



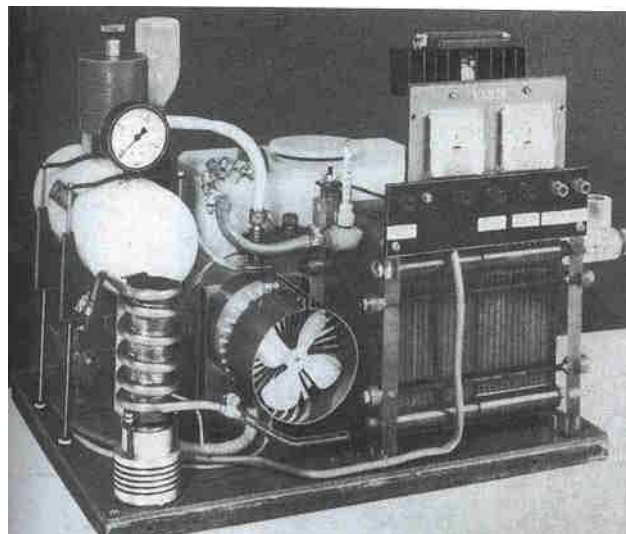
## FUEL CELL TODAY

Opening doors to fuel cell commercialisation

### Brennstoffzellen in Deutschland – Marktanalyse relevanter Aktivitäten

Stefan Geiger, Fuel Cell Today – 18 Juni 2003

Die Entwicklung von Brennstoffzellen ist nichts Neues in Deutschland. Bereits in den fünfziger Jahren haben Firmen, wie beispielsweise Siemens oder Varta, an Anwendungsmöglichkeiten für alkalischen Brennstoffzellen (AFC) geforscht. Viele der weltweiten Demonstrationsprojekte haben ihren Ursprung in Deutschland. Im Jahr 1982 wurde ein System, eine 100kW Einheit, in ein U-Boot eingebaut, 1985 zeigte Daimler-Benz die Anwendung dieser Technologie in einem Straßenfahrzeug und 1994 wurden die ersten Demonstrationsprojekte im Bereich stationärer Anwendungen vorgestellt.



*Fig.01: VARTA 140 W Methanol/Sauerstoff Brennstoffzelle,  
Betriebstemperatur: 60°C (1967). Quelle: VARTA AG*

Diese Marktanalyse quantifiziert die Aktivitäten der deutschen Brennstoffzellen-Industrie im allgemeinen und die der einzelnen Bundesländern im speziellen. Ausserdem finden sich Beschreibungen relevanter Projekte und Förderprogramme. Nach ausgiebigen Befragungen innerhalb der Industrie ermittelten wir, dass heute ca. 350 Organisationen mit ungefähr 2.800 Mitarbeitern in diesem Bereich tätig sind.

---

Die deutsche Brennstoffzellen-Industrie ist damit die größte in Europa und mit einer der führenden in der Welt, zusammen mit Kanada, Japan und den USA.

Nachfolgende Grafik verdeutlicht in welchen Bereichen die einzelnen Unternehmen tätig sind. Die Gruppe der "Hersteller" beinhaltet alle Organisationen die Brennstoffzellen-Systeme herstellen; "Zulieferer" und "Materialien" bezeichnen Unternehmen welche Komponenten, wie beispielsweise Bipolarplatten produzieren. Die "Forschungs"-Gruppe beinhaltet sowohl Universitäten als auch Forschungsinstitute. "Sonstige" beschreibt Unternehmen im Bereich Infrastruktur, Ausrüstungs- und Teststandhersteller. Die Gruppe der "Anwender" beinhaltet hauptsächlich Versorgungsunternehmen. Organisationen mit weniger als einem Vollbeschäftigten im Bereich Brennstoffzellen und Unternehmen mit nur generellem Interesse an dieser Technologie wurden in dieser Umfrage nicht berücksichtigt. Diese Firmen würden die Gesamtzahl um ca. 100-150 Organisationen anwachsen lassen.

