

# Internationale Entwicklungen der Wasserstofftechnologie

## Warum Wasserstoff ?

Warum beschäftigen wir uns mit den Wasserstofftechnologien? Sie versprechen uns sichere Energieversorgung, Mobilität und andere Dienstleistungen, ökonomische Vorteile wie Technologieführerschaft, Wirtschaftswachstum, Arbeitsplätze sowie einen kräftigen Beitrag zum lokalen und globalen Umweltschutz. All das wird oft unter dem Begriff der Nachhaltigkeit zusammengefasst.

Deutschland hat sich schon früh mit Wasserstoff als Energieträger und Speichermedium beschäftigt. Die elegante Option, Wasserstoff CO<sub>2</sub>-frei herzustellen, diesen zu speichern und zu verwenden, wo und wann der Verbraucher ihn benötigt, war und bleibt verführerisch. Wasserstoff eröffnet also räumliche und zeitliche Freiheitsgrade, die die Elektrizität nicht so leicht bietet.

Ein weiterer Grund ist die umweltfreundliche Verwendung des Wasserstoffs, dort wo er in

Motoren, Turbinen, Brennern und nicht zuletzt Brennstoffzellen in Dienstleistungen wie Mobilität, Strom, Wärme umgewandelt wird. Wenn dazu noch der Wasserstoff umweltfreundlich hergestellt wird – was das bedeutet, wird noch zu prüfen sein – haben wir Grund zur Freude: Die gesamte Kette von der Herstellung des Wasserstoffs über die Speicherung und den Transport bis zum Endverbraucher ist aus globaler und lokaler Sicht eine ideale Option.

Hinzu kommt, dass wir im Verkehrssektor stark von importiertem Öl abhängig sind. Das ist bei 50 \$ pro Barrel (im Oktober 2004) nicht nur eine Frage der Kosten des Ölimports, sondern noch mehr eine Frage der Versorgungssicherheit. Alle Länder, die langfristig nicht über eigenes Öl verfügen, streben danach, den Verkehrssektor unabhängig vom Öl zu machen. Das kann durch den Einsatz von Wasserstoff erreicht werden. Die sichere Energieversorgung ist wohl die Hauptmotivation für die USA, sich intensiv mit der Wasserstoffoption zu beschäftigen.

Dr. Hanns-Joachim Neef  
 Projekträger Jülich  
 h.j.neef@fz-juelich.de

Dr. Neef ist Co Chair des IPHE (Implementation and Liason Committee of the Intenational Partnership for the Hydrogen Economy)

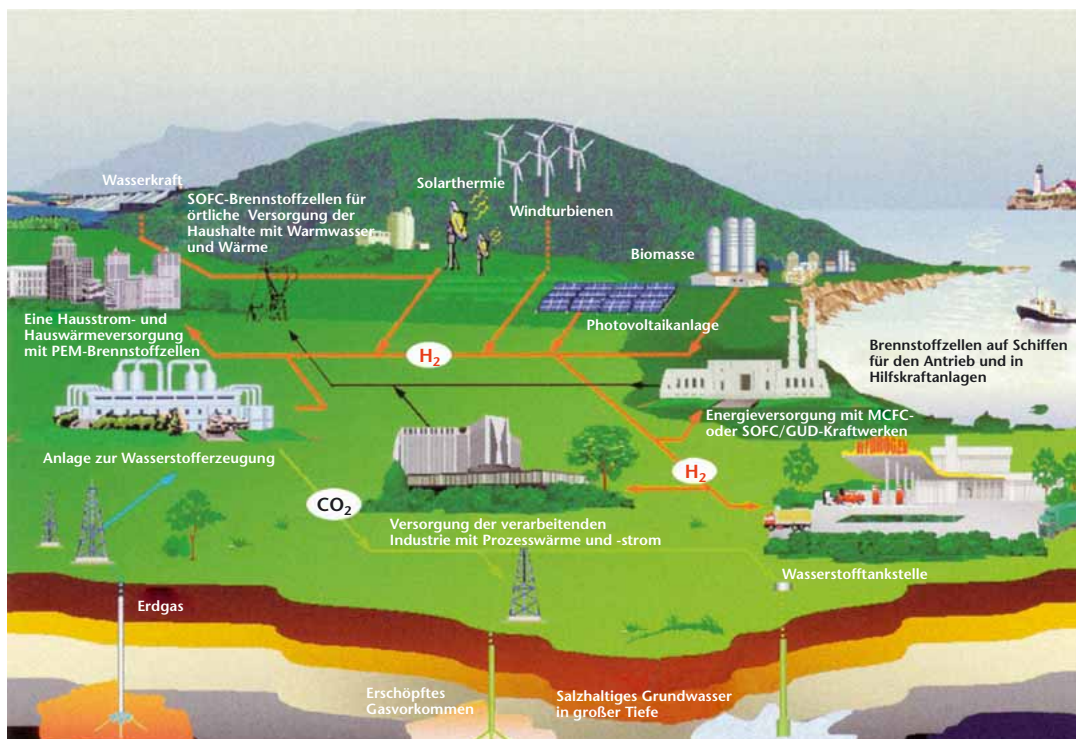


Abbildung 1  
 Darstellung einer „Wasserstoffwelt“ als Energiemix aus Erdgas und erneuerbaren Energien

Ob diese Beschäftigung zu einer Wasserstoffwirtschaft führen wird, hängt aber noch von vielen Entscheidungen ab.

