der im November 2000 vorgelegte Bericht des

---

[1] Vgl. Weider, Marc/Metzner, André/Rammler, Stephan (2003): Das Brennstoffzellenrennen. Aktivitäten und Strategien bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle in der Automobilindustrie. Discussion Paper, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung. Im Erscheinen.

[2] Vgl. www.forum-brennstoffzelle.de/index.php?main=info&news=akt&akt=248; vgl. auch o.V. (2003): These fuelish things. In: The Economist vom 13.02.2003. Online-Dokument: www.economist.com/science/displaystory.cfm?story_id=1576453#Static.

Büros für Technikfolgenabschätzung[3] schätzt das langfristige Potenzial der Brennstoffzelle und die Möglichkeit von weit reichenden Innovationsschüben, die diese mit sich bringen kann, als hoch ein, aber die staatliche Förderung bleibt trotz dieser Bewertungen vergleichsweise gering.

Diese kurze Skizzierung der jüngeren politischen Initiativen im Bereich Wasserstoff und insbesondere Brennstoffzelle zeigen die Aktualität und Dynamik des Themas auch auf staatlicher Ebene. Ziel dieser Studie ist es, einen genaueren Blick auf das empirische Geschehen zu werfen, das unserer Kenntnis nach bis dato noch nicht Gegenstand sozialwissenschaftlicher Untersuchungen war. Dabei hat die Studie nicht den Anspruch einer tiefergehenden Politikfeldanalyse, sondern die Autoren wollen in erster Linie die öffentlichen Förderprogramme bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle in der so genannten Triade darstellen. Neben der reinen Deskription der Förderpolitik macht die Studie aber auch die Vielfalt der möglichen staatlichen Fördermaßnahmen für neue Technologien und die Unterschiede in den staatlichen Programmen zwischen Deutschland, EU, USA und Japan deutlich. Die Programme differieren im primären Ursprung der staatlichen Zielsetzungen (Umwelt-, Energie- oder Standortpolitik), in der Einschätzung der Zukunftsträchtigkeit und der volkswirtschaftlichen Bedeutsamkeit der neuen Technologie, sowie in Umfang und Kohärenz. Unterschiede gibt es auch in den Wegen, die zur Förderung beschritten werden. Die Studie bildet somit eine fundierte Überblicksdarstellung, auf die bei weiteren vertiefenden Untersuchungen zurückgegriffen werden kann. Diese bieten sich insbesondere an, da am empirischen Beispiel der Brennstoffzellentechnologie die Notwendigkeit und Art von politische Rahmenbedingungen für grundlegende Innovationen bei systemischen Technologien wie dem Automobil und den Energietechnologien relativ zeitnah untersucht werden können.

Diese Studie beruht, der Aktualität des Themas geschuldet, auf einer Auswertung und Analyse von Veröffentlichungen und Internet-Publikationen von Regierungsstellen und öffentlichen Einrichtungen, auf der nur sehr begrenzt vorhandenen wissenschaftlichen Literatur zum Thema, auf Zeitungs- und Zeitschriftenartikeln, Konferenzberichten, einschlägigen

[3] Vgl. Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages zur „Brennstoffzellen-Technologie“ vom 29.11.2000 (Bundestags-Drucksache 14/5054).

Infodiensten, wie Hydrogen & Fuel Cell Letter, HyWeb-Gazette und Wasserstoff-Spiegel[4], und zahlreichen Internetquellen mit Stand vom 15.09.2003.

Der Inhalt der Überblicksdarstellung gliedert sich wie folgt: Im ersten Kapitel wird ausführlich auf die Geschichte der Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik in Deutschland eingegangen. Diese lässt sich in zwei Phasen aufteilen. Während die Bundesregierung bis Mitte der 1990er Jahre noch Vorreiter der weltweiten Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen mit der Durchführung großer Demonstrationsprojekte war, lässt dieses Engagement mit dem Auslaufen dieser Projekte stark nach. In Folge dieser Zäsur in der Förderpolitik auf Bundesebene wird die weitere Entwicklung von der Industrie, insbesondere der Automobilindustrie, und mehr und mehr auch von den Bundesländern vorangetrieben. Im anschließenden zweiten Kapitel wird das Förderprogramm der EU zu Wasserstoff und Brennstoffzelle dargestellt. Insbesondere wird hier auf die aktuellen Entwicklungen eingegangen. Diese sind durch die Einberufung der „High Level Group“ und dem von ihr erstellten Visionsbericht, der Mitte 2003 auf einer europäischen Wasserstoffkonferenz vorgestellt wurde, geprägt. Das dritte Kapitel stellt die zahlreichen US-amerikanischen Aktivitäten zu Wasserstoff und Brennstoffzelle dar. Neben den Programmen des Energieministeriums wird auch auf die Aktivitäten des Verteidigungsministeriums eingegangen, da in den USA das Militär eine wichtige Rolle bei der Innovation neuer Technologien spielt. Es wird auch auf die Programme einzelner US-Bundesstaaten eingegangen, da zum einen die Politik Kaliforniens von hoher weltweiter Relevanz ist (ZEV-Gesetzgebung), und zum anderen die einzelnen Bundesstaaten ganz unterschiedliche Förder- und Markteinführungsprogramme und Wege zur Finanzierung dieser Programme verfolgen. Im vierten Kapitel wird das japanische Wasserstoff- und Brennstoffzellenprogramm dargestellt. Seit Ende 1999 gab es zahlreiche politische Initiativen in Japan, die die Vorreiterrolle des Landes bei der Kommerzialisierung der Brennstoffzelle noch verstärkt haben. Inhalt des abschließenden Kapitels dieser Studie ist eine vergleichende Darstellung wesentlicher Elemente der einzelnen Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitiken.

Die Breite der Thematik sowie die Dynamik im Geschehen lassen mit Sicherheit keine vollständige Darstellung zu. Für Hinweise, Ergänzungen und Anregungen sind die Autoren dankbar.

---

[4] Der Hydrogen & Fuel Cell Letter veröffentlicht die monatlichen Top-Stories online unter: www.hfcletter.com. Wasserstoff-Gazette und Wasserstoff-Spiegel sind beide komplett im Internet zu finden: www.hyweb.de/Neuigkeiten/main-h2gazetd.html und www.dwv-info.de/wss.htm .

2 Deutschland – die Industrie als Motor der Entwicklung

Bild 1: „Logo“ Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (Quelle: BMVBW)

2.1 Überblick

Das Wasserstoff-Energie-Programm der deutschen Bundesregierung hatte jahrelang den Ruf, das weltweit konsequenteste zu sein[5]. Insbesondere wird auch heute noch auf die große Anzahl an Demonstrationsprojekten hingewiesen, die in Deutschland durchgeführt wurden. Das hohe Engagement der Politik im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle ist aber Mitte der 1990er Jahre nach einer Evaluation anlässlich von 20 Jahren Forschungsförderung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie aufgegeben worden (vgl. Kapitel 2.2.1). Bei einem Vortrag auf der von der EU-Kommission im Juni 2003 veranstalteten Wasserstoffkonferenz (vgl. Kapitel 3.1) hat der Staatssekretär des Bundeswirtschaftsministeriums, Georg W. Adamowitsch, noch einmal die damals gefundene Position der Bundesregierung bestätigt: „Wir glauben, dass eine breite Nutzung von Wasserstoff – insbesondere des solaren Wasserstoffs – wegen der mangelnden Wirtschaftlichkeit und auch wegen der benötigten großen Mengen auf mittlere Sicht nicht zu erwarten ist. Konsequenterweise hat die Bundesregierung die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserstofftechnologien in den letzten Jahren reduziert und sieht den Forschungsbedarf jetzt im wesentlichen im Technikerhalt und in der Reduzierung der Kosten einzelner Schlüsselkomponenten [...]“[6].

---

[5] Vgl. Bünger, Ulrich (2001): Current Status and Perspectives of Hydrogen Energy Related Activities in Germany. Paper auf der International Conference on Hydrogen Age of Asia, 27.-28.11.2001, Tokyo, Japan. Online-Dokument: www.hydrogen.org/wissen/pdf%5Ch2ageofasia.pdf.

[6] Vortag liegt als Online-Dokument vor: ftp.cordis.lu/pub/sustdev/docs/energy/sustdev_h2_keynote_adamowitsch_de.pdf.

Diese Einschätzung der Marktferne einer Wasserstoff-Energiewelt hat insbesondere zur deutlichen Reduzierung der Forschungsförderung zum Thema Wasserstoff ab Mitte der 1990er Jahre auf Bundesebene geführt (vgl. Bild 2).

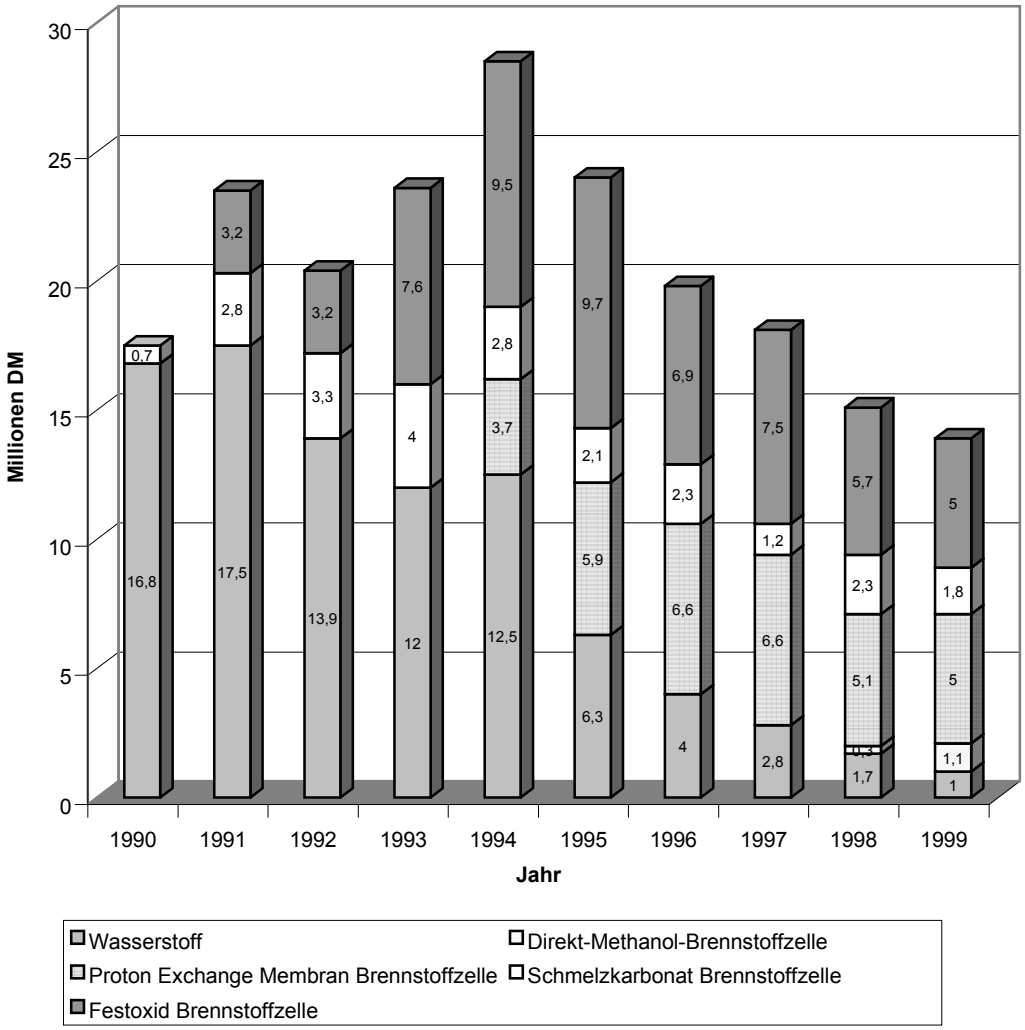

Bild 2: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der deutschen Bundesregierung 1990-1999
(Quelle: L-B-Systemtechnik GmbH; Layout überarb. (MW))

Anders sieht es bei der Einschätzung der Brennstoffzellentechnologie aus. Diese wird laut dem schon zitierten Staatssekretär des Wirtschaftsministeriums von der Bundesregierung als „Schlüsseltechnologie“ eingestuft. Auch der im November 2000 vorgelegte Bericht des Büros für Technikfolgenabschätzung über die Brennstoffzellentechnologie kommt zu dem

Schluss, dass die Brennstoffzelle attraktive Potenziale hat, insbesondere langfristig, und weit reichende Innovationsschübe mit sich bringen kann[7].

Das Brennstoffzellenprogramm der deutschen Bundesregierung reicht bis zum Ende der 1980er Jahre zurück[8]. In den ersten Jahren konzentrierte man sich auf die Entwicklung von Hochtemperatur-Brennstoffzellen, also auf die Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC) und die Schmelzkarbonat Brennstoffzelle (MCFC), für stationäre Anwendungen. Seit 1994 gibt es ein Forschungsprogramm zur Proton-Exchange-Membrane-Brennstoffzelle (PEMFC) für mobile Anwendungen, und seit 1998 wird auch die Forschung an der Direkt-Methanol-Brennstoffzelle unterstützt. Insgesamt wurde die Brennstoffzelle von 1990 bis 2002 mit insgesamt 108 Mio. € gefördert. Im selben Zeitraum wurden weitere 50 Mio. € im Rahmen der institutionellen Förderung des Forschungszentrums Jülich und der Deutschen Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) für die Forschung und Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie ausgegeben. Mit dem Zukunfts-Investitions-Programm (vgl. Kapitel 2.2.1.4.3), in dessen Rahmen die Brennstoffzelle seit 2001 zusätzlich mit insgesamt 60 Mio. Euro für drei Jahre gefördert wird, und einem seit dem Jahr 2000 laufenden Förderprogramm (insgesamt 10 Mio. €) für Brennstoffzellen-Hausenergiezentralen (Kraft-Wärme-Kopplung), sind die Brennstoffzellenaktivitäten auf Bundesebene verstärkt worden (vgl. Bild 4)[9]. Beide aktuellen Programme spiegeln auch die momentane Schwerpunktsetzung der Bundesregierung bei der Förderung der Brennstoffzellentechnologie wieder. Gefördert wird vorrangig die stationäre Anwendung der Brennstoffzelle, wie dezentrale Blockheizkraftwerke und Hausenergieversorgungstechnik, da diese marktnäher und für den Energiemarkt relevanter sind. Zudem zielt die Unterstützung mehr auf die Kunden, die z.B. Brennstoffzellen-Hausenergiezentralen installieren lassen, als auf die Hersteller. Mit diesem Fokus soll ein Impuls für die Markteinführung gegeben werden.

---

[7] Vgl. Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages zur „Brennstoffzellentechnologie“ vom 29.11.2000 (Bundestags-Drucksache 14/5054).

[8] Für einen Überblick über die Brennstoffzellenförderung der deutschen Bundesregierung vgl. Geipel, Helmut/ Malinowski, Peter (2002): German Government Increases Efforts in Fuel Cell Research, Demonstration and Implementation. Vortrag auf der „2002 Fuel Cell Seminar“-Konferenz in Palm Springs/Kalifornien vom 18.-21.11.2002. Die Präsentation zum Vortrag gibt es als Online-Dokument: www.fuelcellseminar.com/pdf/2002/Geipel.pdf.

[9] Aufgrund der kurzfristigen Ansetzung des Zukunfts-Investitions-Programm (ZIP) konnten im Jahr 2001 nur 5 Mio. € Projektmittel von den ursprünglich geplanten 20 Mio. € ausgezahlt werden.

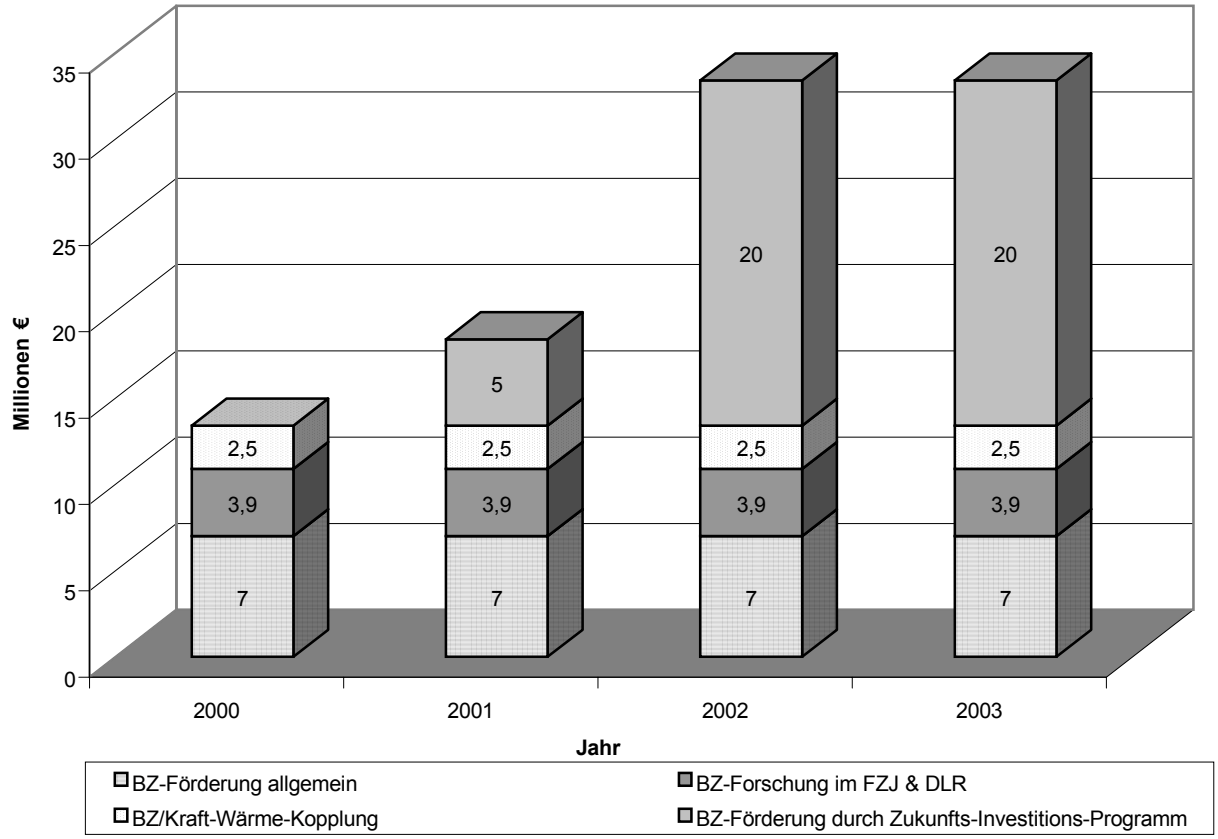

Bild 3: Brennstoffzellenförderung der deutschen Bundesregierung 2000-2003 (Quelle: Eigene Darstellung)

Zahlen beruhen auf Angaben des Projektträgers Jülich und des BMWA (vgl. Geipel, Helmut/Malinowski, Peter (2002): German Government Increases Efforts in Fuel Cell Research, Demonstration and Implementation. Vortrag auf der „2002 Fuel Cell Seminar"-Konferenz in Palm Spring/Kalifornien vom 18.-21.11.2002; Forschungszentrum Jülich (2002): Projektträger Jülich – Aufgaben, Förderprogramme, Organisation. Auszug aus dem Bereich Energie; S. 71-73. Online Dokument: www.ptj-jahresbericht.de/Auszug_PTJ_Broschuere_e.pdf).

Mit diesen Aktivitäten ist Deutschland weiterhin in Europa der Vorreiter bei der Förderung der Brennstoffzellentechnologie. So finden 70 Prozent aller Brennstoffzellenprojekte in Deutschland statt und mehr als 75 Prozent aller in Europa vorhandenen Brennstoffzellen-Systeme wurden in Deutschland installiert[10]. Aber trotz neuer Programme droht Deutschland, den traditionellen Vorsprung bei Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien im weltweiten Vergleich einzubüßen. Angesichts der in den letzten Jahren erheblich gestiegenen öffentlichen Forschungsförderung in den USA und in Japan scheinen die Anstrengungen auf der Bundesebene doch gebremst. Neben der geringeren staatlichen Unterstützung bei der Entwicklung und Kommerzialisierung der neuen Technologie sind die Anstrengungen in Deutschland im Bereich der Brennstoffzellentechnologie auch nicht wie in anderen Ländern in ein Gesamtkonzept eingebunden. Gab es noch in den 1980er Jahren die Vision einer solaren Wasserstoffwirtschaft, so fehlt es heute, wie der deut-

[10] Vgl. Geiger, Stefan (2003): Brennstoffzellen in Deutschland – Marktanalyse relevanter Aktivitäten. Online-Dokument: www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_621_GermanySurvey0603de.pdf

sche Wasserstoffverband beklagt, an einer übergreifenden Strategie[11]. Im Gegensatz zu der seit Mitte der 1990er Jahre nachlassenden Dynamik auf Bundesebene, entwickelten aber einzelne Bundesländer in den letzten Jahren eigene Aktivitäten aus industrie- und technologiepolitischen Gründen. Zudem lässt sich insgesamt feststellen, dass das Thema in Deutschland insbesondere von der Industrie, und hier besonders von der Automobilindustrie, vorangetrieben wird.

2.2 Förderprogramme in Deutschland

2.2.1 Bundesebene

Wasserstoff- und Brennstoffzellenforschung wird von der deutschen Bundesregierung seit fast 30 Jahren gefördert[12]. Dabei kann die Geschichte der deutschen Wasserstoffpolitik in zwei Phasen eingeteilt werden. Die erst Phase beginnt mit den Ölpreisschocks in den 1970er Jahren und ist zunächst energiepolitisch motiviert (Unabhängigkeit von Erdölimporten). Mit der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl 1986 werden dann zunehmend umweltpolitische Gründe zum Treiber der Forschungsförderung. Die bis Mitte der 1990er Jahre anhaltende Phase ist geprägt von Machbarkeitsstudien, Grundlagenforschung und großen Demonstrationsprojekten. Diese Phase endet mit der Zwischenbilanz des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) anlässlich 20 Jahre Forschungsförderung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 1995/1996. Es kommt zur Zäsur in der deutschen Wasserstoffpolitik. Die zweite, aktuelle Phase der deutschen Wasserstoffpolitik ist von verschiedenen, zum Teil gegenläufigen Bewegungen geprägt. Auf der Ebene der Bundespolitik werden die Förderung und Aktivitäten im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen deutlich zurückgefahren. Wasserstoff und Brennstoffzelle sind, so die Einschätzung, für kurz- und mittelfristige Umweltverbesserungen nicht die geeigneten Mittel, und können höchstens als langfristige Optionen betrachtet werden[13]. Daneben gewinnt in der Industrie das Thema Brennstoffzelle seit Mitte/Ende der 1990er Jahre dank

---

[11] Wegen dieses Mangels hat der Deutsche Wasserstoff Verband (DWV) am 08. Oktober 2002 angekündigt, die Erstellung einer „Roadmap für den Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur in Deutschland“ in Angriff zu nehmen. „Dies ist der Beginn einer Strategieinitiative, wie es sie in ähnlicher Form in den USA und Japan bereits gibt. Während sie dort allerdings mit staatlicher Unterstützung läuft, wird diese Notwendigkeit in Deutschland bisher in einer Reihe von Bundesländern, aber kaum auf Bundesebene gesehen [...]“ (Pressemitteilung des DWV vom 08/10/02. Online-Dokument: www.dwv-info.de/pm/pm_0204.htm).

[12] Vgl. Antwort des 1998 amtierenden Bundesministers für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie Jürgen Rüttgers auf eine kleine Anfrage der SPD (Bundestags-Drucksache 13/10896). Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politik/anfrag98.html.

[13] Vgl. den Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages zur „Brennstoffzellentechnologie“ vom 29.11.2000 (Bundestags-Drucksache 14/5054), vgl. auch die kritische Bewertung des Umweltbundesamtes zur Brennstoffzelle (Online-Dokument: www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/brennstoffzelle.htm).

Durchbrüchen in der Technikentwicklung zunehmend an Dynamik. Auch auf politischer Ebene ergreift die Wirtschaft, u.a. bei der Frage nach dem Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur, die Initiative. Aus technologie- und industriepolitischen Gründen, und dies ist drittes Element der zweiten Phase, engagieren sich verstärkt verschiedene Bundesländer in Sachen Wasserstoff und Brennstoffzelle. Kompetenz und Know-how bei der Zukunftstechnologie wird zum Standortfaktor und erhoffter Garant für zukünftige Arbeitsplätze. Im Folgenden sollen die beiden Phasen der deutschen Wasserstoffpolitik genauer betrachtet werden.

2.2.1.1 Die Vision einer solaren Wasserstoffwirtschaft – die deutsche Wasserstoffpolitik bis Mitte der 1990er

Im Blickfeld der ersten Phase der deutschen Wasserstoffpolitik steht der Energieträger Wasserstoff als solcher. Als Rahmen und Ziel der Aktivitäten dient die von der Politik formulierte Vision einer solaren Wasserstoffwirtschaft, also der Aufbau einer auf Wasserstoff basierenden neuen alternativen und nachhaltigen Energiewelt. Aus dieser Zeit stammt u.a. die Idee, in der Sahara großflächig Solarzellen aufzubauen, die gewonnene elektrische Energie vor Ort in Wasserstoff umzuwandeln und diesen mittels Wasserstoff- Containerschiffen nach Europa zum Verbraucher zu transportieren. Auslöser für die in diesem Rahmen von der Bundesregierung unterstützten Forschungsbemühungen waren zwei globale Ereignisse. Zunächst beflügelten die beiden Ölkrisen in den 1970er Jahren die Diskussion um eine solare Wasserstoffenergiewelt. Dabei stand die Unabhängigkeit vom Erdöl und die Suche nach alternativen Energiequellen im Vordergrund. Die Tschernobyl-Katastrophe 1986 und die darauffolgenden Diskussionen um die Risiken der Atomkraft führten zu weiteren Forschungsbemühungen in Richtung solare Wasserstoffwirtschaft, mit nun umweltpolitischen Motiven. Von 1980 bis 1996 belief sich der Umfang der Förderung der Wasserstofftechnologie, laut Angaben des BMBF, auf ca. 210 Mio. DM[14]. Die Förderung[15] in der ersten Phase der deutschen Wasserstoffpolitik erfolgte insbesondere im Rahmen zweier großer deutscher Wasserstoff-Projekte, dem HYSOLAR- und dem Solar-Wasserstoff-Bayern-Projekt, die im folgenden kurz vorgestellt werden sollen. Zudem fand ein weiteres von der Europäischen Union gefördertes Wasserstoffprojekt, das Euro-Quebec Hydro-Hydrogen

[14] Vgl. Bericht zum BMBF-Förderschwerpunkt „Wasserstofftechnologie und Brennstoffzellen“ vom Dezember 1996. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politik/bmbf.html.

[15] Bei den geförderten Forschungsprojekten handelt es sich um so genannte Verbundforschung, d.h. es handelt sich um kooperative Forschungs- und Entwicklungsprojekte von privaten Unternehmen und öffentliche Forschungseinrichtungen. Zudem beteiligen sich die Partner an den Kosten des Projekts. So trägt die Industrieseite 50 bis 70 Prozent der Projektkosten.

Pilot Project (vgl. Kapitel 3.2.1.1), schwerpunktmäßig in Deutschland statt. Alle drei Großprojekte behandelten die gesamte Wasserstoffkette von Produktion, Transport und Nutzung.

2.2.1.1.1 HYSOLAR

Beim ersten großen deutsche Wasserstoffprojekt HYSOLAR, das zwischen 1985 bis 1995 durchgeführt wurde, handelte es sich um ein Kooperationsprojekt zwischen Deutschland und Saudi-Arabien. In Deutschland wurde im Rahmen des Programms neben der Durchführung von Grundlagenforschung und Systemstudien insbesondere zum Thema Flüssigwasserstoff-Infrastruktur und Fahrzeugkomponenten geforscht und entwickelt. Beteiligt am Projekt waren von deutscher Seite zum einen Industrievertreter, wie BMW, Linde, Mercedes-Benz, Messer-Griesheim, und zum anderen Forschungsinstitute, wie die Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR), die Universität Stuttgart und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung (ZSW) in Stuttgart. In Saudi-Arabien und Spanien wurde an der Forschung und Entwicklung von Wasserstoff-Produktionstechnologien (Solartechnologie und elektrolytische Wasserstofferzeugung) gearbeitet. HYSOLAR hatte ein Gesamtvolumen von 80 Mio. DM, und wurde sowohl vom BMBF (ca. 15 Mio. DM) als auch vom Bundesland Baden-Württemberg gefördert.