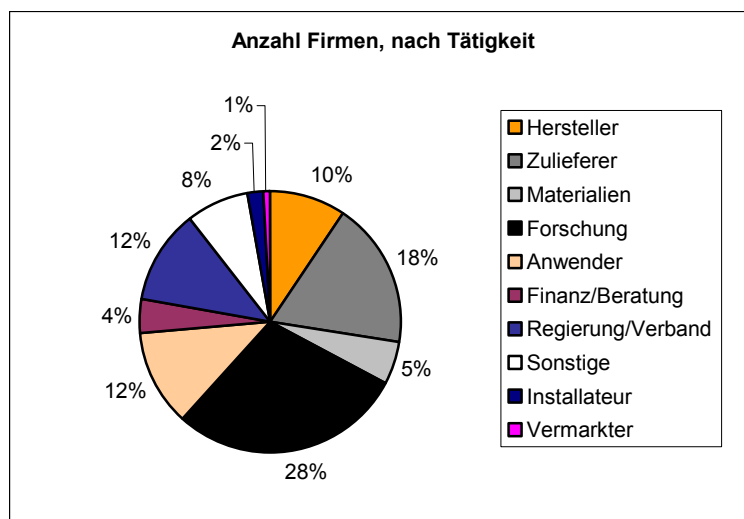


Fig.02: Anzahl Firmen, nach Tätigkeit.

Die Anzahl der Firmen welche direkt an der Herstellung von Brennstoffzellen-Einheiten bzw. -Komponenten und -Materialien beteiligt sind, ist nicht ganz so hoch wie man vielleicht erwartet. Nur ein Drittel aller Organisationen fällt in dieses Segment; die Gruppe der Forschungseinrichtungen und Universitäten ist ungefähr genauso groß. Allerdings beschäftigen die Hersteller und Zulieferfirmen mehr als 50% aller Angestellten der Brennstoffzellen-Industrie und viele der Forschungseinrichtungen sind ebenfalls sehr aktiv an der Herstellung von Prototypen und Vorserienprodukten.

---

Ausserdem ist die Gruppe der Anwender/Versorgungsunternehmen, verglichen mit anderen Ländern, sehr hoch. Nach Angaben einer erst kürzlich erschienenen Studie des Fachverbandes für Energie-Marketing und -anwendungen (HEA), beschäftigen sich 65% aller Versorgungsunternehmen mit der Brennstoffzellen-Technologie, und geben im Durchschnitt ca. eine halbe Million Euro pro Jahr für Forschungs- und Demonstrationsprojekte aus.

Wie bereits erwähnt, sind ca. 2.800 Angestellte in der deutschen Brennstoffzellen-Industrie beschäftigt sind. Nachfolgende Grafik verdeutlicht die Verteilung der Angestellten nach Unternehmensgröße.

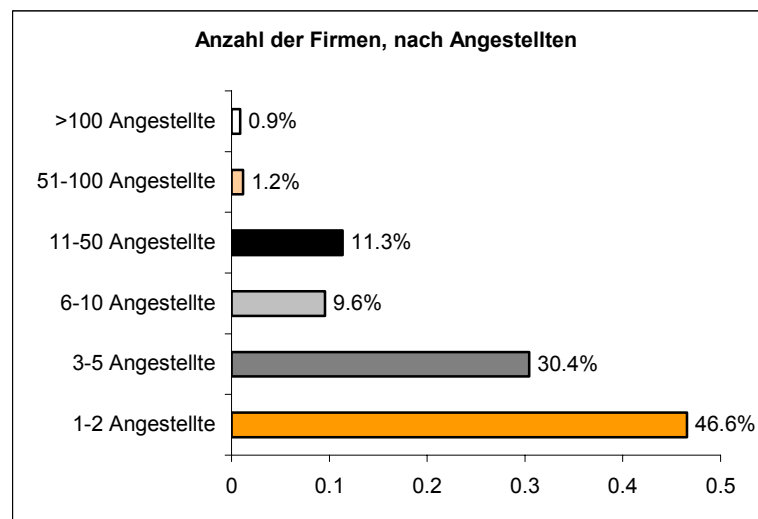


Fig.03: Anzahl der Firmen, nach Angestellten

Obwohl es einige sehr etablierte, große Firmen in diesem Bereich gibt, ist es doch erstaunlich dass beinahe die Hälfte aller Firmen weniger als 3 Mitarbeiter beschäftigt. Allerdings ist die Zahl etwas irreführend, da dies nicht bedeutet dass Deutschland über eine Vielzahl von kleinen Start-Up Unternehmen verfügt, sondern vielmehr kleine Teams in grösseren Firmen beschäftigt sind. Diese Firmen haben sich bereits seit langen auf Anwendungsmöglichkeiten dieser neuen Technologie konzentriert, wie nachstehendes Schaubild (Fig.04) verdeutlicht.