## Wasserstoffwirtschaft

Es gibt also eine Menge guter Gründe, sich mit Wasserstoff zu beschäftigen. Warum also gibt es die Wasserstoffwirtschaft noch nicht? Die Barrieren sind die hohen Kosten der Komponenten einer Wasserstoffwirtschaft (zum Beispiel der Brennstoffzellen), die hohen Kosten für eine Wasserstoffinfrastruktur, die von der Internationalen Energieagentur auf 1 bis 5 Billionen \$ geschätzt wurden. Auch Kundenorientierung und Betriebszuverlässigkeit der Endprodukte wie zum Beispiel von Brennstoffzellen-BHKWs, Hausversorgungsanlagen, Wasserstoffbussen und Personenkraftwagen müssen gewährleistet sein.

Die Ziele des magischen Dreiecks der Nachhaltigkeit – Energieversorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz – sind nicht zu erreichen, wenn wir so weitermachen wie bisher.

Abbildung 3 → Politische Anreize und Technologieentwicklungen für eine nachhaltige Entwicklung

Abbildung 2 „Das magische Dreieck der Nachhaltigkeit“: Der Kreis versinnbildlicht die Verbindung der einzelnen Nachhaltigkeitskriterien.



Wir müssen alle Möglichkeiten in Betracht ziehen, um optimale Lösungen zu erreichen. Wir müssen ein umfangreiches Portfolio an Technologien betrachten, da keine einzelne Technologie uns den Königsweg aus dem business-as-usual Szenario verspricht.

## Nachhaltige Entwicklung

Was ist nötig, um noch über geplante, fortschrittliche Politikszenerien hinaus zu gehen?

- Politische Anreize für eine weitergehende Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Ein Portfolio an Technologien, um Giga-Tonnen an CO<sub>2</sub> zu vermeiden:
  - Energieeinsparung, effiziente Umwandlungs- und Endverbrauchstechniken
  - Erneuerbare Energien
  - CO<sub>2</sub> Abtrennung und -Speicherung
  - Wasserstofftechnologien
  - Fortschrittliche Übertragungs- und Verteilungstechnologien für alle Energieträger
  - ... neue Ideen und Grundlagenforschung

Die Wasserstofftechnologie steht dabei allerdings nicht an allererster Stelle. Stattdessen müssen wir bei der Energieeffizienz anfangen. Dann kommen die erneuerbaren Energien, die CO<sub>2</sub> -Abtrennung und -Speicherung, die Wasserstofftechnologien, die fortschrittliche Übertragungs- und Verteilungstechnologien für alle Energieträger, die fortschrittlichen Kernreaktoren (eine Option, die für Deutschland zurzeit nicht in Frage kommt) sowie die Fusion. Last but not least brauchen wir neue Ideen und Grundlagenforschung, die die Energietechnologie beflügeln soll. Hier kommt unter anderen der Helmholtzgemeinschaft und den Mitgliedern des FVS eine Schlüsselfunktion zu.

## Versorgung und Bedarf

Wasserstoff lässt sich leider nicht wie Erdöl oder Erdgas gewinnen, er muss hergestellt werden. Heute wird der Wasserstoff vorwiegend aus Erdgas hergestellt. Das dabei entstehende CO<sub>2</sub> wird in die Atmosphäre abgegeben. Es gibt aber drei Wege, den Wasserstoff CO<sub>2</sub>-frei herzustellen:

1. erneuerbare Energien (und hier sowohl direkt als auch über die Elektrolyse)
2. Kernenergie
3. fossile Energieträger mit Abscheidung und Lagerung des entstehenden CO<sub>2</sub>

Natürlich würden wir alle gerne sehen, dass Wasserstoff mit Hilfe der erneuerbaren Energien in großen Mengen zu wettbewerbsfähigen Preisen in den Markt kommen würde. Aber es ist zu beachten, dass aus den erneuerbaren Energien zuerst einmal Strom hergestellt wird. Diesen Strom zu nutzen, muss die erste Aufgabe sein. Ihn in Wasserstoff umzuwandeln heißt, Investitionen für die Elektrolyse zu tätigen und Energieverluste in Kauf zu nehmen. Das wird man erst dann tun, wenn billiger Strom aus Erneuerbaren zur Verfügung steht. Es wird also in allen seriösen Szenarien angenommen, dass dies erst in einigen Jahrzehnten der Fall sein wird.

Ähnlich sieht es aus mit der Technik der CO<sub>2</sub>-Abtrennung und seiner Speicherung in geologischen Schichten. Auch hier wird es noch Jahrzehnte dauern, bis die Technik so weit entwickelt ist und öffentliche Akzeptanz findet, dass sie in großem Maßstab eingesetzt werden kann und in den weltweiten Statistiken der CO<sub>2</sub>-Emissionen und deren Vermeidung zu sehen ist.

Aus Szenarien des US-Department of Energy, des britischen Department of Trade and Industry, des dänischen Forschungszentrums RISØ und vielen anderen Untersuchungen sieht man, dass die internationale Einschätzung über die Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-freien Wasserstoffherstellung ziemlich einheitlich gesehen werden. Vom technischen Standpunkt aus gesehen ist natürlich die CO<sub>2</sub>-freie Herstellung von Wasserstoff aus Kernenergie mit Hilfe der Elektrolyse heute schon möglich. Ob das wirtschaftlich Sinn macht sei dahingestellt, da wir die Option Kernenergie nicht im deutschen Portfolio haben.

