



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„Öffentliche Einflussmöglichkeiten auf die Diffusion
von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen“

Verfasserin

Stefanie Nagel, BSc.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften
(Mag. rer. soc. oec.)

Wien, im Juli 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt:
Studienrichtung lt. Studienblatt:
Betreuer:

A 066 915
Magisterstudium Betriebswirtschaft
O.Univ.-Prof. Dr. Kurt Heidenberger

Inhaltsverzeichnis

TABELLENVERZEICHNIS.....	III
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	IV
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	V
1. EINLEITUNG	1
2. DIFFUSION VON INNOVATIONEN	5
2.1. ELEMENTE DES DIFFUSIONSPROZESSES	5
2.2. DARSTELLUNG DES DIFFUSIONSPROZESSES VON WASSERSTOFFBETRIEBENEN FAHRZEUGEN	12
3. THEORETISCHE ASPEKTE DER FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSFÖRDERUNG.....	15
3.1. KRITERIEN FÜR ÖFFENTLICHES EINGREIFEN IN FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSAKTIVITÄTEN.....	15
3.2. ARTEN VON FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSFÖRDERUNG	20
3.2.1. Direkte Förderung.....	21
3.2.2. Indirekte Förderung	22
4. DIFFUSIONSFÖRDERNDE RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DIE WASSERSTOFFTECHNOLOGIE.....	24
4.1. INTERNATIONALE RAHMENBEDINGUNGEN.....	25
4.1.1. Das Kyoto-Protokoll	25
4.1.2. International Association for Hydrogen Energy	27
4.1.3. Partnership for Advancing the Transition to Hydrogen.....	28
4.1.4. International Partnership for the Hydrogen and Fuel Cells in the Economy	29
4.1.5. Hydrogen Implementing Agreement	30
4.2. EUROPÄISCHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	31
4.2.1. European Hydrogen Association.....	32
4.2.2. European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform	34
4.2.3. Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative	34
4.2.4. Europäische Verordnung zur Typengenehmigung von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen.....	36
4.3. AMERIKANISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	37
4.3.1. Department of Energy	38
4.3.2. Fuel Cell and Hydrogen Energy Association.....	39

4.3.3.	<i>Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association</i>	40
4.3.4.	<i>Sociedad Mexicana del Hidrógeno</i>	40
4.3.5.	<i>Kalifornische Zero Emission Vehicles Gesetzgebung</i>	41
4.4.	ASIATISCHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	42
4.4.1.	<i>China Association for Hydrogen Energy</i>	43
4.4.2.	<i>Hydrogen Energy Systems Society of Japan</i>	44
4.4.3.	<i>Hydrogen Association of India</i>	44
5.	KONKRETE FÖRDERUNGSPROGRAMME DER WASSERSTOFFTECHNOLOGIE	46
5.1.	EUROPÄISCHE FÖRDERUNGSPROGRAMME.....	47
5.1.1.	<i>Förderungsprogramme des FP 7 für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie</i>	48
5.1.2.	<i>Abgeschlossene Förderungsprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie</i>	53
5.2.	AMERIKANISCHE FÖRDERUNGSPROGRAMME.....	63
5.3.	ASIATISCHE FÖRDERUNGSPROGRAMME	65
6.	EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG	67
6.1.	FORSCHUNGSMETHODE	67
6.2.	AUFSTELLUNG DER HYPOTHESEN	70
6.3.	STICHPROBENAUSWAHL UND DATENERHEBUNG	73
6.4.	STATISTISCHE AUSWERTUNG	78
6.4.1.	<i>Reliabilitätsanalyse</i>	78
6.4.2.	<i>Regressionsanalyse</i>	79
6.4.3.	<i>Deskriptive Statistik</i>	87
	CONCLUSIO	91
	QUELLENVERZEICHNIS	94
	APPENDIX A: ABSTRACT	103
	APPENDIX B: FRAGEBOGEN	104
	APPENDIX C: LEBENSLAUF	115

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Funktionsweisen, Arten von Marktversagen und Gütereigenschaften	18
Tabelle 2: Europäische Vision einer Wasserstoffwirtschaft	32
Tabelle 3: Förderungsprogramme des FP7 für H ₂ - und FC-Technologie.....	49
Tabelle 4: Abgeschlossene Förderungsprogramme für H ₂ - und FC-Technologie	54
Tabelle 5: Verteilung nach Geschlecht und Alter	76
Tabelle 6: Verteilung nach Einkommen.....	77
Tabelle 7: Reliabilitätsanalyse mittels Cronbach Alpha	79
Tabelle 8: Regression: Einstellung zur Umwelt auf das Mobilitätsverhalten.....	81
Tabelle 9: Regression: Demografische Merkmale für die Einstellung zur Umwelt.....	81
Tabelle 10: Regression: Demografische Merkmale auf Mobilitätsverhalten.....	82
Tabelle 11: Regression: Zusammenhang zwischen Wissensstand über alternative Antriebsmöglichkeiten und dem Interesse an Förderungsmaßnahmen	83
Tabelle 12: Regression: Zusammenhang zwischen Wissensstand über alternative Antriebsmöglichkeiten und dem Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug	83
Tabelle 13: Regression: Interesse an Förderungsmaßnahmen für alternative Mobilität und die Bereitschaft zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug.....	84
Tabelle 14: Regression: Kriterien der Kaufentscheidung zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug.....	85
Tabelle 15: Regression: Einstellung zur Umwelt für Entscheidung zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug	86
Tabelle 16: Regression: Mobilitätsverhalten für Entscheidung zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug.....	87
Tabelle 17: Beitrag zum Umweltschutz	87
Tabelle 18: Gründe für den Kauf eines alternativ betriebenen Fahrzeuges	90

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Diffusionsprozess.....	12
Abbildung 2: Maßnahmen staatlicher Forschungsförderung privater Unternehmen	21
Abbildung 3: High Level Group Vision.....	35
Abbildung 4: Förderungen der EU für H ₂ - und FC-Forschung im Rahmen der FP	48
Abbildung 5: Budgetaufteilung nach Forschungsbereichen	62
Abbildung 6: Verteilung nach Tätigkeitssektor	76
Abbildung 7: Fortbewegung zur Arbeits- oder Ausbildungsstätte und für private Zwecke	88

Abkürzungsverzeichnis

ANL	Argonne National Laboratory
BIP	Brutto Inlandsprodukt
CARB	California Air Resources Board
CDM	Clean Development Mechanism
CFR	Code of Federal Regulations
CHA	Canadian Hydrogen Association
CHFCA	Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CUTE	Clean Hydrogen in European Cities
DM	Direktmethanol
DOE	Department of Energy
DOT	Department of Transportation
EG	Europäische Gemeinschaft
EHA	European Hydrogen Association
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
F&E	Forschung und Entwicklung
FC	Brennstoffzelle
FCH JTI	Fuel Cell and Hydrogen Joint Technology Initiative
FCH JU	Fuel Cell and Hydrogen Joint Undertaking
FCHEA	Fuel Cell and Hydrogen Energy Association
FCVT	FreedomCAR und Vehicle Technologies
FFF	Forschungsförderungsfonds für die gewerbliche Wirtschaft
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
FP	Forschungsrahmenprogramm
FTE	Forschung und technische Entwicklung
FWF	Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Wirtschaft
H ₂	Wasserstoff
H ₂ FCC	Hydrogen & Fuel Cells Canada
HESS	Hydrogen Energy Systems Society of Japan

HFP	European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform
HIA	Hydrogen Implementing Agreement
HLG	High Level Group
HT	Hochtemperatur
IEA	International Energy Agency
IPHE	International Partnership for the Hydrogen and Fuel Cells in the Economy
JI	Joint Implementation
KMU	Klein- und Mittelunternehmen
kW	Kilowatt
KWK ((C)CHP)	Kraft-Wärme-Kopplung
METI	Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie
NEDO	New Energy and Industrial Technology Development Organisation
NERL	National Renewable Energy Laboratory
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PATH	Partnership for Advancing the Transition to Hydrogen
PEM (PE)	Proton Exchange Membrane (Protonenaustauschmembran)
SERC	Schatz Energy Research Center
SMH	Sociedad Mexicana del Hidrógeno
SO(FC)	Festoxid-(Brennstoffzelle)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
USA (U.S.)	United States of America
WE-NET	World Energy Network
ZEV	Zero Emission Vehicles

1. Einleitung

Begrenzte fossile Energievorräte, ein weltweit wachsender Energiebedarf und der damit einhergehende drohende Klimawandel haben den Druck zur Erzeugung und Gewährleistung einer nachhaltigen und klimaverträglichen Energieversorgung verstärkt. Ein beträchtlicher Anteil der Umweltverschmutzung ist auf die Nutzung von fossilen Brennstoffen zurückzuführen, besonders Abgase aus dem Verkehrssektor tragen deutlich zur Verschlechterung der Luftqualität bei. Zudem nehmen durch das schnelle Wachstum der Weltbevölkerung die Energienachfrage und somit auch das weltweite Mobilitätsaufkommen stark zu. Dies führt daher zu einem rascheren Anstieg der Umweltverschmutzung sowie einem höheren Bedarf an endlichen Energieressourcen. Folgen einer starken Umweltverschmutzung sind steigende Kohlenstoffdioxid(CO₂)-Emissionen und Treibhausgase, welche zur globalen Erderwärmung führen und sich somit bedrohlich auf den globalen Klimawandel auswirken können. Überdies können diese Effekte der Gesundheit von Menschen und Tieren schaden (Dagdougui 2012, S. 5318f.). In der Europäischen Union (EU) werden derzeit ca. ein Viertel der CO₂-Emissionen durch den Verkehr verursacht (Europäische Kommission 2010, S.2).

Die stark wachsende Reduktion an fossilen Energieressourcen führt auch zu steigenden Energiepreisen, und das gefährdet die Versorgungssicherheit. Somit nimmt die Attraktivität alternativer Technologien und erneuerbarer Energien deutlich zu. Sie sollen eine mögliche Versorgungslücke schließen und einer drohenden Energieversorgungs-knappheit entgegenwirken (Leschus, Vöpel 2008, S.10).

Die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, besonders die Aussicht auf fast emissionsfreie Kraftfahrzeuge, hat in letzter Zeit in der Öffentlichkeit stark an Bedeutung gewonnen. Brennstoffzellen sind geräuscharme, hocheffiziente Energiewandler, welche Treibhausgasemissionen und Schadstoffproduktionen stark reduzieren können, indem sie Brennstoff und Sauerstoff in Wärme, Wasser und Elektrizität umwandeln. Somit kann durch den Einsatz von Brennstoffzellen die Sicherheit der Energieversorgung erhöht werden, da sie mit Wasserstoff, Methanol, Ethanol oder Erdgas betrieben werden können. Brennstoffzellen

könnten portabel, anstelle von Batterien, zur Energieversorgung von kleinen elektronischen Geräten, stationär zur Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden, also als Ersatz von Kraftwerken und mobil als Energieversorgungssystem in Fahrzeugen angewendet werden. Eine erfolgsversprechende Option im Bereich der Energieversorgungssicherheit. Die Nachfrage umfasst in allen Bereichen hauptsächlich Endkonsumenten, aber auch Unternehmer sowie gemeinnützige und öffentliche Einrichtungen. Jedoch ist die Brennstoffzellentechnologie auf all diesen Gebieten noch nicht vollständig ausgereift, sie befindet sich noch in der Entwicklungsphase (Edler 2007, S. 207). Daher sind Brennstoffzellen momentan noch sehr teuer, und deren längerfristige Dauerhaftigkeit und Zuverlässigkeit muss erst noch bewiesen werden. Wasserstoff kann hingegen bereits als Energiespeicher verwendet werden, indem Wasserstoff durch Elektrolyse aus überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen werden kann. Dies würde die Integration des Stroms aus erneuerbaren Energiequellen auf dem Energiemarkt erleichtern (Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2007, S. 2f.).

Dennoch handelt es sich bei Wasserstoff um einen Energieträger, welcher auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette mit sehr energieintensiven Umwandlungen konfrontiert ist. Zur Verbesserung des Potenzials von Wasserstoff in Bezug auf dessen effiziente Produktion und Nutzung bedarf es an Investitionen in die Forschung (Leschus, Vöpel 2008, S.21).

Folglich werden Forschungs- und Entwicklungsförderungen in nahezu allen politischen Ebenen für die Verbesserung und Weiterentwicklung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie vergeben. Der derzeitige Stand der Technologie basiert auf der öffentlichen Nachfrage bezüglich staatlicher Aufträge. Somit wurde beispielsweise ein funktionsfähiges Brennstoffzellensystem aufgrund der öffentlichen Nachfrage für die militärische Nutzung und für Raumfahrtprogramme entwickelt. Weiters werden in Kalifornien zum Beispiel die langfristigen Vorschriften für eine lokale Null-Emission für Bestandteile von verkauften Fahrzeugflotten der Automobilhersteller und staatliche Investitionszuschüsse für Fahrzeuge als Gründe für das steigende Interesse am Brennstoffzellenantrieb in der Automobilindustrie gesehen (Edler 2007, S.207).

Nach dem Boom im Bereich der Brennstoffzellentechnologie in den 1990er Jahren herrscht derzeit Ernüchterung bei der Entwicklung und Erprobung dieser Technologie. Marktnischen,

die eine Praxis- und Markttauglichkeit demonstrieren, um das Vertrauen der Investoren zu sichern, sind aufgrund des starken Marktpotentials der Technologie gefragt. Bisher gibt es erst Märkte für die Brennstoffzellentechnik mit bestimmten Anforderungen. Die Nutzung findet im Bereich der portablen Anwendungen, bei speziellen Stromversorgungsaufgaben und bei Spezialfahrzeugen statt. Allerdings überwiegen in all diesen Bereichen noch deutliche Kostennachteile. Prognosen ergeben jedoch eine beachtliche langfristige öffentliche Nutzung der Technologie, besonders um Schadstoff- und Lärmemissionen zu reduzieren, die Abhängigkeit vom Erdöl zu verringern und somit die Versorgungssicherheit zu erhöhen. Aus diesem Grund sind viele Versuche zur Förderung der Entstehung von Brennstoffzellentechnologie-Märkten in einigen Ländern gestartet oder geplant worden. Diese Versuche umfassen die Entwicklung einer gezielten staatlichen Nachfrage, finanzielle Anreize bei Kauf und Betrieb von Brennstoffzellensystemen, Marktentwicklung durch Bewusstseinsbildung, Demonstrations- und Pilotprojekte, Schulungsmaßnahmen oder Informationskampagnen sowie Regulierungen (Edler 2007, S. 207f.).

Durch die Forschung an Fahrzeugen mit Wasserstoff-Brennstoffzellen erhofft man sich eine Reduktion der Herstellungskosten sowie der Kosten für Bestandteile für diese Fahrzeuge. Demzufolge wird zum einen an neuen Werkstoffen geforscht, welche zur Speicherung von Wasserstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge eingesetzt werden können und zum anderen an alternativen Technologien, um Energie aufzuladen und zu speichern. Zudem spielt auch der Endverbraucher eine wesentliche Rolle in Bezug auf die Nachfrage nach umweltfreundlichen Fahrzeugen. Zur Stärkung der Nachfrage solcher Fahrzeuge ist es notwendig, dass die Endkonsumenten über die Vorteile, Chancen und praktischen Aspekte dieser Fahrzeuge ausreichend informiert werden. Zudem könnten auch finanzielle Anreize, wie Steuerbegünstigungen und Subventionen beim Kauf eines wasserstoffbetriebenen Fahrzeugs die Nachfrage für solche Fahrzeuge erhöhen. Durch eine Steigerung der Nachfrage erhofft man sich die Marktakzeptanz von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen zukünftig zu verbessern (Europa 2010).

Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel, die sich zu drei wesentlichen Bereichen zusammenfassen lassen. Der erste Teil beinhaltet die Kapitel zwei und drei und stellt theoretische Aspekte der Verbreitung von Innovationen als auch der Forschungs- und Entwicklungs (F&E)- Förderungen dar. Das vierte und fünfte Kapitel decken den zweiten Bereich der Arbeit ab und befassen sich mit den Rahmenbedingungen und den daraus resultierenden Projekten der Wasserstofftechnologie¹. Der dritte Teil beschäftigt sich mit einer empirischen Untersuchung zur Erfassung geeigneter Förderungsmaßnahmen.