2.2.1.1.2 Solar-Wasserstoff-Bayern (SWB)

Ein zweites großes Programm aus dieser Phase war das Solar-Wasserstoff-Bayern-Projekt (SWB)[16]. Von 1986 bis 2000 wurde in Neunburg vorm Wald (Bayern) in einer großen Pilot- und Demonstrationsanlage ein geschlossenes Solar-Wasserstoff-System dargestellt. Beim SWB wurden sowohl Wasserstoffproduktionstechnologien, wie Photovoltaik-Felder und Elektrolyseure, als auch Technologien zur Nutzung des Wasserstoffs, wie Brennstoffzellen, Gasheizkessel und katalytische Heiz- und Kältesysteme, getestet. Dieses Projekt, mit einem Gesamtvolumen von 124 Mio. DM, wurde sowohl von der Industrie (Bayernwerke, BMW, Linde, Siemens) als auch vom BMBF (Förderung ca. 40 Mio. DM) und dem Land Bayern (ca. 17 Mio. DM) finanziert.

2.2.1.2 Zäsur in der deutschen Wasserstoffpolitik

Im November 1995 fand anlässlich von 20 Jahren Förderung der Wasserstofftechnik durch das Bundesforschungsministerium ein Statusseminar unter der Überschrift „Wasserstoff als Energieträger – Ergebnisse der letzten 20 Jahre und Ausblick auf die Zukunft“ statt. Die teilnehmenden Vertreter von Wirtschaft und Wissenschaft kamen zu folgenden Schlussfolgerungen:

---

[16] Vgl. www.solarwasserstoff.de/pdfs/veroeffentlichungen_d_02.pdf.

- „Seitens der Forschung sind die wichtigsten Entwicklungsziele erreicht; die Komponenten für eine umweltfreundliche Wasserstoffgewinnung und -nutzung stehen im Prinzip bereit.
- Der großtechnische Einsatz wird jedoch auf absehbare Zeit durch erhebliche Kostenbelastungen behindert oder auf Subventionen angewiesen sein.
- Eine wirtschaftlich nennenswerte Bedeutung des Energieträgers Wasserstoff kann frühestens in 30 oder 50 Jahren erwartet werden“[17].

Im Dezember 1996 veröffentlichte das BMBF dann einen Statusbericht des Förderschwerpunktes „Wasserstofftechnologie und Brennstoffzellen“[18], in den das Resümee der Experten einfloss. Aufgrund der übernommenen Schlussfolgerungen und der Feststellung, dass die Nutzung des Energiespeichers Wasserstoff weder ökologisch (der Anteil des notwendigen regenerativen Stroms in Deutschland sei zu gering und die Energieverluste bei einzelnen Umwandlungsschritten seien zu hoch) noch ökonomisch (die Kosten der Technik seien zu hoch) sinnvoll sei, kam das Ministerium zu der Konsequenz, dass die Forschungsförderung der Wasserstofftechnologie in größerer Breite nicht mehr zu rechtfertigen sei. Das BMBF sähe seine Aufgabe in Zukunft darin, den erreichten Stand der Technik im Hinblick auf die Bereitstellung für eine Nutzung in Marktnischen oder für die spätere Nutzung im großen Maßstab zu sichern (Technikerhalt) und einzelne Schlüsselkomponenten der Wasserstofftechnologie weiter zu entwickeln unter Einbeziehung neuer Erkenntnisse der Grundlagenforschung. Als zukünftiger Schwerpunkt der Forschungsförderung wurde deshalb die Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie gesehen[19]. Dies wurde zum einen mit der prognostizierten mittelfristigen Anwendbarkeit der Brennstoffzellentechnologie, zum zweiten mit der Möglichkeit, die Brennstoffzelle mit unterschiedlichen Kraftstoffe betreiben zu können und zum dritten mit der Bedeutung der Brennstoffzelle als „Schlüsseltechnologie“ für eine zukünftige Wasserstoff-Energiewelt begründet.

Mit der Einschätzung der Experten und der Entscheidung des BMBF war die Vision einer solaren Wasserstoffwirtschaft aufs „Abstellgleis“ geraten, wie der Spiegel[20] damals titelte. Beigetragen zur Zäsur in der staatlichen Wasserstoffpolitik hatte dabei auch die Abnahme der empfunde-

---

[17] Vgl. Antwort von Jürgen Rüttgers im Jahr 1998, dem damaligen Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie auf eine kleine Anfrage der SPD (Bundestag-Drucksache 13/10896). Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politik/anfrag98.html.

[18] Vgl. Bericht zum BMBF-Förderschwerpunkt „Wasserstofftechnologie und Brennstoffzellen“ vom Dezember 1996. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politik/bmbf.html.

[19] Das BMBF hat, so der Bericht, seit Einrichtung des Förderschwerpunktes Brennstoffzelle die Forschung und Entwicklung der Brennstoffzelle von 1989 bis 1996 mit insgesamt rund 79 Mio. DM gefördert.

[20] Vgl. o.V. (1996): Vision auf dem Abstellgleis. In: Der Spiegel 45/1996, S. 226-232.

nen Dringlichkeit, Alternativen für fossile Brennstoffe zu finden[21]. Die Position der Bundesregierung wurde 1998 noch einmal vom damaligen Bundesforschungsminister Rüttgers in einer Antwort auf eine kleine Anfrage einiger SPD-Abgeordneter zur „Zukunft der Wasserstoff-Technologien" bestätigt. Auf die in der Anfrage zitierte Kritik deutscher Industrievertreter, dass andere Länder sehr viel größere Anstrengungen unternehmen würden, antwortete Rüttgers: „In Europa wird die Perspektive für Wasserstofftechniken zunehmend nüchtern eingeschätzt. In den USA und Japan wird die Erforschung der Wasserstofftechnik [...] derzeit stärker vorangetrieben [...]. Allerdings liegen die Erkenntnisse, die beispielweise in Japan von dem sogenannten „WE-NET"-Programm erwartet werden, in Deutschland größtenteils bereits vor" [22].

2.2.1.3 Brennstoffzelle, Automobilindustrie und (regionale) Technologiepolitik

Die zweite, aktuelle Phase der deutschen Wasserstoffpolitik zeichnet sich weniger durch die Initiative der Bundesregierung aus, sondern wird vor allem durch das Engagement der Industrie bestimmt. Zudem steht nicht mehr der Energieträger Wasserstoff, sondern die Brennstoffzellentechnologie im Mittelpunkt des Interesses. Ausgelöst durch erhebliche technische Fortschritte bei der Brennstoffzelle, treibt seit Mitte der 1990er Jahre besonders die Automobilindustrie die weitere Entwicklung im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle voran. Treiber für die weltweit erheblichen Forschungsanstrengungen der Automobilindustrie in Bezug auf die Brennstoffzelle sind hierbei verschärfende Umweltgesetzgebungen, besonders die „zero emission vehicle (ZEV)"-Gesetzgebung in Kalifornien (vgl. Kapitel 4.3.4.1), die Erhöhung der regionalen und politischen Unsicherheit bezüglich der Erdölversorgung, sowie die wettbewerbsgetriebene Suche nach Differenzierungsmerkmalen und Vorteilen. Die (erzwungene) Notwendigkeit von signifikanten Maßnahmen zur Reduzierung von Emissionen, das prognostizierte Potential der neuen Technologie und ein zunehmender Innovationswettbewerb auch bei Umwelttechnologien scheinen für die Automobilindustrie ein nachhaltigerer Anreiz für milliardenschwere Investitionen in Forschung und Entwicklung der neuen Technologie zu sein[23]. Auch auf politischer Ebene

---

[21] „Von einer Erschöpfung der Erdöl- und Erdgasvorräte, die in gewissen Bereichen durch Wasserstoff substituiert werden könnten, sind wir weltweit noch sehr weit entfernt" (vgl. Bericht zum BMBF-Förderschwerpunkt „Wasserstofftechnologie und Brennstoffzellen" vom Dezember 1996. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politik/bmbf.html).

[22] Vgl. Antwort vom damaligen Bundesminister für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie Jürgen Rüttgers 1998 auf eine kleine Anfrage der SPD (Bundestag-Drucksache 13/10896). Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politik/anfrag98.html.

[23] Vgl. Weider, Marc/Metzner, André/Rammler, Stephan (2003): Das Brennstoffzellen-Rennen: Aktivitäten und Strategien bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle in der Automobilindustrie. WZB Discussion Paper. Berlin: WZB. Im Erscheinen.

ergreift die Industrie die Initiative. So ist die verkehrswirtschaftliche Energiestrategie, die die Frage nach dem Aufbau einer alternativen Kraftstoffinfrastruktur koordinieren will, und das daraus entspringende primär auf Wasserstoff und Brennstoffzellen fokussierte Demonstrationsprojekt, die Clean-Energy-Partnership, auf die Initiative der Automobilindustrie zurückzuführen. Das Interesse an der Brennstoffzelle beschränkt sich aber inzwischen nicht nur auf die Automobilindustrie. Auch andere Industriebranchen, wie Heizungshersteller und Versorgungsunternehmen, engagieren sich inzwischen im Bereich Brennstoffzelle[24].

Die zweite Phase konzentriert sich somit zum einen auf die Brennstoffzellentechnologie und sie ist im Vergleich zur ersten Phase technologie- und marktorientierter, weil industriegetrieben. Die Bundesregierung, bei der die Zuständigkeit für das Thema seit Anfang 1999 vom BMBF zum Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi)[25] gewechselt ist, engagiert sich erst seit kürzerem wieder verstärkt im Rahmen des Zukunfts-Investitions-Programms (ZIP) und auch durch das 2002 verabschiedete Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz im Bereich Brennstoffzelle. Neben dem starken Engagement der Industrie ist für die aktuelle deutsche Situation aber auch das zunehmende Engagement einzelner Bundesländer im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen kennzeichnend.

2.2.1.4 Aktuelle Projekte und Förderprogramme auf Bundesebene

2.2.1.4.1 Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie

Das zur Zeit relevanteste Projekt in Deutschland in Bezug auf die mobile Anwendung der Brennstoffzelle ist die Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES)[26]. Diese im Mai 1998 von Automobil- und Energieunternehmen[27] gestartete Initiative läuft mit Teilnahme, aber ohne finanzielle Unterstützung der Bundesregierung[28]. Ziel der VES ist es, eine Strategie zur mittelfristi-

---

[24] So will u.a. die Schweizer Firma Sulzer Hexis mit der Unterstützung mehrerer Versorgungsunternehmen in den nächsten Jahren 400 stationäre Brennstoffzellen-Einheiten in Deutschland installieren, und das deutsche Heiztechnikunternehmen Vaillant plant die Demonstration eines virtuellen Kraftwerkes aus 54 einzelnen Brennstoffzellenanlagen (vgl. Geiger, Stefan (2003): Brennstoffzellen in Deutschland – Marktanalyse relevanter Aktivitäten. Online-Dokument: www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_621_GermanySurvey0603de.pdf).

[25] Das Bundeswirtschaftsministerium heißt seit Anfang dieser Legislaturperiode Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA).

[26] Vgl. Informationen zur VES auf der Homepage des BMVBW: www.bmvbw.de/cms-aussen-spezial/externalViews/ExternalViews.jsp?contentId=2458&printView=true.

[27] Teilnehmende Unternehmen sind zur Zeit: BMW, DaimlerChrysler, General Motors Europe (Opel), MAN, Volkswagen, ARAL, BP, RWE, Shell und TotalFinaElf.

[28] Federführend für die Bundesregierung ist das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW).

gen, flächendeckenden Markteinführung eines alternativen Kraftstoffs für den Verkehr zu erarbeiten und umzusetzen[29]. Dieser Kraftstoff soll möglichst unabhängig von Erdöl sein, aus erneuerbaren Energieträgern hergestellt werden können und die Emission von Schadstoffen, insbesondere CO_2, in der gesamten Energiekette reduzieren. In einer ersten Projektphase wurden verschiedene Kraftstoffalternativen analysiert und nach bestimmten Leitzielen bewertet. Dabei sind drei Kraftstoffe – Erdgas, Methanol und Wasserstoff – zur weiteren Prüfung ausgewählt worden. Bei der Untersuchung hat sich Wasserstoff als die langfristig zukunftsfähigste Lösung herausgestellt. Für das weitere Vorgehen ist geplant, im Rahmen von öffentlichkeitswirksamen Demonstrationsprojekten offene Fragen zu klären. So sollen neben technischen Fragen auch die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen der Einführung des Kraftstoffs Wasserstoff untersucht und die notwendigen langfristigen politischen Rahmenbedingungen identifiziert werden. Zudem soll die Initiative auf europäischer Ebene ausgeweitet werden. Als erster Schritt zur Umsetzung der VES-Strategie soll in Berlin mit Unterstützung der Bundesregierung die Clean Energy Partnership auf den Weg gebracht werden.

2.2.1.4.2 Clean Energy Partnership

Anlehnend an die California Fuel Cell Partnership werden ab Sommer 2004 in Berlin Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge im Rahmen der Clean Energy Partnership (CEP) getestet werden[30]. Das im Rahmen der VES und mit Unterstützung der deutschen Bundesregierung geplante Demonstrationsprojekt dient zur Erprobung der Alltagstauglichkeit von Wasserstoff und BioFuel im Verkehrsbereich. Die an der Partnerschaft beteiligten Unternehmen sind Aral/BP, BMW, BVG, DaimlerChrysler, Ford, GHW/NorskHydro, Linde, Opel und Vattenfall/Europe. In der auf vier Jahre projektierten CEP sollen eine bis auf ca. 30 Fahrzeuge ansteigende Testflotte erprobt und im alltagsnahen Betrieb eingesetzt werden. Für die Wasserstofffahrzeuge (Verbrennungsmotor und Brennstoffzelle) richtet Aral eine öffentliche Tankstelle mit sowohl flüssigem wie auch gasförmigem Wasserstoff ein. Zusätzlich wird auch der Einsatz von „Biomass-to-Liquids-Verfahren (BTL)“ erprobt werden. Ziel der CEP sind der Nachweis der Alltagstauglichkeit und Kundenakzeptanz für Wasserstofffahrzeuge und für die neuen Betankungstechnologien. Zudem sollen Rückschlüsse für die VES-Strategie, u.a. über die notwendigen politische Rahmenbedingungen, gewonnen werden. Die Kosten des gesamten Pilotprojektes

---

[29] Um eine flächendeckende Infrastruktur von rund 2.000 öffentlichen Wasserstofftankstellen bis 2020 zu installieren, sind laut der Berechnungen der VES bis zu 120 Milliarden Euro Infrastruktur-Investitionen nötig.

[30] Vgl. Wasserstoff-Spiegel 03/02; HyWeb Gazette 2. Quartal 2002.

betragen rund 33 Mio. €., davon werden 5 Mio. € von Seiten der Bundesregierung als Fördermittel bereit gestellt[31].

2.2.1.4.3 Zukunfts-Investitions-Programm

Mit dem Ende 2000 beschlossenen Zukunfts-Investitions-Programm (ZIP) hat die Bundesregierung ihre vorhandenen Energieforschungsaktivitäten in den Bereichen Geothermie, Offshore-Windenergieanlagen, energieeffiziente Altbausanierung und Brennstoffzelle verstärkt. Ein Schwerpunkt des Programms ist die Förderung der Brennstoffzelle, „damit [sich] deutsche Unternehmen in diesem Zukunftsmarkt einen weltweiten Spitzenplatz in der Technologieentwicklung erarbeiten“[32]. So fließt die Hälfte der Gesamt-Fördersumme von 123 Mio. € des Investitionsprogramms in Brennstoffzellenprojekte. Das ZIP, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit verwaltet wird, hat eine ursprüngliche Laufzeit von 2001 bis 2003. Die zusätzlichen Fördermittel stammen aus den Zinsersparnissen des Schuldenabbaus, der durch die Einnahmen aus den UMTS-Lizenzen ermöglicht wurde. Mit dem Investitionsprogramm werden insbesondere stationäre Anwendungen der Brennstoffzelle gefördert (~ 41 Mio. €). Durch die Installation einer größeren Anzahl von Brennstoffzellen in unterschiedlichen Anwendungsfeldern (Hausenergiezentralen, Blockheizkraftwerke) sollen sowohl Hersteller wie auch Kunden die Möglichkeit erhalten, Erfahrungen mit der neuen Technologie zu sammeln. Bei der mobilen Anwendung werden zum einen Brennstoffzellenbus-Projekte gefördert und zum anderen die Forschung an alternativen Kraftstoffen, wie Methanol, mit denen auch Brennstoffzellenfahrzeuge betrieben werden können (~ 20 Mio. €). Fördermittel fließen auch in Ausbildungs- und Schulungsmaßnahmen im Industrie- und Handwerksbereich zum Thema Brennstoffzelle und in Erarbeitung von Prüfroutinen, Normen und Standards für die neue Technologie (~ 7 Mio. €)[33].

---

[31] Vgl. Brennstoffzellen Newsletter 28-2003. Online-Dokument: www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_679_denews28.pdf.

[32] Vgl. Informationen auf der Homepage des Ministeriums: www.bmwi.de => Politikfelder => Energiepolitik => Energieforschung.

[33] Vgl. Geipel, Helmut/Malinowski, Peter (2002): German Government Increases Efforts in Fuel Cell Research, Demonstration and Implementation. Vortrag auf der „2002 Fuel Cell Seminar“-Konferenz in Palm Springs/Kalifornien vom 18.-21.11.2002. Eine Auflistung der geförderten Projekte ist auf der Homepage des BMWA erhältlich: www.bmwi.de/textonly/Homepage/Politikfelder/Energiepolitik/Energieforschung/Energieforschung.jsp.

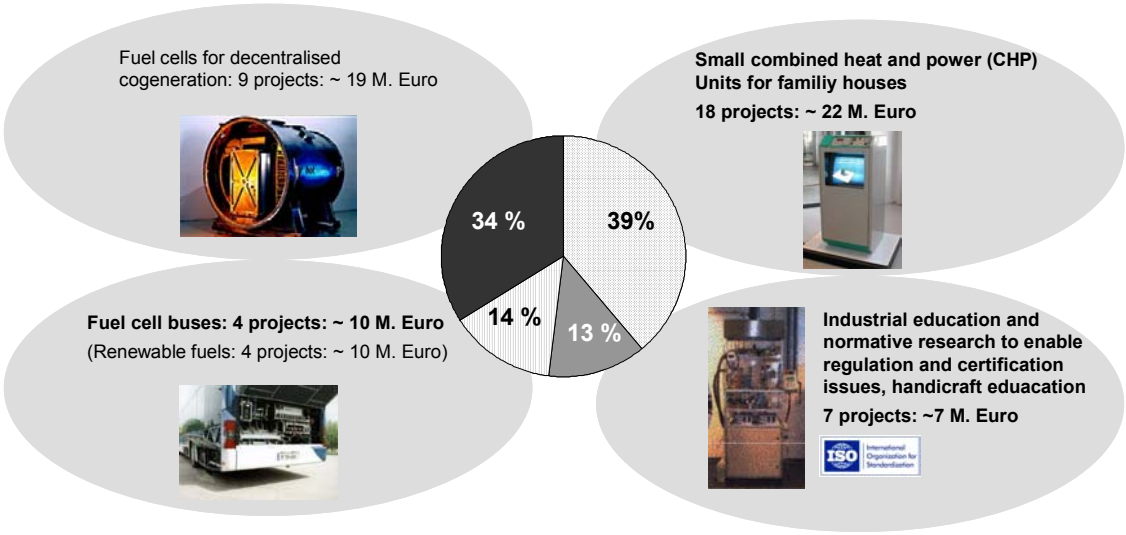

Bild 4: Brennstoffzellenförderung der deutschen Bundesregierung im Rahmen der ZIP mit prozentualer Verteilung der Brennstoffzellen-Fördermittel (Quelle: Geipel/Malinowski)

Da wegen der kurzfristigen Ansetzung des Programms im ersten Jahr nur 25 Prozent der Fördermittel im Bereich Brennstoffzelle ausgezahlt werden konnten und zudem einzelne Hersteller der Brennstoffzellen Probleme hatten, rechtzeitig genügend Brennstoffzellen zur Verfügung zu stellen, ist geplant, das Programm bis 2005 zu verlängern.

2.2.1.4.4 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Eine weitere aktuelle Maßnahme der deutschen Bundesregierung, die auch die Kommerzialisierung der Brennstoffzellentechnologie fördern soll, ist das seit April 2002 in Kraft getretene Gesetz zur Kraft-Wärme-Kopplung. Dies dient laut Gesetzestext (§1 Abs. 1 KWKG) u.a. dazu, die Markteinführung der Brennstoffzelle im stationären Bereich zu unterstützen. Dabei wird der Strom aus Brennstoffzellen bei der Einspeisung ins öffentliche Netz für 10 Jahre zusätzlich zum marktüblichen Preis mit einem Bonus von 5,11 Cent/kWh vergütet.

2.2.2 Förderprogramme und Aktivitäten deutscher Bundesländer

Im Gegensatz zur eher gebremsten Förderung auf Bundesebene haben eine zunehmende Anzahl an deutschen Bundesländern ihre Aktivitäten im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle in den letzten Jahren verstärkt. Ziel der Bemühungen ist es, wie der bayrische Wirtschaftsminister Otto Wiesheu sagt: „[...] die Markteinführung einzuleiten und rechtzeitig Marktanteile zu sichern und

Arbeitsplätze zu erhalten und neue Arbeitsplätze zu sichern“[34]. Anreiz für das Engagement der Bundesländer sind also in erster Linie industrie- und wirtschaftspolitische Gründe.

2.2.2.1 Bayern

Die bayrische Landesregierung fördert seit 15 Jahren Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle. Neben dieser langen Förderungsgeschichte ist Bayern auch das deutsche Bundesland mit dem höchsten Förderetat für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien. Laut Dr. Gerhard Olk, Ministerialrat des bayrischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, hat Bayern in den letzten 15 Jahren insgesamt 50 Mio. € zur Förderung von Wasserstofftechnologien bereitgestellt[35]. Allein in den letzten fünf Jahren wurden von der bayrischen Landesregierung 30 Projekte im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle mit 35 Mio. € gefördert (Gesamtvolumen 70 Mio. €)[36]. Ein Großteil der aktuellen Fördermittel stammt aus den Privatisierungserlösen von ehemals öffentlichen Versorgungsunternehmen[37]. In der seit 1996 existierenden „Koordinierungsstelle für die Wasserstoff-Initiative Bayern“ (WIBA)[38] hat das Land Bayern zudem die im Bundesland vorhandenen Wasserstoff- und Brennstoffzellenaktivitäten von Wissenschaft und Industrie gebündelt. Bayern ist auch das Bundesland mit der höchsten Anzahl an Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Demonstrationsprojekten. Neben dem abgeschlossenen Solar-Wasserstoff-Bayern-Projekt (vgl. Kapitel 2.2.1.1.2) ist das größte und bekannteste bayrische Wasserstoff-Demonstrationsprojekt die Wasserstofftankstelle am Münchener Flughafen (H2MUC)[39]. Hier wird seit 1999 zum einen eine Wasserstoff-Infrastruktur demonstriert, die aus Wasserstofftankstelle (automatisierter Tankvorgang durch Tankroboter), Wasserstoffproduktion (Erdgasreformer, Elektrolysator) und Wasserstoffspeicherung und -transport (Pipeline) besteht. Zum anderen werden sowohl Pkws (BMW) wie auch Busse (MAN, NEOPLAN) mit Wasserstoff-Verbrennungsmotoren auf dem Vorfeld des Flughafens im Shuttle-Service getestet. Auch ein Brennstoffzellen-Gabelstapler wird im Alltagseinsatz auf dem Flughafen erprobt. Andere Demonstrationsprojekte im mobilen Bereich sind der Einsatz eines MAN Wasserstoff-Busses im öffentlichen Nahverkehr in Erlangen und München

---

[34] Aus der Regierungserklärung des bayrischen Wirtschaftsministers Otto Wiesheu vom 26.06.1997. Online-Dokument: www.wiba.de/die_wiba/stmwvt.htm.

[35] Paper auf dem Deutschen Wasserstoff-Energietag 2002 vom 12.-14.11.2002 in Essen. Konferenz-CD-ROM.

[36] Vgl. Projektübersicht auf www.wiba.de.

[37] Vgl. www.hydrogen.org/Politik/by.html; www.wiba.de/die_wiba/stmwvt.htm.

[38] Vgl. www.wiba.de; die WIBA existiert seit 1995, die Koordinierungsstelle seit 1996.

[39] Vgl. www.hydrogen.org/h2muc/intro.html.

von 1996 bis 1998[40] und die Erprobung eines MAN Brennstoffzellenbusses in Nürnberg und Erlangen von 2000 bis 2001[41]. Im stationären Bereich werden aktuell in Nürnberg ein PAFC-Blockheizkraftwerk zur Versorgung einer Wohnanlage[42] und im Rhön-Klinikum Neustadt eine Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (MCFC) vom Hersteller MTU („Hot Module“)[43] getestet.

2.2.2.2 Baden-Württemberg

Auch Baden-Württemberg engagiert sich, ähnlich wie Bayern, schon länger bei der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. So hat das Bundesland das erste große deutsche Wasserstoffprojekt HYSOLAR (vgl. Kapitel 2.2.1.1.1) zu einem Viertel mitfinanziert. Zudem waren verschiedene Forschungsinstitute des Bundeslandes am Projekt beteiligt. Während die bayrische Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik sich durch eine Vielzahl von Demonstrationsprojekten auszeichnet, sticht in Baden-Württemberg die große Anzahl von Forschungseinrichtungen, sowohl im Bereich der Grundlagen- als auch der Anwendungsforschung, hervor. Schon 1988 gründete das Land Baden-Württemberg gemeinsam mit Forschungseinrichtungen und Wirtschaftsunternehmen das Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung (ZSW)[44]. Das ZSW beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit photovoltaischen Materialien, Batterien und Brennstoffzellen. Seit Mai 2002 verfügt das ZSW an seinem Standort in Ulm (zweiter Standort Stuttgart) über ein Testzentrum für Brennstoffzellen, dessen Bau aus Bundesmitteln (4,1 Mio. €) finanziert wurde[45]. Ergänzt werden die Aktivitäten des ZSW in Ulm ab 2002 vom Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle (WBzU)[46] (ab 2004 mit eigenem Gebäude). Im WBzU sollen insbesondere für Mitarbeiter von Handwerksbetrieben und mittelständische Unternehmen Aus- und Weiterbildungsveranstaltungen zur Brennstoffzellen-technologie angeboten werden. Zudem soll auch die breite Öffentlichkeit über die neue Technologie und deren Anwendungspotenziale informiert werden. Das WBzU wird vom Land Baden-Württemberg (3,3 Mio. €) und dem Bundeswirtschaftsministerium (1,5 Mio. €) für eine fünfjährige Etablierungsphase finanziell unterstützt. ZSW und WbzU sind Teil des Kompetenzzentrums Brennstoffzelle des Landes Baden-Württemberg. Das Engagement des Landes im Rahmen des Kompetenzzentrums begrün-

---

[40] Vgl. www.hydrogen.org/Knowledge/MANH2BUS.htm.

[41] Vgl. www.brennstoffzellenbus.de.

[42] Vgl. www.solid.de/projekte/bayern/bzbhkw.htm.

[43] Vgl. www.wiba.de/Projekte/hotmodule/text1.htm.

[44] Vgl. www.zsw-bw.de.

[45] Vgl. Pressemitteilung des Landes Baden-Württemberg vom 21.05.2002 „Testzentrum für Brennstoffzellen in Ulm eröffnet“. Online-Dokument: www.baden-wuerttemberg.de/land/service/presse/.

det der baden-württembergische Wirtschaftsminister, Walter Döring, folgendermaßen: „Die Brennstoffzelle ist die kommende Technik zur Erzeugung von Strom und Wärme, ihr gehört die Zukunft. [...] Die Brennstoffzellentechnologie wird mittel- und langfristig zu tiefgreifenden Änderungen in dem gesamten industriellen Umfeld führen. Mittelstand und Handwerk brauchen unsere Unterstützung. Damit sie schnell diese modernen Technologien anwenden können und Baden-Württemberg seine Position als führender Technologiestandort ausbauen kann“[47].