Also wird der Option der Wasserstoffwirtschaft am besten geholfen, wenn die Erneuerbaren ausreichend gefördert werden.

Die Speicherung von Wasserstoff ist ein weiteres Feld der Forschung. Wasserstoff ist bei Raumtemperatur gasförmig und beansprucht ein großes Volumen:

Pro 100 km verbraucht ein Auto etwa 1 kg Wasserstoff, dies entspricht etwa 10.000 Litern gasförmigen Wasserstoffs. Deshalb stellt seine Speicherung in kleinen, insbesondere mobilen Tanks ein Problem dar.

Da auch die energetische Betrachtung eine Rolle spielt, also die Frage, wie viel Energie wird gebraucht, um Wasserstoff zu komprimieren oder zu verflüssigen, sind neue Verfahren der chemischen oder physikalischen Speicherung in Metallhydriden oder Nano-Strukturen die Hoffnungsträger für die Zukunft. Ein echter Durchbruch zu kommerziellen Produkten ist hier aber noch nicht gelungen, hier soll und kann die Grundlagenforschung, auch in internationaler Zusammenarbeit, hilfreiche Beiträge leisten.

## Brennstoffzellen

Die heute meist beachtete Technologie zur Nutzung des Wasserstoffs ist die Brennstoffzelle.

Es gibt verschiedene Typen von Brennstoffzellen. Allen Typen gemeinsam ist, dass sie elektrochemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff Strom und Wärme produzieren. Dabei muss nicht allen Typen der Brennstoffzelle Wasserstoff in reiner Form zugeführt werden. Die auf hohem Temperaturniveau arbeitenden Zellen können den Wasserstoff quasi „in-situ“ aus wasserstoffhaltigen Energieträgern wie Erdgas, Methanol, Biogas, Kohlegas etc. herstellen. Die *Abb. 4* zeigt, wie die einzelnen Brennstoffzellentypen sich hinsichtlich einiger Komponenten und Betriebsdaten unterscheiden. Eigentlich sollte man unter dem Thema dieses Vortrags nur über die Brennstoffzellentypen sprechen, die nur mit reinem Wasserstoff betrieben werden können, denn nur sie sind ein integraler Teil der Wasserstoffwirtschaft. Oder anders ausgedrückt: Wasserstoff und Brennstoffzellen erschließen unabhängig voneinander energiewirtschaftliche und ökologische Vorteile. Sie lassen sich zu besonders energieeffizienten Lösungen kombinieren.

Weiterhin werden für die Wasserstoffanwendung Verbrennungsmotoren, Brenner und Turbinen sowohl für den Verkehr zu Land, Wasser und Luft, als für stationäre Strom- und Wärmeerzeugung entwickelt.

Abbildung 4  
 Brennstoffzellen

	Niedrigtemperatur-Brennstoffzellen			Hochtemperatur-Brennstoffzellen		
<b>Brennstoffzellentyp</b>	<b>DMFC</b> Direct Methanol Fuel Cell	<b>PEMFC</b> Polymer Electrolyte Membran Fuel Cell	<b>AFC</b> Alkaline Fuel Cell	<b>PAFC</b> Phosphoric Acid Fuel Cell	<b>MCFC</b> Molten Carbonate Fuel Cell	<b>SOFC</b> Solid Oxide Fuel Cell
<b>Electrolyte</b>	Protonenleitende Membran	Protonenleitende Membran	Kalilauge	Konzentrierte Phosphorsäure	Schmelzkarbonat	Keramisch
<b>Temperaturbereich</b>	< 100 °C	< 100 °C	< 100 °C	ca. 200 °C	ca. 650 °C	800–1.000 °C
<b>Brennstoff</b>	Methanol	Wasserstoff	Wasserstoff	Wasserstoff	Erd-, Kohlegas	Erd-, Kohlegas
<b>Leistungsbereiche</b>	Watt / Kilowatt	Watt / Kilowatt	Watt / Kilowatt	Kilowatt	Kilo- /Megawatt	Kilo- /Megawatt
<b>Anwendungsbeispiele</b>	Fahrzeuge, Kleingeräte	Fahrzeuge, Kleingeneratoren, Hausversorgung, Blockheizkraftwerke	Raumfahrt	Blockheizkraftwerke	Kraftwerke, Heizkraftwerke	Kraftwerke, Heizkraftwerke

## Die europäische Ebene

In einer Publikation der Internationalen Energieagentur zu den Wasserstoffprogrammen der IEA-Mitgliedsländer steht der für uns ehrenvolle Satz: „Germany is at the forefront of hydrogen and fuel cell technology development and implementation worldwide.“

Aber auch in den USA, in Japan und bei der Europäischen Kommission werden ehrgeizige Programme geplant, finanziert und realisiert. Daneben stehen die nationalen Programme Kanadas, Italiens und einiger anderer entwickelten Länder wie Norwegen, Dänemark, die Niederlande und Österreich, die Forschung und Entwicklung auf speziellen Gebieten der Wasserstofftechnik betreiben, ohne Anspruch auf ein alle Themen umfassendes Programm.