Anschließend an die Einleitung befasst sich das zweite Kapitel mit dem Thema der Diffusion von Innovationen. Dabei wird zuerst der Begriff „Diffusion“ erläutert; dazu werden die vier Elemente des Diffusionsprozesses genauer beschrieben. Das dritte Kapitel beschäftigt sich mit den theoretischen Aspekten der Förderung von F&E. Hierbei werden einerseits die Kriterien, welche öffentliche Eingriffe in F&E-Aktivitäten rechtfertigen, aufgelistet und andererseits die verschiedenen Förderungsarten für F&E beleuchtet. Im vierten Kapitel werden die verschiedenen Rahmenbedingungen zur Förderung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen auf internationaler- und europäischer Ebene sowie auch im amerikanischen und asiatischen Raum erläutert. Im Anschluss an diese Kapitel befasst sich das fünfte Kapitel mit den konkreten Förderungsprogrammen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Dabei liegt der Fokus auf den Forschungsprojekten der EU im Bereich der mobilen Anwendung. Folglich beschäftigt sich das sechste Kapitel mit einer empirischen Untersuchung zum Thema „öffentliche Einflussmöglichkeiten auf die Diffusion von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen“. Hierbei wird zuerst die Methodik der Untersuchung beschrieben und anschließend die Auswertung der Umfrage analysiert. Durch diese Untersuchung sollen optimale Maßnahmen zur Förderung, der aktuelle Wissensstand sowie die Akzeptanz der Gesellschaft im Bezug auf diese Fahrzeuge ermittelt werden. Abschließend fasst das letzte Kapitel die wesentlichen Punkte dieser Arbeit zusammen und gibt einen möglichen Ausblick auf die Zukunft der Wasserstoffwirtschaft.

¹ Der Begriff Wasserstofftechnologie bezieht sich in dieser Arbeit ausschließlich auf den Bereich der mobilen Anwendung.

2. Diffusion von Innovationen

Damit eine Volkswirtschaft wachsen kann bedarf es ständiger Erneuerungen. Besonders technologische Innovationen sind für Volkswirtschaften von großer Bedeutung, da sie häufig mit einem technischen Fortschritt einhergehen und dieser wesentlich zur Erhöhung des Volkseinkommens, zur Bedürfnisbefriedigung von Individuen und zur Arbeitsproduktivität beiträgt. Zudem dient dieser Faktor zur Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen (Sawtschenko 2009, S. 5).

Neue Technologien benötigen Zeit, damit sie an ökonomischer Bedeutung gewinnen. Zuerst muss eine Innovation, also eine neue Technologie auf dem Markt eingeführt werden. Erst danach ist im besten Fall eine Diffusion zu erwarten. Unter Diffusion versteht man die Übernahme der Innovation von vielen Rezipienten. Die Diffusion ist von gleicher Bedeutung wie die Innovation, da neue Technologien ohne Verbreitung in der Wirtschaft keinen ökonomischen Einfluss haben (Sawtschenko 2009, S. 5).

Der Fokus der Adoptions- und Diffusionsforschung richtet sich auf die Erforschung der Übernahme- und Ausbreitungsprozesse von Innovationen. Da diese beiden Bereiche eng miteinander verbunden sind werden sie häufig unter dem Begriff Diffusionstheorie zusammengefasst. Die Adoptionstheorie analysiert alle Einflüsse welche auf den Verlauf des Adoptionsprozesses wirken. Darauf aufbauend untersucht die Diffusionstheorie die zeitliche Entwicklung der Übernahme einer Innovation von allen Interessierten in einem sozialen System (Sawtschenko 2009, S. 5).

Sowohl die Einflüsse, welche auf den Adoptionsprozess wirken, als auch die zeitliche Entwicklung der Innovationsübernahme spiegeln sich in den einzelnen Elementen eines Diffusionsprozesses wider und werden im folgenden Kapitel genauer beschrieben.

2.1. Elemente des Diffusionsprozesses

Unter dem Begriff Diffusion wird ein Prozess verstanden, durch den sich eine Innovation über Kommunikationskanäle in der Zeit und im Raum unter den Mitgliedern eines sozialen

Systems verbreitet. Somit geht Rogers von vier Elementen aus, die Form und Effizienz dieser Prozesse beeinflussen (Rogers 2003, S. 11):

- **Innovation**

Unter einer Innovation wird eine Idee, eine Vorgehensweise oder ein Objekt verstanden, das von Individuen als neu wahrgenommen wird. Die meisten Innovationen sind technologische Erneuerungen. Eine Technologie stellt einen Entwurf von Handlungsentscheidungen dar, der Unsicherheiten reduziert, die durch Ursache-Wirkungs-Beziehungen bei der Erreichung eines gewünschten Ergebnisses entstehen. Die meisten Technologien bestehen aus zwei Komponenten: Hardware, die die Technologie als physisches Objekt darstellt und Software, welche die Wissensgrundlage verkörpert (Rogers 2003, S. 36).

Die von den Mitgliedern eines sozialen Systems wahrgenommenen Eigenschaften einer Innovation bestimmen die Adoptionsrate. Diese Attribute sind (Rogers 2003, S. 223ff.; Sawtschenko 2009, S. 10):

- Relativer Vorteil: Ausmaß der Überlegenheit einer Innovation gegenüber anderen, häufig ähnlichen Produkten oder Prozessen. Dieser Vorteil wird oft in sozialen und wirtschaftlichen Kategorien ausgedrückt wie Rentabilität, Wirtschaftlichkeit und dergleichen.
- Kompatibilität: Übereinstimmungsgrad einer Innovation mit einem durch kulturelle Normen des sozialen Systems bestimmten bestehenden Wertesystem und mit den frühen Bedürfnissen und Erfahrungen der Anwender.
- Komplexität: Grad der Leichtigkeit und Einfachheit wie Innovationen verstanden, angewendet oder angepasst werden. Hier wird angenommen, dass eine negative Wechselbeziehung zwischen der Komplexität der Innovation mit der Adoption besteht.
- Erprobbarkeit: Möglichkeit, die Innovation in limitierten Normen zu nutzen und testen. Die Erprobbarkeit lässt sich auch als Teilbarkeit einer Innovation in einzelnen Phasen bestimmen.

- Beobachtbarkeit: Ausmaß, welches zur Erkennung und Bewertung von Ergebnissen und Folgen einer Innovation von möglichen Rezipienten dient.

Als Neuerfindung wird das Ausmaß der Veränderung einer Innovation verstanden, das durch die Prozessbeteiligten aufgrund ihrer Übernahme und Umsetzung entsteht (Rogers 2003, S. 36).

- **Kommunikationskanal**

Durch Kommunikationskanäle gelangen Informationen von einem Individuum zum anderen. Mediale Massenkanäle sind bei der Beschaffung von Wissen über Innovationen effektiver als interpersonelle Kanäle. Allerdings sind interpersonelle Kanäle in Hinblick auf die Gestaltung und Änderung von Einstellungen zu neuen Ideen sowie die Beeinflussung, ob eine neue Idee aufgenommen oder verworfen wird, effizienter. Die meisten Individuen beurteilen eine Innovation nicht aufgrund der wissenschaftlichen Forschung von Experten, sondern anhand der subjektiven Einschätzung von Individuen, die die Innovation eingeführt haben. Diese Individuen werden als Vorbilder gesehen, deren innovatives Verhalten von anderen Mitgliedern des Systems nachgeahmt wird (Rogers 2003, S. 36).

Ein wesentliches Merkmal der Diffusion ist, dass ein Mindestmaß an Heterogenität in Innovationskommunikationen vorhanden ist. Unter Heterogenität wird das Ausmaß verstanden, in dem sich zwei oder mehrere Individuen, die miteinander interagieren, in ihren Eigenschaften wie Bildung, Überzeugungen, sozialer Status und dergleichen unterscheiden (Rogers 2003, S. 36).

Im Gegensatz zur Heterogenität beschreibt die Homogenität das Ausmaß von ähnlichen Eigenschaften der interagierenden Individuen. Die Effizienz ist bei der interpersonellen Kommunikation zwischen homogenen Individuen am höchsten. Allerdings findet die Diffusion von Innovation überwiegend zwischen heterogenen Individuen statt, was zu erheblichen Problemen bei der Erreichung einer effektiven Kommunikation führt (Rogers 2003, S. 36f.).

- **Soziale Systeme**

Ein soziales System besteht aus mehreren miteinander verbundenen Elementen, die an einer Problemlösung zur Erreichung eines gemeinsamen Ziels beteiligt sind. Die Struktur eines Systems beschreibt die Anordnung der Einheiten, die Regelmäßigkeit, die Stabilität und das individuelle Verhalten im System. Der Schwierigkeitsgrad der Diffusion von Innovationen ist von der sozialen und kommunikativen Struktur des Systems abhängig. Ein wesentlicher Aspekt der sozialen Struktur sind Normen, welche Verhaltensmuster der Mitglieder eines sozialen Systems beinhalten (Rogers 2003, S. 37).

Meinungsführerschaft stellt das Ausmaß dar, in dem ein Individuum andere subjektive Einstellungen oder Verhaltensweisen informell in gewünschter Weise mit relativer Häufigkeit beeinflusst. Ein Change Agent ist eine Person, die Innovationsentscheidungen von Kunden in eine wünschenswerte Richtung beeinflusst. Berater stehen im ständigen Kontakt mit Kunden und beeinflussen somit deren Innovationsentscheidungen (Rogers 2003, S. 37f.).

Rogers unterscheidet drei Arten von Innovationsentscheidungen (Rogers 2003, S. 38):

- Optionale Innovationsentscheidungen: Entscheidungen über die Annahme oder Ablehnung einer Innovation werden von den Individuen unabhängig von den Entscheidungen der anderen Mitglieder des Systems getroffen.
- Kollektive Innovationsentscheidungen: Entscheidungen über die Annahme oder Ablehnung einer Innovation werden durch die Mitglieder des Systems gemeinsam getroffen.
- Autoritäre Innovationsentscheidungen: Entscheidungen über die Annahme oder Ablehnung einer Innovation werden von einer kleinen Gruppe von Mitgliedern des Systems getroffen, welche technisches Know-How, Macht oder Status besitzen.

- Kontingente Innovationsentscheidungen: Entscheidungen über die Annahme oder Ablehnung, die nur aufgrund vorheriger Innovationsentscheidungen getroffen werden. Die vierte Kategorie von Innovationsentscheidungen stellt somit eine sequentielle Kombination von zwei oder allen drei dieser Arten von Innovationsentscheidungen dar.

Eine weitere Möglichkeit, wie ein soziales System eine Diffusion beeinflussen kann, stellt die Konsequenzen dar, die durch Veränderungen aufgrund der Annahme oder Ablehnung von Innovationen durch ein Individuum oder ein soziales Systems entstehen (Rogers 2003, S. 38).

- **Zeit**

Zeit ist in der Diffusion in dem Innovations-Diffusions-Prozess, in der Originalität und in der innovativen Adoptionsrate enthalten. Unter dem Innovationsentscheidungsprozess wird jener Prozess verstanden, der folgende Punkte berücksichtigt:

- die ersten Erkenntnisse über Innovationen, die zur Bildung der Einstellung zu Innovationen eines Individuums (oder einer anderen beschlussfassenden Einheit) erforderlich sind sowie
- die Entscheidung ob die Innovation angenommen oder abgelehnt werden soll und
- die Umsetzung einer neuen Idee und die Bestätigung dieser Entscheidung (Rogers 2003, S. 37).

Der Diffusions-Prozess besteht aus fünf Phasen (Sawtschenko 2009, S. 7):

- Wahrnehmungsphase: In dieser Phase wird die Innovation von dem potentiellen Abnehmer oder einer Gruppe von Entscheidungsträgern das erste Mal zur Kenntnis genommen. Hierbei spielen Merkmale wie sozio-ökonomische, persönlichkeitsbezogene und kommunikative Eigenschaften der Entscheidungsträger eine wesentliche Rolle.

- Überzeugungsphase: Während dieser Phase findet die Meinungsbildung über eine Innovation statt. Dabei liegt der Fokus auf den Eigenschaften der Innovation.
- Entscheidungsphase: Diese Phase basiert auf Nutzenanalysen der Innovation in der Gegenwart und in der Zukunft und führt zur Entscheidung über eine Annahme oder Ablehnung der Innovation.
- Umsetzungsphase: In dieser Phase findet die Nutzung der Innovation durch den Abnehmer statt.
- Bestätigungsphase: In dieser Phase wird die Adoptionsentscheidung überprüft.

Eine Diffusion stellt eine Verbreitung einer neuen Idee dar und dies kann zu gesellschaftlichen Veränderungen führen. Somit ist eine Diffusion ständig mit Unsicherheiten verbunden. Um diese Unsicherheiten zu reduzieren und eine möglichst optimale Entscheidung zu treffen, suchen Individuen in den verschiedenen Stufen des Innovations-Entscheidungsprozesses nach Informationen (Rogers 2003, S. 37).

Nach Rogers werden die potentiellen Adoptoren nach ihrer individuellen Innovativität Gruppen zugeordnet. Unter der individuellen Innovativität wird der Grad verstanden, zu dem Adoptoren (Individuen oder Organisationen) relativ früher oder später eine Innovation gegenüber anderen Mitgliedern des sozialen Systems übernehmen (Rogers 2003, S. 37). Es lassen sich somit fünf Kategorien von Adoptoren klassifizieren (Sawtschenko 2009, S. 8f.):

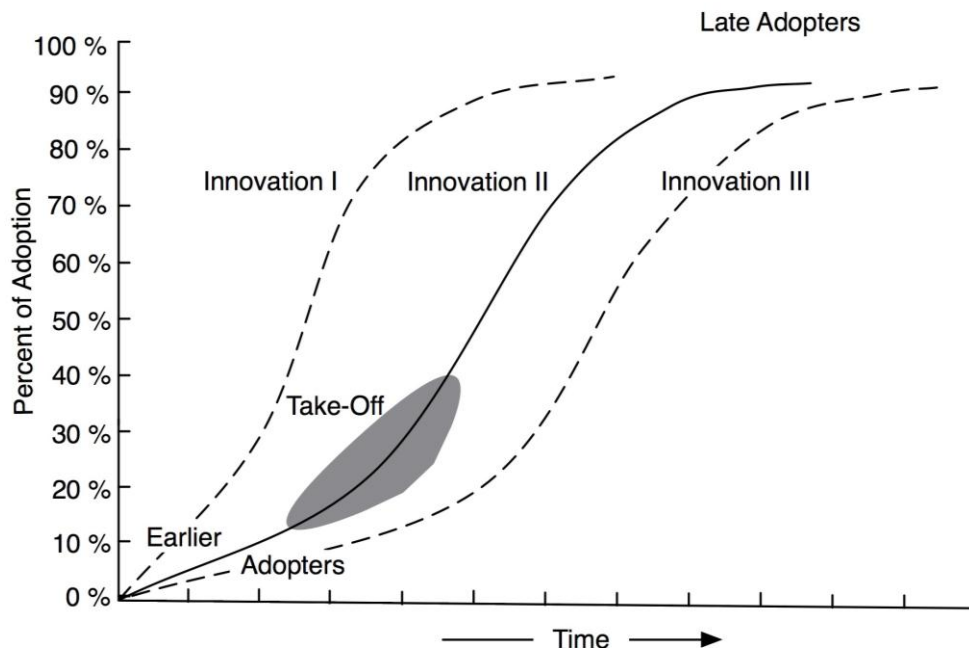
- Innovatoren: Unter diese Kategorie fallen jene Mitglieder des Systems, die die Innovation als erste übernehmen. Mitglieder dieser Gruppe zeichnen sich durch eine hohe Risikobereitschaft aus, besitzen den Drang jede Innovation zu prüfen und verfügen über die notwendigen finanziellen Mittel, um sich gegen Fehlschläge einer Adoption zu schützen. Zudem besitzen sie komplexe technische Fähigkeiten und Kenntnisse, die zur Anwendung einer Innovation

benötigt werden. Rund 2,5 Prozent aller Mitglieder eines sozialen Systems sind Innovatoren.

- Frühe Übernehmer: Diese Gruppe beinhaltet die meisten Meinungsführer von sozialen Systemen, da potentielle Übernehmer sich häufig von den Informationen und Ratschlägen der frühen Übernehmer beeinflussen lassen. Den frühen Übernehmern wird somit ein hohes Ansehen und eine Vorbildfunktion für zukünftige Adoptoren in einem sozialen System zugeschrieben. Unter diese Gruppe fallen 13,5 Prozent der Mitglieder eines Systems.
- Frühe Mehrheit: Der Adoptionsprozess der Mitglieder der frühen Mehrheit dauert länger als jener der Innovatoren und frühen Übernehmer, da die Mitglieder dieser Kategorie häufig anderen im Adoptionsprozess folgen und selten selbst eine solche Bewegung einleiten. Diese Gruppe umfasst 34 Prozent aller Mitglieder des sozialen Systems.
- Späte Mehrheit: Diese Gruppe umfasst Skeptiker, die Innovationen erst nach der Adoption der breiten Masse übernehmen. Innovationen werden von diesen Mitgliedern als Reaktion auf sozialen Druck oder aufgrund von wirtschaftlicher Notwendigkeit übernommen. Zu dieser Kategorie zählen weitere 34 Prozent der Mitglieder des Systems.
- Nachzügler: Mitglieder, die zur Kategorie der Nachzügler zählen, repräsentieren ein traditionelles und konservatives Verhalten gegenüber der Adoption von Innovationen. Sie sind die letzten, die die Innovation übernehmen. Diese Gruppe weist das höchste Risiko einer Nicht-Adoption auf. 16 Prozent aller Mitglieder eines sozialen Systems gehören zu dieser Kategorie.