Neben den Aktivitäten der Landesregierung hat sich im November 2000 die „Forschungsallianz Brennstoffzellen Baden-Württemberg“ (FABZ) formiert, die sich aus den auf dem Gebiet der Brennstoffzelle engagierten baden-württembergischen Forschungseinrichtungen zusammensetzt[48]. Dies ist das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR), die Fraunhofer Gesellschaft, das Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, das ZSW und die Universitäten Karlsruhe, Stuttgart und Ulm. Ziel der Allianz ist die Bündelung der Ressourcen, die Koordinierung der Forschungsaktivitäten und die Stärkung des Technologietransfers in die Wirtschaft. Eine weitere Informations- und Kommunikationsplattform ist 2002 mit dem „Kompetenz- und Innovationszentrum Brennstoffzelle der Region Stuttgart“ (KIBZ) gegründet worden[49]. Neben den Forschungseinrichtungen gibt es auch Demonstrationsprojekte in Baden-Württemberg.

So werden in Stuttgart Brennstoffzellenbusse von DaimlerChrysler im Rahmen des EU Projektes CUTE ab 2003 wie auch die aktuellsten DaimlerChrysler Brennstoffzellen-Pkw-Prototypen „f-cell“ getestet werden. Im stationären Bereich testet der baden-württembergische Energieversorger EnBW die Brennstoffzelle sowohl in zwei Großanlagen, im Thermalbad Mingolsheim (250 kW)[50] und beim Reifenhersteller Michelin in Karlsruhe (250 kW)[51], als auch bei der Haus-

---

[46] Vgl. www.wbzu.de.

[47] Vgl. Pressemitteilung des Landes Baden-Württemberg vom 11.09.2001 „Döring setzt auf Brennstoffzellentechnologie“. Online-Dokument: www.baden-wuerttemberg.de/land/service/presse/.

[48] Vgl. www.forum-brennstoffzelle.de; Pressemitteilung des Landes Baden-Württemberg vom 08.11.2000 „Gute Perspektiven für Brennstoffzellentechnologie“. Online-Dokument: www.baden-wuerttemberg.de/land/service/presse/.

[49] Vgl. www.brennstoffzellen-initiative.de.

[50] Vgl. EnBW Pressemitteilung vom 17.09.2002 „Inbetriebnahme des 250-kW-Brennstoffzelle in Mingolsheim“. Online-Dokument: www.enbw.com.

[51] Das 3,6 Mio. € teure Projekt wird zur Hälfte vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit mit Mitteln des Zukunftsinvestitionsprogrammes (ZIP) finanziert (vgl. EnBW Pressemitteilung vom 07.02.2003 „Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle HotModule von MTU bei Michelin in Karlsruhe im Testbetrieb“. Online-Dokument: www.enbw.com).

energieversorgung. So sollen im Zeitraum von 2001 bis 2004 an 55 EnBW-Privatkunden Brennstoffzellen-Heizgeräte, die sich noch in der Vorserienphase befinden, verleast werden [52].

2.2.2.3 Nordrhein-Westfalen

Das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) versteht sich als „bedeutendste Energie- und Energietechnologieregion der Europäischen Union“ und fördert aus technologie- und strukturpolitischen Gründen im Rahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien die Brennstoffzellentechnologie. Aus Mitteln des Förderprogramms „Rationelle Energieverwendung und Nutzung unerschöpflicher Energiequellen“ (REN) des Wirtschaftsministeriums und der EU-Strukturförderung hat das Land NRW bislang 24 Brennstoffzellen-Projekte mit einem Fördervolumen von 28 Mio. € (Projektvolumen 60 Mio. €) unterstützt[53]. Im April 2000 ist im Rahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien das Kompetenz-Netzwerk Brennstoffzelle (Leitung: Forschungszentrum Jülich) gegründet worden[54]. Dieses Netzwerk hat zur Zeit ungefähr 200 Mitglieder aus den Bereichen Grundlagenforschung, Komponentenentwicklung sowie Planung und Realisation von kompletten Brennstoffzellensystemen. Im August 2002 gab es den ersten Spatenstich für das Zentrum für Brennstoffzellen-Technik (ZBT) in Duisburg[55], das einer der zentralen Eckpfeiler des Kompetenz-Netzwerkes NRW bilden soll. Das ZBT wird mit 15,34 Mio. € vom Land NRW unterstützt und soll in allen Bereichen des Einsatzes von Brennstoffzellen (stationär, portabel und mobil) forschen.

2.2.2.4 Andere Bundesländer

Neben Bayern, Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen haben auch andere Bundesländer im letzten Jahr Wasserstoff- und Brennstoffzelleninitiativen bzw. Kompetenznetzwerke gegründet. Im Februar 2002 wurde in Mecklenburg-Vorpommern mit Unterstützung des Wirtschaftsministeriums des Landes das „Innovationsforum Wasserstoff-Technologien in Mecklenburg-Vorpommern“[56] ins Leben gerufen. Zwei Monate später, im April 2002, startete in Hessen die Wasserstoff- und Brennstoffzelleninitiative Hessen[57], die ebenfalls die relevanten hessischen Akteure aus Wirtschaft und Forschung vernetzen soll. Auch hier wird die Initiative vom hessi-

---

[52] Vgl. www.enbw.com/brennstoffzelle.

[53] Eine Projektliste gibt es unter www.brennstoffzelle-nrw.de => Projekte.

[54] Vgl. www.brennstoffzelle-nrw.de.

[55] Vgl. HyWeb-Gazette 3. Quartal 2002. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Neuigkeiten/archv302.html.

[56] Vgl. www.dwv-info.de/pm/pm_0201.pdf.

[57] Vgl. www.dwv-info.de/pm/pm_0202.pdf; www.wasserstoff-hessen.de.

schen Wirtschaftsministerium unterstützt. Als drittes Bundesland startete Rheinland-Pfalz im Jahr 2002 eine Initiative zum Thema Wasserstoff und Brennstoffzelle. Hier wurde das Kompetenznetzwerk „Zukunftstechnologie Brennstoffzelle Rheinland-Pfalz“[58] im April 2002 vom Staatsministerium für Umwelt und Forsten initiiert. Auch im Bundesland Hamburg gibt es seit mehreren Jahren verschiedene Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Demonstrationsprojekte[59].

[58] Vgl. http://www.dwv-info.de/pm/pm_0203.pdf.

[59] So steht in Hamburg die erste öffentliche Wasserstofftankstelle in Europa. Hier werden seit Anfang 1999 sechs auf Wasserstoffbetrieb umgerüstete Mercedes Lieferfahrzeuge betankt, die im Rahmen des Wasserstoffprojektes W.E.I.T. im Alltagseinsatz getestet werden (vgl. www.h2hh.de/projekte.htm). Seit 2001 testet der Hamburger Hermes-Versand zudem einen Mercedes-Benz Sprinter mit Brennstoffzellenantrieb im Alltagsbetrieb in Hamburg. Ebenfalls aus dem DaimlerChrysler Konzern kommen die drei Brennstoffzellenbusse, die im Rahmen des europäischen Projektes „CUTE“ in Hamburg getestet werden (vgl. www.hh2wasserstoff.de/CUTE/HH2/index_html). Auch zur stationären Anwendung der Brennstoffzelle fanden in Hamburg mehrere Demonstrationsprojekte mit Brennstoffzellen-Blockheizkraftwerken statt (vgl. www.hgc-hamburg.de/brennst.htm => Referenzen).

3 Europäische Union – Hohe umweltpolitische Ziele, aber noch keine kohärente Strategie

Bild 5: Logo des EU-Programmes „Thermie“ (Quelle: EU)

3.1 Überblick

Mit der am 16./17. Juni 2003 in Brüssel veranstalteten Konferenz[60] „Die Wasserstoffwirtschaft – eine Brücke zur nachhaltigen Energie“ hat die Europäische Kommission einen Startpunkt für ein stärkeres, mehr koordiniertes und langfristig ausgerichtetes Engagement der Europäischen Union bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle gesetzt. Das stärkere Engagement wird notwendig, da Europa im Vergleich zu den USA und Japan aus technologie- und industriepolitischer Sicht immer mehr ins Hintertreffen gerät. Noch Ende 2002 kommt die Europäische Kommission bezüglich der europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik zur folgender Einschätzung: „In der EU sind die Anstrengungen auf [...dem] Gebiet [des Wasserstoffs und der Brennstoffzelle] nichtstrukturiert, unterfinanziert und zersplittert. [...] Die EU benötigt eine kohärente Strategie für die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie“[61]. Die gesamte öffentliche Finanzierung der Brennstoffzellentechnologie in Europa belief sich laut Schätzungen der Europäische Kommission in den letzten Jahren nur auf rund ein Drittel der US-Förderung und ein Viertel der Aufwendungen Japans[62]. Trotz dieser Defizite in Fördervolumen und Strategie lassen

---

[60] Vgl. www.cordis.lu/sustdev/energy/h2.htm.

[61] Vgl. Pressemitteilung (IP/02/1450) der Europäischen Kommission vom 10.10.2002 „Kommission ruft hochrangige Gruppe für Wasserstoff- und Brennstoffzellen ins Leben“. Online-Dokument: europa.eu.int/rapid/start/cgi/guesten.ksh?p_action.gettxt=gt&doc=IP/02/1450|0|RAPID&lg=EN&display.

[62] Thierry Alleau, Präsident des französischen Wasserstoffverbandes, schätzt die Gesamtsumme der öffentlichen Förderung für Wasserstoff und Brennstoffzelle mit 200 Mio. € deutlich höher als die EU-Kommission ein (vgl. Hydrogen & Fuel Cell Letter, Juli 2002). Alleau weist aber auch darauf hin, dass es keine umfassende Datenbasis über die Aktivitäten im Bereich Brennstoffzelle und Wasserstoff in Europa gibt (vgl. Alleau, Thierry (2002): Hydrogen and Fuell Cell Activities in Western Europe. Paper auf dem14th World Hydrogen Energy Council, Juni 2002 in Montreal. Online-Dokument: www.h2euro.org/publications/docs2002/EHA_WHEC14_JUNE2002.pdf).

sich zwei positive Aspekte der europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik aufzeigen. Zum einen sind in Europa eine hohe Anzahl von Demonstrationsprojekten durchgeführt worden bzw. werden aktuell durchgeführt. So ist das „Euro-Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project" weltweit das erste umfassende Großprojekt zur Forschung und Demonstration von Wasserstofftechnologien gewesen (vgl. Kapitel 3.2.1.1.) und bei dem gerade gestarteten Demonstrationsprojekt für Brennstoffzellenbusse CUTE (vgl. Kapitel 3.2.2.2) handelt es sich um das größte seiner Art weltweit. Zum zweiten hat die EU im Rahmen ihrer Energiestrategie klare und ambitionierte umweltpolitische Ziele formuliert. Diese sind insbesondere von den Verpflichtungen des Kioto-Protokolls motiviert. Neben der Steigerung der Energieeffizienz im Zeitraum von 1995 bis 2010 um 18 Prozent hat sich die EU dazu verpflichtet, den Anteil von erneuerbaren Energien an der Energiegewinnung bis 2010 zu verdoppeln (von 6 auf 12 Prozent). Zusätzlich will man im Transportbereich den Anteil alternativer Treibstoffe bis 2020 auf 20 Prozent steigern. Davon soll ein Viertel durch Wasserstoff abgedeckt werden[63]. Mit der Klarheit dieser energiepolitischen Zielsetzung ist die EU, worauf Romano Prodi in einem Interview mit der New York Times Anfang 2003 hinwies, den USA und Japan voraus[64].

Die Forschungsaktivitäten der EU im Energiebereich werden seit 1985 jeweils in mehrjährigen Forschungs- und Technologieentwicklungs-Rahmenprogrammen (FTE-RP) durchgeführt. Wasserstoff und Brennstoffzelle fallen unter den Bereich nicht-nukleare Energietechnologien[65], und wurden neben anderen nachhaltigen Energietechnologien in der Vergangenheit zumeist im Programm mit dem Akronym JOULE-THERMIE gefördert[66].

---

[63] Vgl. Perez Sainz, Angel (2003): Toward Hydrogen: A Vision of European Union. Vortrag auf IEA Workshop "Toward Hydrogen" am 03.03.2003 in Paris. Online-Dokument: www.iea.org/workshop/2003/hydrogen/keynotes/eu.pdf; Vgl. auch „Green Paper on Renewable Energies" und „White Paper on EU transport policy" der EU. Beide als Online-Dokument unter: europa.eu.int/comm/energy_transport/en/fa_en.html.

[64] Vgl. Meller, Paul (2002): Europe Pushes for Renewable Energy. In: New York Times vom 16.10.2002. Online-Dokument: www.matr.net/article-4690.html .

[65] Vgl. europa.eu.int/comm/research/energy/nn/nn_en.html .

[66] Die Programme JOULE (Forschungsförderung) und THERMIE (Förderung von Demonstrationsprojekten) sind seit 1994 zu einem Programm, JOULE-THERMIE, zusammengelegt worden.

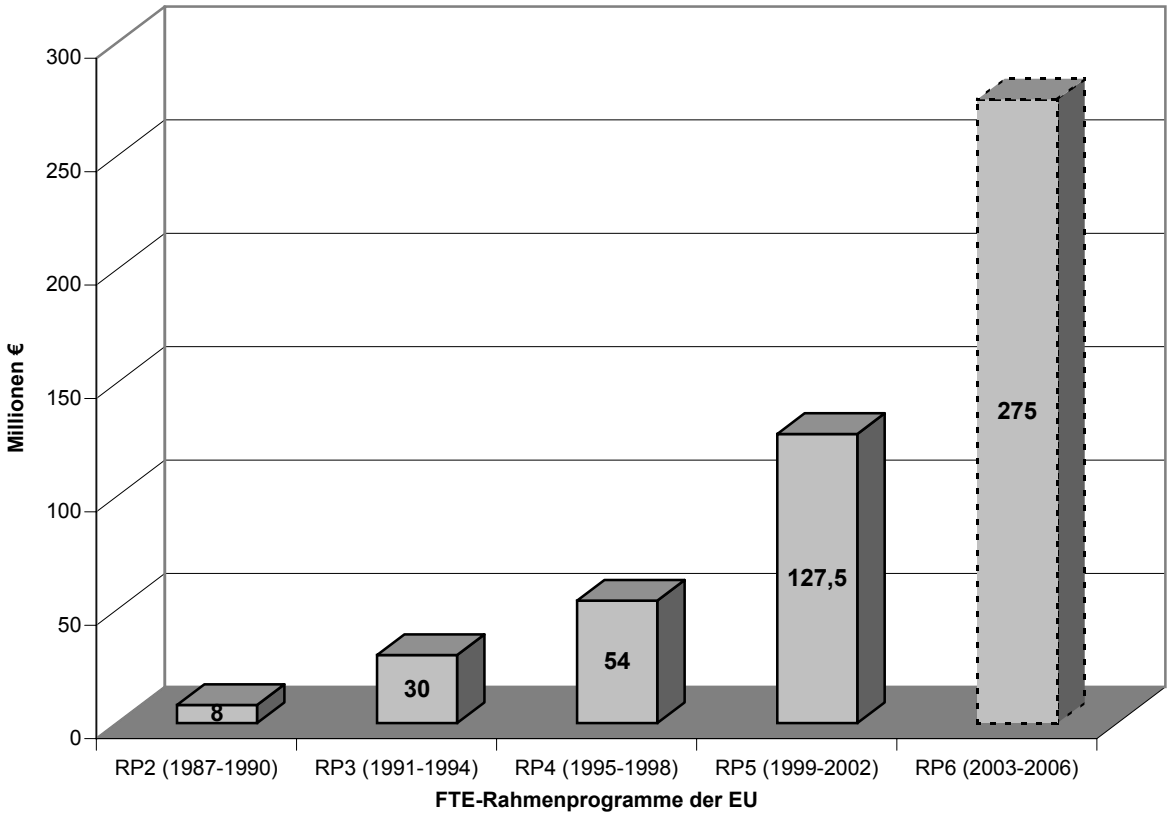

Bild 6: Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie innerhalb der Rahmenprogramme (RP) der EU (eigene Darstellung)

	FC technology acquisition	FC stationary applications	FC transport applications	FC portable applications	Hydrogen infra-structure	Total (in million €)
Mid-long term R&D	**32**	**4**	**26.5**	**4**	**10.5**	**77**
Demonstration and benchmarking (short term)		**17**	**26.5**		**7**	**50.5**
Total	**32**	**21**	**53**	**4**	**17.5**	**127.5**

Bild 7: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der EU im 5. Rahmenprogramm (1999-2002) (Quelle: Angel Perez. Sainz; Layout überarb. (MW))

Die Forschungsförderung für Wasserstoff und Brennstoffzelle durch die EU ist, wie das Bild 6[67] anschaulich zeigt, im letzten Jahrzehnt erheblich angestiegen. Im aktuellen sechsten Forschungs-Rahmenprogramm (RP6 2003-2006) wird der Bereich alternative Energien und Energieeffizienz unter dem Titel „Nachhaltige Entwicklung, globale Veränderungen und Ökosysteme“ mit insgesamt 2,1 Mrd. €[68] gefördert. Von dieser Gesamtsumme entfallen nach Ankündigungen der EU-Kommission 250 bis 300 Mio. € auf die Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Auch wenn zu diesem Betrag noch eine öffentliche Förderung der einzelnen Mitgliedsstaaten in insgesamt der gleichen Größenordnung addiert wird, belaufen sich die Gesamtausgaben innerhalb der EU für Forschung und Entwicklung im Bereich der Wasserstoff und Brennstoffzellen weiterhin nur auf etwa ein Drittel der Ausgaben der USA und die Hälfte der japanischen Förderung[69].

Ein Manko der europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik, das noch schwerer wiegt als die „Unterfinanzierung“, ist das Fehlen einer Gesamtstrategie auf EU-Ebene und die mangelnde Koordination und Abstimmung zwischen dem Vorgehen der einzelnen EU-Mitgliedsländer und ihrer Förderprogramme[70] zu Wasserstoff und Brennstoffzelle. Aus diesem Grund hat die Europäische Kommission im Oktober 2002 ein Beratergremium, die so genannte „High Level Group“ (HLG), einberufen. Diese hat bei der schon erwähnten Konferenz im Juni diesen Jahres einen Strategiebericht vorgelegt, der u.a. eine Roadmap für den Wechsel von einer auf fossilen Brennstoffen beruhenden zu einer wasserstoff-orientierten

---

[67] Zahlen stammen aus folgenden Quellen: a) Bericht der EU Kommission (1999): Brennstoffzellen – Power für die Zukunft: Nachhaltige Energietechnologie für die Europäische Union (EUR 13367). Online-Dokument: www.cordis.lu/eesd/src/lib_misc.htm; b) Perez Sainz, Angel (2002): Fuel cell research in the European Union – Running activities and future prospects. Vortrag auf der „2002 Fuel Cell Seminar-Konferenz in Palm Springs/Kalifornien vom 18.-21.11.2002. Online-Dokument: www.fuelcellseminar.com/pdf/2002/Perez-Sainz.pdf und c) Rede von der EU-Kommissarin für Transport und Energie Loyola de Palacio auf der Konferenz „Die Wasserstoffwirtschaft – eine Brücke zur nachhaltigen Energie“ vom 16./17.06.2003 in Brüssel. Online-Dokument: ftp://ftp.cordis.lu/pub/sustdev/docs/energy/sustdev_h2_keynote_de_palacio.pdf.

[68] Vgl. Pressemitteilung (IP/02/1450) der Europäischen Kommission vom 10.10.2002 „Kommission ruft hochrangige Gruppe für Wasserstoff- und Brennstoffzellen ins Leben“. Online-Dokument: europa.eu.int/rapid/start/cgi/guesten.ksh?p_action.gettxt=gt&doc=IP/02/1450|0|RAPID&lg=EN&display; vgl. auch www.cordis.lu/sustdev/.

[69] Vgl. Presseinformation der Europäischen Kommission (MEMO/03/132) vom 16/06/03: „’Die Wasserstoffwirtschaft – eine Brücke zur nachhaltigen Energie’ – Brüssel, 16./17. Juni 2003“. Online-Dokument: europa.eu.int/rapid/start/cgi/guesten.ksh?p_action.getfile=gf&doc=MEMO/03/132|0|RAPID&lg=DE&type=PDF.

[70] An dieser Stelle kann nicht auf die Politik einzelner europäischen Länder bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle eingegangen werden. Einen Überblick hierzu geben folgende Artikel: Alleau, Thierry (2002): Hydrogen and Fuell Cell Activities in Western Europe. Paper auf dem14th Word Hydrogen Energy Council, Juni 2002 in Montreal. Online-Dokument: www.h2euro.org/publications/docs2002/EHA_WHEC14_JUNE2002.pdf; der Bericht über die 14. World Hydrogen Energy Conference im Hydrogen & Fuel Cell Letter, Juli 2002.

Ökonomie beinhaltet und notwendige Maßnahmen für die Förderung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie aufzeigt (vgl. Kapitel 3.2.2.3). Neben dem Bemühen um Koordination, der Formulierung einer Strategie und dem Anheben der Fördersumme ist es auch auf höchster EU-Ebene zur eindeutigen Prioritätensetzung bezüglich der Wasserstofftechnologie gekommen. So hat der derzeitige Präsident der Europäischen Kommission, Romano Prodi, auf der Wasserstoffkonferenz in Brüssel im Juni 2003 erklärt: „It is our declared goal of achieving a step-by-step shift towards a fully integrated hydrogen economy, based on renewable energy sources, by the middle of the century“[71].

3.2 Förderprogramme der Europäischen Union

Die EU hat beginnend mit dem zweiten Forschungs-Rahmenprogramm, eine größere Anzahl von Forschungsprojekten zu allen Stufen des Wasserstoffkreislaufes und besonders zu unterschiedlichsten Arten und Anwendungen der Brennstoffzelle gefördert. Im Folgenden soll hier nur ein Überblick über das größte abgeschlossene Projekt und über die wichtigsten aktuellen EU-Programme bzw. Arbeitsgruppen zur Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie gegeben werden. Einen detaillierten Überblick über Einzelprojekte des 5. Rahmenprogramms gibt die Broschüre der EU-Kommission „European Fuel Cell and Hydrogen Projects 1999-2002“ [72].

3.2.1 Vergangenheit

3.2.1.1 Euro-Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project

Mit dem von 1988 bis 2000 laufenden Euro-Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project (EQHHPP) fand in Europa das erste Großprojekt statt, das versuchte, alle Elemente einer Wasserstoffenergiewelt zu beleuchten[73].

Das EU-geförderte Projekt (ca.18,7 Mio. € bei einem Gesamtvolumen von ca. 50 Mio. €) fand in Kooperation mit der kanadischen Provinz Quebec statt. Die ursprüngliche Idee des EQHHPP war die Initiierung eines Wasserstoffenergiemarktes zwischen Kanada und

---

[71] Vgl. ftp://ftp.cordis.lu/pub/sustdev/docs/energy/sustdev_h2_keynote_prodi.pdf.

[72] Vgl. ftp.cordis.lu/pub/sustdev/docs/energy/sustdev_h2_european_fc_and_h2_projects.pdf. Eine Datenbank zu Wasserstoff- und Brennstoffzellenprojekten in der EU findet sich unter: www.hyweb.de/pro.

[73] Für einen Gesamtüberblick vgl. Bahbout, Abraham/Tartaglia, Giampiero P./Bünger, Ulrich (2000): Hydrogen Activities in the European Union Work-Programme. Paper auf der 21st World Gas Conference, June 6-9 2000, Nice. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politics/eu_wgs00.pdf; vgl. auch www.hydrogen.org/Wissen/w-i-energiew8.html.

Europa. Dabei sollte in Kanada mit Hilfe überschüssiger elektrischer Energie vorhandener Wasserkraftwerke Wasserstoff hergestellt werden. Den Wasserstoff wollte man dann per Tankschiff nach Europa bringen, wo dieser in verschiedenen Anwendungen genutzt werden sollte. Während diese Hauptidee wegen zu hoher, nicht aufbringbarer Kosten unrealisiert blieb, entschied das Europäische Parlament den Schwerpunkt des Projektes auf die Forschung und Entwicklung im Bereich Wasserstoffnutzung zu setzen. Zahlreiche Projekte zur Technologieentwicklung (z.B. H_2-Speicherung) und mehrere Demonstrationsprojekte (u.a. Wasserstoff- und Brennstoffzellenbusse) fanden in der Folgezeit statt. Auf europäischer Seite waren 30 Unternehmen, Forschungszentren und Universitäten an den unterschiedlichsten Forschungs- und Demonstrationsprojekten beteiligt. Laut Bünger[74] hatte das EQHHPP zwei große Errungenschaften. Es bildeten sich während des Programms zum einen Wasserstoffenergie-Allianzen und -Netzwerke aus industriellen und institutionellen Akteuren heraus. Zum zweiten wurden grundlegende Technologiebausteine, die die gesamte Wasserstoffversorgungskette erfassen, entwickelt.

3.2.2 Aktuelle Programme

Wie beschrieben, wird die EU im 6. Rahmenprogramm einen besonderen Schwerpunkt im Energiebereich auf die Forschung und Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie setzen[75]. Dazu wird zum einen das Fördervolumen gegenüber dem 5. Rahmenprogramm deutlich angehoben werden. Zum anderen liegt der Schwerpunkt der Aktivitäten auf EU-Ebene auf der Koordination und Moderation der vorhandenen und entstehenden Aktivitäten in verschiedenen europäischen Ländern sowie der Entwicklung und der Verfolgung einer kohärenten Strategie.

3.2.2.1 European Integrated Hydrogen Project

Das 1998 gestartete European Integrated Hydrogen Project (EIHP) befasst sich mit der „weichen" Infrastruktur für die neuen Wasserstofftechnologien[76]. Ziel des Projektes ist das

---

[74] Vgl. Bünger, Ulrich (2000): Hydrogen – Current Activities in Europe and Perspectives. Paper auf der 4th Nordic Symposium on Hydrogen and Fuel Cells, Helsinki, 4-5 December 2000. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Wissen/pdf/H2ActivitiesEurope.pdf.

[75] Vgl. Forschungsschwerpunkte zu Brennstoffzelle und Wasserstoff im „Work Programme: Sustainable Energy" auf www.cordis.lu/fp6/sustdev.htm. Ein Überblick über die Förderungsschwerpunkte des 6. Rahmenprogramms gibt auch eine Broschüre „Fuel Cells Powering the Future" der Europäischen Kommission. Online-Dokument: europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/fuelcells_1.pdf.

[76] Vgl. www.eihp.org; Stoll, Dieter (2002): European Integrated Hydrogen Project – der Weg zu einer weltweiten Vorschrift für Wasserstofffahrzeuge. Paper auf dem Deutschen Wasserstoff-Energietag 2002 vom 12.-14.11.2002 in Essen. Konferenz-CD-ROM; Bahbout, Abraham/Tartaglia, Giampiero P./Bünger, Ulrich

Initiieren von einheitlichen Vorschriften, Standards und Normen für Wasserstofffahrzeuge sowie für die Schnittstellen zwischen Fahrzeug und Infrastruktur. Durch die Vereinheitlichung bzw. Festsetzung von Sicherheitsstandards und technischen Normen wird zum einen größere Planungssicherheit für die Entwicklung der Technologie geschaffen und zum anderen die Akzeptanz erhöht. Um zu einer Europa- bzw. weltweiten Harmonisierung der relevanten Normen und Bestimmungen zu kommen, sollen u.a. ein Code of Practice für Tankstellen, eine Standardisierung der Schnittstelle Fahrzeug/Tankstelle, eine Regelung für die Speicherung des Wasserstoffes im Fahrzeug und Vorschläge für die periodische technische Überwachung der Fahrzeuge entwickelt werden. Die Arbeitsgruppe, die sich hauptsächlich aus Vertretern der Industrie zusammensetzt, wird zu 50 Prozent von der EU finanziert. In der ersten Projektphase mit einem Gesamtvolumen von 2,5 Mio. € betrug die Förderung 1,3 Mio. €. Die zweite aktuelle Projektphase (2002-2004) hat ein Gesamtvolumen von knapp 5 Mio. €.

3.2.2.2 Clean Urban Transport for Europe

Das Clean Urban Transport for Europe (CUTE)[77] ist der weltweit erste Großflottenversuch mit Brennstoffzellenbussen. In neun europäischen Städten (Amsterdam, Barcelona, Hamburg, London, Luxemburg, Madrid, Porto, Stockholm und Stuttgart) werden jeweils drei Citaro Brennstoffzellenbusse der DaimlerChrysler-Tochter EvoBus unter verschiedenen klimatischen und geographischen Bedingungen in Demonstrationsprojekten getestet. In allen Städten wird auch eine entsprechende Wasserstoff-Infrastruktur entstehen, bei denen jeweils verschiedene Wege zur Wasserstoffherstellung demonstriert werden sollen. Das Projekt, bei dem Fahrzeughersteller, Öffentliche Nahverkehrsunternehmen und Energieunternehmen zusammenarbeiten, wird von der EU mit 21 Mio. € gefördert.