Im 5. und 6. Forschungsrahmenprogramm sind viele Wasserstofftechnologie-Projekte gefördert worden, fast alle haben deutsche Beteiligung, viele haben deutsche Koordinatoren. Besonders zu erwähnen sind zwei Projekte, die im Rahmen der so genannten Quick Start Programme im Zeitraum von 2005 bis 2015 realisiert werden sollen. Von den abgeschätzten Kosten von 2,8 Mrd. € soll die Industrie den Hauptanteil tragen, die Mitgliedsländer und die Kommission sollen den Rest aufbringen. Geplant ist eine Großanlage zur Wasserstoff- (und Strom-) Erzeugung mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung sowie „Wasserstoff-Gemeinden“, in denen

stationäre und mobile Wasserstoffanwendungen demonstriert werden sollen.

### CUTE

Eines der bekanntesten europäischen Projekte ist das CUTE-Projekt<sup>1</sup>, in dem an die 30 Wasserstoffbusse in mehreren europäischen Städten praktisch erprobt werden. Hier in Berlin können Sie am Funkturm schon eine Wasserstofftankstelle sehen, die im Rahmen des CEP (Clean Energy Partnership) von den Bundesministerien gefördert werden. Ein wichtiges Ziel solcher Demonstrationsprojekte ist es, die Zuverlässigkeit aller Komponenten zu testen und das Zusammenspiel im System zu erproben. Die gesamte Systemverfügbarkeit ist natürlich in den Anfangsmonaten noch nicht ausreichend, aber die Tendenz geht in die richtige Richtung (Abb. 5).

### ECTOS

Eng verbunden mit dem CUTE-Projekt ist das ECTOS-Projekt in Island. Es ist der Wasserstoff-Bus-Teil des isländischen Gesamtkonzepts. Iceland New Energy Ltd sucht noch nach Partnern, um Brennstoffzellenfahrzeuge oder auch Wasserstofffahrzeuge mit Verbrennungsmotoren in Auto-Flotten einzusetzen, um die hohen Kosten zu bewältigen.

<sup>1</sup>CUTE = Clean Urban Transport for Europe

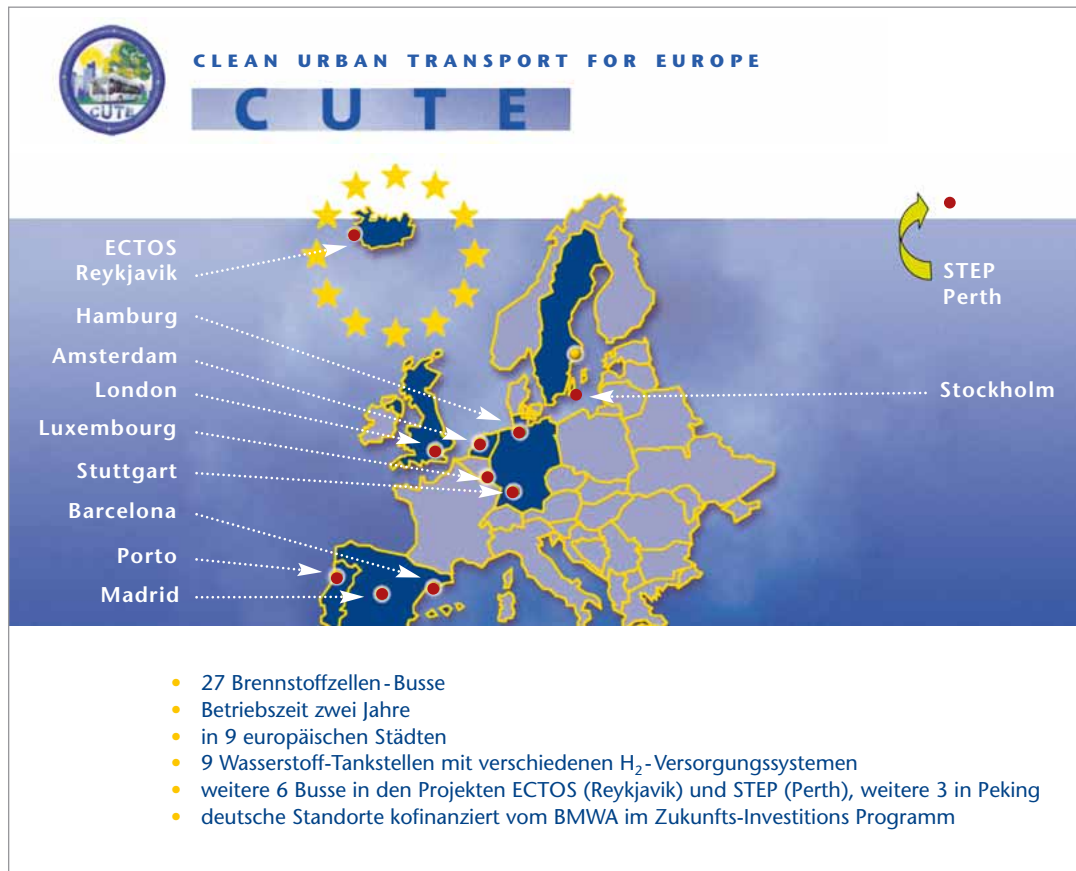


Abbildung 5  
Das CUTE-Projekt

Und das ist nicht nur eine Frage für Island, sondern diese Frage stellt sich generell. Auch für die Schiffsflotte Islands soll Wasserstoff verwendet werden.