Zusammenfassend wird in Abbildung 1 ein Diffusionsprozess grafisch dargestellt. Diese Abbildung zeigt die einzelnen Arten von Adoptoren und wo sie sich zeitlich in dem Diffusionsprozess befinden

Abbildung 1: Diffusionsprozess



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Rogers 2003, S. 11

Folglich werden diese vier Elemente auf den Diffusionsprozess von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen umgelegt.

2.2. Darstellung des Diffusionsprozesses von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen

Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge stellen eine **Innovation** dar, da sie von der Gesellschaft als etwas Neues, noch nie Dagewesenes wahrgenommen werden und eine technologische Erneuerung darstellen (Rogers 2003, S. 36). Die relativen Vorteile von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen gegenüber herkömmlichen benzin- oder dieselbetriebenen Fahrzeugen liegen in der Reduktion von Lärm- und Feinstaubbelastung und der unbegrenzten Ressourcenvorkommnisse von Wasserstoff (Geitmann 2004, S. 239ff.). Weiters könnten wasserstoffbetriebene Fahrzeuge kompatibel mit dem Bedürfnis der Gesellschaft zur Erhaltung einer sauberen Umwelt sein. Erste Erfahrungen konnten die potenziellen Nutzer dieser Fahrzeuge bereits in verschiedenen Programmen, wie beispielsweise dem Clean Hydrogen in European Cities (CUTE) Programm, sammeln. Dieses Projekt wurde in zehn europäischen Städten realisiert, indem Versuche mit jeweils drei

Brennstoffzellenbussen durchgeführt wurden. Mit den 12 Meter langen und 14 Tonnen schweren Bussen konnten 60 Personen gleichzeitig befördert werden. Die Bilanz nach einer zweijährigen Versuchszeit war eine gute Praxistauglichkeit der Fahrzeuge, ein leises, sauberes Fahren, ohne zu rucken oder zu vibrieren. Die Energieausbeute war mit 15 Prozent besser als mit herkömmlichen dieselbetriebenen Bussen (Geitmann 2006, S. 137f.). Durch dieses oder ähnliche Projekte können solche Fahrzeuge von der Gesellschaft benutzt und getestet werden.

Der Austausch von Informationen zwischen den einzelnen Akteuren wie Regierung, Wissenschaft, Industrie und Gesellschaft kann über diverse **Kommunikationskanäle** wie Plattformen verschiedener Wasserstofforganisationen, Berichte, Zeitschriften, Schulungen, Veranstaltungen etc. stattfinden. Jedoch sind zur Erreichung einer steigenden Akzeptanz in der Gesellschaft neben der Aufklärung durch Experten über die Vorteile, Sicherheit und Fortschritte von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen auch individuelle, subjektive Einschätzungen und Beurteilungen erforderlich. Folglich können Demonstrationsprojekte, bei denen diese Fahrzeuge von potenziellen Nutzern getestet und geprüft werden können zur Akzeptanzsteigerung hilfreich sein (Bertram 2011, S. 231ff.).

Überdies spielen die Mitglieder eines **sozialen Systems** beim Diffusionsprozess von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen eine bedeutende Rolle, da diese über die Annahme und Ablehnung der Einführung dieser Fahrzeuge am Markt entscheiden. Innerhalb eines sozialen Systems können sich Meinungsführerschaften bilden, welche die Einstellung und Verhaltensweise von anderen Mitgliedern beeinflussen können (Rogers 2003, S. 37f.). In Hinblick auf die Markteinführung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen müssen sowohl die autoritäre als auch die kollektive Innovationsentscheidung mitberücksichtigt werden. Auf der einen Seite können Experten, welche über technisches Know-How, Status und Macht verfügen, über die Annahme oder Ablehnung dieser Fahrzeuge entscheiden, und auf der anderen Seite ist die Akzeptanz der Bevölkerung für eine erfolgreiche Diffusion dieser Fahrzeuge auf dem Markt erforderlich. Ferner besteht der Diffusionsprozess von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen aus fünf Phasen, welche von der **Zeit** abhängig sind (Sawtschenko 2009, S. 7):

- Die Nutzung von Wasserstoff als Treibstoff für Fahrzeuge wurde bereits von einigen potenziellen Abnehmern und Entscheidungsträgern wahrgenommen.
- In der Überzeugungsphase wird die Meinung der Akteure zu diesen Fahrzeugen gebildet, indem sie durch verschiedene Kommunikationskanäle über die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie aufgeklärt und informiert werden. Dadurch sollen die Unsicherheiten beseitigt und die Akzeptanz auf diesem Gebiet gesteigert werden.
- Aufgrund der gewonnenen Informationen der vorhergehenden Phase reduziert sich das Risiko, eine suboptimale Entscheidung zu treffen, und es wird in der Entscheidungsphase über die Annahme oder Ablehnung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen befunden.
- In Europa soll die Umsetzung einer Wasserstoffwirtschaft im besten Szenario bis 2050 erreicht werden (Bertram 2011, S. 254).
- Ob die Innovationsentscheidung zur Einführung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen am Markt optimal ist, wird sich dann in der Bestätigungsphase zeigen.

Im CUTE-Projekt zeigt sich beispielsweise, dass der Diffusionsprozess bereits in der Überzeugungsphase gescheitert ist, da sich die Straßenbahngesellschaften trotz der oben genannten positiven Bilanz nach Ablauf der Testphase gegen die Einführung der Brennstoffzellenbusse entschieden haben. Gründe gegen eine Weiterführung des Projekts waren beispielsweise die zu hohen Treibstoffversorgungen, der enorme Wartungsaufwand oder auch das unterschiedliche Leistungsprofil der Busse an den verschiedenen Orten (Geitmann 2006, S.139). Aufgrund solcher Ergebnisse wird weiter an der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie geforscht, um ihr Potenzial zu optimieren und somit bis 2050 das Ziel zum Übergang auf eine Wasserstoffwirtschaft zu erreichen.

3. Theoretische Aspekte der Forschungs- und Entwicklungsförderung

Laut marktwirtschaftlicher Sicht zählen F&E zum Aufgabengebiet von Unternehmen mit dem Ziel Innovationen zu erbringen und dadurch die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Der Staat wird lediglich aufgefordert, Maßnahmen zur Förderung von F&E zu ergreifen, um ein günstiges Forschungsklima zu schaffen. Daher orientieren sich öffentliche Forschungs- und Entwicklungsförderungen am Grundsatz der Subsidiarität: Der Staat setzt nur dort Maßnahmen zur Unterstützung von F&E, wo diese aus übergeordneten gesamtwirtschaftlichen oder gesellschaftlichen Gründen benötigt werden (Brockhoff 1999, S. 115).

3.1. Kriterien für öffentliches Eingreifen in Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten

Staatliche Eingriffe auf die Verteilung von Produktionsfaktoren sind erforderlich, sofern Marktunvollkommenheiten auftreten, Marktversagen in Marktwirtschaften entsteht oder das Angebot an privaten Gütern den individuellen Wünschen der Nachfrager am Markt nicht entspricht (Brockhoff 1999, S. 115f).

Marktunvollkommenheit

Das Modell der Marktvollkommenheit gilt als Idealvorstellung eines optimalen Marktes und nimmt an, dass alle Marktteilnehmer nach ökonomischen Grundsätzen handeln. Ein vollkommener Markt lässt sich durch folgende Merkmale charakterisieren (Mohr 2004, S. 14):

- Homogenität der Güter: Unter homogenen Gütern werden identische oder gleichartige sowie fungible Erzeugnisse verstanden, die vollständig substituierbar sind, da sie von den Nachfragern als gleich gut bewertet werden. Desweiteren bestehen bei homogenen Gütern keine sachlichen Präferenzen, da sie keinen wesentlichen Unterschied hinsichtlich Verpackung und Qualität aufweisen (Cezanne 2005, S. 156).
- Fehlen von Präferenzen: Auf perfekten Märkten entscheiden die Konsumenten nicht aufgrund sachlicher-, räumlicher-, zeitlicher- oder persönlicher Präferenzen welches

Produkt sie kaufen. Beispiele für solche Präferenzen könnten freundschaftliche Beziehungen, Standortvorteile oder Lieferfristen sein (Mohr 2004, S. 14). Somit spielt lediglich der Preis bei der Kaufentscheidung des Käufers eine entscheidende Rolle (Heertje, Wenzel 2001, S. 132).

- Vollständige Markttransparenz: Eine vollständige Markttransparenz geht davon aus, dass Anbieter und Nachfrager über gleichartige und vollständige Informationen den Markt betreffend verfügen. Alle Marktteilnehmer haben somit dieselben Informationen über die Geschäftsbedingungen wie beispielsweise den Preis, Rabatte, Qualitäten etc. (Mohr 2004, S. 14). Daher können auf einem vollkommenen Markt keine Preisunterschiede bestehen (Cezanne 2005, S. 156).
- Punktmarkt: Charakteristisch für einen „Punktmarkt“ ist das Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage am selben Ort, zur gleichen Zeit. Zudem wird angenommen, dass Marktteilnehmer sehr schnell auf Veränderungen reagieren, und somit ist kein Zeitbedarf für Anpassungen notwendig (Mohr 2004, S. 14).

Außerdem wird auf vollkommenen Märkten davon ausgegangen, dass alle Marktteilnehmer sich an den Ökonomieprinzipien orientieren. Die Marktvollkommenheit wird zudem auch durch die Dauer des Gleichgewichts und die Offenheit des Marktes beeinflusst. Unter einem offenen Markt wird verstanden, dass es einen freien Markteintritt ohne Eintrittsbarrieren gibt. Ein weiteres Merkmal von vollkommenen Märkten ist, dass keine Preisunterschiede auftreten, da jedes homogene Gut zu jedem Zeitpunkt genau einen Preis besitzt (Cezanne 2005, S. 157).

Sobald eine oder mehrere der oben angeführten Merkmale des vollkommenen Marktes nicht zutreffen, spricht man von einem unvollkommenen Markt. In der Realität existieren ausschließlich unvollkommene Märkte. Auf unvollkommenen Märkten werden heterogene Wirtschaftsgüter gehandelt und es existieren Präferenzen räumlicher, zeitlicher, sachlicher oder persönlicher Art zwischen den Anbietern und Nachfragern. Weiters ist an unvollkommenen Märkten keine Markttransparenz gegeben, die Zielsetzung der Marktteilnehmer ist nicht einheitlich, und die Reaktionsgeschwindigkeit der Marktteilnehmer ist begrenzt (Cezanne 2005, S. 33ff.).

Zudem kann Marktunvollkommenheit auch durch externe Effekte entstehen. Unter externen Effekten werden Auswirkungen von ökonomischen Aktivitäten verstanden, die von Wirtschaftssubjekten getätigt werden und unbeteiligte Marktteilnehmer beeinflussen. Diese Effekte werden nicht in den Transaktionskosten berücksichtigt, da keiner dafür bezahlt oder einen Ausgleich erhält (Pindyck, Rubinfeld 2009, S. 409).

Externe Effekte können in positive und negative externe Effekte unterteilt werden. Positive externe Effekte liegen vor, wenn die Auswirkungen für die Marktteilnehmer einen Nutzen bringen. Wirken sich jedoch die Reaktionen schädigend auf die Marktteilnehmer aus, spricht man von negativen externen Effekten. Ein klassisches Beispiel dafür liefern die Kosten die aufgrund der Umweltverschmutzung durch Produzenten von Industriechemikalien entstehen und sich negativ auf die Gesellschaft auswirken. Ohne staatliche Eingriffe besteht für diese Produzenten kein Anreiz, die gesellschaftlichen Kosten dieser Verschmutzung zu berücksichtigen (Pindyck, Rubinfeld 2009, S. 409).

Marktversagen

Marktversagen entsteht, sobald der Marktmechanismus gestört wird, d. h. die nachgefragte und angebotene Menge für Güter am Markt befindet, sich nicht im Gleichgewicht und somit pendeln sich auch keine Markt- und Gleichgewichtspreise ein. Tritt ein Marktversagen ein, wird darüber entschieden, ob der Staat zur Regulierung des Marktes in das Marktgeschehen eingreifen soll und ob Güter als öffentliche Güter angeboten werden sollen (Wildmann 2010, S. 39).

Folgende Tabelle listet die möglichen Funktionsweisen, die Arten von Marktversagen und verschiedenen Gütereigenschaften auf:

Tabelle 1: Funktionsweisen, Arten von Marktversagen und Gütereigenschaften

Marktmechanismus	Art des Marktversagens	Klassifikation der Güter	Beispiele
Der Markt funktioniert	Kein Marktversagen	Private Güter	Lebensmittel, Friseur
Der Markt funktioniert aber nicht optimal	Partielles Marktversagen	Meritorische Güter	Bildung, Gesundheit
Der Markt funktioniert nicht	Totales Marktversagen	Öffentliche Güter	Landesverteidigung, Straßenbeleuchtung
Der Markt würde funktionieren, darf es aber nicht	Marktreglementierung und -verbot	Demeritorische Güter	Illegale Drogen, Zwangsprostitution

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Wildmann 2010, S. 39

Die Art des Marktversagens sowie die Unterteilung der Güter in private und öffentliche unterliegen dem Grundsatz der Ausschließbarkeit und dem Grundsatz der Rivalität. Der Grundsatz der Ausschließbarkeit bezieht sich auf das Verhältnis von Anbieter zu Nachfrager, und der Grundsatz der Rivalität umfasst das Verhältnis Nachfrager zu Nachfrager. Daher liegt eine Ausschließbarkeit vom Konsum vor, sobald Nachfrager vom Konsum von Waren oder Dienstleistungen durch den Anbieter dieser Güter ausgeschlossen werden können. Ist ein Ausschluss der Nachfrager vom Güterkonsum jedoch nicht möglich, besteht eine Nichtausschließbarkeit am Markt, die zu einem Marktversagen führen kann. Weiters existiert eine Rivalität beim Konsum, wenn Nachfrager beim Konsum eines Gutes durch andere Nachfrager behindert werden. Nichtrivalität bedeutet, dass keine Behinderung beim Güterkonsum am Markt herrscht. Gleich wie die Nichtausschließbarkeit kann auch die Nichtrivalität zu Marktversagen führen (Wildmann 2010, S. 39f.).

Besonders bei öffentlichen Gütern besteht das Risiko eines Marktversagens, da diese nichtausschließbar und nichtrivalisierend sind. Diese Güter werden preiswert angeboten und stehen jedem zu Verfügung, dies kann die Funktionalität des Marktes beeinträchtigen (Pindyck, Rubinfeld 2009, S. 793). Ein Beispiel für öffentliche Güter stellt die Grundlagenforschung dar. Die Grundlagenforschung dient der Gewinnung von neuen wissenschaftlichen oder technischen Erfahrungen und Erkenntnissen ohne Orientierung an einer bestimmten Anwendung. Die angewandte Forschung baut auf der Grundlagenforschung auf, sie führt erste Untersuchungen zur Erlangung neuen Wissens durch und ist auf spezifische praktische Ziele ausgerichtet. Aufgrund der Nichtrivalität und

Nichtausschließbarkeit und der hohen Unsicherheit haben Unternehmen häufig kein Interesse, in Grundlagenforschung zu investieren. Daher ist hier eine staatliche Unterstützung erforderlich (Böttger 2004, S. 72).

Wasserstoffbetriebe Fahrzeuge gehen mit der Entwicklung einer neuen Antriebs- bzw. Netzwerktechnologie einher, die häufig Unsicherheiten und Risiken aufweisen. Daher lassen sie sich unter Umständen auf privaten Märkten trotz ihrer Vorteilhaftigkeit nicht ohne Weiteres durchsetzen. Aus diesem Grund sind staatliche Förderungen zur Einführung dieser Technologie am Markt notwendig. Neue Technologien sind häufig zu Beginn mit hohem Entwicklungsrisiko und unsicheren Renditeerwartungen verbunden und erhalten deshalb häufig staatliche Förderungen für F&E. Diese öffentlichen Investitionen werden normalerweise erst auf einem bestimmten Level der Praxistauglichkeit und Marktreife von privaten F&E-Investitionen abgelöst. Staatliche Förderungen sollten jedoch dann neben den privaten Investitionen weiterbestehen, wenn bei Netztechnologien auf privaten Märkten Koordinationsprobleme auftreten. Dadurch können Marktversagen vermieden, private Aktivitäten erhöht und folglich der Entwicklungs- und Marktreifeprozess beschleunigt werden (Leschus, Vöpel 2008, S.25f.).

Netztechnologien sind jene Technologien, die bei ihrer Nutzung auf eine Infrastruktur angewiesen sind. Die Nachfrage nach dieser Technologie entsteht erst, sobald eine ausreichende Infrastruktur besteht, jedoch rentiert sich die Errichtung einer derartigen Infrastruktur erst mit einer ausreichenden Nachfrage. Somit besteht für Konsumenten beispielsweise kein Grund sich ein Fahrzeug zu kaufen, wenn keine Straße zur Verfügung steht, auf der man damit fahren kann. Daraus ergeben sich Netzexternalitäten, welche zu einem Marktversagen hinsichtlich der Bereitstellung einer Infrastruktur auf privaten Märkten führen kann. Je besser also die Infrastruktur (Netzwerk), desto höher ist der Nutzen für den Verbraucher. Dieser Effekt, mit keinen zusätzlichen Kosten für die Konsumenten verbunden, bringt somit den Anbietern keine zusätzlichen Erträge sondern nur Aufwände ein (Leschus, Vöpel 2008, S.26).