Die Brennstoffzellenbusse (Gesamtkosten pro Bus: 1,25 Mio. €) werden dabei von den Nahverkehrsunternehmen erworben und sollen ab 2003 für zwei Jahre im öffentlichen Nahverkehr eingesetzt werden. Mit der Auslieferung des ersten Busses Anfang Mai 2003 in Madrid ist der Startschuss für das weltweit größte Brennstoffzellenbus-Demonstrationsprojekt gefallen.

(2000): Hydrogen Activities in the European Union Work-Programme. Paper auf der 21st World Gas Conference, June 6-9 2000, Nice. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politics/eu_wgs00.pdf.

[77] Vgl. www.fuel-cell-bus-club.com; HyWeb-Gazette 1. Quartal 2002. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Neuigkeiten/archv102.html.

Ein analoges Projekt ist das Ecological City Transport System (ECTOS)[78], in dem ebenfalls drei Citaro Brennstoffzellenbusse in einen Demonstrationsprojekt in Islands Hauptstadt Reykjavik eingesetzt werden sollen. Dieses ebenfalls von der EU geförderte Projekt (2,85 Mio. €) läuft im Rahmen der Pläne der isländischen Regierung, die gesamte Energieversorgung Islands auf Wasserstoff umzustellen.

3.2.2.3 European High Level Group on Hydrogen and Fuel Cells

Am 10. Oktober 2002 hat die Europäische Kommission die High Level Group (HLG) für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ins Leben gerufen[79]. Die Gruppe besteht aus Spitzenvertretern großer europäischer Automobil- und Energieunternehmen, Versorgungsbetrieben, Forschungsinstituten, Verkehrsunternehmen und politischen Entscheidungsträgern. Ihre Aufgabe ist es, die potenziellen Nutzeffekte der Verwendung von Wasserstoff- und Brennstoffzellen im Verkehrssektor, im Bereich der Energieerzeugung und in anderen Bereichen zu bewerten und dazu beizutragen, den Weg für gezieltere Maßnahmen der EU in diesem Bereich zu bereiten. Ziel des informellen Gremiums, welches für die EU-Kommission beratende Funktion hat, ist die Entwicklung einer durchgängigen Strategie und von strategischen Prioritäten für die Wasserstofftechnologie auf EU-Ebene.

Anlässlich der EU-Wasserstoffkonferenz im Juni 2003 hat die HLG ihren „vision report" zur europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik vorgelegt[80]. In ihrem Report empfiehlt die HLG der Europäischen Kommission fünf Maßnahmen, die die Transformation in Richtung einer nachhaltigen wasserstofforientierten Wirtschaft mit Brennstoffzellen als Hauptenergieumwandler ermöglichen sollen:

- Die Schaffung eines langfristigen politischen Rahmens, der politikfeldübergreifend (Verkehrs-, Energie-, Umwelt- und Industriepolitik) kohärent ist, und der die Markteinführung von Technologien, die das Ziel nachhaltiger Entwicklung verwirklichen, stimuliert und ermöglicht.

---

[78] Vgl. www.newenergy.is/ectos.asp.

[79] Vgl. Pressemitteilung der Europäischen Kommission vom 10/10/02 (IP/02/1450). Online-Dokument: europa.eu.int/rapid/start/cgi/guesten.ksh?p_action.gettxt=gt&doc=IP/02/1450|0|RAPID&lg=EN&display.

[80] Der Report der High Level Group liegt als Online-Dokument vor: europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/hlg_summary_vision_report_en.pdf; vgl. auch Presseinformation der Europäischen Kommission (MEMO/03/132) vom 16/06/03: „'Die Wasserstoffwirtschaft – eine Brücke zur nachhaltigen Energie' – Brüssel, 16./17. Juni 2003". Online-Dokument: europa.eu.int/rapid/start/cgi/guesten.ksh?p_action.getfile=gf&doc=MEMO/03/132|0|RAPID&lg=DE&type=PDF.

- Die Formulierung und Verfolgung einer strategischen Forschungsagenda mit einem erheblich aufgestockten Budget für Forschung und Entwicklung im Bereich Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, die die europaweiten Aktivitäten koordiniert.

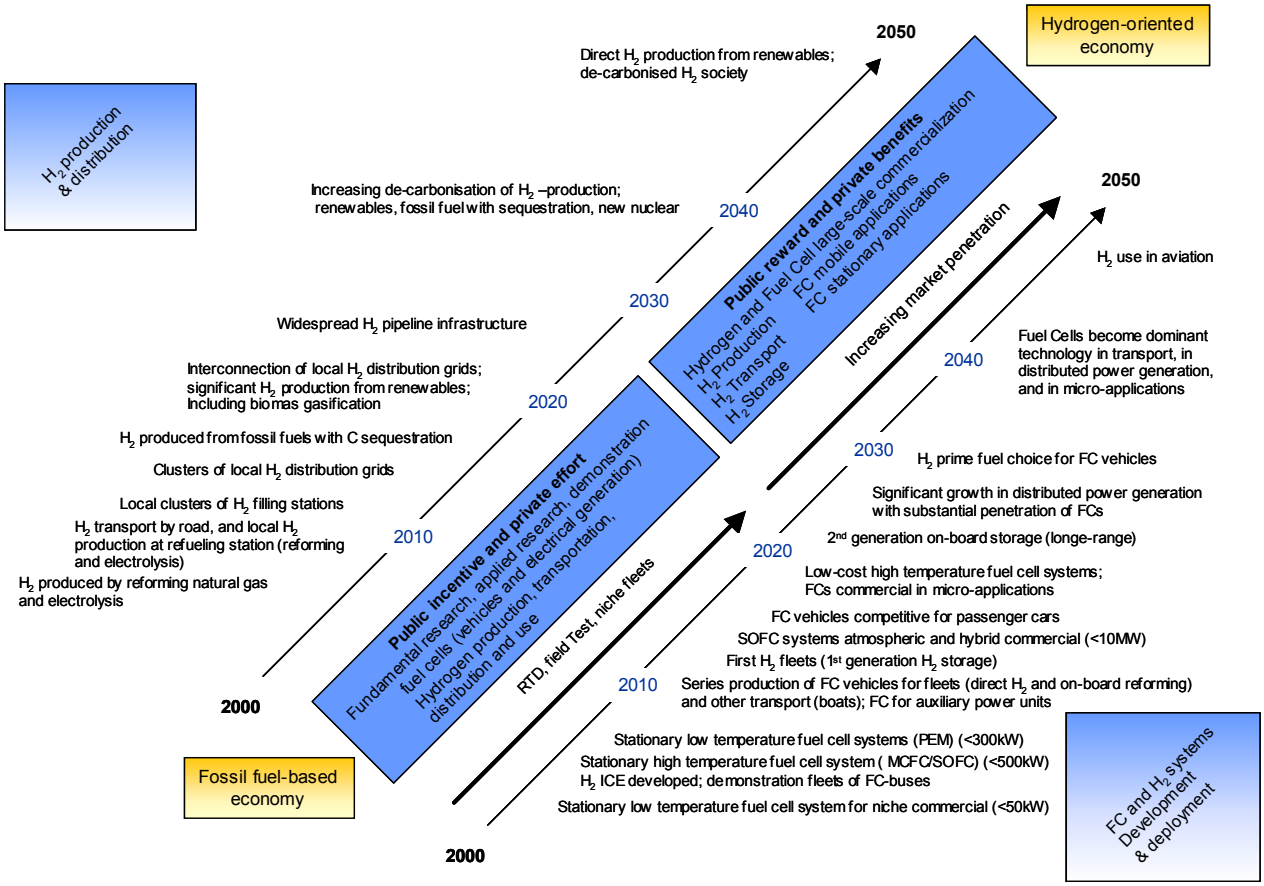

Bild 8: „A Challenging European Hydrogen Vision“ – Entwurf der High Level Group für eine Europäische Wasserstoff und Brennstoffzellen Roadmap (Quelle: HLG Report)

- Eine Einsatzstrategie, mit der Wege für die neuen Technologien von der Stufe des Prototyps über Demonstrations- und Pilotprojekte hin zur Kommerzialisierungs–phase aufgezeigt werden. Hierzu wird u.a. die Durchführung von renommierten Leuchtturm-Projekten vorgeschlagen, wie Wasserstoffkorridore, die es ermöglichen, mit Wasserstofffahrzeugen quer durch Europa zu fahren oder Demonstrationsprojekte, die stationäre Brennstoffzellen mit mobilen Anwendungen verknüpfen.
- Die Erstellung eines europäischen Fahrplans mit realistischen Zeitplänen, Zielen und Meilensteinen für die Forschung, Demonstration und Markteinführung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (vgl. Entwurf der HLG, dargestellt in).
- Die Einrichtung einer europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie-Plattform, die die Schlüsselakteure in diesem Sektor zusammenführt. Dieses Gremium soll die europäische Politik beraten, Initiativen anstoßen, die Interessen der

verschiedenen Stakeholder koordinieren und den Umsetzungsprozess der formulierten Strategien überwachen.

3.2.2.4 Hycom- und Hypogen-Programm

Im Rahmen des Aktionsplanes zur geplanten Europäischen Wachstumsinitiative zur Förderung des wirtschaftlichen Wachstums und der Wettbewerbsfähigkeit der Europäischen Union, plant die Europäische Kommission neben der Unterstützung von Projekten in den Bereichen Verkehr, Energie, Kommunikationstechnologien und Forschung und Innovation auch die Förderung von Wasserstoffprojekten im größeren Maßstab[81]. So sollen von 2005 bis 2015 Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien mit insgesamt 2,8 Mrd. € innerhalb von drei Phasen gefördert werden. Im Rahmen des Projektes Hypogen werden Testanlagen zur Erzeugung von Wasserstoff und zur Erzeugung von Elektrizität aus Wasserstoff finanziert. Das Projekt Hycom zielt darauf eine begrenzte Anzahl von „hydrogen communities", in denen Wasserstoff als Treibstoff für Fahrzeuge und zur Erzeugung von Elektrizität und Wärme genutzt wird, in der Europäischen Union zu etablieren. Die Projekte der Europäischen Wachstumsinitiative sollen durch Mittel der EU, der Mitgliedsländer, der Europäischen Investmentbank und durch private Investitionen finanziert werden. Die Initiative muss aber noch im Dezember 2003 vom Europäischen Rat beschlossen werden.

[81] Vgl. www.europa.eu.int/comm/commissioners/prodi/index_en.htm).

4 USA – „Keep the freedom“

Bild 9: Logo FreedomCAR Initiative (Quelle: DoE)

4.1 Überblick

„In this century, the greatest environmental progress will come about not through endless lawsuits or command-and-control regulations, but through technology and innovation. Tonight I'm proposing $1.2 billion in research funding so that America can lead the world in developing clean, hydrogen-powered automobiles. ...With a new national commitment, our scientists and engineers will overcome obstacles to taking these cars from laboratory to showroom, so that the first car driven by a child born today could be powered by hydrogen, and pollution-free. [...] Join me in this important innovation to make our air significantly cleaner, and our country much less dependent on foreign sources of energy“[82]. Mit diesen Worten umreißt der amerikanische Präsident George W. Bush seine in der „State of the Union Message” Anfang 2003 dargelegte Initiative zur Förderung der Entwicklung von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenautos und dem Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur. Vorrangige Motivation der Wasserstoff- und Brennstoffzellenaktivitäten der amerikanischen Regierung ist die Unabhängigkeit von Energieimporten. Bezeichnenderweise heißt dann auch das vom US-Präsidenten initiierte Wasserstoff- und Brennstoffzellenprogramm „FreedomCAR“ und das dazugehörige Infrastrukturprogramm anfänglich „FreedomFUEL“ (heute: „The President’s Hydrogen Fuel Initiative“)[83]. Beide Programme sollen in den nächsten fünf Jahre mit insgesamt 1,7 Mrd. US$ gefördert werden. Die Ankündigung des Präsidenten ist der aktuelle Höhepunkt eines seit Anfang 2003 wieder verstärkten Enga-

---

[82] Vgl. Hydrogen & Fuel Cell Letter, Januar Spezial 2003. Online-Dokument: www.hfcletter.com/letter/JanSpecial/. Die gesamte Rede des amerikanischen Präsidenten findet sich auf der Homepage des Weißen Hauses, unter: www.whitehouse.gov/news/releases/2003/01/20030128-19.html.

[83] Nachdem sich herausstellte, dass „FreedomFUEL” markenrechtlich geschützt war, wurde das Programm umbenannt (vgl. www.forum-brennstoffzelle.de/index.php?main=info&news=akt&akt=248; www.eyeforfuelcells.com/ReportDisplay.asp?ReportID=1896).

gements der amerikanische Regierung zur Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie.

Durch den Einsatz von Wasserstoff und Brennstoffzelle in der Raumfahrt hat die Förderung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in den USA eine längere Geschichte als die in Europa und Japan. Mitte der 1950er Jahre nutzte die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA die Brennstoffzelle erstmalig beim Gemini Weltraumprogramm, später im Rahmen der Apollo-Mission und des Space-Shuttle-Programms. Jahrzehntelang bleibt die Raumfahrt weltweit der einzige kommerzielle Einsatzbereich der Brennstoffzelle. Auch in den USA wird erst mit den Ölpreisschocks der 1970er Jahre Wasserstoff für ein breiteres Anwendungsfeld thematisiert. Ebenso gewinnt die Brennstoffzelle erst mit den technologischen Durchbrüchen in den 1990er Jahren für den terrestrischen Einsatz an Relevanz. Heute beschäftigen sich neben der NASA vornehmlich das amerikanische Verteidigungsministerium, „Department of Defense (DoD)“, und insbesondere das amerikanische Energieministerium, „Department of Energy (DoE)“ mit der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie[84]. Während auf die Programme des amerikanischen Verteidigungsministeriums noch in Kapitel 4.2.2 eingegangen wird, soll im Folgenden ein Überblick über die Aktivitäten des DoE gegeben werden.

Die Hauptmotivation der amerikanischen Regierung, in die Forschung und Entwicklung einer alternativen Energietechnologie zu investieren, ist von Anfang an die Absicht der Diversifizierung der Energieversorgung sowie die Entwicklung einer nationalen und nachhaltigen Energie-Basis gewesen. Die Abhängigkeit der USA von Rohölimporten ist heute schon hoch, wie Bild 10 zeigt, und wird in Zukunft noch erheblich steigen.

---

[84] Auch das amerikanische Transportministerium, Department of Transport (DoT), sowie die Umweltschutzbehörde, Envirinmental Protection Agency (EPA), haben eigene Brennstoffzellenaktivitäten. Einen Gesamtüberblick über die zum Thema Wasserstoff und Brennstoffzelle engagierten US-amerikanischen Regierungsagenturen für die 1990er Jahre findet sich im Bericht des Hydrogen Technical Advisory Panel (HTAP) (Hydrogen Technical Advisory Panel (1998): Analysis of the Effectiveness of the DOE Hydrogen Program. A Report to Congress as Required by the Hydrogen Future Act. December 1998, p. 13. Online-Dokument: www.eren.doe.gov/hydrogen/htap_dec98.pdf).

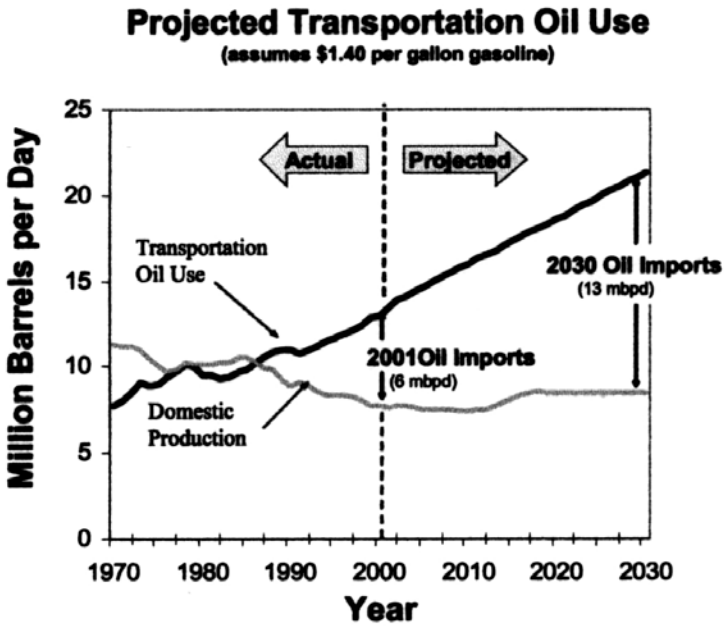

Bild 10: Projektion des Erdölverbrauchs der USA (Quelle: FreedomCAR Partnership Plan[85])

Die amerikanische Wasserstoffpolitik unterlag in der Vergangenheit gewissen Konjunkturen. So fuhr man das nach den Ölpreiskrisen begonnene Wasserstoffprogramm des DoE, nachdem die Dringlichkeit abgenommen hatte, wieder zurück. Erst Anfang der 1990er Jahre wurde die Wasserstoffforschung durch verschiedene gesetzliche Initiativen revitalisiert[86]. Mit der ersten Gesetzesinitiative 1990 berief die amerikanische Regierung ein „Hydrogen Technical Advisory Panel (HTAP)“ ein, welches sich aus Vertretern aus Industrie, Regierung und Universitäten zusammensetzte. Dieses Gremium entwickelte eine langfristige Vision einer regenerativen Wasserstoffenergiewelt. Zudem beriet das HTAP den Energieminister in strategischen Fragen und bei der Umsetzung der Forschungsagenda[87]. Bis Mitte der 1990er Jahre wuchs die Förderung des Wasserstoffprogramms des DoE bis auf 170 Mio. US$ an und erreichte damit einen vorläufigen Höhepunkt. Mit dem Hydrogen Future Act wurden die Wasserstoffaktivitäten und -förderung 1996 auf eine neue fünfjährige gesetzliche Grundlage gestellt[88]. Zudem wurde das Programm umstrukturiert und stärker auf

---

[85] Vgl. FreedomCAR Partnership Plan. Online-Dokument: www.ott.doe.gov/pdfs/freedomcar_plan.pdf.

[86] 1990 wurde der Spark M. Matsunaga Hydrogen Research, Development and Demonstration Act verabschiedet, der 1992 durch den Energy Policy Act in seiner Zielsetzung ergänzt wurde (vgl. o.V. (1997): Das Wasserstoffprogramm des US-amerikanischen Energieministeriums. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Politik/doe-d.html).

[87] Vgl. Hydrogen Technical Advisory Panel (1998): Analysis of the Effectiveness of the DOE Hydrogen Program. A Report to Congress as Required by the Hydrogen Future Act. December 1998. Online-Dokument: www.eren.doe.gov/hydrogen/htap_dec98.pdf.

[88] Der aktuelle gesetzliche Rahmen ist der Hydrogen Future Act II, der 2001 verabschiedet wurde.

die Förderung der Brennstoffzelle fokussiert. Nachdem die staatliche Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle in den USA Anfang dieses Jahrzehnts seinen niedrigsten Stand erreicht hatte (vgl. Bild 11), haben erst die jüngsten Wasserstoff-Initiativen des US-amerikanischen Präsidenten in Folge der Anschläge vom 11. September 2001 und der damit einhergehenden zunehmenden Unsicherheit der Erdölversorgung aus dem Nahen Osten das Budget und das Engagement wieder erheblich anwachsen lassen. So ist für das aktuelle Haushaltsjahr (2004) eine Summe von ca. 370 Mio. US$ für die Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle von der amerikanischen Regierung eingeplant.

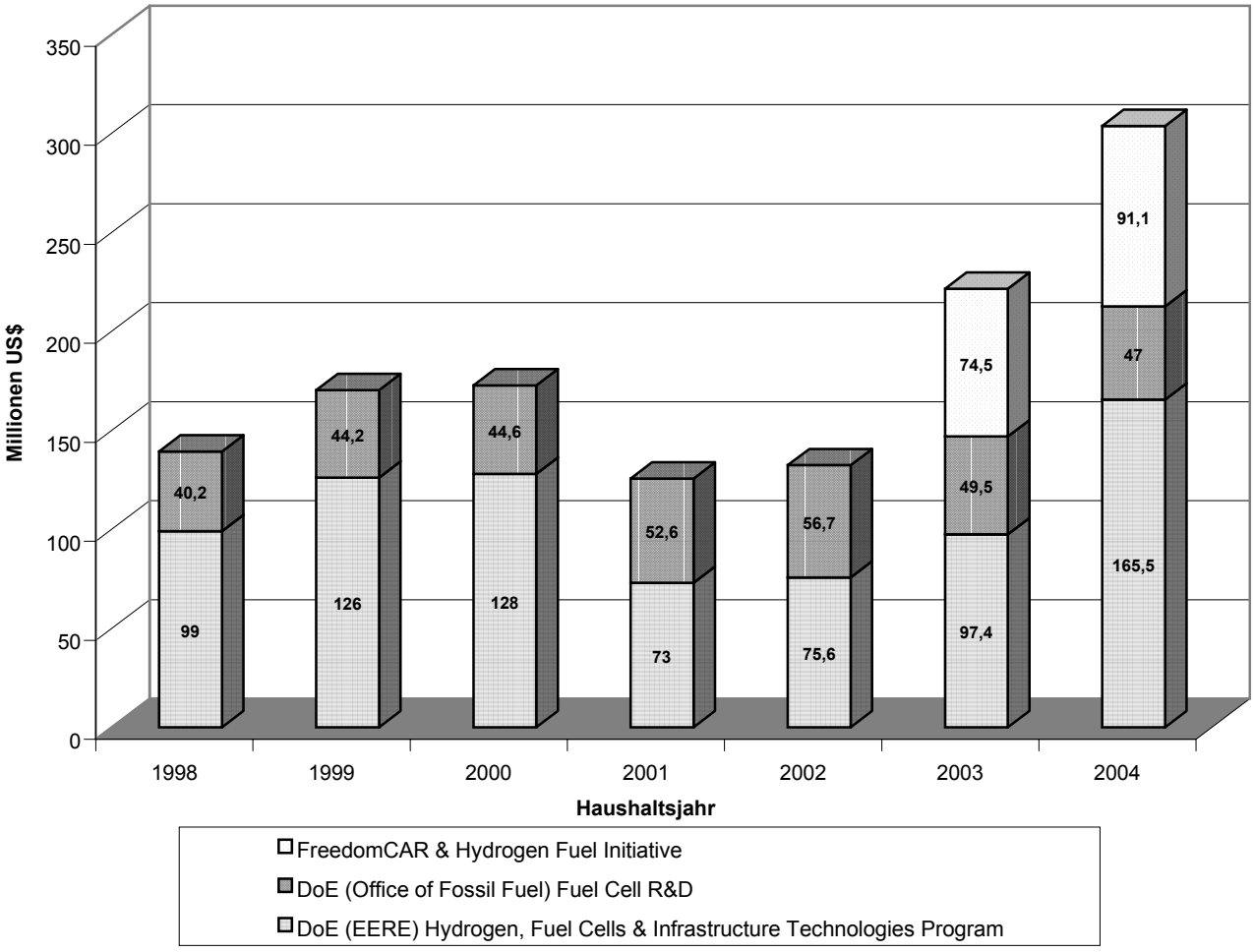

Bild 11: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der US-amerikanischen Bundesregierung 1998-2004 (eigene Darstellung)

Zahlen beruhen auf Angaben des DoE (für EERE-Programm vgl. www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/budget.html; für FE-Programme vgl. fossil.energy.gov/abaoutus/budget/ ; für FreedomCAR-Programm vgl. www.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/program/freedomcar_budget.pdf).

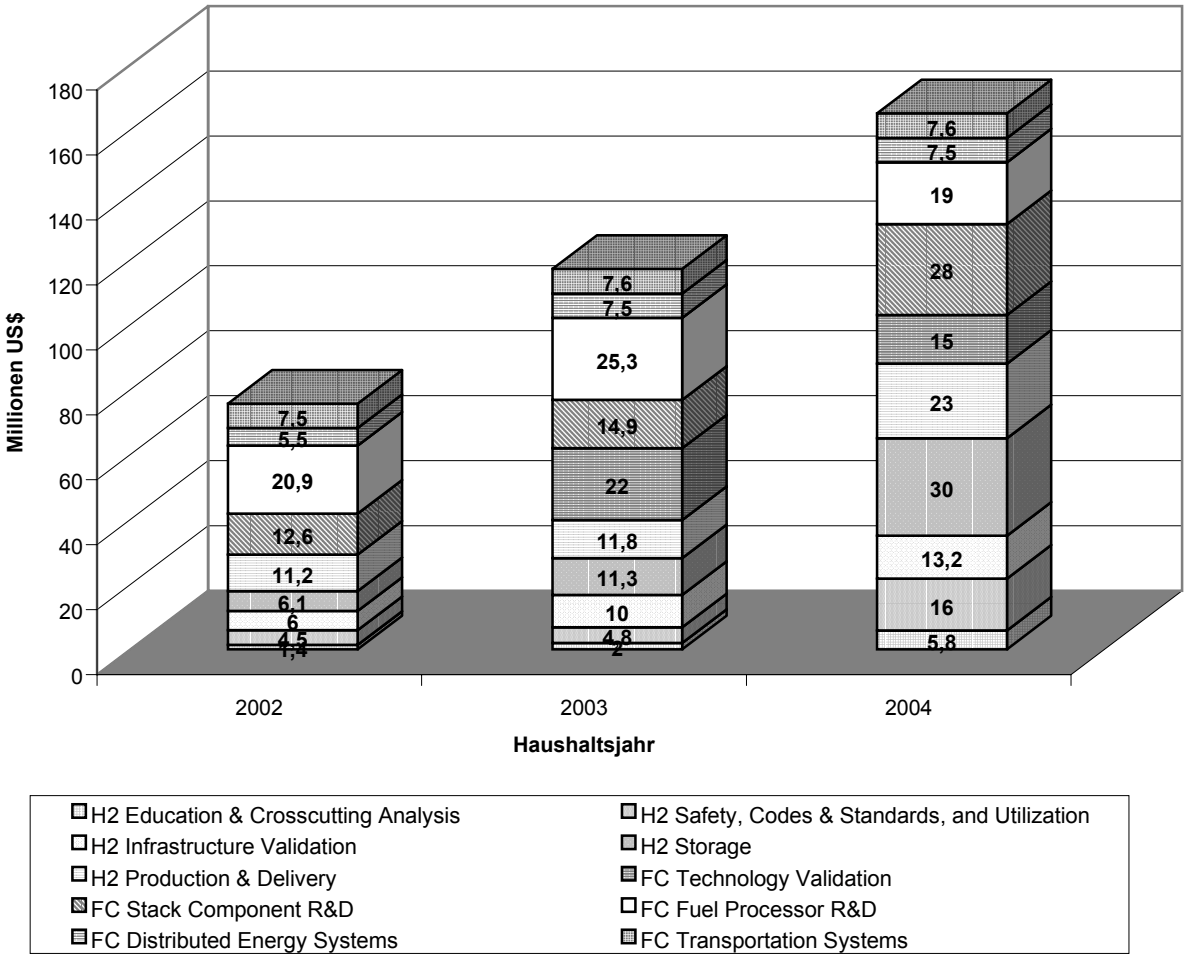

Bild 12: Aufgliederung des aktuellen Wasserstoff-, Brennstoffzellen- und Infrastruktur-Technologieprogramms des DoE (Quelle: eigene Darstellung)

Zahlen beruhen auf Angaben des DoE (vgl. eeredev.nrel.gov/hydrogenandfuelcells/budget.html))

Neben der Erhöhung des Budgets kam es ab 2002 auch zur Neuausrichtung und Fokussierung der Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik des amerikanischen Energieministeriums. Im Februar 2002 publizierte das DoE die „National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy"[89], die auf Grundlage eines Workshops mit Vertretern aus der Fahrzeug- und Energieindustrie, der Regierung, von Universitäten, nationalen Forschungseinrichtungen und Umweltorganisationen entstanden war. Das Visionspapier diente als Grundlage eines weiteren Diskussionsprozesses mit den genannten Stakeholdern, welcher in eine gemeinsame Formulierung einer Einführungsstrategie mündete. Diese wurde unter dem Titel „US Hydrogen Energy Roadmap" im November 2002 veröffentlicht[90]. Im Februar

[89] Vgl. www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/vision_doc.pdf.