Island plant, seine gesamte Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger umzustellen und Wasserstoff als Energieträger neben der Elektrizität einzuführen. Wasserstoff soll mit Hilfe der Wasserkraft und der geothermischen Energie über Elektrolyse hergestellt und für Fahrzeuge und die Flotte verwendet werden. Island hat deshalb Verträge mit anderen Regierungen und mit der Industrie abgeschlossen, um dieses Ziel zu erreichen.

#### HTP

Auf der Basis der europäischen Projekte aus den laufenden und früheren Forschungsrahmenprogrammen hat die Kommission im Januar 2004 die „Europäische Technologie-Plattform für Wasserstoff und Brennstoffzellen (HTP)“ ins Leben gerufen. In der Plattform sind sowohl die Industrie und die Wissenschaft als auch die

Regierungen vertreten. Deutschland ist im Advisory Council mit 10 Vertretern bei 36 Mitgliedern gut repräsentiert und leitet auch die beiden wichtigsten Lenkungsgruppen. Es wurde eine Roadmap erstellt, wie man von einer Wirtschaft auf Grundlage fossiler Brennstoffe in den nächsten 50 Jahren zu einer wasserstofforientierten Wirtschaft gelangt. Was wir hier erkennen, ist der Übergang von der Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsphase zum Markt (siehe Abb. 6 u. 7).

In Abb. 7 werden die Kernpunkte der Roadmap herausgehoben. Die Entwicklung der Brennstoffzelle und der Wasserstoffherstellung wird zunächst getrennt betrachtet. Wasserstoff und Brennstoffzellen machen je für sich Sinn, zusammen sind sie jedoch eine starke Option für eine wasserstofforientierte Wirtschaft.