Meritorische Güter

Meritorische Güter sind für die Allgemeinheit verdienstvolle Güter. Bei diesen Gütern funktionieren zwar der privatwirtschaftliche Ausschließungsmechanismus und die Rivalität des Konsums, jedoch liegt die private Nachfrage bzw. das Angebot unter den gesellschaftlichen Erwartungen. Ein Beispiel für ein meritorisches Gut sind F&E und das daraus resultierende Wissen. Hier greift der Staat besonders dann ein, wenn Unternehmen eine risikoscheue Einstellung gegenüber F&E haben (Brockhoff 1999, S. 120). Ein weiteres Beispiel liefert das Gesundheits- und Bildungssystem. Würde das Gesundheits- und Bildungssystem rein von der Privatwirtschaft angeboten werden, würde das dazu führen, dass viele Menschen keine ausreichende Gesundheitsversorgung oder Bildung erhalten. Daher ist ein staatlicher Eingriff dann erforderlich, wenn Güter von allen konsumiert werden sollen oder sogar müssen, da sie als sehr wichtig für das Gemeinwesen angesehen werden (Wildmann 2010, S. 44f.).

Im Bereich der Brennstoffzellentechnik sind staatliche Eingriffe in die F&E-Aktivitäten aufgrund einiger oben angeführter Gründe zu rechtfertigen: Der Staat geht davon aus, dass die Investitionsbereitschaft der privaten Unternehmen zu gering ist und somit ein Marktdefizit vorliegt. Zum anderen erfordert eine Diffusion der Brennstoffzellentechnologie hohe Innovationen im Bereich der Infrastruktur, welche durch staatlich rechtliche Vorgaben, Entwicklungspläne, Konzessionsvergaben und Investitionstätigkeiten geprägt sind. Die staatlichen Förderungsmaßnahmen sollen somit durch die öffentliche Nutzung zu einer Reduktion der Umweltbelastungen, einer erhöhten Versorgungssicherheit sowie einer potenziellen volkswirtschaftlichen Bedeutung dieser Technologie führen (Edler 2007, S.208).

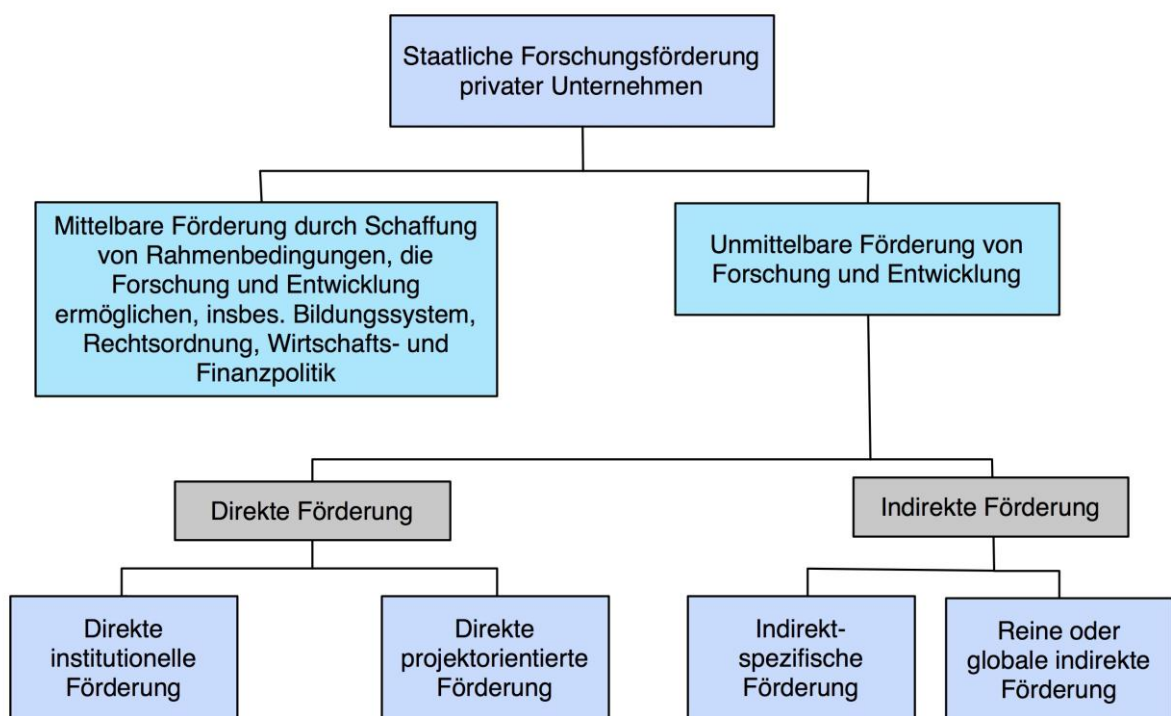
3.2. Arten von Forschungs- und Entwicklungsförderung

Staatliche Forschungs- und Entwicklungsförderungen können nach der Art, in der sie gewährt werden, beurteilt werden. Diese Förderungen werden nach Brockhoff in die mittelbare Förderung und die unmittelbare Förderung unterteilt. Bei der mittelbaren Förderung liegt der Fokus auf der Schaffung von Rahmenbedingungen, die F&E ermöglichen, beispielsweise das Bildungssystem, die Rechtsordnung, die Wirtschafts- und Finanzpolitik sind hier gemeint (Brockhoff 1999, S. 124f.).

Die unmittelbare Förderung von F&E lässt sich weiter unterteilen in die direkte Förderung und die indirekte Förderung (Brockhoff 1999, S. 124f.). Diese beiden Arten werden in den folgenden Kapiteln genauer erläutert.

Die verschiedenen staatlichen Arten zur Förderung von F&E sind in Abbildung 2 übersichtlich dargestellt.

Abbildung 2: Maßnahmen staatlicher Forschungsförderung privater Unternehmen



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Brockhoff 1999, S. 125

3.2.1. Direkte Förderung

Bei der direkten Förderung bestimmt der Staat die einzelnen Forschungsziele und -aufgaben. Dabei gibt es drei Möglichkeiten der Vorgehensweise (Vogel 2000, S. 141):

- Der Staat selbst legt die Aufgaben der staatlich finanzierten Forschungsinstitute fest.
- Selbstverwaltungsorgane legen die Aufgaben der staatlich finanzierten Forschungsinstitute fest.
- Der Staat definiert die Inhalte und Ziele der von ihm in Auftrag gegebenen und geförderten Forschungsprojekte (Vogel 2000, S. 141)

Die direkte Förderung wird weiter in zwei Gruppen unterteilt, in die direkte institutionelle Förderung und die projektorientierte Förderung.

Direkte institutionelle Förderung

Mit Hilfe der direkten institutionellen Förderung versucht der Staat, die Grundlagenforschung auf lange Sicht abzusichern und einen kontinuierlichen Forschungsprozess zu gewährleisten (Vogel 2000, S. 142). Sie beinhaltet die Zuweisung von öffentlichen Mitteln (z.B. Infrastruktur, Personal usw.) an staatliche Forschungseinrichtungen (z.B. Austrian Research Center Seibersdorf, Hochschulen usw.) und Forschungsfonds (z.B. FFF, FWF usw.). Die institutionelle Förderung richtet sich besonders auf Aufgaben des Bereiches der Vor- und Technologieentwicklung bzw. Grundlagenforschung, deren Verwirklichung für Unternehmen unwirtschaftlich wäre, da aus diesen Entwicklungsaufwendungen keine marktfähigen Produkte entstehen. Der Wissens- und Erfahrungsaustausch der gewonnenen Erkenntnisse zwischen Wissenschaft und Wirtschaft dient lediglich einer Verbesserung der Zusammenarbeit (Stummer, Günter, Köck 2010, S. 152).

Direkte projektorientierte Förderung

Das Ziel der direkten projektorientierten Förderung ist es, aufgrund fixierter Kriterien ausgewählte Forschungsprojekte zu unterstützen, um dadurch relevante technologische Lösungen zu gewinnen. Aufgrund des häufig zu großen technisch-wissenschaftlichen, wirtschaftlichen oder finanziellen Risikos für Unternehmen können diese Erkenntnisse allein durch den Markt nicht generiert werden (Stummer, Günter, Köck 2010, S. 152).

3.2.2. Indirekte Förderung

Der Staat nimmt bei der indirekten Förderung keinen direkten Einfluss auf die Forschungsprojekte und deren Inhalte. Er gibt lediglich die Richtlinien für die Aufteilung des Budgets mittels „Gießkannen-Prinzip“ vor (Stummer, Günter, Köck 2010, S. 152). Durch die indirekte Förderung werden die Rahmenbedingungen für Steuererleichterungen, Innovationen, Sonderabschreibungen, Personalkostenzuschüsse, Investitionszulagen etc. verbessert. Dadurch erhofft sich der Staat das Innovationspotential der Unternehmen zu stärken und bestehende Innovationshemmnisse zu verringern (Tamásy 1996, S.50). Die

indirekte Förderung kann weiter in eine indirekt-spezifische Förderung und eine reine oder globale indirekte Förderung unterteilt werden.

Indirekt-spezifische Förderung

Bei der indirekt-spezifische Förderung liegt das Hauptaugenmerk auf der Weiterentwicklung ausgewählter Technologiebereiche, die durch öffentliche Mittel ermöglicht werden soll. Besonders kleine und mittlere Unternehmen sollen im Rahmen dieser Maßnahme mit Hilfe von Personalkostenzuschüssen, Sonderabschreibungen für Investitionen oder Steuererleichterungen gefördert werden (Stummer, Günter, Köck 2010, S. 152).

Reine oder globale indirekte Förderung

Im Gegensatz zur indirekt-spezifischen Förderung gibt die reine oder globale indirekte Förderung keine Vorgaben über den Einsatzbereich der Förderung vor. Bei der reinen oder globalen indirekten Förderung steht lediglich die Steigerung der privaten F&E-Quote des privaten Unternehmensbereichs im Vordergrund. Wie bei der indirekt-spezifischen Förderung kommen auch hier Sonderabschreibungen für Investitionen, Personalkostenzuschüsse oder Steuererleichterungen zum Einsatz (Stummer, Günter, Köck 2010, S. 152).

Anschließend werden im folgenden Kapitel diffusionsfördernde Rahmenbedingungen erläutert, aus denen sich diverse Forschungsprojekte für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ergeben.

4. Diffusionsfördernde Rahmenbedingungen für die Wasserstofftechnologie

In Hinblick auf die Reduktion von CO₂-Emissionen stellt besonders die Wasserstofftechnologie eine vielversprechende, zukunftsfähige Alternative zu fossilen Verbrennungsmotoren dar. Um jedoch das Potential der Wasserstofftechnologie und ihren Beitrag zur Versorgungssicherheit im Verkehrsbereich zu erhöhen, bedarf es spezifischer Instrumente zur Förderung von Wasserstoff bzw. alternativen Antriebstechnologien. Diese Instrumente werden unterschieden in jene die sich auf die Nachfrageseite und jene, die sich auf die Angebotsseite beziehen (Leschus, Vöpel 2008, S.27).

Die Nachfrage nach wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen kann durch das Ersetzen der Kfz-Steuer durch eine CO₂-Steuer unterstützt werden. Dies würde sich positiv auf die CO₂-arme Antriebstechnologie auswirken, indem wasserstoffbetriebene Fahrzeuge vergütet und diese über den Preismechanismus somit wettbewerbsfähig gemacht werden. Durch den Einsatz einer CO₂-Steuer könnten bei privaten Anbietern Anreize für technologische Innovationen zur Reduktion von CO₂ entstehen. Als Alternative zur Förderung mittels CO₂-Steuer könnten Subventionen für mögliche Umrüstungsinvestitionen, welche durch den Wechsel von der „alten“ auf die Wasserstofftechnologie entstehen, angeboten werden. Dadurch könnte der Übergang von Flotten, welche mit einer alten Technologie ausgestattet sind, auf Flotten, welche mit neuen Antriebstechnologien wie der Wasserstofftechnologie ausgerüstet sind, beschleunigt werden (Leschus, Vöpel 2008, S.27).

Auf der Angebotsseite kann durch den Ausbau von Forschungsförderungen mit Hilfe verschiedener Instrumente die Anwendung von Wasserstoff als alternative Antriebstechnologie gefördert werden. Investitionen zur Errichtung einer Infrastruktur könnten teilweise von Staat übernommen werden. Wie bereits oben erwähnt, kann die Bereitstellung einer Infrastruktur auf privaten Märkten versagen. Daher ist ein staatlicher Eingriff notwendig. Durch derartige Anfangsinvestitionen übernimmt der Staat einen Teil des Investitionsrisikos und reduziert dadurch die Markteintrittskosten für private Anbieter. Ferner könnten steuerliche Begünstigungen für private Forschungs- und Entwicklungs-

Investitionen im Bereich alternative Antriebstechnologien eingeführt werden. Dies würde zu einer Verschiebung der Grenzinvestitionen sowie zu einem Rückgang von Investitions- und Kapitalkosten führen und folglich würden Investitionen privater Anbieter mit hoher Wahrscheinlichkeit ansteigen (Leschus, Vöpel 2008, S.27).

Politische Rahmenbedingungen haben ebenfalls einen bedeutenden Einfluss auf die Entwicklung im Energiebereich und somit auch auf die Verbreitung der Wasserstofftechnik. Besonders die Förderpolitik spielt bei der Unterstützung alternativer Energietechniken eine bedeutende Rolle. Um verschiedene Wirtschaftszweige im Bereich erneuerbare Energien zu unterstützen, wurden weltweit verschiedene Initiativen und Projekte zur Förderung von F&E im Energiebereich gestartet (Geitmann 2010, S. 51).

Einige Beispiele von Rahmenbedingungen und Maßnahmen zum weltweiten Umweltschutz und zur Förderung von erneuerbaren Energien werden in den folgenden Kapiteln beschrieben.

4.1. Internationale Rahmenbedingungen

Weltweit wurde eine Vielzahl an Initiativen und Maßnahmen gestartet, um die Alltagstauglichkeit und Funktionalität der Entwicklungen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zu überprüfen, die Öffentlichkeit über diese Technologie zu informieren und aufzuklären sowie deren Einführung auf dem Markt voranzutreiben (diebrennstoffzelle.de 2012).

Ausschlaggebend für solche Initiativen waren unter anderem steigende CO₂-Emissionen und die damit zusammenhängende Umweltproblematik. Das folgende Kapitel beschreibt das Kyoto-Protokoll, welches die Basis für einige weitere Maßnahmen zur Förderung von F&E Programmen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie liefert.

4.1.1. Das Kyoto-Protokoll

Aufgrund der Annahme, dass die globale Erwärmung hauptsächlich durch Treibhausgasemissionen entsteht wurde eine Reihe an Aktionen getätigt, um diese negativen

Auswirkungen möglichst schnell zu reduzieren. Im Rahmen dieser Aktionen wurde die Organisation „United Nations Framework Convention on Climate Change“ (UNFCCC) gegründet. 1997 wurde in Kyoto ein Abschlussprotokoll erstellt, das auf den Erkenntnissen der UNFCCC aufbaut. Am 16. Februar 2005 trat das Kyoto-Protokoll in Kraft. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls verpflichten sich industrialisierte Länder und Länder, die sich auf dem Weg zur Marktwirtschaft befinden, auf freiwilliger Basis, international gesetzte Ziele und Zeithorizonte zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu verfolgen und einzuhalten (Zahoransky 2007, S. 338f.).

Zu erwähnen ist allerdings, dass Entwicklungs- und Schwellenländer sowie große Nationen wie beispielsweise China, Brasilien und Indien sich nicht verpflichten, ihren Emissionsanteil zu reduzieren und dennoch an gewissen Mechanismen des Protokolls mitwirkend teilhaben. Jedoch steigen gerade in diesen Ländern - durch deren hohes Wirtschaftswachstum - die Treibhausgasemissionen stark an, was die Entwicklung der ärmeren Länder möglicherweise behindern könnte (Zahoransky 2007, S. 339).

Im Rahmen dieses Protokolls werden unbeschränkte finanzielle Maßnahmen zur Reduktion der globalen Erwärmung getätigt. Somit sollen in den nächsten 50 bis 300 Jahren die prognostizierten katastrophalen Auswirkungen der weltweiten Erwärmung vermindert werden (Zahoransky 2007, S. 339).