[90] Vgl. www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/national_h2_roadmap.pdf. Neben der Roadmap des Energieministeriums hat auch ein Konsortium der industriellen Hauptakteure im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle eine eigene Roadmap unter dem Titel „Fuel Cells and Hydrogen: The Path Forward"

2003 hat das DoE zudem die Ergebnisse dieses Diskussionsprozesses dem amerikanischen Kongress in einem Bericht vorgelegt[91], und Mitte 2003 ist eine vorläufige Forschungs- und Entwicklungsagenda veröffentlicht worden. In dem „Multi-Year Research, Development and Demonstration Plan", der einen zeitlichen Rahmen bis 2015 hat, werden insbesondere Leistungs- und Kostenzielvorgaben für die Entwicklung von Technologien für die Produktion, den Transport und die Speicherung von Wasserstoff sowie für die Entwicklung von Brennstoffzellen formuliert[92]. Zudem benennt der Plan detaillierte Programm-Meilensteine, die zur Messung der Entwicklungsfortschritte dienen sollen, und sogenannte „Go/No-Go"-Entscheidungspunkte, an denen jeweils über die Fortsetzung oder Einstellung eines technischen Ansatzes entschieden werden soll. Die Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsarbeit bzw. der Demonstrationsprojekte soll vorwiegend in kooperativen Public-Private-Programmen geschehen. Falls die vorgegebenen Kosten- und Leistungsziele erreicht werden können, könnte es laut DoE ab 2015 zur Kommerzialisierung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien und ab 2020 zu einer breiteren Markteinführung von Brennstoffzellenfahrzeugen kommen.

Für die Wasserstoffproduktion verfolgt die amerikanische Regierung verschiedene Optionen. Neben erneuerbaren Energiequellen wie Biomasse, Windkraft und Solarenergie, sind dies insbesondere die Wasserstoffgewinnung mit Hilfe der Atomenergie und fossiler Energieträger, wie Kohle, Erdgas und Erdöl[93]. Dabei setzt die jetzige amerikanische Regierung insbesondere auf die Nutzung von Kohle, da die US-amerikanischen Kohlevorräte laut Prognosen noch 350 Jahre reichen werden. Mittels einer noch zu entwickelnden Methode der Kohlenstoff-Sequestierung sollen dabei die Schadstoffausstöße, insbesondere die CO_2-Emissionen, auf ein Minimum begrenzt werden bzw. ganz eliminiert werden (vgl. Kapitel 4.2.1.2).

---

vorgelegt und im September 2002 Regierungsvertretern und dem amerikanischen Kongress präsentiert (Dokument unter: www.fuelcellpath.org). Dabei sieht der Vorschlag der Industrie eine umfassende nationale Strategie zur Markteinführung der Brennstoffzellentechnologie vor, deren Kosten auf 5,5 Mrd. US$ beziffert werden.

[91] Der „Fuel Cell Report to Congress" ist als Online-Dokument erhältlich unter: www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/fc_report_congress_feb2003.pdf.

[92] Vgl. www.eeredev.nrel.gov/hydrogenandfuelcells/mypp/.

[93] Die Berücksichtigung von fossilen Energieträgern und Atomkraft wird u.a. von amerikanischen Umweltverbänden stark kritisiert. Vgl. hierzu: Motavalli, Jim (2003): Hijacking Hydrogen: Will Big Oil, Coal Interests and the Nuclear Industry Control the Next Energy Revolution? In: E-magazine January/February 2003. Online-Dokument: www.emagazine.com/january-february_2003/o103feat3.html.

4.2 Förderprogramme in den USA auf Bundesebene

In der Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik der amerikanischen Bundesregierung sind das Energieministerium und das Verteidigungsministerium die wichtigsten Akteure. Nachdem zunächst die größten Programme des amerikanischen Energieministeriums vorgestellt werden, soll anschließend in Kapitel 4.2.2 auf die Aktivitäten des Verteidigungsministeriums eingegangen werden.

4.2.1 U.S. Department of Energy

Das größte Budget im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle verwaltet das amerikanische Energieministerium. Im Department of Energy (DoE) gibt es zwei Organisationen mit Programmen zu Wasserstoff und Brennstoffzelle, jeweils mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Dies ist zum einen das „Office of Energy Efficiency and Renewable Energy“ (EERE)[94], das sich schwerpunktmäßig mit Niedrigtemperatur-Brennstoffzellen, also der Proton Exchange Membran (PEM)-Brennstoffzelle beschäftigt. Hier sind besonders Brennstoffzellenanwendungen für Fahrzeuge, kleinere stationäre Anwendungen wie Brennstoffzellen-Heizsysteme und Wasserstofftechnologien im Blick. Vom EERE werden das FreedomCAR, die Hydrogen Fuel Initiative und die geplanten Demonstrationsprojekte zum Brennstoffzellenfahrzeug verantwortet. Die zweite Organisation innerhalb des Energieministeriums mit einem Brennstoffzellenprogramm ist das „Office of Fossil Energy“ (FE)[95]. Das FE beschäftigt sich mit Hochtemperatur-Brennstoffzellen. Dies sind zum einen die Solid-Oxid-Brennstoffzellen (SOFC) und zum anderen die Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (MCFC)[96], mit denen man auf große stationäre Anwendungen insbesondere zur Stromproduktion zielt. Das größte und wichtigste Programm der FE ist zur Zeit die „Solid State Energy Conversion Alliance (SECA)“. In Zukunft wird mit dem FutureGen-Projekt, in dessen Rahmen ein Nahe-Nullemission-Kohlekraftwerk zur Herstellung von Wasserstoff entwickelt werden soll, ein weiteres großes Wasserstoffprojekt von der Office of Fossil Energy verantwortet.

---

[94] Vgl. www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/.

[95] Vgl. www.fe.doe.gov/coal_power/fuelcells/index.shtml.

[96] Vgl. www.fe.dov.gov/coal_power/fuelcells/fuelcells_moltencarb.shtml.

4.2.1.1 Solid State Energy Conversion Alliance

Ziel der seit 1999 bestehenden Solid State Energy Conversion Alliance (SECA)[97] ist die Entwicklung eines umweltfreundlichen, kompakten Solid-Oxid Brennstoffzellen-Moduls bis 2010. Dabei soll das Modul eine Leistung von 5 kW und einen Herstellungspreis von 400 US$ pro Kilowatt haben (heutige Kosten liegen bei 4.000 US$). Mit diesem Preis wäre die SOFC gegenüber herkömmlichen Gasturbinen oder Dieselgeneratoren konkurrenzfähig. Zudem soll das Brennstoffzellen-Modul mit verfügbaren fossilen Brennstoffen betrieben werden können. SECA steht unter der Aufsicht des Office of Fossil Energy des DoE und wird von zwei nationalen Forschungseinrichtungen, dem National Energy Technology Laboratory (NETL) und dem Pacific Northwest National Laboratory (PNNL), verantwortet. Das Programm besteht aus zwei Bausteinen. Zum einen gibt es Entwicklungsteams aus der Industrie, die in co-finanzierten Projekten die SOFC für unterschiedliche Anwendungsfelder technologisch weiterentwickeln. Dabei stehen die einzelnen teilnehmenden Entwicklungsteams in Konkurrenz zueinander. Insgesamt sechs Unternehmen sind als Teilnehmer von der Regierung für SECA ausgewählt worden. Dies sind Cummings Power Generation, Delphi Automotive Systems, General Electric Power Systems, Siemens Westinghouse Power Corporation und seit kurzem auch Acumentrics und Fuel Cell Energy. Zweiter Baustein ist das „Core Technology Program“. Aufgabe dieses Teilprogramms ist die Grundlagenforschung zur SOFC, um die Entwicklung der Industrieteams zu unterstützen. Dabei stehen die Ergebnisse allen teilnehmenden Unternehmen zur Verfügung. Am „Core Technology Program“ nehmen Forschungsteams von Universitäten, nationalen Forschungseinrichtungen und andere Forschungsorganisationen teil. Geplant ist das SOFC-Modul in unterschiedlichen Einsatzfeldern zu nutzen. Mögliche Einsatzfelder wären Notfallstromaggregate in Krankenhäusern, Energiezentralen in Wohnhäusern, Auxiliary Power Unit (APU) in Lkws oder mobile Stromgeneratoren für das Militär. SECA wird in den letzten drei Jahren mit jährlich 20 bis 25 Mio. US$ öffentlich gefördert.

4.2.1.2 FutureGen

Im Rahmen der Wasserstoff-Initiative des amerikanischen Präsidenten von Anfang 2003 hat die amerikanische Regierung Ende Februar 2003 das „FutureGen“-Projekt angekündet[98].

---

[97] Vgl. www.seca.doe.gov.

[98] Vgl. Pressemitteilung des DoE vom 27.02.2003: „Abraham Annonces Pollution-Free Power Plant of the Future“. Online-Dokument: www.fe.doe.gov/techlinie/tl-futuregen1.shtml; vgl. auch

Die Sequestrierungs- und Wasserstoff-Forschungsinitiative FutureGen ist ein 1 Mrd. US$ umfassendes Public-Private-Partnership zur Entwicklung, zum Bau und zum Betrieb eines nahezu emissionsfreien, mit Kohle betriebenen, Strom und Wasserstoff produzierenden Kraftwerkes. Ziel ist es, die Nutzung des fossilen Energieträgers Kohle durch CO_2-Filtertechnik and -Sequestrierung umweltverträglich zu gestalten, und damit den fossilen Energieträger Kohle für die Wasserstoffgewinnung zu erschließen. Der 275 MW-Kraftwerksprototyp soll durch ein Konsortium, das von der Energieindustrie zusammengestellt werden wird, errichtet und betrieben werden. Dabei soll dieses Industriekonsortium mindestens 20 Prozent der Kosten tragen. Mit dem Kraftwerks-Prototyp sollen unterschiedliche innovative Technologien getestet werden. Anstatt, wie traditionell, Kohle zu verbrennen, wird diese in dem neuen Kraftwerk in ein wasserstoffreiches Gas verwandelt, mit dem zunächst Turbinen, Brennstoffzellen oder eine Kombination von beiden Technologien zur Stromgewinnung betrieben werden sollen. In der Zukunft soll der produzierte Wasserstoff als Kraftstoff zum Antrieb von Fahrzeugen genutzt werden können. Zudem soll das Kraftwerk mit Technologien ausgestattet werden, die das entstehende CO_2 sequestrierungsfähig „einfangen" können. Das gefilterte CO_2 soll dann in geologischen Formationen eingebracht und auf Dauer gelagert werden. Ziel ist es, anfänglich 90 Prozent der CO_2-Emissionen und später 100 Prozent einzufangen und zu sequestrieren. FutureGen ist zunächst auf 10 Jahre (5 Jahre Entwicklung und Bau, 5 Jahre Mindestbetrieb) angelegt. Langfristige Perspektive des Projektes ist es, die kohlebasierten Null-Emissions-Technologien bis 2020 aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht marktfähig zu machen.

Ergänzend zu den eigenen Forschungsanstrengungen hat die amerikanische Regierung eine internationale Initiative zur Förderung der Kohlenstoff-Sequestrierung gestartet. Dazu hat der amerikanische Energieminister, zeitgleich zum FutureGen Projekt, die Initiierung des „Carbon Sequestration Leadership Forum" angekündigt[99]. Im Rahmen dieser, laut DoE, „climate change initiative" sollen die beteiligten Nationen in drei Bereichen zusammenarbeiten: Datengewinnung, Informationsaustausch und der gemeinsamen Durchführung von Demonstrationsprojekten. U.a. hat die amerikanische Regierung andere Länder eingeladen, sich am FutureGen-Projekt zu beteiligen. Das erste Treffen des „Carbon Sequestration Leadership Forum" fand Ende Juni 2003 in den USA statt.

---

www.fe.doe.gov/coal_power/integratedprototype/futuregen_factsheet.pdf;
www.eyeforfuelcells.com/ReportDisplay.asp?ReportID=1957.

[99] Vgl. www.fossil.energy.gov/programs/sequestration/cslf/.

4.2.1.3 FreedomCAR und Hydrogen Fuel Initiative

Im Januar 2002 kündigte Abraham Spencer, der amerikanische Energieminister, auf der Detroit Motor Show ein mehrjähriges Programm zur Entwicklung und Kommerzialisierung von Brennstoffzellenfahrzeugen an. „This plan is rooted in President Bush's call, issued last May in our National Energy Plan, to reduce American reliance on foreign oil through balance of new domestic energy production and new technology to promote greater efficiency"[100], so Spencer bei der Vorstellung der Pläne. Das vorrangige Ziel der Unabhängigkeit von Energie- bzw. Erdölimporten spiegelt sich deutlich im Namen des Programms „FreedomCAR"[101]. Auch in der Beschreibung der Zielsetzung des FreedomCAR-Programmes wird diese Hauptmotivation deutlich: „Through dedicated cooperative research and development partnerships between government and industry, FreedomCAR will work to provide Americans with:

- Freedom from petroleum dependence
- Freedom from pollutant emissions
- Freedom to choose the vehicles they want
- Freedom to drive where they want, when they want
- Freedom to obtain fuel more affordably and conveniently"[102].

FreedomCAR ist ein gemeinsam finanziertes kooperatives Programm zwischen der amerikanischen Regierung, vertreten durch das Energieministerium, und dem U.S. Council for Automotive Research (USCAR)[103], das von den drei großen amerikanischen Automobilunternehmen GM, Ford und DaimlerChrysler gebildet wird. Das FreedomCAR Projekt löst die seit 1993 bestehende „Partnership for a New Generation Vehicle (PNGV)"[104] ab. Ziel der PNGV war die Entwicklung eines verbrauchsgünstigen Verbrennungsmotors (80 miles per gallon; d.h. 3 Liter pro 100 km) bis 2005. Das FreedomCAR Programm setzt dagegen vor allem auf die Forschung und Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen, verfolgt aber auch die Verbesserung des konventionellen Motors (vgl. Bild 13). Nachdem das neue

---

[100] Vgl. Hydrogen & Fuel Cell Letter, Februar 2002.

[101] CAR = Cooperative Automotive Research. Vgl. www.ott.doe.gov/freedom_car.shtml.

[102] Vgl. „FreedomCAR: The Partnership to Develop America's Hydrogen Economy of the Future". Online-Dokument: www.ott.doe.gov/fcar_partnership.shtml.

[103] Vgl. www.uscar.org.

[104] Vgl. www.uscar.org/pngv.

Programm, das seit Oktober 2002 läuft, zunächst mit einem Budget von einer Mrd. US$ für fünf Jahre ausgestattet war, verkündete Präsident Bush Anfang 2003 eine ergänzende Forschungsinitiative zum Thema Wasserstoff. Die „Hydrogen Fuel Initiative“ verfügt über ein Budget von 720 Mio. US$ für die nächsten fünf Jahre.

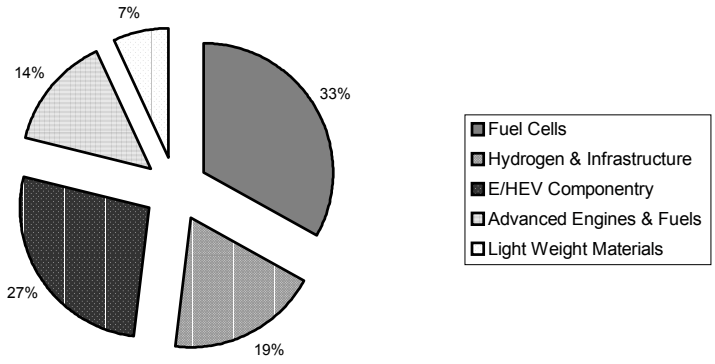

Bild 13: Anteile der Fördergelder, die einzelne Bereiche des FreedomCAR Projekt erhalten (Quelle: DoE[105])

Vorrangige Ziele der Wasserstoff-Initiative sind zum einen, die Kosten für die Produktion von Wasserstoff bis 2010 auf das Niveau von konventionellen Kraftstoffen zu bringen, und zum anderen, die Wasserstoffspeicherung so zu verbessern, dass Reichweiten konventioneller Fahrzeuge erreicht werden können[106]. Mit der FreedomCAR & Hydrogen Fuel Initiative verfolgt die amerikanische Regierung das Ziel, bis 2020 Brennstoffzellenfahrzeuge marktfähig zu machen, und dazu eine entsprechende Infrastruktur aufgebaut zu haben.

Ähnlich wie in Deutschland wird die einseitige Fokussierung auf Brennstoffzelle und Wasserstoff bei der Entwicklung umweltfreundlicherer Fahrzeugantriebe von Umweltverbänden kritisiert[107]. So sagte ein Sprecher der US-amerikanischen Umweltorganisation Sierra Club nach der Rede von Präsident Bush: „The president seems to be comfortable with the auto industry’s approach of ‚Don’t make us do anything today. Twenty years from now we may

[105] Schaubild stammt aus der Einleitung (S. 2) des „FY 2002 Progress Report for Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Technologies Program“ des DoE: Online-Dokument: www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/annual_report.html.

[106] Vgl. www.eere.energy.gov/hydrogenfuel.

[107] Vgl. Hakim, Danny (2003): Carmakers and Environmentalists Differ Over Fuel Cell Proposal. In: New York Times vom 30.01.2003. Online-Dokument: www.nytimes.com/2003/01/30/automobiles/30FUEL.html.

develop fuel cells'"[108]. Stattdessen fordern die Kritiker, mehr auf kurzfristigere Maßnahmen zu setzen, wie die Entwicklung von Hybridfahrzeugen.

4.2.1.4 Hydrogen Vehicle and Infrastructure Demonstration and Validation Project

Im Mai 2003 kündigte der US-amerikanische Minister für Energie, Spencer Abraham, die finanzielle Unterstützung für Demonstrationsprojekte im Bereich Brennstoffzellenfahrzeuge und die dazugehörige Infrastruktur an[109]. Für das „Hydrogen Vehicle and Infrastructure Demonstration and Validation Project" können sich Teams aus mindestens einem Automobilhersteller, einem Energieunternehmen und weiteren Akteuren, wie Brennstoffzellenherstellern, Universitäten, mittelständischen Unternehmen und öffentlichen Stellen (Bundesstaat oder Kommunen) mit einem eigenen Projektvorschlag bewerben. Bei den Projekten soll es zum einen um das Testen, Demonstrieren und die Evaluation von wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen und der dazugehörigen Infrastruktur gehen. Zum anderen sollen Sicherheitsmaßnahmen, Normen und Standards entwickelt werden, sowie Schulungs- und Bildungsmaßnahmen durchgeführt werden. Aus den sich bewerbenden Teams will das DoE drei bis fünf für das Programm auswählen. Insgesamt stehen für alle Einzelprojekte im Rahmen des auf fünf Jahre angelegten „Hydrogen Vehicle and Infrastructure Demonstration and Validation Project" 150 bis maximal 240 Mio. US$ öffentliche Förderung zur Verfügung. Die beteiligten Teams müssen sich zur Hälfte an den Kosten des Projektes beteiligen. Das „Hydrogen Vehicle and Infrastructure Demonstration and Validation Project", für das im Haushaltsjahr 2004 eine Fördersumme von 25 Mio. US$ eingeplant ist, findet im Rahmen der Wasserstoff-Initiative des amerikanischen Präsidenten statt und wird auch aus dessen Budget bestritten.

4.2.2 U.S. Department of Defense

Eine besondere Rolle bei der Förderung neuer Technologien in den USA spielt traditionell das amerikanische Militär. Zum einen fördert das Verteidigungsministerium, das Department of Defense (DoD), die Forschung und Entwicklung und Demonstration neuer Technologien, die als bedeutend für die nationale Verteidigung angesehen werden. Zum anderen

---

[108] Vgl. o.V. (2003): The next Apollo mission? George Bush throws his weight behind hydrogen-fuelled cars. In: The Economist, 1. Februar 2003, S. 43f.

[109] Vgl. Pressemitteilung des DoE vom 08.05.2003: „Secretary Abraham Announces $ 150 Million for Hydrogen Vehicle and Infrastructure Demonstration and Validitation Project". Release No. PR-03-095. Online-

tritt das Militär auch als früher Kunde auf, der bereit ist, zunächst höhere Preise für neue Technologien in Kauf zu nehmen. Auch die Brennstoffzelle ist vom DoD als „critical technology“ [110] identifiziert worden, deren Entwicklung entscheidend für die langfristige Verteidigungskapazität der USA ist. Die Brennstoffzelle spielt insbesondere eine Rolle für den Anstrengungen des U.S. Militärs, sich in eine „smaller, lighter, and more lethal force“ zu verwandeln. Das aktuelle Brennstoffzellen-Engagement des DoD hat zwei Schwerpunkte. Zum einen ist es das „DoD Fuel Cell Program“[111]. Hier liegt der Schwerpunkt auf der stationären Anwendung der Brennstoffzelle. Zum zweiten ist es die Forschung an der mobilen Anwendung der Brennstoffzelle, die im Rahmen des National Automotive Center (NAC) u.a. in Zusammenarbeit mit den amerikanischen Automobilkonzernen stattfindet.

4.2.2.1 DoD Fuel Cell Program

Das Brennstoffzellenprogramm des amerikanischen Verteidigungsminsteriums wird vom Engineer Research and Development Center (ERDC) des US Army Corps of Engineers bzw. dessen Unterabteilung, dem Construction Engineering Research Laboratory (CERL), koordiniert[112]. Das Gesamtprogramm setzt sich aus mehreren Unterprogrammen und Forschungsvorhaben zusammen. Das älteste Teil des DoD-Brennstoffzellenprogramms ist ein Demonstrationsprojekt für Phosphoric Acid Fuel Cells (PAFC)[113]. Im Rahmen dieses Demonstrationsprojektes wurde von 1994 bis 1997 jeweils eine 200 kW Phosphorsaure Brennstoffzelle des U.S. Herstellers ONSI an 30 über die ganzen USA verteilten Standorten der U.S. Army, der Air Force und der Navy installiert. Ziel des Programms war erstens die Demonstration von Brennstoffzellen unter realen Bedingungen, zweitens das Setzen von Anreizen für das Wachstum der Brennstoffzellenindustrie und drittens herauszufinden, welche Rolle die Brennstoffzelle in der langfristigen DoD-Energiestrategie spielen kann. Insgesamt wurde das Programm von der amerikanischen Regierung mit 36,75 Mio. US$ gefördert.

Dokument: www.energy.gov/HQPress/releases03/maypr/pr03095_v.htm; vgl. auch www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/2003_solicitation_notice.html.

[110] Vgl. o.V. (2002): Fuel Cells and Hydrogen: The Path Forward. A Comprehensive Strategy For Federal Investment In Fuel Cell Technology And Fuel Infrastructure. Online-Dokument: www.fuelcellpath.org.

[111] Vgl. www.dodfuelcell.com.

[112] Vgl. www.erdc.usace.army.mil.

[113] Vgl. www.dodfuelcell.com/pafc/index.php3.

Auch die PEM-Brennstoffzelle wurde vom amerikanischen Militär in einem Demonstrationsprojekt getestet. Im Rahmen des „Residential Fuel Cell Demonstration"-Programms[114] wurden ab dem Haushaltsjahr 2001 45 PEM-Brennstoffzellen (bis zu 5 kW Leistung) an 18 verschiedenen Militärstandorten getestet. Die von insgesamt neun verschiedenen US-amerikanischen Herstellern gelieferten Brennstoffzellen wurden hauptsächlich in Wohngebäuden zur Energie- und z.T. auch für die Wärmeproduktion eingesetzt. Dabei wurde der überwiegende Teil der Brennstoffzellen mit Erdgas betrieben, eine mit Propangas und zwei mit Wasserstoff.

Ein drittes Förderprogramm des amerikanische Verteidigungsministerium ist das „Climate Change Rebate Program"[115]. Ziel des seit 1995 laufenden „buy-down"-Programms ist die Förderung der Markteinführung der Brennstoffzelle. Hierzu werden Subventionen an so genannte „early adopters" vergeben, also Unternehmen oder öffentliche Stellen, die Brennstoffzellen im Rahmen von Demonstrations- oder Feldtests erwerben und testen wollen. Von 1995 bis zum Haushaltsjahr 2000 sind insgesamt 148 Brennstoffzellen unterschiedlicher Bauart mit insgesamt 14.125 kW Leistung im Rahmen dieses Programms installiert worden. Bis zum Haushaltsjahr 2002 wurden insgesamt 30,2 Mio. US$ an Subventionen vergeben.

Das ERDC/CERL ist neben den Förderprogrammen auch Hauptsponsor des „Fuel Cell Test and Evaluation Center (FCTEC)"[116] in Pennsylvania. Das FCTEC hat das Ziel, die Entwicklung und Kommerzialisierung von Brennstoffzellen-Kraftwerken entscheidend zu beschleunigen. Um dieses Ziel zu erreichen, bietet das FCTEC Unternehmen, die an Brennstoffzellenanwendungen sowohl für kommerzielle als auch militärische Nutzung arbeiten, die Möglichkeit, ihre Brennstoffzellen-Prototypen diversen Tests zu unterziehen.

Zudem unternimmt das ERDC/CERL auch eigene Forschungsaktivitäten im Rahmen seines Forschungs- und Entwicklungsprogramms[117]. Aktuelle Projekte sind zum einen die Entwicklung eines Benzin/Diesel-Reformers für Brennstoffzellengeneratoren, die für die Stand-Stromversorgung in Militärfahrzeugen eingesetzt werden sollen. Zum anderen wird an der thermoelektrischen Stromerzeugung gearbeitet. Hierzu soll ein Gerät entwickelt werden, dass aus der Abwärme von Brennstoffzellen Strom produzieren kann.

---

[114] Vgl. www.dodfuelcell.com/res/index.html.

[115] Vgl. www.dodfuelcell.com/climate/index.html.

[116] Vgl. www.dodfuelcell.com.test_eval/index.html; www.fctec.com.

4.2.2.2 Brennstoffzellenaktivitäten des National Automotive Center

Die Aktivitäten des DoD im Bereich der mobilen Anwendung der Brennstoffzelle sind im National Automotive Center (NAC), das in der Nähe der amerikanischen Automobilindustrie in Warren, Michigan angesiedelt ist, konzentriert. Als Teil des „Army Tank Automotive Research, Development and Engineering Center (TARDEC)", in dem generell an Fahrzeugtechnologien für militärische Anwendungen geforscht und entwickelt wird, ist das NAC[118] besonders für die Initiierung und Koordination gemeinsamer Entwicklungsprojekte mit Automobilindustrie, Universitäten und anderen Regierungseinrichtungen zuständig. Ziel der Armee ist es, kleinere, leichtere, zuverlässigere und verbrauchseffizientere Fahrzeuge zu entwickeln. Im Bereich Brennstoffzelle liegt der momentane Schwerpunkt der Forschungsförderung beim NAC auf der Entwicklung einer Auxiliary Power Unit (APU) für Militärfahrzeuge[119]. Dazu hat das NAC verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen initiiert. So ist im Rahmen der „21st Century Truck Initiative" ein Freightliner Class-8 Truck mit einer Brennstoffzellen-APU (5 kW; methanolbetrieben) von XCELLSIS/Ballard ausgestattet worden[120]. Diese liefert auch bei nicht laufendem Motor elektrischen Strom, der für notwendige elektrische Ausstattung des Fahrzeuge, wie Kommunikationsgeräte, Sensoren, Befehls- und Kontrollgeräte und die Gefechtsbereitschaft des Fahrzeuges benötigt wird. Mit der APU kann Treibstoff im erheblichen Maße eingespart und Abgas- und Lärmemissionen reduziert werden. Zur Zeit arbeiten die Projektpartner (Freightliner, Ballard, University of Alabama und NAC) an einem Reformer für schwefelarmen Diesel. Ein weiteres aktuelles Projekt im Bereich Brennstoffzellen-APU führt das NAC mit den Projektpartnern General Motors (Fahrzeug) und Hydrogenics (Brennstoffzelle) durch[121]. Im Januar 2003 wurde der Prototyp eines leichten taktischen Militärfahrzeugs der Zukunft vorgestellt. Das Diesel-Hybrid-Fahrzeug von GM ist mit einer 5 kW Brennstoffzellen-APU von Hydrogenics ausgestattet. Diese dient bei Stillstand des Fahrzeuges anstatt eines Dieselmotors als Stromlieferant. Da die Brennstoffzelle leiser ist als ein Dieselgenerator und weniger Wärme abstrahlt, verbessert sie die „silent watch"-Fähigkeiten des Militärs.

---

[117] Vgl. www.dodfuelcell.com/research/index.html.

[118] Vgl. www.tacom.army.mil/tardec/nac/.