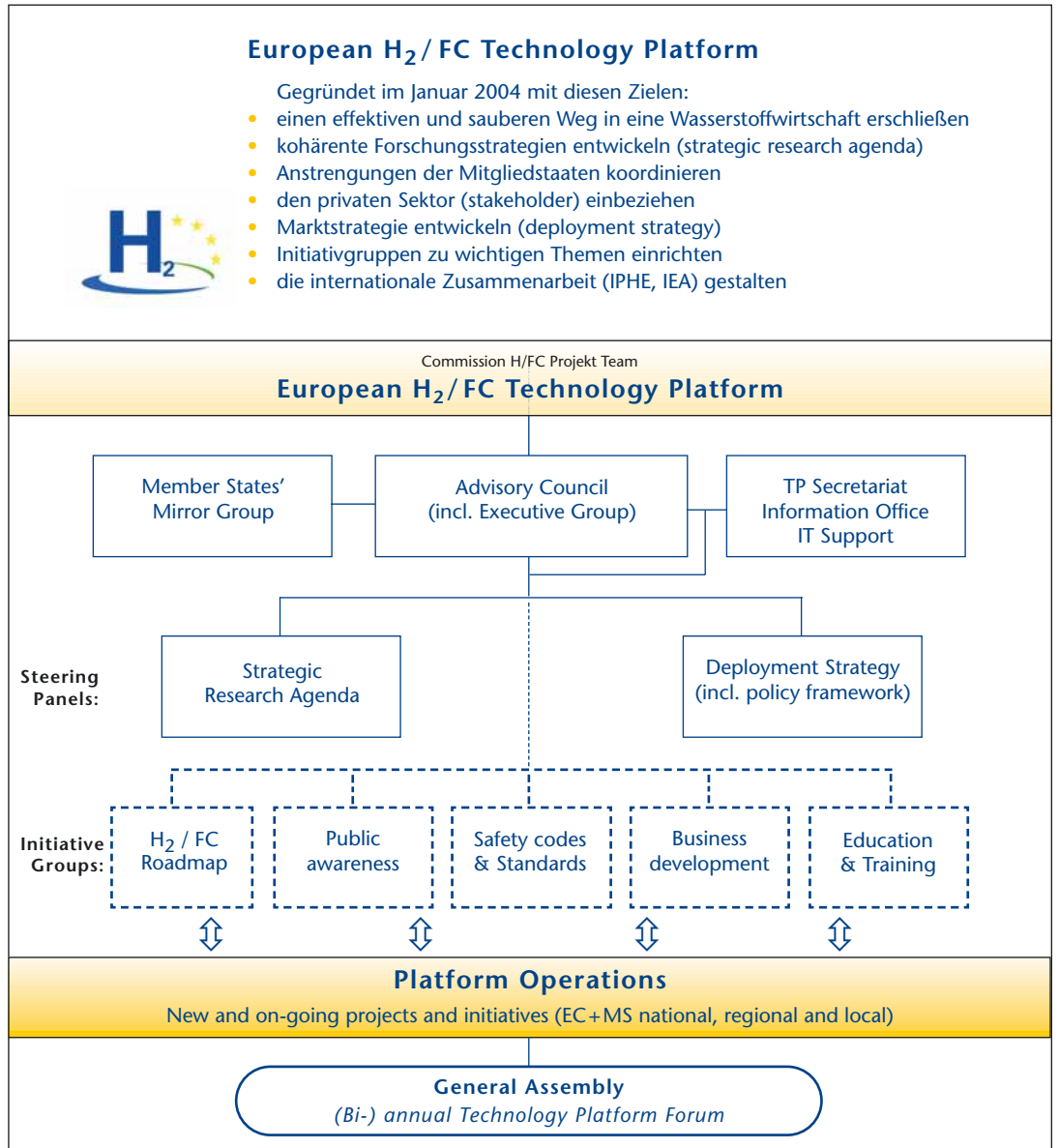


Abbildung 6  
Europäische H<sub>2</sub>/BZ  
Technologieplattform

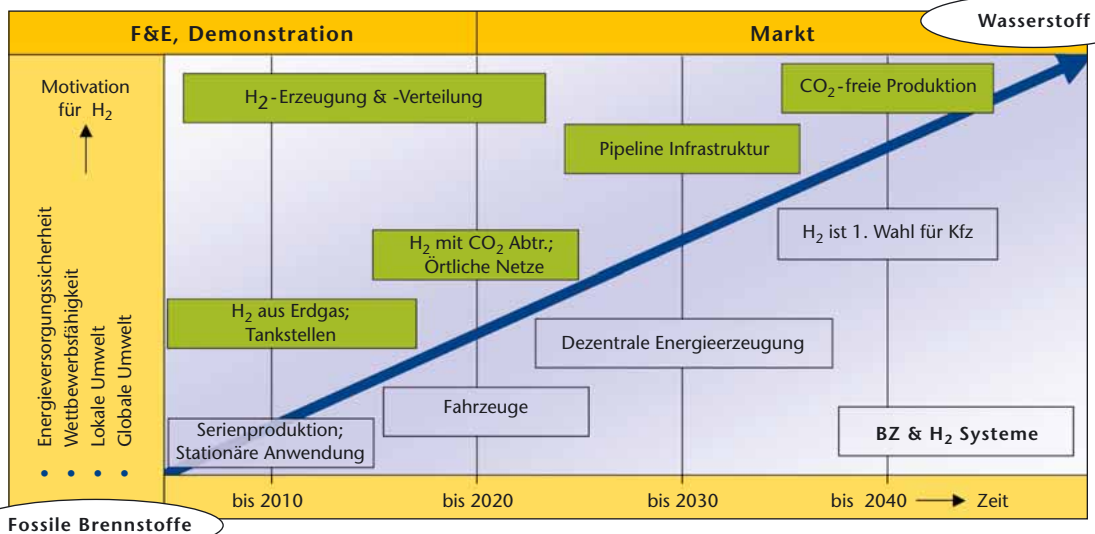


Abbildung 7  
Die herausfordernde europäische H<sub>2</sub>-Vision (nach EUR 2719DE, Abschlussbericht der Hochrangigen Gruppe für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie)

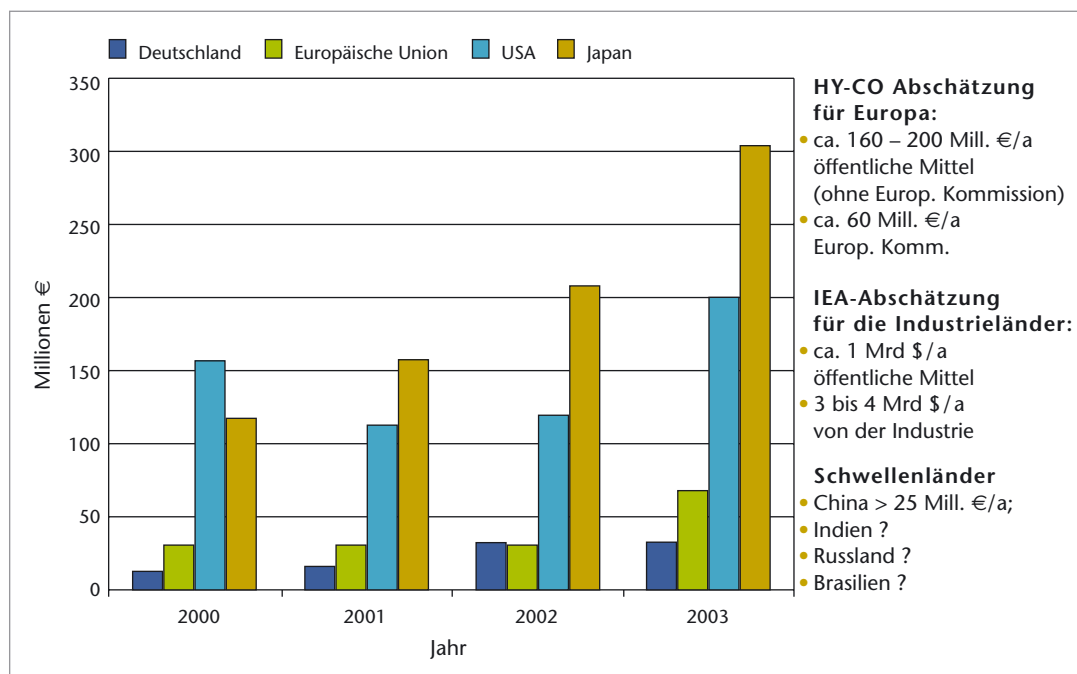


Abbildung 8  
Internationale  
Förderung

### HY-CO-Projekt

HY-CO ist ein so genanntes ERA-Net-Projekt. Dieses Konzept („European Research Area, abgekürzt ERA“) wird in Europa auf alle Forschungsthemen angewendet, um die zersplitterte europäische Forschungslandschaft zusammen zu führen. Das ERA-Net zu Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Forschung und -Entwicklung heißt **HY-CO (Hydrogen and Fuel Cell Co-ordination)** und wird vom Projektträger Jülich koordiniert. HY-CO hat 21 Partner aus 16 Ländern. Wir sind sicher, dass es während seiner vierjährigen Laufzeit einen entscheidenden Einfluss auf die europäische Forschungslandschaft haben wird.