Ungefähr 40% der Organisationen arbeiten schon mehr als 10 Jahre an Brennstoffzellen, manche bereits seit 40 Jahren. Diese Tatsache ist verglichen mit anderen Ländern sehr erstaunlich. In Großbritannien haben sich beispielsweise nur

---

20% der Firmen seit mehr als 10 Jahre mit Brennstoffzellen beschäftigt, allerdings ist dort die Anzahl der kleinen, neuen Start-Up Unternehmen deutlich höher.

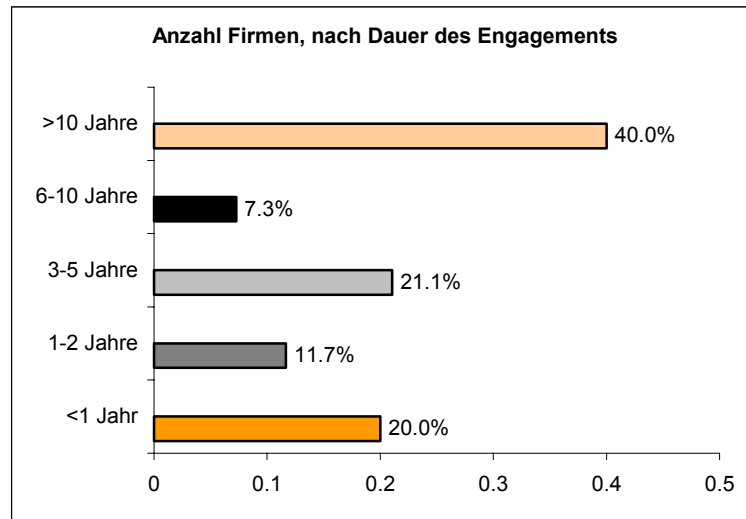


Fig.04: Anzahl Firmen, nach Dauer des Engagement

## Technologie

Die am meisten verwendete Technologie in Deutschland ist die Polymer Austausch Membran (PEM); 50% der Unternehmen arbeiten mit dieser Art von Brennstoffzellen.

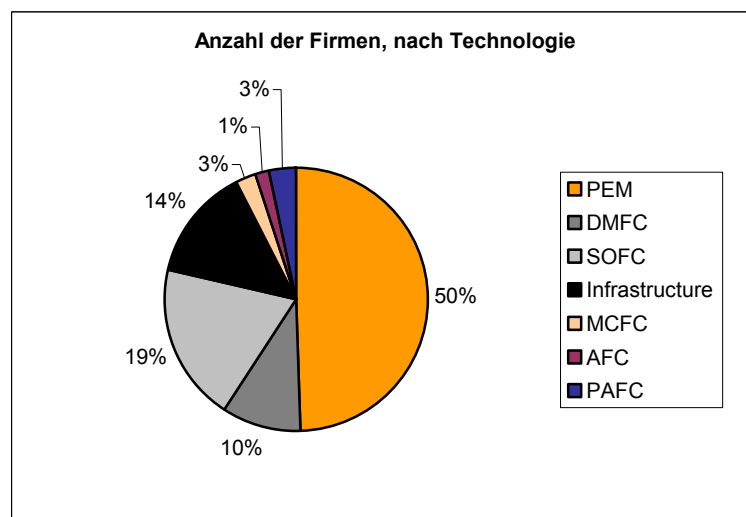


Fig.05: Technology focus of German companies

Andererseits, ist die Anzahl der Firmen die sich mit Festoxid-Brennstoffzellen (SOFC) beschäftigen deutlich geringer als in anderen Ländern. Diese Tatsache ist um so erstaunlicher, wenn man die Zahl der in dieser Technologie eingereichten Patente

vergleicht. Von den ca. 5.000 weltweit verliehenen Patente im Bereich Brennstoffzellen, wurden mehr als 400 von deutsche Firmen beantragt. 42% der Patente in Deutschland konzentrieren sich mit der SOFC Technologie, was hauptsächlich mit Entwicklungsprogrammen der Firma Siemens in den neunziger Jahren zusammenhängt. Im Lauf der nächsten Jahre wird sich sicherlich ein etwas deutlicherer Trend hin zu PEM und Direkt-Methanol Brennstoffzellen (DMFC) zeigen.