Um die Ziele des Kyoto-Protokolls zu erreichen, liefert das Protokoll eine Reihe an Vorschlägen für nationale Maßnahmen zur Förderung einer nachhaltigen Entwicklung und Abschwächung des Klimawandels. Zudem beinhaltet das Protokoll drei Instrumente, die dazu dienen sollen, die Kosten der Emissionsziele zu reduzieren (Zahoransky 2007, S. 339):

- Emissionshandel: Durch das Kyoto-Protokoll wurden in den industrialisierten Staaten individuelle Grenzwerte für Treibhausgasemissionen ermittelt. Werden diese Werte von den Staaten unterschritten, können die nicht genutzten Emissionen an andere Länder verkauft werden, welche ihre Grenzwerte nicht einhalten können (Zahoransky 2007, S. 340).
- Joint Implementation (JI): Ist ein Mechanismus, der einen interstaatlichen Ausgleich von zugewiesenen Emissionsrechten ermöglicht. Die Idee dahinter ist, dass dort CO₂-

Reduktionen vorgenommen werden, wo sie am kostengünstigsten sind. Somit erhält das Land, welches in ein anderes Land finanziert hat, Emissionsrechte und das andere Land bekommt Auslandsinvestitionen sowie neue Technologien (Zahoransky 2007, S. 341).

- Clean Development Mechanism (CDM): Länder, die sich im Rahmen des Protokolls dafür verpflichtet haben ihren Emissionsanteil zu vermindern, investieren in Projekte, um die Emissionen ärmerer Länder, für die das Kyoto-Protokoll keine Limitierung der Emissionen angesetzt hat, zu reduzieren und erhalten somit handelbare Emissionsrechte. So können Emissionen reduziert und Maßnahmen zur kostengünstigeren Emissionsminderungen getätigt werden. Ferner erhalten ärmere Länder daraus neue Technologien. Dieser Mechanismus wird als eine Art Entwicklungshilfe verstanden (Zahoransky 2007, S. 341).

Mit Hilfe dieser Instrumente sollen die Kosten zur Erreichung der Emissionsziele für die industrialisierten Länder gesenkt werden. Dabei sollen die mit geringeren Kosten erbrachten CO₂-Einsparungen in anderen Staaten angerechnet werden. In einem solchen Fall müssen bestimmte Richtlinien des Protokolls eingehalten werden. Zudem muss nachgewiesen werden, dass die Nutzung dieser Instrumente zusätzlich zu den eigenen nationalen Anstrengungen erfolgt ist (Zahoransky 2007, S. 341f.).

4.1.2. International Association for Hydrogen Energy

Im März 1974 fand die erste internationale Konferenz über Wasserstoffenergie, die „Hydrogen Economy Miami Energy Conference“ in Miami (USA), statt. Im Rahmen dieser Konferenz wurde die Idee eines Wasserstoffenergiesystems ins Leben gerufen, das eine dauerhafte Lösung für die Erschöpfung von konventionellen Kraftstoffen und auch für globale Umweltprobleme liefern soll. Ende 1974 wurde dann die International Association for Hydrogen Energy (IAHE) zur Stärkung der Wasserstoff-Bewegung gegründet (IAHE 2004).

Die IAHE organisiert seit 1976 die „World Hydrogen Energy Conferences“ (WHECs), die alle zwei Jahre stattfinden und eine Plattform für die Wasserstoffenergie-Gemeinschaft, bestehend aus Wissenschaftlern, Energieingenieuren, Ökologen usw., bietet. Ferner wurden

noch weitere Konferenzen zur speziellen Anwendung von Wasserstoff sowie zahlreiche nationale und internationale Konferenzen zum Thema Wasserstoff als Energieträger von der IAHE ins Leben gerufen (IAHE 2004).

Schwerpunkte im Rahmen der IAHE sind der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft, Entwicklung von Standards für Wasserstoffenergie-technologien und Förderungen für internationale Wasserstoffenergie-Programme. Die erste Zeitschrift, die sich dem Thema Wasserstoff als Energieträger widmet, war das „International Journal of Hydrogen Energy“ (IJHE) der IAHE, erstmals 1975 veröffentlicht. Seit 1982 erscheint monatlich eine neue Ausgabe. Zudem gibt es eine große Anzahl an Büchern zum Thema Wasserstoffenergie, die in mehrere Sprachen übersetzt und weltweit veröffentlicht wurden. Darin sind unter anderem die Fortschritte und Erfolge im Rahmen der WHECs der letzten 40 Jahre verzeichnet (IAHE 2004).

4.1.3. Partnership for Advancing the Transition to Hydrogen

Die „Partnership for Advancing the Transition to Hydrogen“ (PATH) wurde 2002 in Zusammenarbeit mit Regierungen und nationalen Wasserstoffverbänden aus Japan, Kanada und den USA gegründet, um eine gemeinnützige internationale Koalition von Wasserstoffverbänden zu schaffen und dadurch eine internationale Zusammenarbeit zu ermöglichen. Folglich soll dadurch ein Beitrag zur Umstellung auf Wasserstoff als CO₂-freier Energieträger geleistet werden und somit eine Lösung für Umwelt- und Energieprobleme erzielt werden (PATH 2008).

Derzeit sind 20 Wasserstoffverbände und Partnerorganisationen, verteilt auf fünf Kontinente, Mitglieder der PATH. Diese Mitglieder machen 79 Prozent des weltweiten BIP und 40 Prozent der Weltbevölkerung aus. Seit der Gründung der PATH liegt der Fokus auf drei Hauptaktivitäten (PATH 2008):

- Erstellung eines internationalen Netzwerks für Vertreter im Bereich Wasserstoff
- Informationsaustausch zwischen den Partnern über Newsletter, Webseiten und eine Initiativen-Datenbank
- Entwicklung von Codes und Standards für einen sicheren Umgang mit Wasserstoff

Zudem unterstützt die PATH Länder bei der Gründung von Wasserstoffverbänden, indem sie Best Practices des Verbandsmanagements an die Mitgliedsländer weitergibt, öffentliche Schulungen anbietet und anderen weiterreichenden Austausch zwischen Partnern ermöglicht (PATH 2008).

4.1.4. International Partnership for the Hydrogen and Fuel Cells in the Economy

Die „International Partnership for the Hydrogen and Fuel Cells in the Economy“ (IPHE) wurde 2003 vom „US Department of Energy“ und dem „US Department of Transportation“ als internationale Institution zur Beschleunigung des Übergangs zu einer Wasserstoffwirtschaft gegründet. Ziele der IPHE sind erstens die internationale Zusammenarbeit im Bereich der F&E von Wasserstoff und Brennstoffzellen zu erleichtern, zweitens einheitliche Normen und Standards zu schaffen und drittens den Informationsaustausch über die Entwicklung der Infrastruktur zu fördern. Derzeit werden multinationale Forschungs-, Entwicklungs- und Einsatzprogramme zur Beschleunigung einer weltweiten Einführung einer Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie von den 18 Partnern der IPHE gesammelt, strukturiert, ausgewertet und koordiniert. Die IPHE bietet zudem ein Forum für voranbringende Strategien, einheitliche Richtlinien und Normen, die einen kostengünstigen Übergang zu einer Wasserstoffwirtschaft vorantreiben könnten. Weiters klärt die IPHE Interessensgruppen und die Öffentlichkeit über die Vorteile und Herausforderungen der Schaffung einer Wasserstoffwirtschaft auf (IPHE o.J.).

Bisher wurden im Rahmen der IPHE 30 internationale Kooperationsprojekte durchgeführt, welche Themen wie Brennstoffzellen, Wasserstoffproduktion, Wasserstoffspeicherung, Demonstrationen, Vorschriften, Normen, Bestimmungen, Übertragung, Verteilung und Sozioökonomie des Wasserstoffs beinhalteten. Weiters organisierte die IPHE Workshops und Konferenzen, bei denen mehr als 500 technische Experten aus mehr als 25 Ländern beteiligt waren, um Fragen im Bereich der F&E, der Wasserstoffproduktion und deren Nutzung zu beantworten. Daraufhin wurde eine „Priority Scorecard“ entwickelt, welche die wichtigsten Herausforderungen, Prioritäten und Möglichkeiten der internationalen Zusammenarbeit beinhaltet (IPHE o.J.).

4.1.5. Hydrogen Implementing Agreement

Das „Hydrogen Implementing Agreement“ (HIA) wurde 1977 von der „International Energy Agency“ (IEA) gegründet, mit dem Ziel eine kooperative F&E im Bereich Wasserstoff zu schaffen und den Informationsaustausch zwischen den Mitgliedsländern zu verbessern. Das HIA umfasst eine Vielzahl an Wasserstoff Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie Analysen und stellt ein Durchführungsabkommen der IEA dar (IEA/ HIA o.J.).

Die IEA ist eine autonome Organisation innerhalb der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und wurde 1974 bedingt durch die Ölkrise gegründet, um die Zusammenarbeit im Energiebereich zwischen den Mitgliedsländern zu verbessern. Sie versucht für ihre 28 Mitgliedsstaaten eine zuverlässige, erschwingliche und saubere Energieversorgung zu gewährleisten, indem Erdölsicherheitsvorräte möglichen Unterbrechungen der Ölversorgung entgegenwirken sollen. Der Schwerpunkt der IEA liegt auf der Förderung einer effizienten und flexiblen Energiesicherheit in allen Energiesektoren, der Gewährleistung einer stabilen Energieversorgung aller Mitgliedstaaten und der freien Märkte, um die wirtschaftliche Entwicklung zu fördern und Energiearmut zu beseitigen, der Stärkung des Umweltbewusstseins als auch auf der Schaffung eines weltweiten Engagements und einer stärkeren Zusammenarbeit mit Drittländern, um eine gemeinsame Lösung für Energie- und Umweltprobleme zu finden (IEA/ HIA o.J.).

Das HIA geht davon aus, dass in den nächsten 30 Jahren die Schaffung einer sauberen nachhaltigen Energieversorgung basierend auf Wasserstoff eine wichtige Rolle spielen wird. Daher ist das HIA das weltweit führende Mittel für F&E und technische Kompetenz im Bereich der Wasserstofftechnologie. Ziele der HIA sind eine schnelle Umsetzung der Wasserstofftechnologie und eine verbreitete Nutzung dieser Technologie zu schaffen, um den Umweltschutz zu optimieren sowie die Sicherheit der Energieversorgung und die wirtschaftliche Entwicklung zu verbessern. Diese Ziele sollen unter anderem durch Förderung der Akzeptanz von Wasserstoff als Energieträger und die Entwicklung von kostengünstigen und konkurrenzfähigen Wasserstoffenergiesystemen erreicht werden (ieahia.org o.J.).

Nachdem diese Kapitel einen groben Überblick über internationale Maßnahmen und Initiativen zur Förderung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen gegeben haben, bezieht sich das folgende Kapitel auf Förderungsmaßnahmen im europäischen Raum.

4.2. Europäische Rahmenbedingungen

Zu den weltweit aktivsten Ländern im Bereich der Konzept- und Technologieentwicklung für eine Kommerzialisierung von Wasserstoff und Brennstoffzellen zählen viele Mitgliedstaaten der EU. Ziele der EU-Aktivitäten im Rahmen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sind, Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren, die Sicherheit des Energieangebots zu verbessern und den industriellen Wettbewerb zu fördern. Auf lange Sicht versucht die EU ein Energiesystem, basierend auf erneuerbaren Energien und Brennstoffzellen - betrieben mit Wasserstoff oder Elektrizität - zu schaffen. Die EU geht davon aus, dass in 20-30 Jahren sowohl der Wasserstoff als auch die Elektrizität die bedeutendsten Energieträger sein werden (OECD/IEA 2004, S. 194).

Zur Erreichung einer Wasserstoffwirtschaft wurden von Netzwerken und Allianzen Entwicklungspläne entwickelt, die festgelegte strategische Ziele enthalten und eine gemeinsame Richtung der Entwicklung im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie aufweisen. Von der „European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform“ (HFP) wurde eine Vision ausgearbeitet, aus der sich Strategien ableiten lassen, die dann in Programmen und Entwicklungsplänen geregelt werden. Die Strategien der europäischen Vision einer Wasserstoffwirtschaft sind in Tabelle 2 aufgelistet. Das Ziel dieser Vision ist die Schaffung einer Wasserstoff-Wirtschaft bis 2050. Der Fokus liegt dabei einerseits auf der Wasserstofflogistik und andererseits auf der Entwicklung und Einführung von Wasserstoffsyste men und Brennstoffzellen (Bertram 2011, S. 253f.).

Tabelle 2: Europäische Vision einer Wasserstoffwirtschaft

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Erzeugung und Verteilung von H ₂	Erzeugung von H ₂ durch Reformierung von Erdgas und Elektrolyse Örtliche Cluster von H ₂ -Befüllstationen, H ₂ -Erzeugung an Tankstellen	Cluster örtlicher H ₂ -Verteilungsnetze; Erzeugung von H ₂ aus fossilen Brennstoffen mit CO ₂ -Sequestrierung	Verflechtung örtlicher H ₂ -Verteilungsnetze; H ₂ -Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, Ausdehnung H ₂ -Pipeline-Infrastruktur	Zunehmende Dekarbonisierung der H ₂ -Erzeugung; erneuerbare Energiequellen, fossiler Brennstoff mit Sequestrierung, neue Nukleartechnik	Direkte H ₂ -Erzeugung aus erneuerbaren Energiequellen; Wasserstoff- statt Kohlenstoff-gesellschaft	
FC und H ₂ -Systeme Entwicklung und Einführung	Einführung von Niedertemperatur-FC-Systemen für Marktnischen Hochtemperatur-FC-Systeme; H ₂ -Verbrennungsmotoren; Demonstrationsflotten von FC-Bussen Erste H ₂ -Flotten (1. Generation mit H ₂ -Speicherung), Serienproduktion von FC-Fahrzeugen für Fahrzeugflotten	Kostengünstige Hochtemperatur-FC-Systeme; Einführung von FC in Mikroanwendungen; wettbewerbsfähige FC-Fahrzeuge für Personenwagen	2. Generation mit bordeigener Speicherung Signifikantes Wachstum verteilter Energieerzeugung mit wesentlicher Marktdurchdringung von FC	H ₂ als Kraftstoff für FC-Fahrzeuge FC als dominante Technologie im Verkehr, bei Energieerzeugung und Mikroanwendungen	H ₂ -Verwendung in der Luftfahrt	
H ₂ auf der Grundlage fossiler Brennstoffe	Öffentlicher Anreiz und private Anstrengung Grundlagenforschung, angewandte Forschung, Demonstration; Brennstoffzellen (Fahrzeuge und Stromerzeugung); Erzeugung, Transport, Verteilung und Verwendung von Wasserstoff		Öffentliche Belohnung und private Nutzung Massenkommerzialisierung von H ₂ und FC H ₂ -Erzeugung FC-mobile Anwendungen H ₂ -Transport FC-stationäre Anwendungen H ₂ -Speicherung			Wasserstoff-orientierte Wirtschaft

FTE, Feldversuche, Fahrzeugflotten für Marktnischen

Zunehmende Marktdurchdringung

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Bertram 2011, S. 254

In den folgenden Kapiteln werden europäische Initiativen und Verbände im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie angeführt und genauer erläutert.

4.2.1. European Hydrogen Association

Der Europäische Wasserstoffverband (EHA) wurde im Jahre 2000 von fünf nationalen Wasserstofforganisationen gegründet, um in Kooperation die Nutzung von Wasserstoff als zukünftigen Energieträger in Europa zu fördern. 2004 versuchten europäische Industrien, im Bereich der Entwicklung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zusammen mit dem EHA einen kommerziellen Markt für stationäre und bewegliche Anwendungen zu

schaffen und die Rolle als Marktführer für den europäischen Wasserstoff- und Brennstoffzellensektor zu übernehmen (EHA 2012).

Derzeit repräsentiert der EHA 21 nationale Wasserstoff- und Brennstoffzellenorganisationen sowie einige der wichtigsten europäischen Unternehmen im Bereich der Wasserstoff-Infrastruktur-Entwicklung. Zu den Aufgabenbereichen des EHA zählen (EHA 2012):

- Information: Der EHA ist für die Beschaffung von Informationen (wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und technischen Informationen, Gesetze, Verordnungen usw.) und deren Verbreitung unter den Mitgliedern zuständig. Zudem findet eine Informationsübertragung der Industrieunternehmen, öffentlichen Einrichtungen, Wissenschaftler, Spezialisten und Medien an die Öffentlichkeit statt, welche zur Aufklärung der Gesellschaft über die Wasserstofftechnologie dient. Dadurch soll die europäische Beteiligung an nationalen und internationalen Projekten gestärkt werden (EHA 2012).
- Vertretung: Der EHA stellt im Bereich Gesetze, Normen und Vorschriften eine Schnittstelle zwischen nationalen und internationalen Organisationen sowie öffentlichen Stellen in Europa dar und fördert die Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedern und ähnlichen internationalen Vereinigungen. Zudem unterstützt der EHA die Schaffung von nationalen Wasserstoffverbänden in europäischen Staaten, in denen solche Vereinigungen noch nicht existieren. Weiters werden Projekte der nationalen Wasserstoffverbände durch lokale Behörden, Unternehmen und Industrieunternehmen unterstützt (EHA 2012).
- Kompetenz: Der EHA begünstigt F&E-Initiativen, die ein innovatives Potenzial aufweisen und fördert technische Projekte, welche an einer Lösung zur effizienteren Nutzung von Wasserstoff arbeiten (EHA 2012).
- Aus- und Weiterbildung: Der EHA fördert die Ausbildung von Doktoranden, Technikern und Ingenieuren in den jeweiligen relevanten Bereichen und unterstützt ebenso die Lehre von wasserstoffbezogenen Techniken und Technologien sowie die damit verbundenen sozioökonomischen Aspekte. Zusätzlich sollen wasserstoffbezogene Module in Ausbildungen zu verwandten Themen wie beispielsweise Umwelt, erneuerbare Energien, industrielle Anwendungen usw. mit einbezogen werden (EHA 2012).