[119] Vgl. www.eyeforfuelcells.com/ReportDisplay.asp?ReportID=920.

[120] Vgl. www.tacom.army.mil/tardec/nac/projects/xcellsis_web.pdf; www.eyeforfuelcells.com/ReportDisplay.asp?ReportID=1930.

[121] Vgl. www.eyeforfuelcells.com/ReportDisplay.asp?ReportID=1833.

4.3 Förderprogramme der US-amerikanischen Bundesstaaten

Neben den großen Wasserstoff- und Brennstoffzellenprogrammen auf Bundesebene haben in den letzten Jahren auch einzelne US-amerikanische Bundesstaaten begonnen, die Kommerzialisierung der Brennstoffzellentechnologie mit unterschiedlichen Maßnahmen voranzutreiben. Auch auf dieser Ebene spielt die Energiesicherheit eine Rolle. Im Vordergrund des Engagements der amerikanischen Bundesstaaten stehen aber zum einen umweltpolitische Gründe, wie die Verminderung der Smogbelastung in Kalifornien oder die Förderung erneuerbarer Energien in Massachusetts und New York. Zum anderen sind jedoch hauptsächlich industriepolitische Gründe ausschlaggebend. So wollen Connecticut und Texas die schon vorhandene lokale Brennstoffzellenindustrie unterstützen. Andere Bundesstaaten, wie Ohio und Michigan, beabsichtigen die Ansiedlung einer Zukunftsindustrie im eigenen Bundesstaat zu fördern[122]. Im folgenden werden die Aktivitäten der am stärksten engagierten US-amerikanischen Bundesstaaten beschrieben[123].

4.3.1 Ohio Fuel Cell Coalition

„We can't compete by making boots or bicycles in Ohio anymore [...] Ohio must be the place where new knowledge is used to create new products, new businesses, new companies and new jobs. And we must be the leader in the new, promising technologies of the future, like fuel cells"[124]. Mit diesen Worten beschreibt der Gouverneur Ohios, Bob Taft, die Motivation des Bundesstaates, sich zum Thema Brennstoffzelle zu engagieren. Ohio hat deswegen im Mai 2002 eine auf drei Jahre angelegte Brennstoffzelleninitiative mit einem Fördervolumen von 103 Mio. US$ gestartet[125]. Von der Gesamtsumme werden 75 Mio. US$ als niedrigverzinste Kredite an Unternehmen vergeben, die mit strategischen Investitionen im Bereich Brennstoffzelle Arbeitsplätze schaffen, 25 Mio. US$ fließen in die Förderung

---

[122] Diese Zuordnung beschreibt nur die Hauptmotivation der einzelnen Bundesstaaten. Grundsätzlich spielen in allen Bundesstaaten sowohl umwelt-, industrie- als auch energiepolitische Gründe eine Rolle für das Engagement im Bereich Brennstoffzelle.

[123] Neben den Bundesstaaten, deren Aktivitäten hier beschrieben werden, gibt es zur Zeit auch Brennstoffzellen- bzw. Wasserstoffaktivitäten in New Jersey (Clean Energy Program; www.njcep.com) und Illinois (Illinois 2H2; www.ilcoalition.org/).

[124] Vgl. www.state.oh.us/gov/releases/o00403fuelcell.htm.

[125] Vgl. www.connectohio.com/3rdfrontier/fuelcell-release.html; www.connectohio.com/3rdfrontier/pdf/Fuel_Cell.pdf.

der Forschung, Entwicklung und Demonstration von Brennstoffzellen und mit drei Mio. US$ werden Schulungsmaßnahmen durchgeführt, die Arbeiter für die neue Industrie qualifizieren sollen. Die Brennstoffzelleninitiative zielt dabei auf drei Kernbereiche. Dies ist zum erstens der Ausbau der in Ohio vorhandenen Forschungsressourcen bei Universitäten und den Forschungseinrichtungen der NASA und Air Force, zum zweiten die Förderung der Teilnahme an Demonstrationsprojekten zur Brennstoffzelle sowie zur Wasserstoff-Infrastruktur. Und drittens soll in den Ausbau der Brennstoffzellenindustrie in Ohio investiert werden, um die Neuansiedlung von Firmen und das Entstehen neuer Arbeitsplätze zu fördern. Dabei ist die Brennstoffzelleninitiative integraler Bestandteil von Ohios Wirtschaftsförderungsprogramm „Third Frontier Project“[126], das mit einem Fördervolumen von 1,6 Mrd. US$ gut bezahlte Arbeitsplätze im Bereich der High-Tech-Industrie in Ohio schaffen soll. Zur Unterstützung der politischen Ziele des Bundesstaates ist zudem das Konsortium „Ohio Fuel Cell Coalition“[127] aus Vertretern der Industrie, der Universitäten und akademischen Forschungsstätten sowie der Politik gegründet worden.

4.3.2 Michigan NextEnergy Program

Ähnlich wie Ohio verfolgt der U.S.-Bundesstaat Michigan mit seinem im April 2002 begonnenen “NextEnergy Program”[128] zur Förderung von alternativen Energien[129], mit Schwerpunkt auf Brennstoffzelle und Wasserstoff, in erster Linie industriepolitische Ziele. „For over a century, Michigan has been the world’s leader in automotive technology. The NextEnergy program, along with a number of other initiatives, are important steps in ensuring that the state of Michigan will remain the leader not only in automotive technology but also in alternative energy technologies for the next century”[130], so Michigans Senator, Carl Levin, bei der Verkündung des Programmes. Dabei handelt es sich beim NextEnergy Programm um eine Bündel von Maßnahmen zur Wirtschaftsförderung im Bereich alternativer Energien. Das NextEnergy Center, das an der Universität of Michigan angesiedelt wird, dient zum einen als Informationszentrum zum Thema alternative Energien für die Öffentlichkeit und als Schulungsstätte. Zum anderen sollen vom Zentrum Projekte initiiert und

---

[126] Vgl. www.connectohio.com/3rdfrontier/; www.connectohio.com/3rdfrontier/pdf/3rd_front_innovation.pdf.

[127] Vgl. www.fuelcellsohio.org.

[128] Vgl. www.nextenergy.org.

[129] Im Rahmen des Programms sollen sowohl alternative Energien zur Stromerzeugung sowie alternative Antriebe und Treibstoffe für Fahrzeuge gefördert werden.

[130] Vgl. www.nextenergy.org/020418NextEnergy.htm.

technisch beraten, sowie Programmmaßnahmen koordiniert werden. In dem Industrie- und Gewerbegebiet „NextEnergyZone“ sollen Firmen, die im Bereich alternative Energien arbeiten, in der Nähe von Detroit angesiedelt werden. Als Anreiz dient eine zwanzigjährige Befreiung von bundesstaatlichen und kommunalen Steuern. Ebenfalls Steuernachlässe (Single Business Tax (SBT) und Einkommenssteuer) soll es zum einen im Rahmen der „NextEnergy Tax Incentives“ für Unternehmen geben, die an alternativen Energietechnologien forschen, diese entwickeln oder produzieren, und zum anderen für Käufer dieser Technologien. Das entsprechende Programm auf der Nachfrageseite nennt sich „Spurring NextEnergy Demand“. Weitere Bausteine der NextEnergy Initiative sind Demonstrationsprojekte, eine „International NextEnergy Conference“ und ein „NextEnergy Leadership Council“, in dem Experten die Regierung bezüglich des Programms beraten sollen.

4.3.3 Fuel Cell Texas

Auch der von der Ölindustrie geprägte Bundesstaat Texas entwickelt einen Plan für die Kommerzialisierung der Brennstoffzelle. So beauftragte das texanische Parlament im Jahr 2001 die „State Energy Conservation Office (SECO)“ mit der Erstellung eines Berichtes, in dem zum einen eine Gesamtstrategie formuliert und zum anderen notwendige Maßnahmen zur Beschleunigung der Kommerzialisierung der Brennstoffzellentechnologie in Texas benannt werden sollen. Als beratendes Gremium fungierte bei der Erstellung des Berichtes das „Fuel Cell Initiative Advisory Committee (FCIAC)“, das sich u.a. aus Vertretern von Energieunternehmen, Brennstoffzellenherstellern, der Wissenschaft und Verbraucherverbänden zusammensetzt. In dem im September 2002 vorgelegten Bericht[131] wird der Regierung des Staates ein Bündel an Maßnahmen empfohlen, die die Markteinführung der Brennstoffzelle, besonders bei der stationären Anwendung, beschleunigen sollen. Ziel ist es, durch Forschungsförderung, Demonstrationsprojekte und mit Hilfe von Markteinführungsprogrammen einen frühen Markt für die neue Technologie zu schaffen. Dafür ist es laut Bericht notwendig, bis 2009 mit Hilfe von staatlichen Anreizen und Förderungen stationäre Brennstoffzellen mit einer Leistung von insgesamt 1.000 MW in Texas installiert zu haben. Zudem sollen die Forschungsaktivitäten durch ein zu gründendes „Texas Consortium on Advanced Fuel Cell Research“ koordiniert werden[132]. Eine wichtige Rolle in dem politi-

---

[131] Der Abschlussbericht „Acclerating the Commercialisation of Fuel Cell in Texas” liegt als Online-Dokument vor: http://www.seco.cpa.state.tx.us/fciac_finalreport.pdf; vgl. auch http://www.seco.cpa.state.tx.us/fciac_fiscalnotes.pdf.

[132] Vgl. www.fuelcellstexas.org/objectives.

schen Aushandlungsprozess spielte das im September 2001 von Brennstoffzellenherstellern und Energieunternehmen gegründete private Konsortium „Fuel Cell Texas“[133].

4.3.4 Das kalifornische „technology forcing“

Die politischen Regulierungen des amerikanischen Bundesstaates Kalifornien sind von besonderer Relevanz für die weltweiten Entwicklungsanstrengungen um die mobile Anwendung der Brennstoffzelle. So ist Kalifornien, dessen Smogprobleme zurückreichen bis in die 1940er Jahre, mit seiner Politik des „technology forcing“ einer der wesentlichen Treiber für das Engagement der Automobilindustrie im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzelle. Die 1991 vom California Air Ressource Board (CARB) formulierte und der kalifornischen Regierung beschlossenen „zero emission vehicle (ZEV)“-Gesetzgebung verpflichtet die Automobilindustrie zum Verkauf einer vorgeschriebenen Quote von Nullemissionsfahrzeugen. Nachdem sich Batterieelektrofahrzeuge als nicht volumenmarktfähig erwiesen haben, setzt die kalifornische Politik inzwischen auf das wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeug. Auf Initiative der CARB, DaimlerChrysler und Ford wurde deswegen 1999 das erste und bis heute weltweit größte Demonstrationsprojekt für Brennstoffzellenfahrzeuge, die California Fuel Cell Partnership (CaFCP), gegründet. Die politischen Initiativen Kaliforniens gewinnen insbesondere vor dem Hintergrund an Bedeutung, dass es sich bei Kalifornien um einen der weltweit größten Absatzmärkte für Automobile handelt. Zudem haben die kalifornischen Umweltregulierungen zum einen für die Gesetzgebung anderer US-amerikanischer Bundesstaaten[134] und zum anderen für die Markteinführung automobiler Umwelttechnologien (u.a. der Katalysator) generell eine Vorreiterrolle.

Neben der Initiative zur mobilen Anwendung der Brennstoffzelle gibt es in Kalifornien auch öffentliche Anstrengungen zur Etablierung stationärer Brennstoffzellen. Hierzu ist von verschiedenen staatlichen Agenturen die „California Stationary Fuel Cell Collaborative (CaSFCC)“ gegründet worden.

---

[133] Vgl. www.fuelcellstexas.org.

[134] Kalifornien ist wegen seiner massiven Probleme mit der Luftverschmutzung der einzige amerikanische Bundesstaat, der eigene Gesetze bezüglich der Begrenzung von Emissionen erlassen darf. Andere Bundesstaaten können nur Bundesgesetze oder die kalifornische Gesetzgebung übernehmen. Die Bundesstaaten New York und Massachusetts haben inzwischen die kalifornischen ZEV-Gesetze übernommen. Vermont und Maine planen ebenfalls die Übernahme.

4.3.4.1 Die kalifornische „zero emission vehicle“-Gesetzgebung

Aufgrund einer Kombination von Bevölkerungsdichte, den Wetterbedingungen und einer starken Autonutzung ist die durch den Verkehr verursachte Luftverschmutzung seit Jahrzehnten ein politisches Thema in Kalifornien. Schon in den 1970er Jahren ereichte der Smog solche Ausmaße, dass an über 100 Tagen im Jahr erhebliche Gesundheitsrisiken für die Bevölkerung bestanden. Die direkt erfahrbaren Umweltfolgen des Verkehrs machen Kalifornien bzw. das California Air Ressource Board[135] seit Jahrzehnten zum Vorreiter bei der Festlegung von verbesserte Emissionsstandards für Automobile. Die kalifornischen Anstrengungen kulminierten 1991 in der ZEV-Gesetzgebung, die ursprünglich vorsah, dass ab 1998 zwei Prozent und ab 2003 zehn Prozent aller verkauften Autos in Kalifornien Nullemissionsfahrzeuge sein sollten. Aufgrund einer Reihe hartumkämpfter Kompromisse und gerichtlicher Auseinandersetzungen mit der Automobilindustrie, sowie technologischer Barrieren bzw. Durchbrüchen, ist die ZEV-Gesetzgebung mehrmals revidiert worden[136]. So wurde 1998 das Konzept der „Partial ZEV“ (PZEV) und 2001 das des „Advanced Technology PZEV“ (AT-PZEV) eingeführt. Mit seiner aktuellen Revision der ZEV-Gesetzgebung vom April 2003 hat das CARB zudem einen zweiten Pfad für die Autoindustrie zur Erfüllung der ZEV-Verpflichtungen eröffnet. Dabei sieht die erste Möglichkeit wie folgt aus: von den verkauften Fahrzeugen eines Automobilunternehmens in Kalifornien müssen beginnend mit dem Jahr 2005 zwei Prozent reine ZEV-Fahrzeuge (Batterie-Elektrofahrzeuge oder mit Wasserstoff betriebenen Brennstoffzellenfahrzeuge) sein, zwei Prozent AT-PZEV (Hybridfahrzeuge oder Erdgasfahrzeuge) und sechs Prozent PZEV (Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, die dank einer verbesserten Motorentechnologie und/oder Katalysatortechnik dem kalifornischen „Super ultra low emission“-Fahrzeugstandard genügen). Falls ein Automobilkonzern die neue zweite Option zur Erfüllung der Verpflichtungen aus der ZEV-Gesetzge-

---

[135] Die CARB ist 1967 vom damaligen kalifornischen Gouverneur Ronald Reagan gegründet worden. CARB ist Teil der kalifornischen Umweltschutzbehörde („California Environmental Protection Agency“) und hat die Aufgabe „[t]o promote and protect public health, welfare and ecological resources through the effective and efficient reduction of air pollutants” (vgl. www.arb.ca.gov/html/mission.htm). Im Verantwortungsbereich der CARB liegt es, zu diesem Zweck Regulationen bezüglich Emissionsstandards für Motorfahrzeuge und Treibstoffspezifikationen zu erlassen (vgl. www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/IndustryDirectory/IndustryDirectoryExternal/IndustryDirectoryDisplayCompany/0,1664,380,00.html).

[136] Einen Überblick über die Historie der ZEV-Gesetzgebung gibt der Artikel: Cowley, Alison (2001): California’s Zero Emission Vehicle Program: A Driving Force Behind Fuel Cell Development. Online-Dokument: www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_304_AlisonCowleyZEV0901.pdf. Zur aktuellen Revision der ZEV-Gesetzgebung vgl. Moore, Bill (2003): Kiss EVs Goodbye? Online-Dokument: evworld.com/databases/storybuilder.cfm?storyid=521; CARB-Presseerklärung: www.arb.ca.gov/newsrel/nr042403.htm; Hydrogen and Fuel Cell Letter Mai 2003.

bung wählt, muss das Unternehmen im Zeitraum von 2005 bis 2008 sowohl 250 Brennstoffzellenfahrzeuge produziert haben und daneben ab 2005 jährlich vier Prozent AT-PZEVs und sechs Prozent PZEVs in Kalifornien verkaufen.

Nicht nur auf der Angebotsseite, sondern auch auf der Nachfrageseite fördert der kalifornische Staat die Einführung von ZEV-Fahrzeugen. So gibt es zum einen für Käufer von ZEV-Fahrzeugen (z.Zt. Batterie-Elektrofahrzeuge) Förderungen durch die kalifornische Regierung[137]. Zum anderen treten der Staat bzw. staatliche Behörden auch als Nachfrager auf. So hat u.a. die Stadt Los Angeles als einer der ersten Kunden weltweit im Dezember 2002 Brennstoffzellenfahrzeuge geleast[138]. Zudem hat der South Coast Air Quality Management District (südkalifornische Behörde für die Verbesserung der Luftqualität) alle südkalifornischen Kreise, Kommunen, Schulbezirke und öffentlichen Nahverkehrsunternehmen 2001 verpflichtet, in Zukunft alte Benzin- und Dieselfahrzeuge durch Fahrzeuge, die Niedrigemissionsstandards genügen, zu ersetzen[139].

4.3.4.2 California Fuel Cell Partnership

Ein wichtiger Baustein bei den Bemühungen Kaliforniens, die Markteinführung von Nullemissionsfahrzeugen zu fördern, ist die „California Fuel Cell Partnership“ (CaFCP)[140]. „To successfully bridge from fuel cell vehicle demonstration to commercialization, the fastest way remains through collaboration. The CaFCP remains a powerful force on this path”, so der Vorsitzende der CARB, Alan Lloyd, anlässlich des Beginns der zweiten vierjährigen Phase der CaFCP im Juli 2003[141]. Die CaFCP wurde vor dem Hintergrund der kalifornischen Nullemissions-Gesetzgebung im April 1999 gegründet. Mit der Gründung der Partnerschaft trafen sich zum einen der Wunsch des CARB nach einem Demonstrationsprojekt, zum anderen das Interesse der Brennstoffzellenallianz aus den Automobilkonzernen DaimlerChrysler und Ford und dem Brennstoffzellenhersteller Ballard, die Machbarkeit und das Marktpotential der Brennstoffzellentechnologie zu erforschen. Heute hat das öffentlich-pri-

---

[137] Ein Überblick über mögliche „Incentives“ für Flottenbetreiber und Einzelkunden in Kalifornien gibt die Homepage: www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zip/incentiv.htm.

[138] Vgl. Honda Pressemitteilung vom 03.12.2002: „First Honda FCX Fuel Cell Vehicles Delivered on Same Day in Japan and the U.S.”. Online-Dokument: world.honda.com/news/2002/4021203.html; Hydrogen & Fuel Cell Letter, Dezember 2002.

[139] Vgl.www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/IndustryInformation/IndustryInformationExternal/NewsDisplayArticle/0,1602,3282,00.html.

[140] Vgl. www.drivingthefuture.org.

[141] Vgl. Pressemitteilung der CaFCP vom 07.07.2003: „It’s ‘Four More Years’ for the California Fuel Cell Partnership”. Online-Dokument: www.drivingthefuture.org.releases/2003_7_07_4moreyears.html.

vate Konsortium, das sich durch die Beiträge der teilnehmenden Partner finanziert[142], dreißig Mitglieder, unter denen sich u.a. acht große Automobilunternehmen befinden. Weitere Partner sind Energieunternehmen, Brennstoffzellenhersteller und -zulieferer sowie staatliche Agenturen[143]. Ziele der Partnerschaft sind:

- die Demonstration der Brennstoffzellentechnologie durch Fahrtests unter realen Bedingungen in Kalifornien,
- die Technologiedemonstration einer alternativen Treibstoffinfrastruktur,
- der Gewinn von Erkenntnissen über Probleme und mögliche Lösungen für die Kommerzialisierung,
- die Erhöhung öffentlicher Aufmerksamkeit für die neue Technologie.

Ausgangspunkt aller Aktivitäten der CaFCP ist das Ende 2000 eröffnete Hauptquartier in der kalifornischen Hauptstadt Sacramento. Hier haben u.a. alle teilnehmenden Automobilunternehmen für ihre Brennstoffzellenfahrzeuge Garagen bzw. Werkstätten und es gibt sowohl eine Wasserstoff- als auch eine Methanol-Tankstelle. Mitte 2003 wurden im Rahmen der CaFCP 24 Brennstoffzellenfahrzeuge getestet. Geplant ist bis Ende 2003 60 Brennstoffzellenfahrzeuge vor Ort zu haben. In der zweiten Phase der CaFCP von 2004 bis 2007 sollen Brennstoffzellen-Pkws verstärkt im Flottenbetrieb beim Kunden in Kalifornien zum Einsatz kommen. Zudem ist beabsichtigt, Brennstoffzellenbusse im Linienbetrieb zu erproben und auch die Wasserstoff-Infrastruktur weiter auszubauen.

Die California Fuel Cell Partnership hat zudem Vorbildcharakter für andere Demonstrationsprojekte, wie das Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project (vgl. Kapitel 5.2.2) und die deutsche Clean Energy Partnership (vgl. Kapitel 2.2.1.4.2).

4.3.4.3 California Stationary Fuel Cell Collaborative

Das Gegenstück zur CaFCP im Bereich stationäre Anwendung der Brennstoffzelle ist die California Stationary Fuel Cell Collaborative (CaSFCC)[144]. Mit dem Ziel, die Kommerzialisierung stationärer Brennstoffzellen in Kalifornien zu fördern, haben sich diverse kalifornische Umweltschutzbehörden, Handelskammern, Bundesministerien und andere Regie-

---

[142] Vgl. www.drivingthefuture.org/faq.html.

[143] Vgl. www.drivingthefuture.org/partners.html.

[144] Vgl. www.stationaryfuelcells.org; www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_514_Casfcc1002.pdf.

rungsorganisationen im Juni 2001 zusammengeschlossen. Die stationäre Anwendung der Brennstoffzelle ist für die teilnehmenden Akteure ein Mittel, um Emissionen zu reduzieren, die Energieeffizienz zu erhöhen und die Diversifizierung der Energieversorgung zu fördern. Teil der Strategie der CaSFCC ist neben der Schaffung günstiger Rahmenbedingungen für die Kommerzialisierung insbesondere die Förderung der Installation von Brennstoffzellen in staatlichen Gebäuden. Minimalziel ist es dabei, bis 2006 Brennstoffzellen mit einer Gesamtleistung von 50 bis 250 MW in Kalifornien installiert zu haben. Für die CaSFCC ist Kalifornien auch für die stationäre Brennstoffzelle ein entscheidender Markt. So wird erwartet, dass in den nächsten Jahren fünf bis 25 Prozent des weltweiten Handelsvolumens der Brennstoffzelle in Kalifornien abgewickelt werden werden.

4.3.5 Clean Energy Funds in Connecticut und Massachusetts

Ähnlich wie für Kalifornien spielt auch für die nordöstlichen US-Bundesstaaten Connecticut und Massachusetts neben der Frage der Energiediversifizierung und der Förderung der lokalen Brennstoffzellenindustrie[145] insbesondere der Umweltschutz eine entscheidende Rolle bei der Förderung der Brennstoffzelle. Beide Bundesstaaten haben zur Förderung von erneuerbaren Energietechnologien Fonds aufgelegt, die sich aus einem Aufpreis auf die Stromrechnung der Bewohner der Bundesstaaten finanzieren. Der seit Januar 2000 arbeitende „Connecticut Clean Energy Fund“[146], der von der staatseigenen Connecticut Innovations Inc. verwaltet wird, verfügte im Jahr 2000 über einen Kapitalstock von 15 Mio. US$, der bis 2005 auf annähernd 120 Mio. US$ wachsen wird[147]. Dieses Kapital soll in Unternehmen und andere Initiativen investiert werden, die nachhaltige Energiemärkte aus erneuerbarer Energie und Brennstoffzellen fördern und entwickeln, und damit auch dem Steuerzahler von Connecticut nutzen (saubere Umwelt, neue Arbeitsplätze, Energiesicherheit). Im Bereich Brennstoffzelle investiert der Connecticut Clean Energy Fund zum einen auf der Angebotsseite (Risikokapital für Brennstoffzellenfirmen und Förderung von Demonstrationsprojekten) und zum anderen auf der Nachfrageseite („buy-down subsidies“, „low interest financing“). Daneben wird aus Mitteln des Fonds das Conneticut Institute of Fuel Cell Innovations an Connecticuts Ingenieursschule aufgebaut. Zudem ist die Initiierung einer Conneticut Fuel Cell Alliance geplant. Die Investitionen aus dem Fond für die Kommerzia-

---

[145] So sind in Connecticut einige der größten US-amerikanischen Brennstoffzellenhersteller, wie UTC Fuel Cells, Proton Energy Systems und Fuel Cell Energy angesiedelt.

[146] Vgl. www.ctcleanenergy.com/.

lisierung der Brennstoffzelle werden von 2000 bis 2005 voraussichtlich eine Höhe von 37,5 Mio. US$ erreichen[148].

Einen ähnlichen Weg wie Connecticut zur Förderung erneuerbarer Energie geht Massachusetts. So wurde 1998 vom Bundesstaat der „Renewable Energy Trust Fund“[149] gegründet, der sich ebenfalls aus einem seit 1998 erhobenen Aufpreis auf die Stromrechnung der Einwohner des Bundesstaates finanziert. Auf diesem Weg sind bis Anfang 2002 fast 170 Mio. US$ in den Fond geflossen. Im Rahmen des Massachusetts Renewable Energy Trust Fund, der von der Massachusetts Technology Collaborative verwaltet wird, gibt es auch eine Brennstoffzelleninitiative[150]. Vorrangiges Ziel dieser Initiative ist die Förderung der Nutzung schon kommerziell erwerbbarer Brennstoffzellen. Hier ist insbesondere der so genannte „Premium-Power“-Markt ins Auge gefasst worden, d.h. Stromgeneratoren, die sich durch eine hohe Zuverlässigkeit und hohe Stromqualität auszeichnen. Bis Ende 2002 sind in diesem Rahmen acht Demonstrationsprojekte gefördert worden[151].

4.3.6 New York Energy $mart

Auch der Bundesstaat New York fördert die Verbreitung von sauberen und effizienten Energietechnologien aus umweltpolitischen Gründen. Dabei wird auch die Brennstoffzelle in unterschiedlichen Programmen mitgefördert. Ende 2001 haben sowohl New York als auch Massachusetts die im Jahr 2001 revidierte kalifornische ZEV-Gesetzgebung übernommen. Beiden Staaten haben aber mit einem „alternative compliance program (ACP)“ eine zweite Option für die Autoindustrie eröffnet, das ZEV-Mandat zu erfüllen[152]. So können Autohersteller die anfängliche Anforderung der Gesetzgebung ab 2004 komplett mit „Partial Zero Emission Vehicle“ (vgl. Kapitel 4.3.4.1) erfüllen, und sich in den nächsten beiden Jahren stufenweise der Erfüllung der kalifornischen Norm nähern. Neben der Einführung von sauberen Fahrzeugen fördert New York aber auch die Einführung effizienter Energietechnologien im Rahmen des Programms „New York Energy $mart“. So hat die

---

[147] Vgl. www.nfcrc.uci.edu/fcresources/REGULATIONS-INITIATIVES/INITIATIVES/state/CT-cleanEnergyFund.htm.

[148] Vgl. www.ctcleanenergy.com/w3c/about/Strategic_Framework.pdf

[149] Vgl. www.mtpc.org/RenewableEnergy/index.htm; www.nfcrc.uci.edu/fcresources/REGULATIONS-INITIATIVES/INITIATIVES/state/MA-RenewableEnergyTrustFund.htm; www.mtpc.org/RenewableEnergy/Report.pdf.

[150] Vgl. www.mtpc.org/RenewableEnergy/premium_power.htm.

[151] Vgl. www.mtpc.org/Grants_and_Awards/fcp/fuel_cell_profiles.htm.