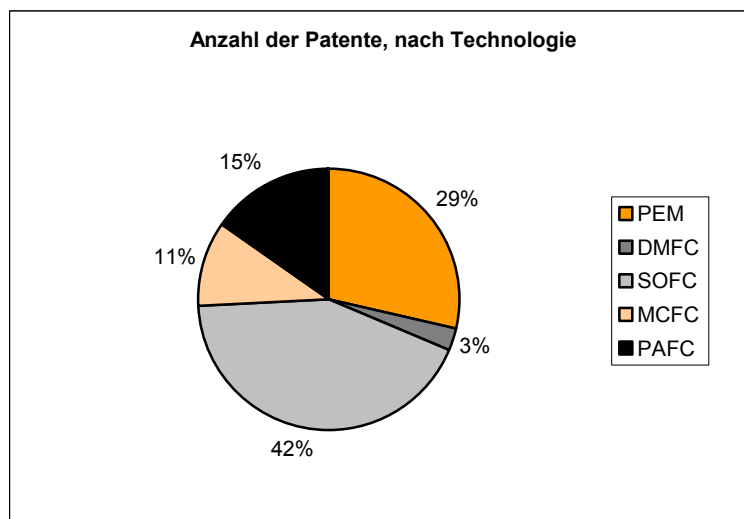


Fig.06: Anzahl der Patente deutscher Firmen, nach Technologie

## Anwendungen

Bisher wurden mehr als drei viertel aller in Europa vorhandenen Brennstoffzellen-Systeme in Deutschland installiert, der Großteil davon in portablen und stationären Einheiten unter 10kW.

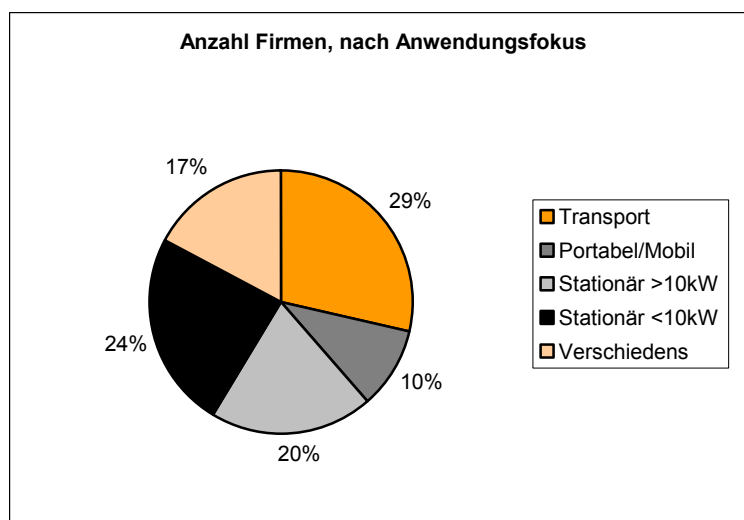


Fig.07: Anzahl der deutschen Firmen, nach Anwendungsfokus

---

Diese Zahl wird von Schaubild Fig.07 teilweise bestätigt, welches die Aktivitäten der deutschen Firmen, sortiert nach Anwendungen beschreibt.

Obwohl die Allgemeinheit der Bevölkerung bei Brennstoffzellen meistens an Antriebe für Autos oder Busse denkt, spielen diese Anwendungen (noch) eine eher untergeordnete Rolle; nur ca. 30% der deutschen Firmen konzentrieren sich auf Transportapplikationen.

### Regionale Aktivitäten

Aufgrund der Tatsache, dass Deutschland in 16 Bundesländer aufgeteilt ist, jedes mit eigener Landesregierung und Förderprogrammen, sind die Brennstoffzellen-Aktivitäten in Deutschland nicht gleichmäßig verteilt.

Die meisten Unternehmen und Forschungsanstalten befinden sich im Süden und Süd-Westen Deutschlands. Dies ist zum einen auf eine bereits etablierte Industrie in



Fig.08: Deutschland und Bundesländer. Besonders der Süden und Süd-Westen beherbergen die meisten Unternehmen

diesen Regionen zurück zu führen und andererseits auf z.T. sehr engagierte Förderprogramme einzelner Bundesländer. Besonders **Baden-Württemberg, Bayern, Hessen** und **Nordrhein-Westfalen** fallen in dieser Hinsicht positiv auf.

Wie die Schaubilder Fig.09 und Fig.10 verdeutlichen, befinden sich beinahe dreiviertel aller Unternehmen und nahezu 90% aller Angestellten der Brennstoffzellen Industrie in diesen Bundesländern.

Das Verhältnis zwischen Angestellten und Unternehmen fällt besonders in Baden-Württemberg auf. Obwohl nur knapp 20% der Unternehmen in

diesem Bundesland ansässig sind, arbeiten jedoch beinahe 40% aller Angestellten in diesem Land. Dies ist vor allem auf einige große Unternehmen zurück zu führen,

---

unter anderem befinden sich die Firmen Ballard, DaimlerChrysler, einige der Fraunhofer Institute und MTU CFC Solutions hier.