### Internationale Budgets

Die Darstellung zeigt, dass Europa hinter den USA und Japan zurückliegt. Allerdings ist anzumerken, dass die europäischen Gelder noch sehr unkoordiniert vergeben werden. Hier soll das HY-CO-Projekt der EU Abhilfe schaffen. Im Rahmen der ERA-Nets HY-CO wurde zusammengezählt, welches Budget sich ergibt, wenn alle EU-Länder bei HY-CO mitmachen würden, so kommt man auf ca. 160 bis 200 Millionen pro Jahr. Das verdoppelt in etwa die europäische Säule in der Grafik.

Die IEA hat versucht, eine Abschätzung für ihre Mitgliedsländer, die Industrieländer, zu machen und beziffert die öffentlichen Aufwendungen mit einer Milliarde US-Dollar pro Jahr. Öffentliche Mittel bilden nicht den Löwenanteil. Die IEA führt jedoch aus, dass eine Abschätzung der Mittel aus dem Industriebereich noch viel schwieriger ist. An diese Daten ist kaum heranzukommen. Die IEA schätzt diese Mittel mutig mit 3 bis 4 Milliarden pro Jahr. Noch schwieriger wird die Abschätzung, wenn wir uns die Schwellen- und Entwicklungsländer und Russland ansehen. Durch die IPHE (International Partnership for the Hydrogen Economy) konnten wir wertvolle Kontakte knüpfen und Einsichten gewinnen.

### Japan

Japan strebt, wie andere Länder auch, die frühe Kommerzialisierung von Brennstoffzellen an. Dabei bilden Regierung und Industrie eine enge Partnerschaft. Ähnlich wie in Deutschland hat Japan ein umfangreiches Wasserstoff-Forschungs- und Entwicklungsprogramm über 10 Jahre mit einem Budget von ca. 130 Mio. durchgeführt. Im Nachfolge-Programm "New Hydrogen Project" sollen Wasserstoff und Brennstoffzellen bis 2020 kommerzialisiert werden. Darüber hinaus werden im Demonstrationsprojekt JHFC (Japan Hydrogen Fuel Cell) Fahrzeuge und Tankstellen getestet. Die angegebenen Zielwerte für die Markteinführung sind: 50.000 Brennstoffzellen-Fahrzeuge und 2 Gigawatt (das sind z. B. 10.000 Anlagen mit 200 kW) im Jahr 2010. Andererseits hat Nissan darauf hingewiesen, dass große Flotten an Brennstoffzellen-Fahrzeugen in den nächsten Jahren nicht zu erwarten seien. Die Darstellung des japanischen Industrieministeriums aus dem Jahr 2003 zu den Entwicklungszielen stimmt dagegen mit unseren Zielvorstellungen gut überein. Unsere Ziele im nationalen Programm liegen für mobile Anwendungen auch bei ca. 50 pro kW und bei etwa 1.200 pro kW für die stationären Anwendungen. Dazu kommen Betriebszeiten der Zellen von 5.000 h im Auto und 40.000 h im stationären Betrieb.

### USA

Das US Department of Energy (USDOE) betreibt ein weltweit führendes, das ganze Spektrum der Wasserstofftechnologie umfassendes Programm, mit spezifischen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationszielen und einer definitiven Marktstrategie. Dies ist in dem auf der US National Hydrogen Energy Roadmap (November 2002) aufbauenden Hydrogen Posture Plan (Februar 2004) klar dargelegt.

In der FreedomCAR Partnerschaft zwischen USDOE, General Motors, Ford und Daimler Chrysler werden PEM-BZ für Fahrzeuge entwickelt. Hier wird allerdings nach den Betriebserfahrungen mit der letzten Generation der Fahrzeuge auch wieder verstärkt in Richtung Forschung geschaut, ähnlich wie bei Nissan in Japan.

### Das USDOE – Budget

Über die nächsten fünf Jahre beträgt die Zuwendung: ca. 1,7 Mrd \$. Davon sind 1,2 Mrd \$ für Wasserstoff und für BZ, einschließlich Infrastrukturentwicklung mit FreedomCAR 0,5 Mrd. \$.

USDOE – Budget für 2005 insgesamt 227 Mio \$:

• Brennstoffzellen-Komponenten und -Systeme	25,2%
• H <sub>2</sub> -Produktion und -Verteilung	22,1%
• Demonstration	15,3%
• H <sub>2</sub> -Speicher	13,2%
• Grundlagenforschung	12,8%
• Sicherheit, Codes und Standards	8,3%
• Ausbildung	3,1%

### Der Posture Plan

Der Hydrogen Posture Plan fasst die Wasserstoff-Aktivitäten der einzelnen Abteilungen des USDOE, die Koordinierung mit anderer Ministerien und die internationale Zusammenarbeit zusammen. Das amerikanische Programm ist in Phasen eingeteilt, an deren jeweiligem Ende Entscheidungspunkte vorgesehen sind.