4.2.2. European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform

Im Jahr 2003 präsentierte die „High Level Group“ (HLG), die sich aus Interessensvertretern des Industriesektors und aus Forschungsinstitutionen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zusammensetzt, den Bericht „Hydrogen and fuel cells – a vision of our future“. Der Fokus dieses Berichts liegt auf der Bedeutung von Wasserstoff und Brennstoffzellen als erneuerbare Energieträger und wie deren Potenzial in den nächsten 20 Jahren in die Praxis umgesetzt werden kann (OECD/IEA 2004, S. 194).

Als Ergebnis der Zusammenarbeit der HLG und der Europäischen Kommission wurde 2004 im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms die „European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform“ (HFP) ins Leben gerufen, um eine Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie schneller und kostengünstiger zu entwickeln und bereitzustellen. Diese Technologie soll zum Aufbau eines zukünftigen nachhaltigen Energiesystems beitragen. Mit Hilfe eines solchen Energiesystems soll die Treibhausgasemissionen reduziert und die Sicherheit der Energieversorgung erhöht werden (OECD/IEA 2004, S. 194).

Zu den Aufgaben der HFP zählen die Koordination von europäischen, nationalen, regionalen und lokalen Forschungs-, Entwicklungs- und Anwendungsprogrammen und Initiativen, die Gewährleistung einer ausgewogenen und aktiven Teilnahme der wichtigsten Akteure, die Förderung des Bekanntheitsgrades und der Akzeptanz von Brennstoffzellen und Wasserstoff sowie die Unterstützung einer weltweiten Zusammenarbeit auf diesem Gebiet (European Commission 2004, S. 5).

Die „Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative“ (FCH JTI), welche im folgenden Kapitel beschrieben wird, basiert auf den Ideen des „Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking“ (FCH JU), das durch die HFP entstanden ist.

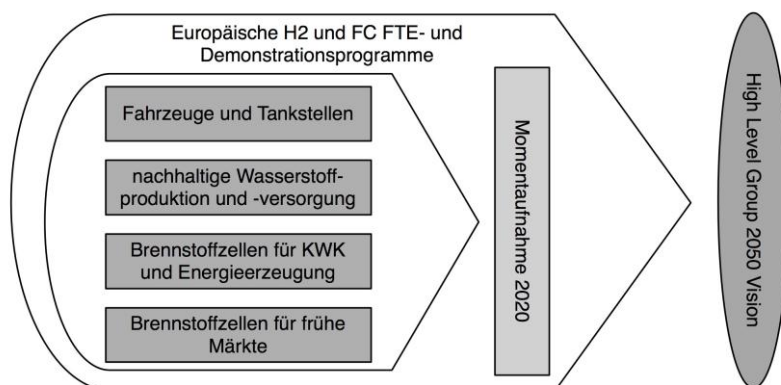
4.2.3. Fuel Cells and Hydrogen Joint Technology Initiative

Basierend auf einer langjährigen Zusammenarbeit zwischen Wirtschaftsvertretern, Wissenschaftlern, Behörden, Anwendern und der Zivilgesellschaft im Rahmen des HFP

wurde im Jahre 2008 das Gemeinschaftsunternehmen FCH JU gegründet. Das FCH JU dient zur Unterstützung von Forschungs-, technologischen Entwicklungs- und Demonstrationsaktivitäten im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Europa. Das FCH JU startete die FCH JTI, die auf eine schnelle Markteinführung dieser Technologie und der Verwirklichung deren Potenzials abzielt, um somit ein CO₂-armes Energiesystem zu schaffen (FCH JU o.J.). Diese Ziele sollen durch die Umsetzung von rationalen, einfachen sowie auch umfangreichen, industriellen wie anwendungsbezogenen F&E-Aktivitäten, Demonstrationen und Förderungsaktivitäten für vielversprechende Anwendungsgebiete erreicht werden (Wicks, Simon 2009, S. 5).

Um den strategischen Forschungsplan der HFP zu erreichen und diesen entsprechend auf F&E und Demonstrationsaktivitäten anzuwenden, wurde ein JTI Arbeitsprogram erstellt. Der Fokus liegt dabei auf der Realisierung der HLG Vision für Europa in 2050, welche in der folgenden Abbildung grafisch dargestellt ist (Wicks, Simon 2009, S. 6):

Abbildung 3: High Level Group Vision



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Wicks, Simon 2009, S. 6

Alle vier Aktivitäten aus Abbildung 3 sind notwendig, um einen zeitgerechten, reibungslosen Übergang für den Markteintritt von mobilen, stationären und tragbaren Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Anwendungen bis 2020 zu erzielen. Derzeit fallen alle Forschungsmittel für Wasserstoff und Brennstoffzellen der EU in den Bereich der JTI (Wicks, Simon 2009, S. 6).

Neben der Förderung von Verbänden und Organisationen trägt die EU auch durch die Verordnung zur Typengenehmigung von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen zur Förderung auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellenforschung bei.

4.2.4. Europäische Verordnung zur Typengenehmigung von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen

Auf dem europäischen Automobilmarkt steigt das Interesse an der Herstellung von wasserstoffbetriebenen und umweltfreundlichen Kraftfahrzeugen. Daher ist die Festlegung einheitlicher technischer Anforderungen für die Typengenehmigung dieser Fahrzeuge für die Europäische Kommission zwingend erforderlich, um ihren freien Verkehr auf dem Binnenmarkt zu unterstützen (Europa 2010).

Vorschriften zur Typengenehmigung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen wurden vom Europäischen Parlament und vom Europäischen Rat festgesetzt. Sie sind in der Verordnung (EG) Nr. 79/2009 vom 14. Januar 2009 geregelt. Diese Verordnung stellt eine Änderung der Richtlinie 2007/46/EG zur Europäischen Gemeinschaft (EG)-Typengenehmigung für Kraftfahrzeuge aus dem Jahr 2007 dar und besagt, welche Anforderungen wasserstoffführende Bauteile und Wasserstoffsysteme erfüllen müssen: Wasserstoffsysteme müssen gegen Überdruck gesichert sein, die wasserstoffführenden Bauteile müssen die Bestimmungen der Durchführungsmaßnahmen wie beispielsweise eine sichere Betriebstemperatur erfüllen. Die Fahrzeughersteller müssen garantieren, dass die Wasserstoffsysteme und die wasserstoffführenden Bauteile diesen Vorschriften entsprechen. Sie sind daher verpflichtet, den Genehmigungsbehörden Angaben über die Merkmale der Fahrzeuge und die Prüfbedingungen vorzulegen (Europa 2010).

Durch diese Verordnung versucht die EU die nachhaltige Entwicklung und den Umweltschutz zu stärken. Wasserstoff stellt eine attraktive Alternative zu den bisher verwendeten Kraftstoffen dar. Aus diesem Grund versucht die EU die technischen Anforderungen dieser Fahrzeuge zu vereinheitlichen, um dadurch eine Beeinträchtigung durch die unterschiedlichen nationalen technischen Regelungen bei der Diffusion dieser Fahrzeuge zu verhindern (Europa 2010).

Das folgende Kapitel widmet sich den Maßnahmen zur Förderung von erneuerbaren Energien, insbesondere von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen auf amerikanischer Ebene. Besonders das kalifornische Null-Emissionsgesetz ist von großer Bedeutung für weltweite Entwicklungsaufwendungen im Bereich der mobilen Anwendung der Brennstoffzelle.

4.3. Amerikanische Rahmenbedingungen

In Betrachtung der Energieknappheit gewinnen die Wasserstoffenergie und deren mögliche Vorteile weltweit an Interesse. Daher gibt es auch in vielen Staaten Amerikas Bestimmungen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (Apak et. al. 2012, S. 5482).

In den USA gibt es viele Gesetzgebungen zur Förderung des Einsatzes von erneuerbaren Energien und zur Steigerung der Effizienz dieser Energien. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls haben sich Gouverneure vieler Bundesstaaten der USA verpflichtet, die Ziele des Protokolls zu erreichen (Mitschang 2010, S. 57). Derzeit werden Forschungsprojekte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie von der U.S. Regierung jährlich mit 153 Millionen U.S. Dollar gefördert. Vorallem die Bundesstaaten Kalifornien und South Carolina sind hinsichtlich Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Aktivitäten sehr engagiert. Zudem gibt es eine Vielzahl anderer amerikanischer Staaten, die Projekte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie deren Infrastruktur unterstützen. In den USA lassen sich zwei verschiedene politische Beweggründe für staatliche Programme im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen beobachten: In Kalifornien liegt der Fokus auf der Schaffung einer sauberen Umwelt, während auf Bundesebene die Energiesicherheit im Mittelpunkt steht (Stolten 2010, S. 460).

Bundes-Sicherheitsvorschriften im Bereich Wasserstoff sind im „Code of Federal Regulations“ (CFR) unter den Rechtsprechungen des „Department of Transportation“ (DOT) und der „Occupational Safety and Health Administration“ (OSHA) enthalten. Das DOT regelt den Transport von Wasserstoff und die OSHA beschäftigt sich mit dem sicheren Umgang mit Wasserstoff am Arbeitsplatz: Die OSHA-Vorschriften sollen die Sicherheit der Arbeiter bei der industriellen Verwendung von Wasserstoff gewährleisten (Apak et. al. 2012, S. 5482).

Weitere wichtige Verbände, Gesetzgebungen und Initiativen zur Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie werden in den folgenden Kapiteln kurz erläutert.

4.3.1. Department of Energy

Das U.S. „Department of Energy“ (DOE) wurde 1977 gegründet und legt den Fokus auf F&E, um eine wissenschaftliche Grundlage für technische Anforderungen in Bezug auf nationale und internationale Regelungen, Normen und Vorschriften zu schaffen und zu stärken. In den letzten Jahren hat das Amt für Wasserstoff-, Brennstoffzellen- und Infrastrukturtechnologien des DOE nationale, staatliche und industrielle Aktivitäten zur Erstellung, Überprüfung und Veröffentlichung von Codes und Normen gefördert, um somit die Entwicklung einer Wasserstoffinfrastruktur zu beschleunigen und die Entwicklung von Wasserstoff als Energieträger zu ermöglichen. Weiters versucht das DOE, nationale und internationale Vorschriften, Normen und Codes zur sicheren Nutzung von Wasserstoff durch die Verbraucher in den USA sowie auch weltweit zu harmonisieren (Apak et. al. 2010, S. 5483f.).

Sowohl das „National Renewable Energy Laboratory“ (NREL) als auch das „Argonne National Laboratory“ (ANL) bieten technische und programmatische Unterstützung zu den Aufgaben des DOE an (Apak et. al. 2012, S. 5482). Diese beiden Labore werden anschließend noch ausführlicher behandelt.

National Renewable Energy Laboratory

Auf dem Gebiet der Forschung zur Entwicklung von erneuerbaren Energien stellt das NREL das bedeutungsvollste staatliche Labor der USA dar. Es umfasst eine Vielzahl an Forschungseinrichtungen, welche beinahe alle bisher bekannten erneuerbaren Energien umfassen. Der Tätigkeitsbereich des NREL reicht von der Entwicklung neuer Solarzellen über Forschungsprogramme zur Windenergie als auch zur Ermittlung des Biomassepotenzials bis hin zur Wasserstofftechnik und Geothermie (Frey 2010, S. 39).

Das NREL arbeitet für das Energieministerium „Department of Energy – Office of Energy Efficiency and Renewable Energy“, das staatliche Wissenschaftsbüro „Office of Science“ sowie das Büro für Energieerzeugung „Office of Electricity Delivery and Energy Reliability“ (Frey 2010, S. 40).

Argonne National Laboratory

Das ANL wurde 1946 ursprünglich zur Entwicklung von Kernreaktoren gegründet und zählt derzeit zu den größten nationalen Laboren für wissenschaftliche und technische Forschung des DOE. Es verfügt insgesamt über 3.456 Mitarbeiter im Forschungs- und technischen Entwicklungs (FTE)-Bereich, darunter mehr als 1.250 Wissenschaftler und Ingenieure, welche auf dem Gebiet Energie, Umwelt und nationaler Sicherheit tätig sind (ANL o.J.).

Das ANL ist auf die Errichtung von Einrichtungen für Wissenschaft, Technik und Benutzer spezialisiert zur Entwicklung innovativer Forschung und Technologien. Dadurch soll neues Wissen geschaffen werden, das sich nach den wichtigsten wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Bedürfnissen der Nation richtet. Die Aktivitäten des ANL umfassen alle Aspekte der Innovationsökologie wie die Grundlagenforschung, Technologieentwicklung, Prototyp-Entwicklung und Erprobung. Zudem kooperiert das Labor mit dem Industriebereich, indem Unternehmen durch exklusive Lizenzen, gemeinsame Forschung und viele andere Mechanismen an einer Marktübertragung der im Labor erforschten Erfindungen arbeiten (ANL o.J.).

4.3.2. Fuel Cell and Hydrogen Energy Association

Die „Fuel Cell and Hydrogen Energy Association“ (FCHEA) ist eine der weltweit führenden Organisationen im Bereich der Vermarktung von Brennstoffzellen und Wasserstoffenergie-technologien. Der Fokus der Aktivitäten der FCHEA liegt auf der Umsetzung eines Energienetzwerks und der grundlegenden Veränderung der Art und Weise wie Energie erzeugt und genutzt wird (FCHEA o.J.).

Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien liefern saubere und zuverlässige Energien und werden daher von der FCHEA zur Lösung von kritischen Problemen in der Energieinfrastruktur kommerziell eingesetzt. Die Mitglieder der FCHEA repräsentieren das gesamte Spektrum der Wertschöpfungskette von Universitäten, staatlichen Labors, Agenturen, Wirtschaftsverbänden über Brennstoffzellenmaterialien und Bestandteile bis hin zu Systemherstellern, Wasserstoffproduzenten, Kraftstoffversorgern, Nutzern und Endverbrauchern (FCHEA o.J.).

Neben der FCHEA, die in den USA tätig ist, gibt es noch die „Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association (CHFCA) in Kanada und die Sociedad Mexicana del Hidrógeno (SMH) in Mexiko, die im Anschluss genauer beschrieben werden.

4.3.3. Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association

2009 wurde die „Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association“ (CHFCA) im Rahmen des Zusammenschlusses der „Canadian Hydrogen Association“ (CHA) und der „Hydrogen & Fuel Cells Canada“ (H2FCC) gegründet. Sie vertritt derzeit einen Großteil der Akteure der kanadischen Wasserstoff- und Brennstoffzellenbranche. Die CHFCA ist eine nationale Non-Profit-Organisation, zu welcher kanadische Unternehmen, Regierungen und Bildungseinrichtungen zählen, die die Entwicklung, Demonstration und den Einsatz von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien für Produkte und Dienstleistungen unterstützen (CHFCA 2012).

Die Mitglieder der CHFCA arbeiten an Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sowie an deren Komponenten, Systemversorgung, Systemintegration, Kraftstoffanlagen, Kraftstoffspeicherung und bieten Ingenieur- und Finanzdienstleistungen an (CHFCA 2012).

Da sich ein weltweiter Trend zu Kommerzialisierung von Wasserstoff- und Brennstoffzellenprodukten entwickelt hat, zählt Kanada zu einem der weltweit führenden Länder auf diesem Gebiet. Kanada ist bekannt für seine wegweisenden Technologien und das Wissen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, was auf einer langjährigen Kooperation zwischen Industrie, Bildungseinrichtungen und Regierung basiert (CHFCA 2012).

4.3.4. Sociedad Mexicana del Hidrógeno

Die Sociedad Mexicana del Hidrógeno (SMH) wurde 1999 von einer Gruppe von Wissenschaftlern, Unternehmen und Pionieren auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie als gemeinnützige Organisation gegründet. Die Organisation ist sehr aktiv an den Förderungen für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien beteiligt. Mehrmals jährlich organisiert die SMH nationale und internationale Konferenzen, bei denen unter anderem über Energiestrategien und politische Maßnahmen diskutiert wird. Ferner

versucht die SMH, F&E von großen Forschungszentren und Institutionen zu verbreiten und Kooperationen zwischen Bildungseinrichtungen, Unternehmen und Forschung zu schaffen (SMH 2012).