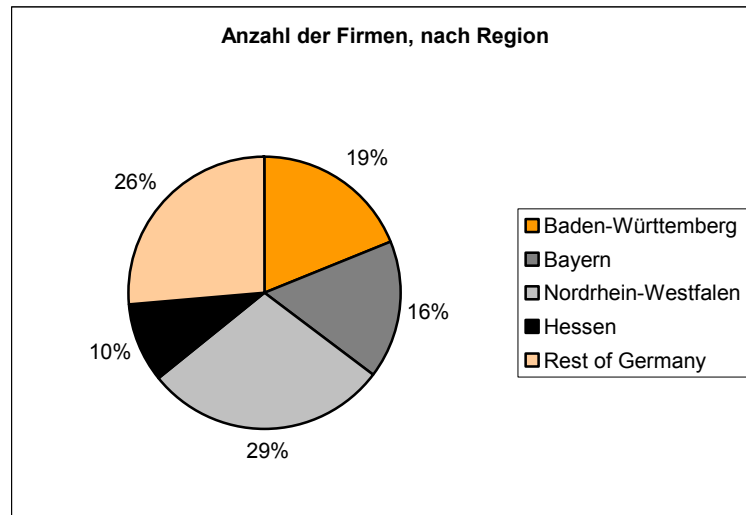


Fig.09: Anzahl der Firmen, nach Region

Organisationen ausserhalb dieser vier führenden Bundesländer sind meistens kleinere Forschungseinrichtungen und Versorgungsunternehmen, wie beispielsweise in Berlin, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz. Diese Unternehmen beschäftigen nur relativ wenig relevante Mitarbeiter.

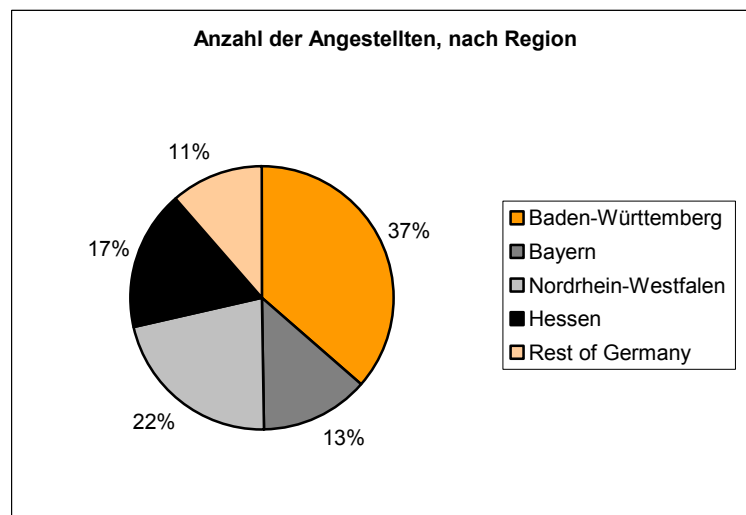


Fig.10: Anzahl der Angestellten, nach Region.

---

## Finanzielle Unterstützungen

Im Vergleich zu anderen europäischen Ländern, werden Brennstoffzellen-Aktivitäten in Deutschland durch die Bundes- und Landesregierungen mit relativ großzügigen Fördermitteln unterstützt. Manche (Demonstrations-)Projekte werden sowohl von seiten des Bundes als auch von einzelnen Ländern gefördert, sogar einige Städte haben regionale Förderprogramme ins Leben gerufen mit denen entsprechende Vorhaben unterstützt werden.

Die Förderung durch die Bundesregierung wird vor allem durch die beiden Ministerien für **Wirtschaft und Arbeit (BMWI)** und **Bildung und Forschung (BMBF)** voran getrieben. Zusammen mit dem **Bundesministerium für Umwelt (BMU)** wurde das sogenannte **Zukunfts Investitions Programm (ZIP)** ins Leben gerufen, welches Energieforschung, vorallem im Bereich erneuerbarer Energien, finanziert. Zwischen 2001-2003 werden ca. €65 Mio für relevante Projekte im Bereich Brennstoffzellen und Wasserstoff ausgegeben, weitere €60 Mio stehen für andere Zukunftsenergieträger (z.B. Photovoltaic) bereit. Obwohl das Förderprogramm sowohl Vorhaben für stationäre und Transportanwendungen unterstützt, konzentriert sich die Förderung nur auf die Technologien DMFC, MCFC, PEM und SOFC.