Die Entwicklung befindet sich noch in der ersten Phase, in der Forschung, Entwicklung und Demonstration von so genannten „critical path“-Technologien im Vordergrund stehen. Erst wenn diese Phase erfolgreich abgeschlossen sein wird, einschließlich von Arbeiten zu Richtlinien und Standards sowie zur Sicherheit von Wasserstoffsystemen, wird entschieden, ob die großen Investitionen in eine Infrastruktur in Folgephasen getätigt werden sollen.

Zitat: „Der Erfolg der Forschung ist nicht garantiert. Bessere Optionen könnten sich abzeichnen, um die Öl-Importabhängigkeit und die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Verkehrssektor zu reduzieren. Deshalb wird vor dem Investment in die Infrastruktur eine Entscheidung zur Kommerzialisierung getroffen werden.“

Der Entscheidungspunkt liegt aus heutiger Sicht im Jahr 2015, frühere Zeitpunkte für Nischenmärkte werden genauso genannt wie spätere für den Verkehrssektor. In der letzten Phase, ab etwa 2025, soll ein voll entwickelter Wasserstoffmarkt mit funktionierender Infrastruktur beginnen.



Abbildung 9  
IPHE-Partner und Komitees

### China

Chinas Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST) ist die treibende Kraft hinter der Entwicklung und Markteinführung neuer Energietechnologien. Hier wird die Wasserstofftechnologie auch als eine mögliche Option betrachtet. Die Forschung wurde seit etwa 1990 auf Elektrofahrzeuge und in der Folge auf Brennstoffzellen ausgeweitet. Das Budget, das in China für Forschung, Entwicklung und Demonstration für Wasserstoff und Brennstoffzellen zur Verfügung steht wird auf mehr als 25 Millionen € pro Jahr geschätzt. Auch in China werden Pläne für die Kommerzialisierung der Brennstoffzellen und der Wasserstofftechnologien formuliert. So werden zum Beispiel Brennstoffzellen-Busse entwickelt.

### Internationale Kooperationen

Für Europa ist das Engagement für eine Wasserstofftechnologie in der Energiewirtschaft ein Beitrag zur Lissabon-Strategie, der Strategie für Wettbewerbsfähigkeit, sozialen Zusammenhalt und Umwelt.

### IPHE

Die International Partnership for the Hydrogen Economy (IPHE) ist eine Initiative, die 2003 von den Vereinigten Staaten gestartet wurde. Die Vision, die hinter der IPHE steht, ist dass bis 2020 Wasserstoff-Autos und die dazugehörige Infrastruktur Realität geworden sind. Dafür müssen die Kosten für die Wasserstoffherstellung und noch mehr für die Brennstoffzellenfertigung dramatisch sinken. Neue Konzepte für die Wasserstoffspeicherung müssen gefunden und die Hemmnisse in der Infrastruktur überwunden werden. An der IPHE beteiligen sich 15 Länder (darunter Deutschland) und die Europäische Union.

Fünf Themenkomplexe dienen der Definition gemeinsamer Aktivitäten. Dazu sollen im Jahr 2005 IPHE Workshops und Konferenzen stattfinden, um gemeinsame Forschungsprojekte zu definieren:

- H<sub>2</sub>-Produktion
- Brennstoffzellen
- H<sub>2</sub>-Speicher
- Standards, Normen, Regeln
- sozio-ökonomische Arbeiten

## IEA

Die IEA hat Mitte 2003 eine Hydrogen Co-ordination Group (HCG) ins Leben gerufen, um die IEA-spezifischen Wasserstoff-Aktivitäten zu ordnen. Eine Veröffentlichung über die Wasserstoff- und Brennstoffzellenprogramme der IEA-Mitgliedsländer wird für Dezember 2004 erwartet.

## Fazit

Internationale Zusammenarbeit ist für Deutschland wichtig, vor allem bei Technologien, die weltweit eingeführt werden sollen. Dabei müssen wir uns selbst strategisch orientieren. Europäisch geschieht das für Wasserstoff und Brennstoffzellen durch die Technologieplattform und das ERA-Net-Projekt, international durch die IPHE und die IEA.

Diese internationalen Zusammenarbeiten erfordern gemeinsames Engagement der öffentlichen Hand, der Industrie und der Forschung. Hierzu müssen wir uns in Deutschland aber auch selbst organisieren und die interne Kommunikation und Koordination auf eine bessere Basis stellen.

In den letzten 15 Monaten hat ein vom Wirtschaftsministerium einberufener Strategiekreis „Wasserstoff“ eine Forschungs- und Entwicklungsstrategie für Deutschland formuliert, die Anfang 2005 publiziert wird. Es ist geplant, diesen Strategiekreis um das Thema Brennstoffzellen zu erweitern.

Die europäischen und internationalen Kooperationen zu Wasserstoff und Brennstoffzellen haben erst in 2003 und 2004 angefangen oder neuen Schwung bekommen. Geduld, Ausdauer und Engagement werden zu konkreten internationalen Projekten und Aktivitäten führen.

Alle Szenarios und Visionen der Phasen der Entwicklung und der Markteinführung stimmen weitgehend überein im internationalen Vergleich. Wo und wann in die Wasserstoff-Infrastruktur investiert wird, ist aber eine noch offene Frage. Erfolgreiche Forschung und Entwicklung, Engagement der Industrie und politischer Wille sind hierfür Voraussetzungen.