New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA)[153], die sich seit 1992 mit der PEM Brennstoffzelle beschäftigt, von 1999 bis Ende 2001 ein großes Brennstoffzellen-Demonstrationsprojekt durchgeführt[154]. Dabei wurden in einer ersten Phase 24 Brennstoffzellen unter Laborbedingungen getestet. In der zweiten Phase wurden sechs Brennstoffzellen einem Feldtest unterzogen und in der dritten Phase 50 Brennstoffzellen an verschiedenen Standorten im Bundesstaat demonstriert. Die beim Projekt benutzen Brennstoffzellen mit einer Leistung von sieben kW kamen ausschließlich vom Brennstoffzellenhersteller Plug Power, der seinen Firmensitz im Bundesstaat New York hat. Seit 2001 fördert der Bundesstaat dezentrale Energietechnologien und die Kraft-Wärme-Kopplung. Im Rahmen einer Ausschreibung sind von der NYSERDA Mitte 2003 36 Projekte ausgewählt worden, die mit einer Gesamtsumme von 14,5 Mio. US$ gefördert werden. Unter diesen „Clean Energy Projects“ befinden sich auch acht Brennstoffzellen-Projekte[155]. Auch New York finanziert wie Connecticut und Massachusetts die Förderung von alternativen Energietechnologien über eine Abgabe auf die Stromrechnung der Bewohner des Bundesstaates.

---

[152] Vgl. www.evaa.org/evaa/pages/ny%20ma%20alt%20compliance%20plan%20reg%20alert.DOC; www.evworld.com/databases/printit.cfm?pageid=news300102-03.

[153] Vgl. www.nyserda.org.

[154] Vgl. www.pnl.gov/fuelcells/summit6/Presentations/Foster.pdf.

[155] Vgl. NYSERDA Pressemitteilung vom 18/07/03: „Governor Announces $14.5 Million For Clean Energy Projects“. Online-Dokument: www.nyerda.org/press/2003/governor/govjuly18_03.html.

5 Japan – Brennstoffzelle als Schlüsseltechnologie für wirtschaftliche Entwicklung

Bild 14: Logo des japanischen Wasserstoffprogrammes (Quelle: ENNA)

5.1 Überblick

„I hope that with continued technological development, Japan can be said to have suceeded in both harmonious coexistence with nature and economic development“[156]. So umschreibt der japanische Ministerpräsident Junichiro Koizumi Ende 2002 anlässlich der Übergabe der ersten Brennstoffzellenfahrzeuge von Honda und Toyota an die japanische Regierung die Erwartungen an die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Neben umwelt- und energiepolitischen Zielen – Japan muss über 80 Prozent seines Energiebedarfes importieren – verfolgt die japanische Regierung mit der Förderung der Brennstoffzelle vorrangig industrie- und wirtschaftspolitische Ziele. Die Innovationsfähigkeit der japanischen Industrie soll gestärkt werden.

Auch in Japan waren die Ölkrisen in den 1970er Jahren die ursprünglichen Anstöße für die Beschäftigung mit Wasserstoff. Schon 1981 begann die japanische Regierung im Rahmen des „Moonlight Projects“, einem Programm zur Entwicklung energieeffizienter Technologien, die Forschung an Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zu fördern. 1992 wurden das Moonlight Projekt und andere Energie- und Umweltprojekte der japanische Regierung unter dem Namen „New Sunshine Program“ zusammengefasst. Im Rahmen des neuen „New Sunshine“-Programms wurde im Jahr 1993 das japanische Wasserstoffprogramm WE-NET initiiert.

---

[156] Vgl. Artikel „Fuel Cell Vehicle Delivery Ceremony“ vom 02.12.2002 auf Homepage des japanischen Ministerpräsidenten. Online-Dokument: www.kantei.go.jp/foreign/koizumiphoto/2002/12/02nenryo_e.html.

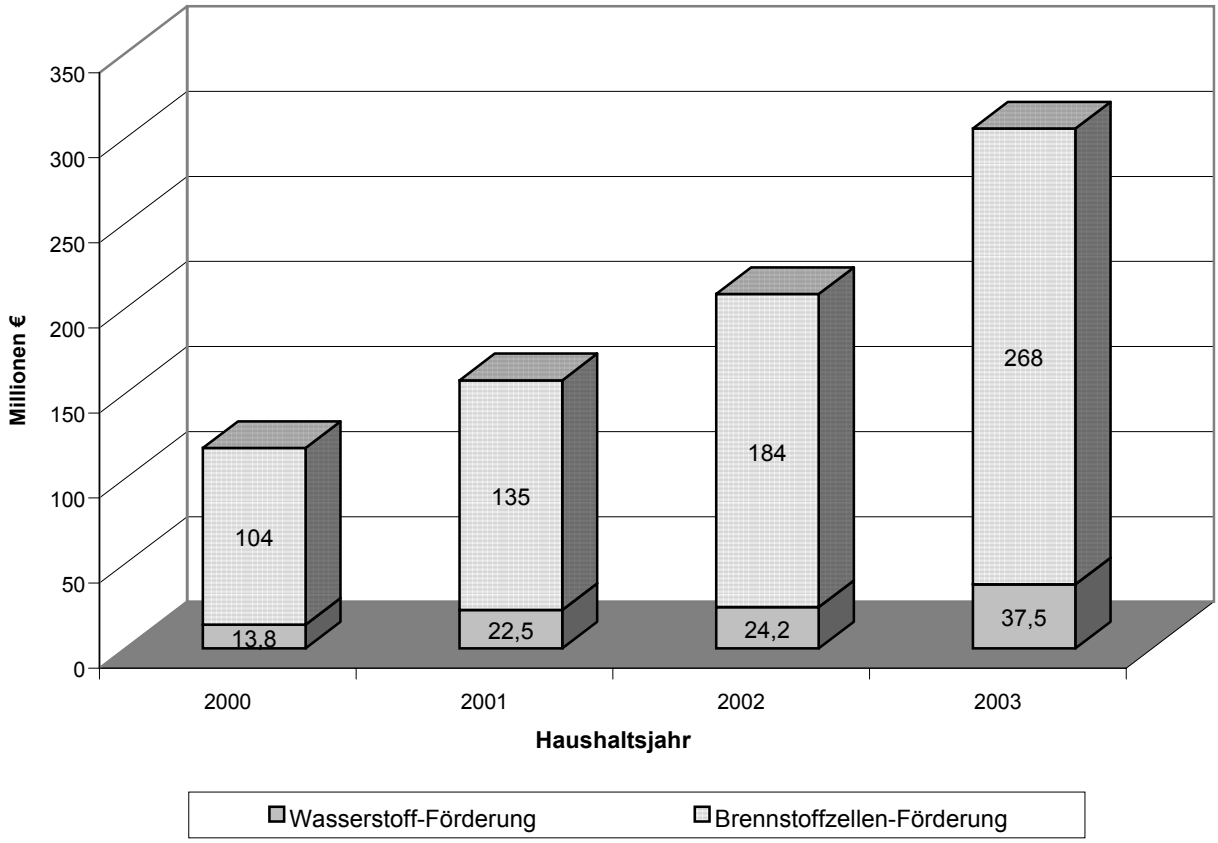

Bild 15: Brennstoffzellen- und Wasserstoff-Förderung der japanischen Regierung 2000-2003 (Quelle: eigene Darstellung)

Zahlen zur Förderung im Bereich Wasserstoff sind einem Vortrag von Kazukiyo Okano, WE-NET-Abteilung der Engineering Advancement Association (ENAA), auf dem PATH Wasserstoff Workshop in Mexiko am 14.02.2003 entnommen. Online-Dokument: www.conae.gob.mx/work/secciones/2112/imagenes/japan_path.pdf. Zahlen zur Förderung im Bereich Brennstoffzelle sind der Studie „Fuel Cell Vehicles: Race to a New Automotive Future" des Office of Technology Policy der US-amerikanischen Regierung entnommen. Online-Dokument: www.technology.gov/reports/Techpolicy/CD117a-030129.pdf.

Auch in Japan wird insbesondere die Forschung und Entwicklung der Brennstoffzellentechnologie gefördert (vgl. Bild 15). Innerhalb dieser Förderung hat es in den letzten 20 Jahren eine Verschiebung des Fokus gegeben[157]. Wurde noch in den 1980er Jahren hauptsächlich die Forschung und Entwicklung der Phosphorsauren Brennstoffzelle (PAFC) gefördert, lag der Schwerpunkt in den 1990er Jahren auf der Schmelzkarbonat Brennstoffzelle (MCFC). Heute fördert die japanische Regierung, nach den technologischen Durchbrüchen in den 1990er Jahren bei der Proton-Exchange-Membran Brennstoffzelle (PEMFC), fast ausschließlich die Forschung, Entwicklung und Demonstration von mobilen und stationären Anwendungen dieses Brennstoffzellentyps. Nur noch ein kleiner Teil des Forschungsbudgets wird für die MCFC und Solid-Oxid-Brennstoffzellen (SOFC) verwendet.

In den letzten Jahren gab es eine Reihe von politischen Initiativen, die zu einer Intensivierung der Förderung der Brennstoffzellentechnologie geführt haben. So startete die japanische Regierung im Jahr 2000 eine milliardenschwere Innovationsoffensive unter dem Namen „Millenium Project" als Antwort auf die Forderung der Industrie, die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Industrie zu stärken[158]. Ziel dieser Initiative ist es, die Entwicklung von Schlüsseltechnologien zu fördern, die innerhalb von drei bis fünf Jahren wirtschaftlich relevant werden können. Auch die PEM-Brennstoffzelle wird in diesem Rahmen als eine prioritäre Technologie eingestuft[159]. Schon 1999 hatte die „Agency for Natural Resources and Energy (ANRE)"[160], eine Abteilung des japanischen Ministeriums für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI), die „Policy Study Group for Fuel Cell Commercialization" einberufen. Auf Vorschlag dieser wissenschaftlichen Beratergruppe wurde im März 2001 die „Fuel Cell Commercialization Conference of Japan (FCCJ)"[161] gegründet, um insbesondere den privaten Sektor in den Diskussionsprozess um politische Maßnahmen für die Förderung der Brennstoffzellentechnologie und deren Kommerzialisierung mit einzubeziehen. Inzwischen sind alle im Bereich Brennstoffzelle relevanten japanischen Unternehmen und Organisationen Mitglieder in der FCCJ. Im August 2001 wurde der japanischen Regierung ein von beiden Gremien erarbeitetes Strategiepapier zur weiteren technischen Entwicklung und Kommerzialisierung der PEM-Brennstoffzelle vorgelegt. Dieses beruht auf einem Bericht der „Policy Study Group for Fuel Cell Commercialization" vom Januar 2001. Teil dieses Strategiepapiers ist ein Szenario über die zukünftige Kommerzialisierung und Diffusion der Brennstoffzellentechnologie in Japan, das einen zeitlichen Fahrplan und Prognosen über die Verbreitung der Brennstoffzelle beinhaltet[162]. So soll bis 2005 die grundlegende technische Entwicklung abgeschlossen und in Demonstrationsprojekten getestet worden sein. Zudem soll bis dahin eine Basisinfrastruktur aufgebaut werden. Von 2005 bis 2010 sollen die Leis-

---

[157] Vgl. Abe, Toshiaki (2003): Japan's Hydrogen Vision. Vortrag bei dem IEA-Seminar „Toward Hydrogen" am 03.03.2003. Online-Dokument: www.iea.org/workshop/2003/hydrogen/keynotes/japan.pdf.

[158] Vgl. Hara, Yoshiko (1999): Millennium Project aims to boost Japan's competitivesness. In: EETimes vom 05.11.1999. Online-Dokument: www.eetimes.com/story/OEG19991105S0020.

[159] Vgl. Toru, Kawaguchi (2002): It's Full Steam Ahead for the Fuel Cells. In: Look Japan Dezember 2002. Online-Dokument: www.lookjapan.com/LBst/02DecST.htm.

[160] Vgl. www.enecho.meti.go.jp/english/.

[161] Vgl.www.fccj.jp/index12.html.

[162] Vgl. Abe, Toshiaki (2003) Japan's Hydrogen Vision. Präsentation auf dem IEA Renewable Energy Working Party Seminar am 03.03.2003. Online-Dokument: www.iea.org/workshop/2003/hydrogen/keynotes/japan.pdf ; vgl. auch Vgl. Toru, Kawaguchi (2002): It's Full Steam Ahead for the Fuel Cells. In: Look Japan Dezember 2002. Online-Dokument: www.lookjapan.com/LBst/02DecST.htm.

tung der Technologie verbessert und die Kosten gesenkt werden. Bei weiterem Ausbau der Infrastruktur kommt es in kleinerem Maßstab zur Markteinführung der Brennstoffzellen in mobilen und stationären Anwendungen. Von 2010 bis 2020 soll sich durch die sinkenden Kosten aufgrund von Massenproduktion und steigender Nachfrage ein sich selbst tragender, wachsender Markt entwickeln. Laut dieses Szenarios werden bis 2010 ungefähr 50.000 Brennstoffzellenfahrzeuge auf Japans Strassen fahren und stationäre Brennstoffzellen mit einer Gesamtleistung von annähernd 2,1 Mio. kW installiert sein. Nach einer breiten Markteinführung ab 2010 sollen sich diese Zahlen bis 2020 auf ca. fünf Mio. Fahrzeuge und einer Gesamtleistung von 10 Mio. kW erhöht haben.

Die Roadmap für die Markteinführung der Brennstoffzelle und die Vorgaben für den Verbreitungsgrad von Brennstoffzellenfahrzeugen und installierten stationären Brennstoffzellen sind von der Regierung als politische Ziele übernommen worden[163]. So verkündete der japanische Premierminister 2001 einen neunjährigen Aktionsplan, den „Prime Minister's Action Plan", für die Entwicklung von Niedrigemissionsfahrzeugen (Brennstoffzellen- und Hybridfahrzeuge und Fahrzeuge, die mit alternativen Treibstoffen betrieben werden). Bis 2011 sollen zehn Mio. Niedrigemissionsfahrzeuge auf japanischen Strassen fahren, darunter 50.000 Brennstoffzellenfahrzeuge. Auch der im Mai 2002 veröffentlichte Report „Project X Japan: Develop Engines for Earth's Renewal", der von einer Arbeitsgruppe aus fünf stellvertretenden Ministern aus den mit der Brennstoffzelle befassten Ministerien erarbeitet wurde, greift die Ziele auf und weitet sie noch weiter aus[164].

Um diese politischen Ziele zu erreichen, ergreift die japanische Regierung verschiedene Maßnahmen. So ist das Fördervolumen für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien in den letzten Jahren erheblich angewachsen (vgl. Bild 15). Brennstoffzelle und Wasserstoff werden zum einen im Rahmen des „Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell and Hydrogen Technology R&D Program" und zum anderen im Rahmen des Millenium-Projektes gefördert. Im Kontext des Brennstoffzellenprogramms findet auch das „Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project" statt. Von 2003 bis 2006 sollen sowohl Brennstoffzellenautos als auch stationäre Brennstoffzellen gestestet werden (vgl. Kapitel 5.2.2). Weitere Maßnah-

---

[163] Vgl. Hydrogen & Fuel Cell Letter July 2002; Yamaguchi, Yuzo (2003): Tokyo opens 4 hydrogen stations. In: Automotive News vom 24.03.2003. Online-Dokument: www.autonews.com/article.cms?articleId=42996&a=a&bt=japan%20hydrogen.

[164] Vgl. Office of Technology Policy (2003): Fuel Cell Vehicles: Race to a New Automotive Future. Online-Dokument: www.technology.gov/reports/TechPolicy/CD117a-030129.pdf.

men[165] sind verschiedene Steueranreize sowohl für Hersteller als auch für Konsumenten. So können Unternehmen überdurchschnittliche Forschungsausgaben oder Investitionen in von der Regierung geförderten kooperativen Forschungs- und Entwicklungsprojekten steuerlich absetzen. Auf der Nachfrageseite gibt es zahlreiche Steueranreize für Käufer von Niedrigemissionsfahrzeugen, von denen in Zukunft auch Nutzer von Brennstoffzellenfahrzeugen profitieren werden[166]. Zudem vergeben die japanische Regierung bzw. drei staatseigene Banken niedrigverzinste Kredite und direkte Subventionen für den Kauf von umweltfreundlicheren Fahrzeugen und für den Bau von Tankstellen, die alternative Treibstoffe vertreiben[167]. Daneben tritt die japanische Regierung auch als Nachfrager von neuen Technologien auf. Im März 2001 verkündete Premierminister Koizumi, dass die japanische Regierung beschlossen habe, innerhalb von drei Jahren sämtliche Fahrzeuge von Ministerien und Regierungseinrichtungen durch „green vehicles“ zu ersetzen. Mehrere Präfekturen und Kommunen haben angekündigt, diesem Beispiel zu folgen. Die japanische Regierung gehört auch zu den ersten Kunden weltweit, die Brennstoffzellenfahrzeuge geleast haben. Insbesondere mit den beiden letzten Maßnahmen wird beabsichtigt, einen frühen Markt für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben zu schaffen.

Damit hat Japan weltweit die ambitionierteste Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik. Neben dem Anfang dieses Jahrzehnts erheblich gewachsenen Fördervolumen ist die Politik zum einen langfristig ausgelegt, und zum anderen in eine politische Vision und Ziele eingebunden. Wesentlicher Treiber der japanischen Politik ist die Stärkung der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit der eigenen Industrie.

5.2 Förderprogramme

Nach dem grundsätzlichen Überblick über die japanische Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik soll hier noch auf die zwei größten und bekanntesten japanischen Wasserstoff- bzw. Brennstoffzellenprojekte eingegangen werden.

---

[165] Zu den im folgenden dargestellten Maßnahmen vgl. Office of Technology Policy (2003): Fuel Cell Vehicles: Race to a New Automotive Future. Online-Dokument: www.technology.gov/reports/TechPolicy/CD117a-030129.pdf.

[166] So wird die Mehrwertsteuer halbiert, die Kfz-Steuer in den ersten zwei Jahren um 13 bis 50 Prozent reduziert und die Erwerbssteuer um 73 bis 90 Prozent gesenkt.

[167] Der Erwerb von „sauberen Fahrzeugen“ und der Bau von Tankstellen für alternative Treibstoffe ist im Haushaltsjahr 2000 und 2001 mit acht Mio. US$ und im Haushaltsjahr 2002 mit 18 Mio. US$ gefördert worden (vgl. Okano, Kazukiyo (2003): Hydrogen and Fuel Cell Activities in Japan. Vortrag auf dem

5.2.1 „World Energy Network“ & „Development for Safety Use and Infrastructure of H2”

Im Rahmen des „New Sunshine“-Programms startete die japanische Regierung 1993 das Programm „International Clean Energy Network Using Hydrogen Conversion“, kurz „World Energy Network“ (WE-NET)[168], mit der Vision ein alternatives, auf Wasserstoff basierendes Energiesystem aufzubauen. Eine visionäre Idee aus der Anfangszeit des WE-NET-Programms war u.a. das Konzept des japanischen „Ship Research Institute“[169]. Mit Hilfe von rund 12.000 maritimen Pontonkonstruktionen von je ca. 1 km^2 Fläche sollte im Südpazifischen Ozean, so der Vorschlag, photovoltaisch Strom erzeugt und dieser mittels Elektrolyse- und Verflüssigungsanlage in Flüssigwasserstoff (LH_2) umgewandelt werden. Mit Hilfe großer LH_2-Tankschiffe sollte dann der Wasserstoff in zwanzig Hafenanlagen angelandet und zum Verbraucher nach Japan transportiert werden. Das „New Sunshine“-Programm und das WE-NET wurden von der New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO)[170] verwaltet und koordiniert. WE-NET war in verschiedene Unteraufgaben aufgeteilt, die an entsprechende Forschungsinstitute und Industrieakteure vergeben wurden. Ursprünglich sollte das Programm eine Laufzeit von 28 Jahren (1993-2020) haben, die in drei Phasen eingeteilt war. In der ersten Phase (1993-1998) lag der Schwerpunkt auf Grundlagenforschung in den verschiedensten Bereichen der Wasserstoffenergiekette (Produktion, Speicherung, Transport und Nutzung) und der Entwicklung eines langfristigen Konzeptes zur Nutzung von Wasserstoff. In der zweiten WE-NET Phase, die 1999 startete, begann man auf Basis des Langfristkonzepts aus der ersten Phase mit der tatsächlichen Einführung von Wasserstofftechnologien.

Sichtbarstes Zeichen dieser Einführung war die Eröffnung von drei Wasserstofftankstellen zum Ende der zweiten Phase im Jahr 2002. Dabei werden an den drei Standorten in Osaka, Takamatsu und Yokohama unterschiedliche Arten der Wasserstoffproduktion (Erdgasreformierung, Elektrolyse) erprobt. Für die dritte Phase (2003-2020) war ursprünglich geplant,

---

PATH Wasserstoff Workshop in Mexiko, 14.02.2003. Online-Dokument: www.conae.gob.mx/work/secciones/2112/imagenes/japan_path.pdf).

[168] Vgl. www.enaa.or.jp/WE-NET; Okano, Kazukiyo (1997): WE-NET: The National Hydrogen Programm of Japan Vision and Status. Online-Dokument: www.enaa.or.jp/WE-NET/ronbun/1997/e2/eaa97.html; Hirai, Toshihiro (1997): WE-NET: The National Hydrogen Project of Japan, Its Vision and Status. Online-Dokument: www.enaa.or.jp/WE-NET/ronbun/1997/e3/eaa297.html.

[169] Vgl. Wurster, Reinhold (1995): Internationale Wasserstoffprojekte. Paper auf der Tagung „Nutzung Regenerativer Energiequellen“, 2.-3.11.1995, Fachhochschule Stralsund. Online-Dokument: www.hydrogen.org/Wissen/H2-Welt.htm.

[170] Vgl. www.nedo.go.jp/english/index.html.

Wasserstofftechnologien zu popularisieren und zu kommerzialisieren. Über die gesamte Laufzeit sollte das WE-NET-Programm mit 300 Mrd. Yen (ca. 2,5 Mrd. €) gefördert werden. Nach zehn Jahren ist das WE-NET-Programm früher als geplant mit dem Ende des Haushaltsjahres 2002 im Frühjahr 2003 beendet worden. Abgelöst wird das alte Programm durch das neue Projekt, das unter dem Namen „Development for Safety Use and Infrastructure of H_2“[171] firmiert, und die Anstrengungen zur Förderung der Markteinführung der PEM-Brennstoffzelle ergänzt[172]. Das neue Wasserstoffprojekt hat eine Laufzeit von 2003 bis 2007 und ein geplantes Gesamtbudget von 250 Mio. US$. Im Blickfeld der Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen stehen zum einen die Evaluation und der Test des sicheren Umgangs mit Wasserstoff, um Regulierungen, Normen und Standards zu erlassen. Und zum anderen die Etablierung einer Wasserstoff-Infrastruktur und die Entwicklung der dafür benötigten Technologien. Dabei werden die Ergebnisse des zehn Jahre laufenden WE-NET Projekts in das neue Programm mit einfließen.

5.2.2 Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project

Im Juli 2002 verkündete die japanische Regierung, dass man in Zusammenarbeit mit Automobilherstellern und Energieunternehmen ein auf drei Jahre angelegtes Projekt zur Demonstration von mobilen und stationären Anwendungen der Brennstoffzellentechnologie durchführen werde[173]. Beide Brennstoffzellen-Demonstrationsprojekte laufen unter dem Titel „Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project“ (JHFC)[174] und sind Teil des ambitionierten Programms der japanischen Regierung zur Kommerzialisierung der PEM Brennstoffzelle (vgl. Kapitel 5.1). Ziel des JHFC ist das bessere Verständnis der Brennstoffzellentechnologie und des Aufbaus einer Wasserstoff-Infrastruktur. Zudem soll die breite Öffentlichkeit über die neuen Technologien informiert werden. Auch sollen mit der JHFC Fragen bezüglich der so genannten „weichen Infrastruktur“, wie Deregulierungs- und Stan-

---

[171] Im HyWeb wird dieser etwas sperrige Titel wie folgt übersetzt: „Entwicklung grundlegender Technologien zur sicheren Nutzung von Wasserstoff“ (vgl. www.hyweb.de/Neuigkeiten/archv203.html).

[172] Vgl. www.enaa.or.jp/WE-NET/newinfo/station_taka_e.html; Abe, Toshiaki (2003): Japan’s Hydrogen Vision. Präsentation auf dem IEA Renewable Energy Working Party Seminar am 03.03.2003. Online-Dokument: www.iea.org/workshop/2003/hydrogen/keynotes/japan.pdf; vgl. auch Okano, Kazukiyo (2003): Hydrogen and Fuel Cell Activities in Japan. Vortrag auf dem PATH Wasserstoff Workshop in Mexiko, 14.02.2003. Online-Dokument: www.conae.gob.mx/work/secciones/2112/imagenes/japan_path.pdf.

[173] Vgl. o.V. (2002): Japan Government, Car & Energy Firms in Fuel Cell Projects. Online-Dokument: www.evworld.com/databases/shownews.cfm?pageid=news180702-06 .

[174] Vgl. www.jhfc.jp/fcv001_en.html; Wasserstoff-Spiegel Nr. 4/02.

dardisierungsfragen, geklärt werden[175], und Regelwerke für Wasserstoff und Brennstoffzelle geschaffen werden. Das Projekt wird von drei Organisationen verwaltet. Die „New Energy Foundation (NEF)“ ist verantwortlich für die Demonstration und Tests von stationären Brennstoffzellen. Die „Japan Electric Vehicle Association (JEVA)“ wird das Demonstrationsprojekt für Brennstoffzellenfahrzeuge durchführen. Dieses wird von dem „Japan Automotive Research Institute“ evaluiert. Und die „Engineering Advancement Association of Japan (ENNA)“ arbeitet mit Energieunternehmen und der Stadtverwaltung von Tokio an der Wasserstoffversorgung.

Am 11. März 2003 wurde in Yokohama der erste Erprobungsstützpunkt für den Test von Brennstoffzellenfahrzeugen im Rahmen des JHFC eröffnet. Am Demonstrationsprojekt für Brennstoffzellenfahrzeuge beteiligen sich sowohl Fahrzeughersteller (Toyota, Nissan, Honda, DaimlerChrysler, General Motors, Hino Motors, Mitsubishi Motors und Suzuki Motor) wie auch Energieunternehmen (Nippon Oil, Cosmo Oil, Showa Shell, Tokyo Gas) sowie zahlreiche weitere japanische Unternehmen. In Anlehnung an die California Fuel Cell Partnership (CaFCP) (vgl. Kapitel 4.3.1) wird es im Stützpunkt der JHFC sowohl Garagen und Werkstätten für die Brennstoffzellenfahrzeuge, eine Wasserstofftankstelle und ein Informationszentrum für die Öffentlichkeit geben. Die beteiligten Automobilunternehmen haben sich verpflichtet, jeweils ein Fahrzeug im Rahmen des Erprobungsstützpunktes zu testen. Zusätzlich werden weitere Fahrzeuge der Hersteller von Kunden im Großraum Tokio getestet, u.a. Fahrzeuge von Toyota und Honda von der japanischen Regierung und ein Fahrzeug von GM vom Lieferdienst FedEx. Neben Brennstoffzellen-Pkws wird auch ein Brennstoffzellenbus der Toyota-Tochter Hino Motors an der JHFC teilnehmen. Insgesamt werden in den nächsten zwei bis drei Jahren im Rahmen der JHFC 30 bis 40 Brennstoffzellenfahrzeuge in Japan getestet werden[176]. Teil des JHFC ist auch die Demonstration von unterschiedlichen Ausgestaltungsmöglichkeiten einer Wasserstoff-Infrastruktur und von Wasserstoff-Betankungstechnologien. Geplant ist, bis zum Frühjahr 2004 fünf Wasser-

---

[175] So dürfen zur Zeit stationäre Wasserstofftankstellen in Japan nur in Industriegebieten aufgebaut und betrieben werden. Dies führt zur absurden Situation, dass für die Betankung der Brennstoffzellenfahrzeuge der japanischen Regierung jeden Tag extra die Einzelteile einer mobilen Tankstelle auf zwei Lkws durch Tokio gefahren, auf dem Hof des Regierungsgebäudes in einer Stunde montiert und dann die Fahrzeuge betankt werden. Danach wird die Tankstelle sofort wieder demontiert. Mit dieser Aufgabe sind täglich drei Mitarbeiter beschäftigt, was Kosten von ca. 300.000 US$ pro Jahr verursacht (vgl. Yamaguchi, Yuzo (2003): Tokyo opens 4 hydrogen stations: For now, rules restrict refueling to industrial areas. In: Automotive News vom 24.03.2003. Online- Dokument: www.autonews.com/article.cms?articleId=42996&a=a&bt=japan%20hydrogen).

[176] Vgl. Hydrogen & Fuel Cell Letter April 2003.

stofftankstellen im Großraum Tokio/Yokohama zu eröffnen. An vier Tankstellen wird aus unterschiedlichen Ausgangsstoffen (Flüssiggas, schwefelfreies Benzin, Naphtha und Methanol) gasförmiger Wasserstoff gewonnen, bei der fünften handelt es sich um eine Flüssigwasserstofftankstelle[177]. Im Gegensatz zur CaFCP müssen sich die beteiligten Firmen bei der JHFC nicht an den Kosten des Projektes beteiligen. Die japanische Regierung stellt die Garagen und Werkstätten kostenlos zur Verfügung.