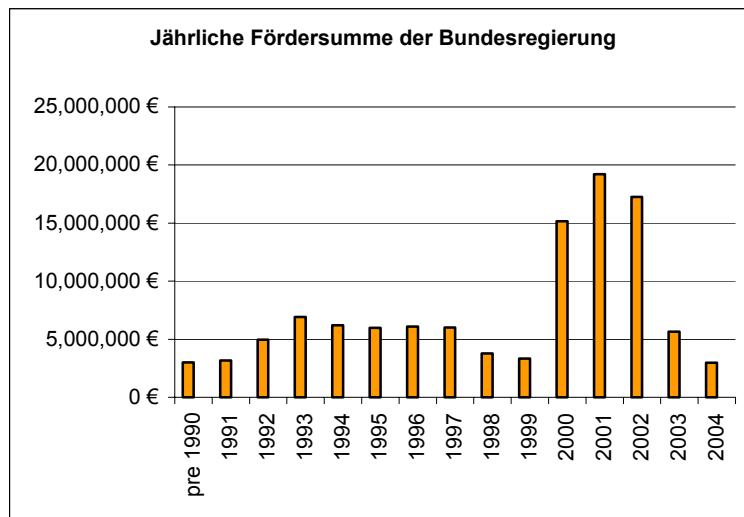


Fig.11: Jährliche Förderung durch die Bundesregierung. Die Zahlen für 2003-04 spiegeln nur die bereits zugeteilten Mittel wieder. Die Gesamtfördersumme dürfte ungefähr auf gleichem Niveau wie im Jahr 2001-02 liegen.

Ausserdem hat die Bundesregierung im Jahr 2002 das sogenannte **Kraft-Wärme-Kopplungs Gesetz** verabschiedet, welches die Erzeugung von Elektrizität und



---

Wärme durch CHP (combined heat and power) Einheiten bis 2MW mit € 4.4 Milliarden bis zum Jahr 2010 unterstützt. Teil dieses Gesetzes sieht die Förderung von Energieerzeugung durch Brennstoffzellen vor. Solche Vorhaben werden bei einer Systemgröße von maximal 50kW mit € 0,0511/kWh für 10 Jahre unterstützt, wenn das System vor dem Jahr 2005 installiert wurde.

Die ersten Brennstoffzellen Programme wurden bereits Ende der sechziger Jahre von der Regierung ins Leben gerufen. Damals konzentrierte sich die Forschung auf das Ersetzen von bis dahin gebräuchlichen Batterien. Wie das voran gegangene Schaubild Fig.11 verdeutlicht, ist die Summe der Fördermittel besonders in den letzten 4-5 Jahren angestiegen. Dies ist hauptsächlich auf die verbreitetere Nutzung von PEM Brennstoffzellen zurück zu führen und ähnlich zu Tendenzen in anderen Ländern.

Weitere Ministerien, welche an der Finanzierung einzelner Projekte beteiligt waren, sind das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) und das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg), allerdings ist deren Beteiligung eher gering.

Neben der Finanzierung von Projekten durch den Bund, hat beinahe jedes Bundesland weitere Fördermittel zu vergeben. Auch hier sind vor allem wieder die Länder Bayern (seit 1997 ca. € 50 Mio), Nordrhein-Westfalen (seit 1997 ca. € 40 Mio), Baden-Württemberg und Hessen sehr aktiv. Aber auch Länder wie beispielsweise Berlin, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Sachsen und Schleswig-Holstein finanzieren Brennstoffzellen-Vorhaben.

Desweiteren unterstützt die **Europäische Union** (EU) Brennstoffzellen-Entwicklung und Demonstrationsprojekte durch das sogenannte vierte, fünfte und sechste Rahmenprogramm (Frame Work Programme). Obwohl es sehr schwer ist, genaue Angaben über die für deutsche Unternehmen bereit gestellte Förderhöhe zu ermitteln, ist es dennoch interessant zu wissen, dass beinahe 60% aller EU Brennstoffzellen-Projekte mit deutscher Beteiligung durchgeführt werden. Die EU wird zwischen 2003-06 erneuerbare Energieproduktion, und darin enthalten ist vor allem die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologien, mit €2,12 Milliarden unterstützen, im Vergleich zu nur €127 Mio zwischen 1999-2002. Daraus lässt sich schließen, dass die jährliche Gesamtfördersumme (EU, Bund, Länder etc.) für deutsche Organisationen ungefähr €80-90 Mio beträgt.