Wie die Institutionen in den USA zielt auch die SMH auf die Förderungen von F&E von Wasserstoff als sauberer und zuverlässiger Energieträger ab. Zudem unterstützt die SMH Technologieentwicklungen, die Entwicklung von Sicherheitsstandards sowie die Ausbildung von spezialisiertem Fachpersonal. Die SMH kann somit als Bindeglied zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Regierung für die Förderung und Verbreitung der Wasserstofftechnologie in verschiedenen Gesellschaftsbereichen angesehen werden (SMH 2012).

Die weltweite Entwicklung von alternativen Antriebssystemen orientiert sich stark an kalifornischen Abgabegesetzen und Verbrauchsvorschriften, daher erscheint es sinnvoll, diese Gesetzgebung in dieser Arbeit genauer zu erläutern.

4.3.5. Kalifornische Zero Emission Vehicles Gesetzgebung

Durch die zunehmende Bevölkerungsdichte, die schlechten Wetterbedingungen und die steigende Autonutzung erhöht sich die durch den Verkehr bedingte Luftverschmutzung im amerikanischen Bundesstaat Kalifornien kontinuierlich. Diese Auswirkungen machen sich in Kalifornien durch die meteorologische und geographische Lage des Los-Angeles-Beckens besonders deutlich bemerkbar, da sich die Abgase von Millionen Kraftfahrzeugen in diesem Gebiet sammeln (Helmert 2009, S.24). Bereits in den 1970er Jahren bestand aufgrund des Smogs und der damit einhergehenden Überschreitung des bundesstaatlichen Grenzwerts für Ozon an über 100 Tagen im Jahr ein erhöhtes Gesundheitsrisiko für die Bevölkerung (Wieder Metzner, Rammler 2003, S. 50).

Durch das Smogproblem wurden schon in den 1940er Jahren politische Regulierungen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für eine mobile Anwendung festgelegt. Damit legt Kalifornien seit Jahrzehnten verbesserte Emissionsstandards für Automobile fest. 1991 wurde dann die „Zero Emission Vehicles“ (ZEV) Gesetzgebung von der unabhängigen Behörde „California Air Resources Board“ (CARB) ins Leben gerufen, die ursprünglich ab 1998 den Anteil an Null-Emissions-Fahrzeugen aller verkauften Fahrzeuge

auf zwei Prozent und ab 2003 auf zehn Prozent festlegte. Diese Ziele konnten jedoch aufgrund diverser Kompromisse, gerichtlicher Verhandlungen mit der Automobilindustrie und technologischen Barrieren nicht erreicht werden. Daher wurde die ZEV-Gesetzgebung wiederholt geändert (Wieder Metzner, Rammler 2003, S. 50f.).

Durch diese gesetzlichen Anpassungen wurde die kalifornische Automobilindustrie mittels verschiedener Verordnungen und Gesetzgebungen zu Innovationen gezwungen. Nach jahrelanger Auseinandersetzung der Automobilunternehmen und der CARB wurden im Jahr 2003 einige Verordnungen der Emissions-Gesetzgebung gerichtlich aufgelassen. Automobilhersteller mussten somit nicht mehr zwingend ZEV anbieten (Helmers 2009, S. 26).

Dennoch beinhaltet eine weitere Option der CARB, dass Automobilhersteller bis zum Jahr 2008 Brennstoffzellenautos auf den Markt bringen sollten. Folglich begannen einige Automobilunternehmen, Forschung für Brennstoffzellen-Fahrzeuge zu betreiben. Das Unternehmen Honda wurde diesen Anforderungen gerecht und lieferte bereits im Jahr 2008 erste mit Brennstoffzellen betriebene Fahrzeuge an eine bestimmte Kundengruppe aus (Helmers 2009, S.26).

Die ZEV-Gesetzgebungen führten zu wesentliche Veränderungen am Kraftfahrzeugbau und zur Reduktion von Schadstoffabgaben. Zudem resultieren wegweisende Technikinnovationen wie Hybrid-, Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeuge aus diesen Initiativen (Helmers 2009, S.26).

Nach den Wasserstoffverbänden im amerikanischen Raum befasst sich das folgende Kapitel nun mit den Maßnahmen zur Förderung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen im asiatischen Raum.

4.4. Asiatische Rahmenbedingungen

Besonders die japanische und die chinesische Regierung erstellen Rahmenbedingungen zur Erreichung von politischen Zielen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Das Förderbudget für diese Technologien stieg in den letzten Jahren stark an.

Neben Förderungen für verschiedene Programme zur Demonstration und Prüfung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen und stationären Brennstoffzellen werden beispielsweise von der japanischen Regierung auch diverse Steueranreize für Hersteller und Konsumenten angeboten. Dadurch können Unternehmen Investitionen und Forschungsausgaben für F&E-Projekte, die vom Staat gefördert werden, steuerlich absetzen. Auf Seite der Konsumenten gibt es bereits Steueranreize beim Kauf von Niedrigemissionsfahrzeugen, welche vermutlich in Zukunft auch auf Brennstoffzellen-Fahrzeuge umgelegt werden. Weiters gewähren die japanische Regierung und staatliche Banken niedrigverzinsten Kredite und direkte Subventionen für den Kauf eines umweltfreundlichen Fahrzeuges oder die Errichtung von Tankstellen, welche alternative Treibstoffe anbieten. Weltweit gesehen besitzt Japan die ambitionierteste Wasserstoff- und Brennstoffzellenpolitik (Wieder Metzner, Rammler 2003, S. 60f.).

In den nächsten Kapiteln werden einige der größten Wasserstofforganisationen Asiens genauer beschrieben.

4.4.1. China Association for Hydrogen Energy

Die China Association for Hydrogen Energy (CAHE) ist eine Non-Profit-Organisation und wurde aufgrund der Vorschriften, die aus der Verfassung der Volksrepublik China hervorgehen, zur Förderung der Forschung, Entwicklung und Anwendung von Wasserstoffenergie gegründet. Ein aktiver Austausch von Informationen über Wasserstoff in der Gesellschaft soll dabei zu einer Steigerung der öffentlichen Akzeptanz im Bereich Wasserstoff führen und somit Förderungen auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellenforschung vorantreiben (CAHE 2012).

Die, von der CAHE organisierte, internationale Ausstellung für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie und -anwendung in Shanghai ist Chinas größtes Event im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen. Auf einer Fläche von 20.000 Quadratmetern wurden vor mehr als 15.000 Experten die neusten Entwicklungen auf dem Gebiet der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie präsentiert (CAHE 2012).

Die CAHE bietet neben dem aktiven nationalen und internationalen Austausch in Konferenzen, Ausstellungen und Seminaren auch die Möglichkeit, Informationen,

Forschungsberichte und Newsletter über ihre Webseite abzurufen. Zudem kooperiert die CAHE mit Forschungsinstituten, Universitäten und Unternehmen, welche sich auf Wasserstoff spezialisieren (CAHE 2012).

In den letzten Jahren ist die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologieentwicklung Chinas mittels solcher und anderer Initiativen stark gewachsen. Durch eine kontinuierliche Entwicklung im Bereich der Industrialisierung konnten die Kosten und Entwicklungszeiten für die Wasserstoff- und Brennstoffzellenentwicklung bereits signifikant reduziert werden (CAHE 2012).

4.4.2. Hydrogen Energy Systems Society of Japan

Bereits 1973 wurde die Hydrogen Energy Systems Society of Japan (HESS) als Non-Profit-Organisation zur Unterstützung von F&E der Wasserstofftechnologie sowie zur Förderung der Akzeptanz von Wasserstoff als CO₂-freier und nachhaltiger Energieträger gegründet. Sie soll zur Lösung des globalen Umwelt- und Energieproblems beitragen. Derzeit verfügt die HESS über 260 Mitglieder aus Universitäten, Industriebereichen, führenden Unternehmen und Organisationen, die sich mit dem Thema Wasserstoff als Energieträger auseinandersetzen (HESS o.J.).

Die HESS organisiert Konferenzen, Workshops, technische Führungen und Ausstellungen zur Unterstützung des Informationsaustauschs und der -übertragung zwischen Regierung, Industrie und Wissenschaft. Zudem veröffentlicht die HESS vierteljährlich Fachzeitschriften, welche technische Berichte über die Fortschritte im Bereich der F&E an Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien thematisieren (HESS o.J.).

4.4.3. Hydrogen Association of India

Die Hydrogen Association of India (HAI) liefert zum einen Impulse zu Forschung auf dem Gebiet Wasserstoff und schafft zum anderen eine gemeinsame Plattform für nationale und internationale Experten. Über diese Plattform können unter anderem Erfahrungen über neue technologische Trends in der Erzeugung, Nutzung und Sicherheit von Wasserstoff als Kraftstoff ausgetauscht werden (HAI 2012).

Der Fokus der HAI liegt auf der Durchführung von wissenschaftlichen Aktivitäten, welche folgende Aufgaben beinhalten (hai.org.in 2012):

- Förderung und Entwicklung der Ausweitung und Anwendung von Wasserstoffenergie in Indien
- Errichtung eines aktiven Verbands von Interessensvertretern aus Organisationen, privaten und öffentlichen Institutionen sowie Industriebereichen
- Verbreitung von Informationen über die Entwicklung der Wasserstoffenergie und deren Anwendungen durch Publikationen wie Newsletter, Zeitschriften, Berichte usw.
- Organisation von Konferenzen, Seminaren, Kursen usw. um Anwender über das Thema Wasserstoffenergie aufzuklären
- Erstellung einer Plattform, welche den Mitgliedern des HAI zur Berichterstattung und für Diskussionen über neue Entwicklungen der Wasserstoffenergie zur Verfügung stehen soll
- Beratung öffentlicher und kommerzieller Organisationen im Bereich der Wasserstoffenergie

Aufgrund von politischen Initiativen, Rahmenbedingungen und Gesetzen bezüglich des Klimaschutzes und der Förderung von erneuerbaren Energien im Bereich der Mobilität wurden weltweit eine Vielzahl an Förderungsprojekten zu diesem Thema ins Leben gerufen. Diese Projekte dienen der Erreichung der Ziele, die im Rahmen dieser Organisationen formuliert wurden. Außerdem sind solche Projekte zur Einhaltung der Rahmenbedingungen und Gesetze notwendig, da die Effizienz einer Technologie besonders durch F&E verbessert werden kann. Im Rahmen dieser Projekte sollen die Ziele dieser Organisationen erreicht werden. Das nächste Kapitel widmet sich daher den Förderungsprojekten im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für mobile Anwendungen.

5. Konkrete Förderungsprogramme der Wasserstofftechnologie

Auslöser für Forschungsaufwendungen der Automobilindustrie im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sind verschärfte Umweltgesetzgebungen, die Erhöhung von regionalen und politischen Unsicherheiten bezüglich der Erdölversorgung und der zunehmende Wettbewerbsdruck nach Innovationen (Wieder Metzner, Rammler 2003, S. 12).

Viele Länder haben daher Projekte zur Förderung der Entwicklung und Markteinführung von Wasserstoff und Brennstoffzellen errichtet. Wasserstoff und Brennstoffzellen werden als Schlüsseltechnologie für den Übergang von fossilen Brennstoffzellen zu erneuerbaren Energien gesehen (Stolten 2010, S. 456).

Derartige Programme werden durch folgende drei Beweggründe beeinflusst (Stolten 2010, S. 456):

- Sicherheit des Energieangebots im Bereich des Transports, Stabilität des Stromnetzes und Elektrifizierung von abgelegenen Bereichen
- Reduktion von Schadstoffen und Treibhausgasemissionen im Verkehr
- Industrielle politische Ziele wie die Entwicklung einer technologischen Führungsposition und Geschäftsmöglichkeiten

Aufgrund der zukünftigen Problematik der Ölversorgung wurden Projekte zur Senkung der fossilen Energieversorgung entwickelt. Forscher gehen davon aus, dass sich die Auswirkungen dieser Projekte frühestens in 20 oder 30 Jahren bemerkbar machen. Allerdings wirkt sich die aktuelle Entwicklung auf den Ölmärkten (steigende Preise, Preisschwankungen, stagnierendes Angebot) sofort auf die Automobilindustrie in Form von Rückgängen und Krisen aus. Somit bleibt zur Vorbereitung für den Übergang zu erneuerbaren Kraftstoffen keine Zeit mehr, und dies stellt Regierungen und Industrie vor eine große Herausforderung. Das Bewusstsein von internationalen Institutionen, zukünftige Herausforderungen zu beachten, stieg in den letzten Jahren deutlich an, was sich auch in der

wachsenden Anzahl von regionalen Netzwerken und Projekten im Bereich von Wasserstoff und Brennstoffzellen widerspiegelt (Stolten 2010, S. 456).

In den folgenden Kapiteln werden europäische, amerikanische und asiatische Förderungsprogramme im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie erläutert.

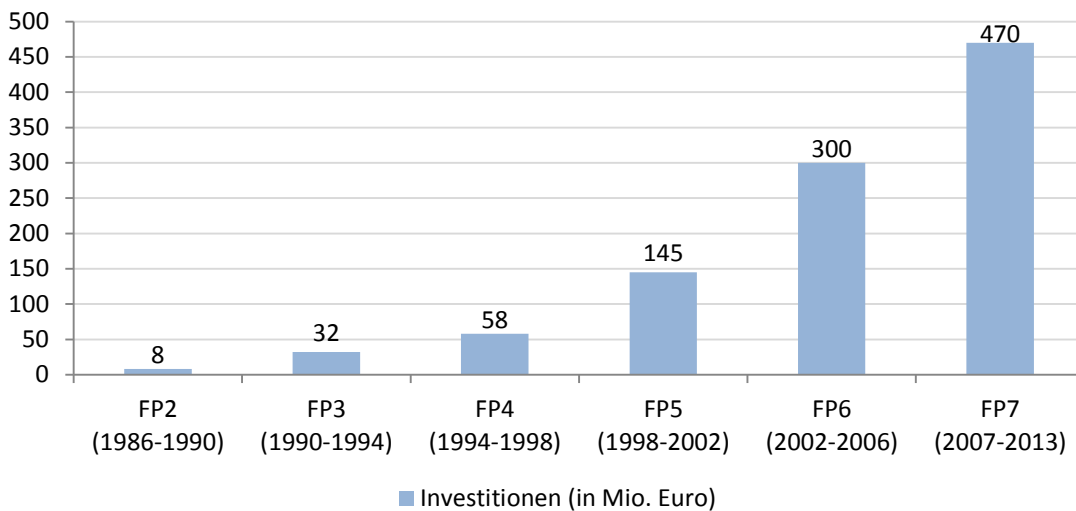
5.1. Europäische Förderungsprogramme

Bereits in den 1980er Jahren startete die Europäische Kommission mit Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Wasserstofftechnologie. Jedoch gab es damals noch keine explizite Strategie, die diese Aktivitäten lenkte. Erst im Juni 2003 im Rahmen der Konferenz „Die Wasserstoffwirtschaft – eine Brücke zur nachhaltigen Energie“ der Europäischen Kommission in Brüssel wurden erste Rahmenbedingungen bezüglich eines verstärkten, besser koordinierten und langfristig ausgerichteten Engagements der Europäischen Union hinsichtlich Wasserstoff und Brennstoffzellen festgelegt. Aufgrund des steigenden technologischen- und industriepolitischen Rückstands Europas gegenüber den USA und Japan waren diese verstärkten Maßnahmen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellenforschung längst überfällig. Die öffentlichen Förderungen für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Europa betrugen zu diesem Zeitpunkt lediglich ein Drittel der Aufwendungen der USA und nur ein Viertel der Ausgaben Japans (Wieder Metzner, Rammler 2003, S. 22).

1984 begann die EU im Rahmen der europäischen Forschungsförderungsprogramme (FP) länderübergreifend Forschungsprojekte in verschiedenen Bereichen zu unterstützen. Derzeit läuft schon das FP7 in Europa. Bereits ab Beginn des FP2 im Jahr 1986 wurden Förderungsmittel für Forschungsprojekte an Brennstoffzellentechnologien von der EU vergeben (Bertram 2011, S. 253).

Diese Förderungen stiegen seit 1986 bis heute kontinuierlich an. Abbildung 4 zeigt diesen steigenden Trend zu Forschung von Wasserstoff und Brennstoffzellen der EU anhand der wachsenden Förderungsmittel über die aufeinanderfolgenden FPs.

Abbildung 4: Förderungen der EU für H₂- und FC-Forschung im Rahmen der FP



Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Bertram 2011, S. 254

Grundsätzlich trägt die EU durch diese FPs bedeutend zur Sicherung von Arbeitsplätzen, zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit sowie zur Stärkung einer wissenschaftlichen und technologischen Grundlage der europäischen Industrie bei. Zahlreiche Organisationen und Einzelpersonen nehmen an diesen FPs teil, darunter Forschungsgruppen von Forschungsinstituten, Universitäten und KMUs. Zudem fördert die EU auch Zusammenarbeiten mit Forschergruppen außerhalb Europas sowie mit internationalen Organisationen, als auch mit Organisationen und Wissenschaftlern aus Drittländern (Europäische Kommission 2007, S. 6f.).