Im Rahmen des JHFC werden auch stationäre PEM Brennstoffzellen getestet. Hierzu wurden im Haushaltsjahr 2002 zwölf Brennstoffzellen-Heizsysteme, die von verschiedenen Herstellern gebaut wurden, unter verschiedenen Bedingungen für ein Jahr in Wohnhäusern getestet. Die Brennstoffzellen, die überwiegend über eine Leistung von einem kW verfügen, wurden sowohl mit Erdgas, als auch Flüssiggas, Kerosin und Naphtha betrieben. Ab Herbst 2003 sollen in einem weiteren einjährigen Projekt weitere 31 stationäre Brennstoffzellen getestet werden[178]. Die wissenschaftliche Begleitung und Überwachung des stationären Brennstoffzellentests wird von der „Japan Gas Association (JGA)“ durchgeführt[179].

---

[177] Vgl. Abe, Toshiaki (2002): Hydrogen Activities in Japan. Präsentation auf dem IEA Renewable Energy Working Party Seminar am 03.03.2003. Online-Dokument: www.iea.org/workshop/2002/hydrogen/sessionv/Nedo.pdf.

[178] Vgl. Okano, Kazukiyo (2003): Hydrogen and Fuel Cell Activities in Japan. Vortrag auf dem PATH Wasserstoff Workshop in Mexiko, 14.02.2003. Online-Dokument: www.conae.gob.mx/work/secciones/2112/imagenes/japan_path.pdf; o.V. (2003): Japan to Conduct Fuel Cell Tests at 31 Locations. Online-Dokument: www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/IndustryInformation/IndustryInformationExternal/NewsDisplayArticle/0,1602,3154,00.html.

[179] Vgl. o.V. (2003): Getting there. In: Petroleum Economist, April 2003. Online-Dokument: www.fuelcelltoday.com/FuelCellToday/FCTFiles/FCTArticleFiles/Article_649_fuel%20cells.pdf.

6 Förderprogramme zu Wasserstoff und Brennstoffzelle – eine vergleichende Darstellung

Im abschließenden Kapitel soll ein Vergleich der öffentlichen Förderprogramme in Deutschland, der EU, den USA und Japan „auf einen Blick“ ermöglicht werden. Eine tiefergreifende Analyse muss aber weiteren Arbeiten vorbehalten bleiben. Wirft man zunächst einen Blick auf die absoluten öffentlichen Fördersummen für Wasserstoff und Brennstoffzelle (vgl. Bild 16[180]) werden erhebliche Unterschiede zwischen den betrachteten Ländern bzw. Regionen deutlich.

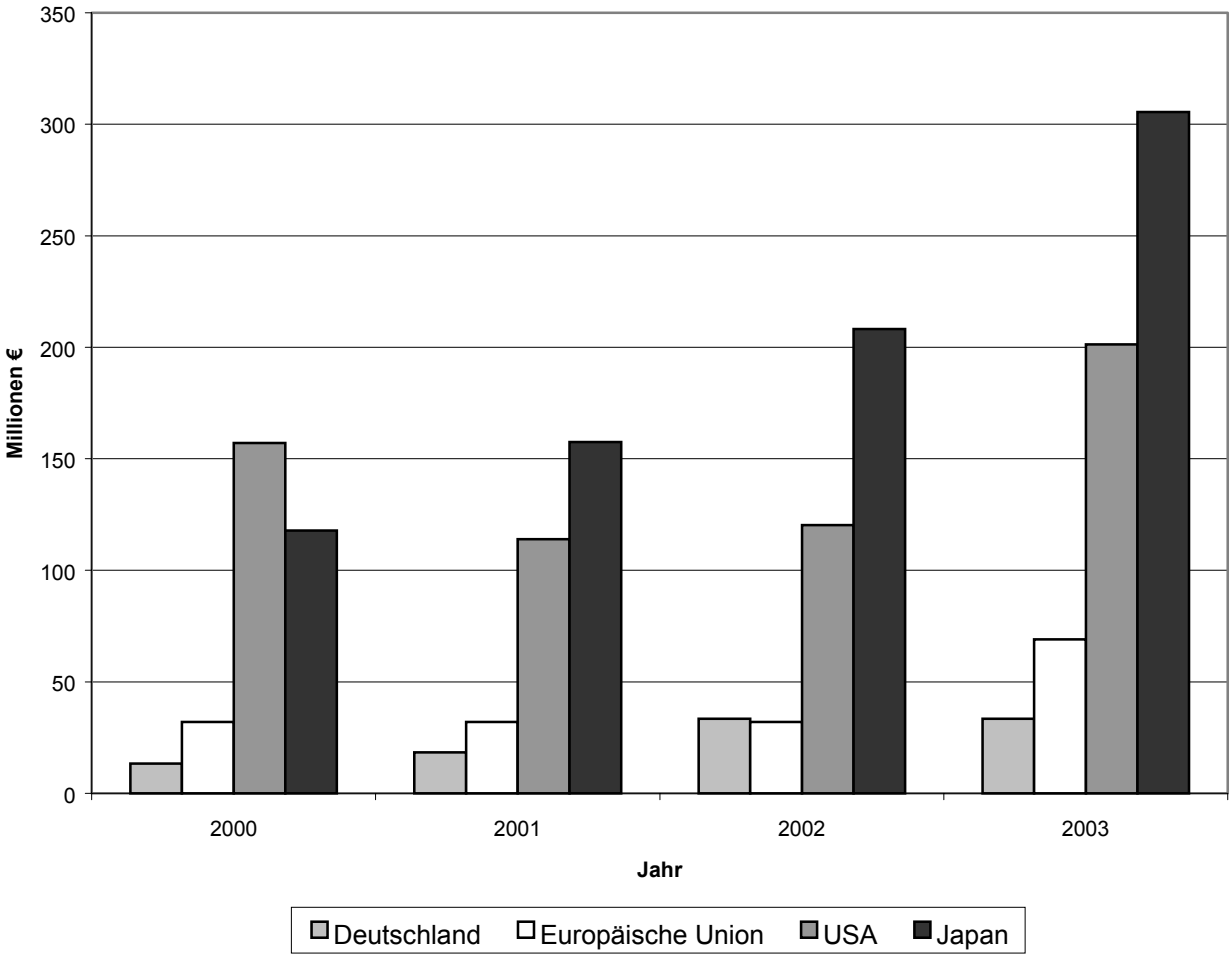

Bild 16: Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle in Deutschland, der EU, den USA und Japan im Vergleich (Quelle: eigene Darstellung)

[180] In das Schaubild sind nur die öffentlichen Fördersummen der Bundesebene eingeflossen. Ansonsten ist bei den Zahlen des Schaubildes zu beachten, dass bei mehrjährigen Förderprogrammen der Gesamtetat durch die Förderjahre dividiert worden ist, und der Vergleichbarkeit wegen die Haushaltsjahre und Kalenderjahre identisch behandelt worden sind.

Diese Unterschiede relativieren sich etwas, wenn man die Förderzahlen auf die Einwohnerzahl bezieht und diese dann vergleicht (Bild 17). Deutlich wird, dass die Unterschiede zwischen Deutschland und den USA nicht so frappierend sind, wie noch beim Vergleich der absoluten Zahlen. Es kristallisiert sich aber auch noch klarer als beim vorherigen Schaubild der Vorsprung Japans bei der Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie heraus.

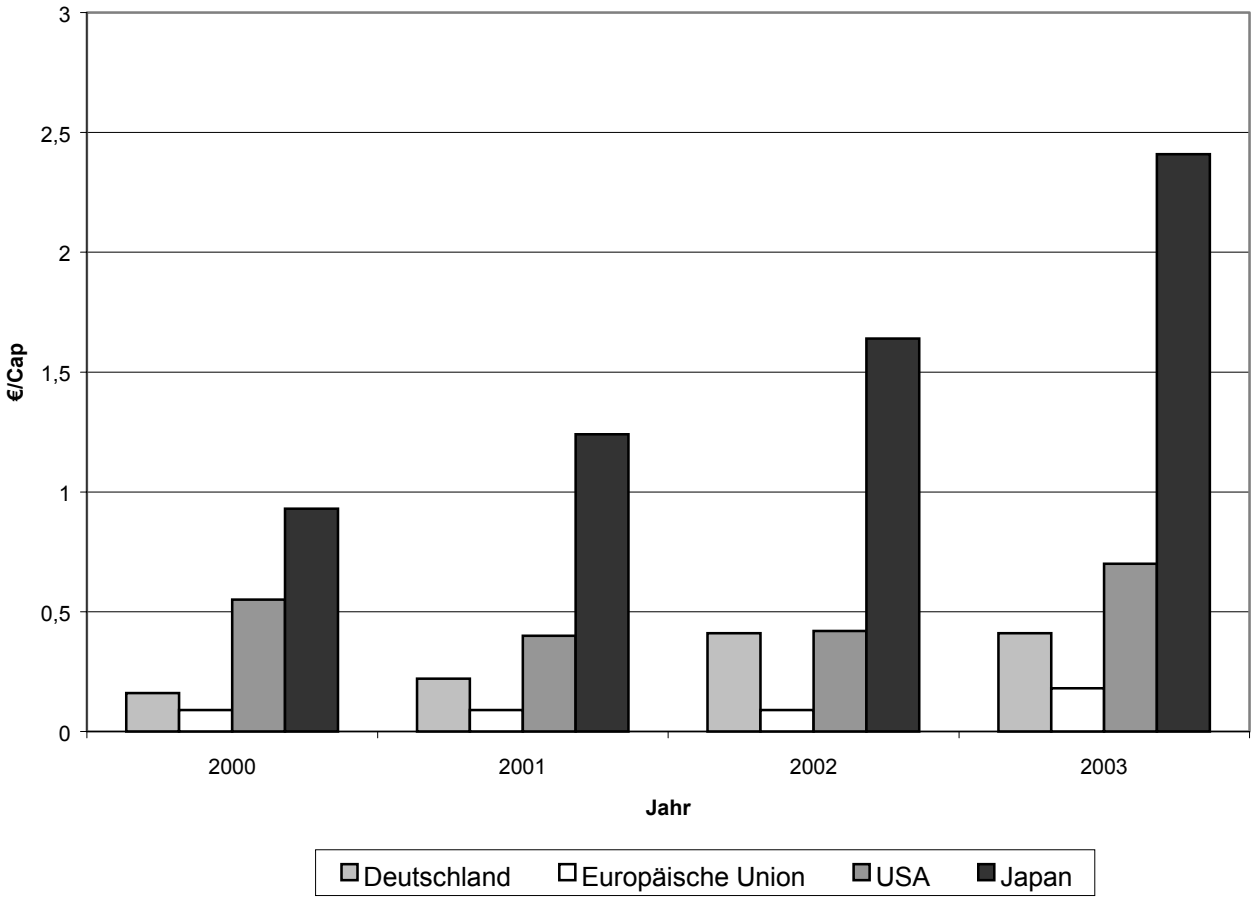

Bild 17: Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle in Deutschland, der EU, den USA und Japan per Capita-Vergleich (Quelle: eigene Darstellung)

Die Höhe der Fördesumme ist aber nur ein Aspekt der Förderpolitik. Andere wesentliche Eckpunkte der Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle werden in Bild 18 gegenübergestellt.

	Deutschland	EU	USA	Japan
Bewertung von Wasserstoff- und Brennstoffzellen-technologie	„Breite Nutzung von (solarem) Wasserstoff ist auf mittlere Sicht nicht zu erwarten“ Brennstoffzelle ist eine „Schlüsseltechnologie“	„Wasserstoff – eine der wichtigsten Prioritäten der EU“	„Hydrogen is a long term solution to America`s energy needs” Brennstoffzelle wird vom DoD als „critical technology” eingestuft	Brennstoffzelle ist eine Schlüsseltechnologie für wirtschaftliche Entwicklung, die innerhalb der nächsten 3-5 Jahre wirtschaftlich relevant werden könnte
Primärer Ursprung staatlicher Zielsetzung	Umwelt- & Energiepolitik: Förderung erneuerbarer Energien	Umweltpolitik: Erfüllung des Kioto-Protokolls	Energiepolitik: Unabhängigkeit von Erdölimporten	Standort-/Industriepolitik: Wettbewerbsfähigkeit der Industrie stärken
Gesamtstrategie (Roadmap, Strategiefindungs-prozess)	Keine übergreifende Gesamtstrategie auf politischer Ebene	Strategiefindungsprozess durch Berufung der High Level Group angestoßen	„National Vision of Americas Transition to a Hydrogen Economy” (2002) US Hydrogen Energy Roadmap (2002)	Strategiepapier von wissenschaftlicher Beratergruppe und von FCCJ Ende 2001 vorgelegt
Berichte, Beratergremium	Zwischenbericht anlässlich 20 Jahre BMBF Forschungsförderung (1996) Bericht zur Technologiefolgenabschätzung „Brennstoffzellen-Technologie“ (2000) Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie	High Level Group (HLG) Bericht der HLG mit Roadmap (Juni 2003) Errichtung einer europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Technologieplattform geplant	Vision und Roadmap wurden in Workshops mit Stakeholdern erarbeitet Hydrogen Technical Advisory Panel (HTAP) seit 1990 „Multi-Year Research, Development and Demonstration Plan” (2003)	„Policy Study Group for Fuel Cell Commercialization” „Fuel Cell Commercialization Conference of Japan (FCCJ)”
Ziele und Visionen	Keine Ziele und Visionen bezüglich H_2 und BZ formuliert	Bis 2050 Übergang zu einer wasserstofforientierten Wirtschaft	Ab 2015 beginn der Kommerzialisierung von H_2- und BZ-Technologien Ab 2020 breitere Markteinführung BZ-Fahrzeuge	Zwischen 2010 und 2020 entsteht selbsttragender Markt für Brennstoffzelle 2010: 50.000 BZ-Fahrzeuge und 2,1 MW BZ installiert 2020: 5 Mio. BZ-Fahrzeuge und 10 MW BZ installiert
Was wird gefördert? • **Wasserstoff** • **Welche Brenn-stoff-zellenarten** • **Welche Anwendungen der Brenn-stoffzelle**	• Wasserstoff nur Technologieerhalt • SOFC, MCFC, PEMFC, DMFC • Stationäre Anwendungen (BZ-Hausenergie; BZ-Blockheizkraftwerke	• Wasserstoff-Infrastruktur • PAFC, SOFC, MCFC, PEMFC, DMFC • Schwerpunkt lag im 5. Forschungsrahmenprogramm insbesondere auf mobiler aber auch auf stationärer Anwendung	• Wasserstoffgewinnung u.a. aus Atomstrom und Kohle („Carbon-Sequestration“) • PAFC, SOFC, MCFC, PEMFC • Mobile Anwendung (Fahrzeugantrieb, APU) & Stationäre Anwendung (Stromaggregate, BZ-Hausenergie	• Aufbau Wasserstoffinfrastruktur (insbesondere Tankstellen) • PAFC, MCFC, SOFC, heute Schwerpunkt auf PEMFC • Mobile und stationäre Anwendung der PEMFC (Hausenergie, Kraftwerke)
Aktuelle Großprogramme, Großdemonstrationsprojekte	Zukunfts-Investitions-Programm seit 2001 Clean Energy Partnership ab 2004	CUTE (BZ-Busse) seit 2003 Hypogen-(H_2-Produktion) und Hypocom-Programm (H2-Städte) geplant ab 2005	DoE: FreedomCAR, Hydrogen Fuel Initiative, SECA, FutureGen-Projekt DoD: DoD Fuel Cell Program, BZ-Aktivitäten des NAC „Hydrogen Vehicle and Infrastructure Demonstration and Validation Project“ ab 2004 CaFCP seit 1999	„Development for Saftey Use and Infrastructure of H2” „Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell and Hydrogen Technology R&D Program” JHFC seit 2003

Bild 18: Vergleich wesentlicher Eckpunkte der Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle in Deutschland, der EU, den USA und Japan

Dieser Überblick verstärkt noch den Eindruck, dass Japan bei der Förderung von Wasserstoff und Brennstoffzelle vorne liegt. Denn die japanische Förderpolitik zeichnet sich nicht nur durch ihren Umfang, sondern auch durch ihre Kohärenz aus. Das Manko von fehlender Kohärenz und Koordination im Vergleich zu Japan aber auch zu den USA ist von der Europäischen Kommission inzwischen mit der Einberufung der High Level Group und der Initiierung eines Strategiefindungsprozesses aufgegriffen worden.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse dieses Ländervergleichs und der Einschätzung, dass die Brennstoffzellen-Technologie „weit reichende Innovationsschübe mit sich bringen“[181] kann, und damit erheblichen Einfluss auf die Struktur von ganzen Wirtschaftszweigen, wie u.a. den Verkehrssektor und die Energiewirtschaft, sowie auf die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und den wirtschaftlichen Wohlstand haben kann, scheint es auch für die deutsche Politik geboten, potenzielle Handlungsmöglichkeiten intensiver zu nutzen. Denn „[e]ntscheidend für die weitere Diffusion der Brennstoffzellen-Technologie werden die energie-, umwelt- und verkehrswirtschaftlichen Rahmenbedingungen sein“[182]. Will Deutschland nicht seinen in den 1980ern und 1990ern erworbenen traditionellen Vorsprung bei Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien verlieren, ist hier Handlungsbedarf angezeigt.

---

[181] Vgl. Bericht des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung des deutschen Bundestages zur „Brennstoffzellen-Technologie“ vom 29. November 2000 (Bundestags-Drucksache 14/5054), S. 6.

[182] Ebenda, S. 13.

Veröffentlichungsreihe der Abteilung Innovation und Organisation des Forschungsschwerpunktes Organisationen und Wissen Wissenschaftszentrum Berlin

elektronisch verfügbar unter
http://www.wz-berlin.de/publikation/discussion_papers/liste_discussion_papers.de

1998

FS II 98-101	MEINOLF DIERKES UND LUTZ MARZ. Lernkonventionen und Leitbilder. Zum Organisationslernen in Krisen, 69 S.
FS II 98-102	MEINOLF DIERKES UND LUTZ MARZ. Wissensmanagement und Zukunft. Orientierungsnöte, Erwartungsfallen und „4D“-Strategie, 36 S.
FS II 98-103	MEINOLF DIERKES UND LUTZ MARZ. Leitbildzentriertes Organisationslernen und technischer Wandel, 43 S.
FS II 98-104	TILMAN BAUMGÄRTEL. Reisen ohne Karte. Wie funktionieren Suchmaschinen? 33 S.
FS II 98-105	VALENTINA DJORDJEVIC. Von „emily postnews“ zu „help manners“. Netiquette im Internet, 49 S.
FS II 98-106	GABRIELE ABELS. Engendering the Representational Democratic Deficit in the European Union, 41 S.
FS II 98-107	STEPHAN RAMMLER, GERHARD PRÄTORIUS UND KARLHEINZ W. LEHRACH. Regionale Verkehrspolitik und Klimaschutz. Landespolitische Interventionsmöglichkeiten zur Reduktion der verkehrsbedingten CO2-Emissionen in Niedersachsen, 67 S.
FS II 98-108	HENNING BREUER. Technische Innovation und Altern – Leitbilder und Innovationsstile bei der Entwicklung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien für eine alternde Menschheit, 79 S.
FS II 98-109	ARIANE BERTHOIN ANTAL UND CAMILLA KREBSBACH-GNATH. Consultants as Agents of Organizational Learning: The Importance of Marginality, 36 S.
FS II 98-110*	TILMAN BAUMGÄRTEL. Das imaginäre Museum. Zu einigen Motiven der Netzkunst, 54 S.
FS II 98-111	MEINOLF DIERKES AND CLAUDIA VON GROTE (Eds.). Public Opinion and Public Debates. Notes on two perspectives for examining public understanding of science and technology, 69 S.
FS II 98-112	SABINE HELMERS, UTE HOFFMANN UND JEANETTE HOFMANN. Internet... The Final Frontier: Eine Ethnographie. Schlußbericht des Projekts "Interaktionsraum Internet. Netzkultur und Netzwerkorganisation", 134 S.

1999

FS II 99-101 EMILY UDLER. Israeli Business in Transition, 45 S.

FS II 99-102 MARK B. BROWN. Policy, design, expertise, and citizenship: Revising the California electric vehicle program, 49 S.

FS II 99-103 STEFAN BRATZEL. Umweltorientierter Verkehrspolitikwandel in Städten. Eine vergleichende Analyse der Innovationsbedingungen von „relativen Erfolgsfällen“, 74 S.

2000

FS II 00-101 SABINE HELMERS, UTE HOFFMANN UND JEANETTE HOFMANN. Internet... The Final Frontier: An Ethnographic Account. Exploring the cultural space of the Net from the inside, 124 S.

FS II 00-102 WEERT CANZLER UND SASSA FRANKE. Autofahren zwischen Alltagsnutzung und Routinebruch. Bericht 1 der choice-Forschung, 26 S.

FS II 00-103 MIKAEL HÅRD UND ANDREAS KNIE. Getting Out of the Vicious Traffic Circle: Attempts at Restructuring the Cultural Ambience of the Automobile Throughout the 20th Century, 20 S.

FS II 00-104 ARIANE BERTHOIN ANTAL, ILSE STROO AND MIEKE WILLEMS. Drawing on the Knowledge of Returned Expatriates for Organizational Learning. Case Studies in German Multinational Companies. 47 S.

FS II 00-105 ARIANE BERTHOIN ANTAL UND MEINOLF DIERKES. Organizational Learning: Where Do We Stand? Where Do We Want to Go?, 33 S.

2001

FS II 01-101 KATRIN BÖHLING. Zur Bedeutung von „boundary spanning units“ für Organisationslernen in internationalen Organisationen, 34 S.

2002

FS II 02-101 UTE HOFFMANN UND JEANETTE HOFMANN. Monkeys, Typewriters and Networks. The Internet in the Light of the Theory of Accidental Excellence, 24 S.

FS II 02-102 UTE HOFFMANN. Themenparks re-made in Japan. Ein Reisebericht, 26 S.

FS II 02-103 WEERT CANZLER UND SASSA FRANKE. Changing Course in Public Transport: The Car as a Component of Competitive Services. Choice-Research, Report No. 2, 58 S.

FS II 02-104 WEERT CANZLER UND SASSA FRANKE. Mit cash car zum intermodalen Verkehrsangebot. Bericht 3 der choice-Forschung, 67 S.

FS II 02-105 ARIANE BERTHOIN ANTAL, MEINOLF DIERKES, KEITH MACMILLAN & LUTZ MARZ. Corporate Social Reporting Revisited, 32 S.

FS II 02-106 MARTIN GEGNER. Die Wege des urbanen Verkehrs zur Daseinsvorsorge, 63 S.

FS II 02-107 MEINOLF DIERKES, LUTZ MARZ & ARIANE BERTHOIN ANTAL. Sozialbilanzen. Konzeptioneller Kern und diskursive Karriere einer zivilgesellschaftlichen Innovation, 18 S.

FS II 02-108 CHRISTIANA WEBER UND BARBARA WEBER. Learning in and of Corporate Venture Capital Organizations in Germany. Industry structure, companies' strategies, organizational learning capabilities, 19 S.

FS II 02-109 JEANETTE HOFMANN UNTER MITARBEIT VON JESSICA SCHATTSCHNEIDER. Verfahren der Willensbildung und Selbstverwaltung im Internet – Das Beispiel ICANN und die At-Large-Membership, 155 S.

FS II 02-110 KATHRIN BÖHLING. Learning from Environmental Actors about Environ-mental Developments. The Case of International Organizations, 40 S.

FS II 02-111 ASTRID KARL. Öffentlicher Verkehr im künftigen Wettbewerb. Wie ein inkonsequenter Ordnungsrahmen und überholte Finanzierungsstrukturen attraktive öffentliche Angebote verhindern, 60 S.

FS II 02-112 THOMAS SAUTER-SERVAES UND STEPHAN RAMMLER. *Delaytainment* an Flughäfen. Die Notwendigkeit eines Verspätungsservices und erste Gestaltungsideen, 83 S.

FS II 02-113 ARIANE BERTHOIN ANTAL UND MEINOLF DIERKES. Organisationslernen und Wissensmanagement: Überlegungen zur Entwicklung und zum Stand des Forschungsfeldes, 39 S.

FS II 02-114 ARIANE BERTHOIN ANTAL UND MEINOLF DIERKES. On the Importance of Being Earnest about Business: Overcoming liberal arts students' misconceptions about leadership in corporate change processes, 31 S.

FS II 02-115 DANIELA ZENONE. Das Automobil im italienischen Futurismus und Faschismus. Seine ästhetische und politische Bedeutung, 72 S.

2003

SP III 03-101 ARIANE BERTHOIN ANTAL UND VICTOR FRIEDMAN. Negotiating Reality as an Approach to Intercultural Competence, 35 S.

SP III 03-102 ARIANE BERTHOIN ANTAL, CAMILLA KREBSBACH-GNATH UND MEINOLF DIERKES. Hoechst Challenges Received Wisdom on Organizational Learning, 36 S.

SP III 03-103 ARIANE BERTHOIN ANTAL UND JING WANG. Organizational Learning in China: The Role of Returners, 29 S.

SP III 03-104 JEANETTE HOFMANN. Die Regulierung des Domainnamensystems – Entscheidungsprozess und gesellschaftliche Auswirkungen der Einrichtung neuer Top Level Domains im Internet, 122 S.

SP III 03-105 OLIVER SCHÖLLER UND STEPHAN RAMMLER. „Mobilität im Wettbewerb“ Möglichkeiten und Grenzen integrierter Verkehrssysteme im Kontext einer wettbewerblichen Entwicklung des deutschen und europäischen Verkehrsmarktes – Begründung eines Forschungsvorhabens, 35 S.

SP III 03-106 FALK BERNDT UND HERMANN BLÜMEL. ÖPNV quo vadis? Aufforderung zu verkehrspolitischen Weichenstellungen im ÖPNV, 73 S.

SP III 03-107 Tobias Wölfle und Oliver Schöller. Die kommunale „Hilfe zur Arbeit“ im Kontext kapitalistischer Arbeitsdisziplinierung, 26 S.

SP III 03-108 MARKUS PETERSEN. Multimodale Mobilutions und Privat-Pkw. Ein Vergleich auf Basis von Transaktions- und monetären Kosten. Bericht 4 der choice-Forschung, 41 S.

SP III 03-109 ARIANE BERTHOIN ANTAL AND VICTOR J. FRIEDMAN. Learning to Negotiate Reality: A Strategy for Teaching Intercultural Competencies, 33 S.

SP III 03-110 UTE HOFFMANN (HG.). Reflexionen der kulturellen Globalisierung. Interkulturelle Begegnungen und ihre Folgen. Dokumentation des Kolloquiums „Identität-Alterität-Interkulturalität. Kultur und Globalisierung“ am 26./27. Mai 2003 in Darmstadt, 183 S.

SP III 03-111 CHRISTIANA WEBER. Zeit und Zeitkompensation in der Entstehung und Entwicklung von Organisationskultur, 41 S.

SP III 03-112 GERHARD PRÄTORIUS UND CHRISTIAN WICHERT. Integrierte Verkehrspolitik als Realtypus – mehr als die Summe von Teillösungen?, 60 S.

SP III 03-113 CHRISTIANA WEBER UND BARBARA WEBER. Corporate Venture Capital Organizations in Germany. A Comparison, 46 S.

Bei Ihren Bestellungen von WZB-Papers schicken Sie, bitte, unbedingt einen an Sie adressierten **Aufkleber** *mit, sowie* ***je Paper*** *eine* ***Briefmarke im Wert von Euro 0,51*** *oder einen "****Coupon Réponse International****" (für Besteller aus dem Ausland).*

Please send a ***self-addressed label*** *and* ***postage stamps in the amount of 0,51 Euro*** *or a* ***"Coupon-Réponse International"*** *(if you are ordering from outside Germany) for* ***each*** *WZB-Paper requested.*

Bestellschein

Order Form

Absender ● Return Address:

Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung gGmbH
PRESSE- UND INFORMATIONSREFERAT
Reichpietschufer 50

D-10785 Berlin

Hiermit bestelle ich folgende(s)Discussion Paper(s) ● Please send me the following Discussion Paper(s)Autor(en) / Kurztitel ● Author(s) / Title(s) in brief	**Bestellnummer ● Order no.**