---

## Projekte

Brennstoffzellen-Demonstrationsprojekte finden sich beinahe in jedem Bundesland, allerdings zeigen manche Bundesländer ein größeres Engagement als andere. Auch



Fig. 12: Aktive Bundesländer – Demonstrationsprojekte

hier liegt der Schwerpunkt wieder bei den Ländern im Süden und Westen Deutschlands. Besonders Nordrhein-Westfalen, mit seiner Vielzahl an Versorgungsunternehmen und der damit verbundenen Anzahl an stationären Brennstoffzellen-Projekten ist in diesem Bereich führend. Die folgenden Projekte sind nur einige der wichtigsten in Deutschland.

Die teilnehmenden Firmen am Demonstrationsprojekt **“Flughafen München”** zeigen die Realisierbarkeit von Wasserstoffbetankungsanlagen und den täglichen Gebrauch von Wasserstoff betriebenen Fahrzeugen auf dem Münchener Flughafen. Die

installierte Wasserstofftankstelle bietet sowohl flüssigen Wasserstoff zur Betankung von BMW Fahrzeugen als auch gasförmigen Wasserstoff für drei MAN Busse. Das Projekt wurde 1999 ins Leben gerufen, und erst kürzlich gaben die Firmen Ballard und MAN bekannt, dass 2004 weitere Busse in das Programm aufgenommen werden sollen. Desweiteren werden die Firmen Proton Motor, Still und Linde ab Ende 2003 einen Brennstoffzellen betriebenen Gabelstapler im Flughafengelände betreiben. Weitere Partner im Flughafenprojekt sind die Firmen ARAL, GHW, Grimm, HDW, HEW, Mannesmann, Neoplan und Siemens.

Die **“Clean Energy Partnership Berlin (CEP)”** ist eine Allianz zwischen der Bundesregierung und neun Firmen, die sich zum Ziel gesetzt haben die Alltagstauglichkeit von Wasserstoff als Kraftstoff zu demonstrieren. Die CEP, ähnlich strukturiert wie die “California Fuel Cell Partnership (CaFCP)” in Kalifornien, wird von 2003-07 30 Brennstoffzellen-Fahrzeuge in **Berlin** testen. Teilnehmer des Projektes

---

sind die Firmen ARAL, BMW, DaimlerChrysler, Ford, MAN, Opel, das Berliner Verkehrsministerium und der Gaslieferant Linde

Das **CUTE** Projekt (Clean Urban Transport for Europe) ist ein von der Europäischen Union mit €18,5 Mio gefördertes, Demonstrationsprojekt, welches die Alltags-tauglichkeit von 30 Wasserstoff betriebenen Mercedes-Benz Citaro Brennstoffzellenbussen in



Fig.13: Mercedes-Benz Citaro Fuel Cell bus. Source: DC

10 europäischen Ländern demonstrieren soll. In Deutschland werden die beiden Städte **Stuttgart** und **Hamburg** von 2003-05 an diesem Programm teilnehmen. Die Wasserstofftankstelle in Hamburg wird den benötigten Kraftstoff durch Windanlagen bereitstellen, während in Stuttgart der Wasserstoff durch Erdgasreformierung erzeugt werden wird.

Im Jahr 2000 haben die Versorgungsunternehmen Bewag, Hamburgische Electricitäts-Werke (HEW), Electricité de France (EDF), PreussenElektra and VEAG Vereinigte Energiewerke beschlossen, einen Brennstoffzellen Demonstrationspark in Berlin zu eröffnen, der die Bevölkerung über die Möglichkeiten dieser neuen Technologie informieren soll. Der **Innovationspark Brennstoffzelle** ([www.innovation-brennstoffzelle.de](http://www.innovation-brennstoffzelle.de)) zeigt eine 250kW Erdgas betriebenen PEM Brennstoffzelle (ALSTOM-Ballard) und verschiedene andere Demonstrationseinheiten aus allen Anwendungsbereichen. Der Park wurde von der EU unterstützt, und ist wahrscheinlich das bisher einzige Projekt welches den Nutzen dieser Technologie einem breiten Publikum vorstellt.

Das umfangreichste Demonstrationsprojekt in Deutschland ist die Installation von bis zu 400 stationären Brennstoffzellen-Einheiten durch die Firma **Sulzer Hexis**. Die schweizer Firma wird diese 1kW SOFC Anlagen über mehrere Jahre mit der Unterstützung der Versorgungsunternehmen EnBW, EWE, EWR, E.ON, GVM, RWE, Thyssengas und VNG testen. Nach erfolgreichem Abschluss plant Sulzer Hexis die

---

Serienproduktion (bis zu 10.000 Stück jährlich) eines verbesserten Gerätes ab 2006-07.

Das Heiztechnikunternehmen Vaillant, plant die Entwicklung, Installation und Demonstration eines **Virtuellen Kraftwerkes**, welches aus 54 einzelnen Brennstoffzellen-Anlagen zwischen 2002-03 entstehen wird. Die Einheiten (die meisten stehen in Deutschland) werden zu einem gemeinsamen Kraftwerk zusammen geschlossen werden. Dies erlaubt die Anpassung der Energieproduktion bei Bedarfsschwankungen. Vaillant wird vom amerikanischen Hersteller Plug-Power und den Versorgungsunternehmen E.ON, Ruhrgas und Gasunie (Holland) unterstützt.

Die **Verkehrswirtschaftliche Energie Strategie (VES)** ist eine gemeinsames Projekt der Automobilhersteller BMW, DaimlerChrysler, MAN und Volkswagen, den Versorgungs- und Kraftstoffunternehmen ARAL, RWE and Shell und dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW). Ziel ist es, eine Strategie für die Einführung von alternativen Kraftstoffen (Wasserstoff, Methanol, etc.) zu erarbeiten. Die Projektpartner haben sich mittlerweile auf auf den am vielversprechendsten Energieträger, Wasserstoff geeinigt und versuchen nun politische und wirtschaftliche Strategien zu finden um diesen Kraftstoff auf breiter Ebene einzuführen.

Zu den weiteren interessanten Projekten gehören die Erprobung und In-Dienst-Stellung von Brennstoffzellen U-Booten und verschiedene stationäre Demonstrationsanlagen im Bereich über 100kW, hergestellt durch die Firmen UTC und ONSI und betrieben von Versorgungsunternehmen seit 1997. Ausserdem werden in den kommenden Monaten weitere Brennstoffzellen-Busprogramme stattfinden, wie beispielsweise das Barth-Projekt oder das Berlin-Stockholm-Lissabon Projekt.

Eine ausführlichere Liste an Demonstrationsprogrammen findet sich auf den Seiten des Deutschen Wasserstoff Verbandes, [www.h2guide.de/projekte](http://www.h2guide.de/projekte).

### **Vergleich mit anderen europäischen Ländern**

Im Vergleich zu Aktivitäten in anderen europäischen Ländern, liegt Deutschland ganz klar auf dem Spitzenplatz und dies nicht nur aufgrund der Anzahl der Firmen und der beschäftigten Personen, sondern hauptsächlich wegen der Bereitschaft

---

Demonstrationsprojekte zu initiieren. Mehr als 70% der aktuellen Brennstoffzellen-Projekte in Europa finden in Deutschland statt. Die Stärken der deutschen Brennstoffzellen-Industrie sind vor allem auf eine starke Produktionslandschaft, die Bereitschaft großer Firmen Geld zu investieren, Unterstützung von Seiten der Politik, gute Forschungseinrichtungen und dem Zugeständnis ausländische Technologie in Demonstrationsprojekten zu nutzen zurück zu führen.

### Weitere Informationen

- Fuel Cell Today ist das international führende Informationsportal im Bereich Brennstoffzellen. Wir versuchen die Kommerzialisierung dieser sauberen und effizienten Technologie voranzutreiben, um sie zur führenden Energiequelle des 21. Jahrhunderts auszubauen. Die Webseite richtet sich an alle Interessenten der Brennstoffzellentechnologie, von Wissenschaftlern über Journalisten bis hin zum Endverbraucher. Wir sind dabei ein unabhängiges, unvoreingenommenes und neutrales Informationsmedium. Weitere Marktanalysen finden Sie auf unserer Webseite unter: [www.fuelcelltoday.com/surveys](http://www.fuelcelltoday.com/surveys).
- Eine ausführlichere Beschreibung einzelner Unternehmen findet sich leider nur in der englischsprachigen Ausgabe dieser Marktumfrage. Unternehmensprofile und Kontaktpersonen einzelner Organisationen können ausserdem im Industrieverzeichnis unserer Webseite nachgeschlagen werden.
- Für weitere Fragen steht Ihnen der Autor dieser Marktanalyse gerne zur Verfügung. Email: [stefangeiger@fuelcelltoday.com](mailto:stefangeiger@fuelcelltoday.com), Telefon: +44 (0)20 72698326