In den folgenden Kapiteln werden die derzeitigen Förderungsprogramme und die bereits abgeschlossenen Förderungsprogramme im Rahmen der FP aufgelistet.

5.1.1. Förderungsprogramme des FP 7 für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Seit 2007 läuft das 7. Rahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration (FP 7) der Europäischen Union und verfügt über ein Gesamtbudget von ca. 50,5 Milliarden Euro für die gesamte Laufzeit bis 2013. Unter anderem setzt die EU hierbei verstärkt auf eine nachhaltige Sicherung von Energieressourcen und auf Maßnahmen gegen den Klimawandel. Diese Ziele sollen durch die Reduktion von Treibhausgas und CO₂-

Emissionen eine erhöhte Energieeffizienz, den Einsatz erneuerbaren Energien sowie die Diversifizierung des Energiemix erreichen. Der Fokus liegt dabei auf der Energieeffizienz und der Entwicklung von innovativen Energietechnologien zur Erzeugung, Speicherung und Verteilung von erneuerbaren Energien (CATT 2011).

Projekte im Bereich Energie werden von der EU mit einem Budget von 2.350 Millionen Euro während der sechs-jährigen Laufzeit des FP7 gefördert. In diesem FP wird unter dem Thema Energie ein eigener Themenbereich dem Wasserstoff und der Brennstoffzelle gewidmet (CATT 2011). Diese Projekte werden mit 470 Millionen Euro aus dem Gesamtbudget unterstützt (Bertram 2011, S. 254). Die folgende Tabelle enthält eine Auflistung all jener Projekte die im Rahmen des FP7 von der EU für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Allgemeinen oder für die automobilen Anwendung gefördert werden.

Tabelle 3: Förderungsprogramme des FP7 für H₂- und FC-Technologie

Programme	Budget (EU-Zuschuss)	Laufzeit	Beschreibung	Vertragsart
AUTO-STACK (Automotive Fuel Cell Stack Cluster Initiative for Europe)	2.827.448 € (1.193.015)	01.01.2010 - 30.09.2011	AUTO-STACK zielt auf eine Verbesserung der Zusammenarbeit der einzelnen Akteure, die an der Erstellung eines soliden Geschäftsmodells zur Marktabtastung von Brennstoffzellen Fahrzeugen beteiligt sind.	Joint Technology Initiatives - Coordination and Support Activities
CHIC (Clean Hydrogen in European Cities)	81.894.400 € (25.878.334 €)	01.04.2010 - 31.12.2016	CHIC zielt auf die Kommerzialisierung von Wasserstoff als Kraftstoff im öffentlichen Nahverkehr ab. Bis 2016 sollen 28 Fahrzeuge mit Hybrid-Systemen in fünf europäischen Ländern zum Einsatz kommen. Dafür sollen Wasserstofftankstellen errichtet werden. CHIC baut auf dem Wissen von CUTE und HyFleet:CUTE auf.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
DECODE (Understanding of degradation mechanisms to improve components and design of PEFC)	5.653.155 € (3.699.996 €)	01.01.2008 - 31.03.2011	DECODE versucht die Haltbarkeit von Brennstoffzellen für die automobilen Anwendung zu verbessern. Dazu werden neue Brennstoffzellen-Betriebssystem-Strategien entwickelt, welche den Abbauprozess verlangsamen und die Bestandteile sowie den Zellaufbau verbessern.	Small or medium-scale focused research project

Konkrete Förderungsprogramme der Wasserstofftechnologie

DURAMET (Improved Durability and Cost-effective Components for New Generation Solid Polymer Electrolyte Direct Methanol Fuel Cells)	2.856.874 € (1.496.617 €)	01.12.2011 - 30.11.2014	DURAMET entwickelt kostengünstigere Komponenten für DM-Brennstoffzellen mit hoher Aktivität und Stabilität. Damit sollen Kosten, Abbau, als auch Edelmetalle reduziert und die Leistung sowie die Haltbarkeit gesteigert werden.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
HYCOMP (Enhanced Design Requirements and Testing Procedures for Composite Cylinders intended for the Safe Storage of Hydrogen)	3.880.518 € (1.380.728 €)	01.01.2011 - 31.12.2013	HYCOMP arbeitet an einer Technologie für die Wasserstoffspeicherung, um Wasserstoff als Energieträger zu nutzen, indem es an den Hochdruck Typ III und Typ IV Kombinationszylinder forscht, um diese für die Wasserstoffspeicherung und den Transport von Automobil-, stationären- und transportfähigen Anwendungen einzusetzen.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
H2MOVES SCANDINAVIA (H2moves.eu Scandinavia)	19.482.544 € (7.756.037 €)	01.01.2010 - 31.12.2012	H2MOVES SCANDINAVIA gilt als das erste von der EU finanzierte europäisches Leuchtturmprojekt im Bereich der Wasserstoff-Brennstoffzellen-Autos.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
HYLIFT-DEMO (European demonstration of hydrogen powered fuel cell forklifts)	7.077.942 € (2.881.245 €)	01.01.2011 - 31.12.2013	HYLIFT-DEMO entwickelt Brennstoffzellen-betriebene Gabelstapler, die ab 2013 am Markt eingeführt werden sollen.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
IDEAL-CELL (Innovative dual membrane fuel cell)	4.368.742 € (3.309.046 €)	01.01.2008 - 31.12.2011	IDEAL-CELL ermöglicht eine hohe Steigerung der Effizienz des Gesamtsystems, indem das Projekt ein innovatives und wettbewerbsfähiges Konzept einer Hochtemperatur-Brennstoffzelle schafft.	Small or medium-scale focused research project
LOTUS (Low Temperature Solid Oxide Fuel Cells for micro-CHP applications)	2.954.984 € (1.632.601 €)	01.01.2011 - 31.12.2013	LOTUS entwickelt einen Prototyp einer neuen SOFC-System Generation basierend auf neuen Materialien, die bei deutlich niedrigeren Temperaturen als bisher funktionieren.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
METSOFC (Development of next generation metal based SOFC stack technology)	5.571.441 € (3.587.846 €)	01.04.2008 - 31.12.2011	METSOFC forscht an einer metall-unterstützten SO-Brennstoffzelle. Dadurch soll die Zuverlässigkeit, die Wirtschaftlichkeit und die Haltbarkeit der SO-Brennstoffzelle gesteigert werden.	Small or medium-scale focused research project
MOBYPOST (Mobility with Hydrogen for Postal Delivery)	8.209.871 € (4.262.057 €)	01.02.2011 - 31.01.2014	MOBYPOST arbeitet an der Anwendung einer umweltschonenden, auf Wasserstoff-Brennstoffzellen basierenden Technologie. Dieses Projekt setzt auf Niederdruck für die Wasserstoffspeicherung, um somit mögliche Risiken zu reduzieren und die Akzeptanz in der Öffentlichkeit zu steigern.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project

NANOHY (Novel nanocomposites for hydrogen storage applications)	3.402.945 € (2.399.629 €)	01.01.2008 - 31.12.2011	NANOHY zielt auf die Kombination der neuesten Entwicklungen im Bereich der Materialien zur Wasserstoffspeicherung mit neuen Konzepten, die auf die Materialeigenschaften zugeschnitten sind, um somit internationale Ziele in diesem Bereich zu erreichen.	Small or medium-scale focused research project
NEXPEL (Next-Generation PEM Electrolyser for Sustainable Hydrogen Production)	3.068.183 € (1.256.286 €)	01.01.2010 - 31.12.2012	NEXPEL demonstriert anhand einer PEM-Brennstoffzelle eine Vielzahl an Anwendungsbereichen von Wasserstoff als Energieträger. Ziele sind, in Europa die Energiesicherheit zu steigern, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und die Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
PREMIUM ACT (Predictive Modelling for Innovative Unit Management and Accelerated Testing Procedures of PEFC)	5.370.190 € (2.513.251 €)	01.03.2011 - 28.02.2014	PREMIUM ACT zielt auf die Dauerhaftigkeit der PEM-Brennstoffzelle ab und versucht eine erfolgreiche Marktentwicklung von stationären Brennstoffzellen-Systemen zu erreichen. Dabei stellt die Schaffung einer hohen Haltbarkeit der PEM-Brennstoffzelle das Hauptproblem dar.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
SHEL (Sustainable Hydrogen Evaluation in Logistics)	4.645.500 € (2.443.095 €)	01.01.2011 - 31.12.2013	SHEL entwickelt Materialien zur Anwendung für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge und für die Wasserstofftankstellen-Infrastruktur. Weiters soll eine Marktakzeptanz durch den Endanwender erreicht werden.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
SOFCOM (SOFC CCHP with poly-fuel: operation and maintenance)	6.219.613 € (2.937.753 €)	01.11.2011 - 31.10.2014	SOFCOM befasst sich mit Konzepten der Nachhaltigkeit, Sicherheit der Energieversorgung, mit lokalen Ressourcen und der Maximierung der Energieeffizienz. Dabei wird versucht, die technische Machbarkeit und die energie- und umweltpolitischen Vorteile der KWK in die SO-Brennstoffzellen zu integrieren.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
SSH2S (Fuel Cell Coupled Solid State Hydrogen Storage Tank)	3.501.748 € (1.595.685 €)	01.02.2011 - 31.07.2014	SSH2S versucht eine Integration zwischen Wasserstoff-Speichersystemen und HTPEM-Brennstoffzellen herzustellen, neue Materialien mit hoher gravimetrischer und volumetrischer Energiedichte zu entwickeln, neue Tanks für die Versorgung mit Wasserstoffstrom zu schaffen, die Ladezeiten zu senken und die Stabilität der Leistungen zu erhöhen. Diese Ziele sollten möglichst kosteneffizient erreicht werden.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project

STAYERS (STAYERS Stationary PEM fuel cells with lifetimes beyond five years)	4.305.717 € (1.938.437 €)	01.01.2011 - 31.12.2013	STAYERS konzentriert sich auf die Entwicklung einer sparsamen PEM-Brennstoffzellenversorgung, für stationäre Anwendungen (z.B. in der chemischen Industrie) Eine Lebensdauer von mindestens 40.000 Stunden wird angestrebt. Für den Einsatz im Automobil sollte sie 5.000 Stunden betragen. Dazu setzt dieses Projekt auf Materialforschung, Langlebigkeit, Zuverlässigkeit und Schadstoffreduktion.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
SUAV (Microtubular Solid Oxide Fuel Cell Power System development and integration into a Mini-UAV)	4.187.100 € (2.109.518 €)	01.12.2012 - 30.11.2014	SUAV beinhaltet eine Analyse über die Anzahl an Brennstoffzellen und Peripheriegeräten, einschließlich des Wärmeaustausches, der Brennstofferneuerung und des Nachbrennens des Brennstoffs.	Joint Technology Initiatives - Collaborative Project
ZEOCELL (Nanostructured electrolyte membranes based on polymer-ionic liquids-zeolite composites for high temperature pem fuel cell)	2.654.938 € (1.917.401 €)	01.01.2008 - 31.12.2010	ZEOCELL entwickelt eine verbesserte Elektrolytmembran, Materialien, die in Massenfertigung hergestellt werden können, hohe Temperaturen aushalten, eine hohe Haltbarkeit und einen sparsamen Verbrauch aufweisen. Dieses Projekt trägt erheblich zum Erfolg der PEMFC-Technologie bei.	Small or medium-scale focused research project

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an CORDIS 2012

All diese Projekte erhalten Förderungen in Form von Geldzuschüssen. Diese Förderungsmittel werden prozentual nach den investierten Ausgaben und in Abhängigkeit der Projektaktivitäten vergeben. Somit betragen die Zuschüsse für Demonstrationsaktivitäten bis zu 50 Prozent. Unter Demonstrationsprojekten werden Projekte verstanden, die der Markterprobung dienen sollen, diese Projekte werden im Maßstab 1:1 erstellt und ermöglichen dadurch eine wirtschaftliche, gesellschaftliche und technische Beurteilung hinsichtlich einer kommerziellen Markteinführung. Für F&E-Aktivitäten liegen die Förderungen ebenfalls bei bis zu 50 Prozent, F&E-Aktivitäten, die von Non-Profit-Forschungseinrichtungen, KMUs, Universitäten oder öffentlichen Einrichtungen ausgehen, werden mit bis zu 75 Prozent unterstützt und Projekte im Rahmen der Grundlagenforschung, Koordinierungs- und Unterstützungsaktivitäten werden bis zu 100 Prozent von der EU finanziert. Teilnahmeberechtigt an diesen Projekten sind juristische Personen wie Universitäten, Forschungseinrichtungen, Unternehmen und teilweise auch natürliche Personen. Die Teilnehmer können ihre Anträge für Projekte im Rahmen eines Aufrufs stellen,

welcher die Themen für Projekteinreichungen als auch deren Einreichungsfrist beinhaltet und auf dem Webportal „Cordis“ und im Amtsblatt der EU veröffentlicht wird (Europäische Kommission 2007, S. 22ff.). Die Aufforderung zur Vorschlagseinreichung für Projekte bezogen auf Brennstoffzellen und Wasserstoff lässt sich in vier Bereiche unterteilen (cordis.europa.eu 2012):

- *„Infrastruktur für Transport und Betankung*
- *Wasserstoffproduktion und –verteilung*
- *Stationäre Energieproduktion und Kraft-Wärme-Kopplung*
- *Übergreifende Fragen“*

Im folgenden Unterkapitel werden zusätzliche, bereits beendete Förderungsprogramme aus vergangenen FPs angeführt und kurz beschrieben, die im Bereich Brennstoffzellen und Wasserstoff durchgeführt und durch die EU unterstützt wurden.

5.1.2. Abgeschlossene Förderungsprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie

Das erste europäische Großprojekt „Euro Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project“ (EQHHP) wurde 1989 gestartet. Im Rahmen dieses Projekts wurden bis 1992 die ökonomische Machbarkeit der Erzeugung, der transatlantische Transport, die Anwendung und die Handhabung von Wasserstoff untersucht. In den darauffolgenden Jahren bis 1998 wurden dann Anwendungstechnologien erstellt und getestet (H₂ydrogeit o.J.).

Wie der Name schon erahnen lässt, handelt es sich bei diesem von der EU geförderten Projekt um eine Kooperation mit der kanadischen Provinz Quebec. Im Rahmen dieses Projektes war die Einführung eines Wasserstoffenergiemarktes zwischen Europa und Kanada geplant. Wasserstoff sollte demnach in Kanada durch die vorhandene überschüssige elektrische Energie der Wasserkraftwerke hergestellt und mit Hilfe von Tankschiffen nach Europa transportiert werden. Aufgrund der zu hohen Kosten konnte diese Idee jedoch nicht umgesetzt werden, somit wurde der Fokus des Projekts auf die F&E der Wasserstoffnutzung gelegt. Das EQHHP lief bis 2000 und beinhaltete mehrere Technologieentwicklungs- und Demonstrationsprojekte, an denen 30 europäische Forschungszentren, Unternehmen und

Universitäten beteiligt waren. Ergebnisse dieses Projekts waren die Bildung von Wasserstoffenergieallianzen und -netzwerken aus institutionellen und industriellen Akteuren und grundlegende, die gesamte Wasserstoffversorgungskette betreffende, Technologiebausteine (Bünger 2000).

Im Rahmen der Forschungsrahmenprogramme der EU wurden in den letzten Jahren mehrere solcher und ähnlicher Projekte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie gefördert. In der folgenden Tabelle werden einige dieser bereits abgeschlossenen Projekte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für die automobilen Anwendung angeführt.

Tabelle 4: Abgeschlossene Förderungsprogramme für H₂- und FC-Technologie

Programme	Budget (EU-Zuschuss)	Laufzeit	Beschreibung	Vertragsart
ACCEPTH2 (Public acceptance of hydrogen transport technologies)	349.994 € (349.994 €)	01.01.2003 - 30.06.2005	ACCEPTH2 trägt zur technischen Reife und zur öffentlicher Akzeptanz der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie bei, indem die Einführung von Wasserstoffbussen unterstützt wird und deren Wahrnehmung sowie Verwendung sowohl wirtschaftlich als auch aufgrund ihrer öffentlichen Akzeptanz bewertet werden (European Commission 2003, S. 138).	Preparatory, accompanying and support measures
BIO-H2 (Production of clean hydrogen for fuel cells by reformation of bioethanol)	3.807.123 € (2.228.562 €)	01.07.2000 - 31.12.2003	BIO-H2 befasst sich mit der Erzeugung von Wasserstoff, welcher aus Biomasse basierendem Ethanol für mobile Anwendungen gewonnen wird. Dadurch sollen die Schadstoffemissionen deutlich reduziert werden (CORDIS 2012).	Cost-sharing contracts
CITYCELL (Fuel Cell Energy in Cities)	10.915.935 € (3.850.000 €)	2003 - 2006	CITYCELL demonstriert die Anwendung von fünf Brennstoffzellen-Hybrid-Fahrzeugen in den Innenstädten von Turin, Berlin, Madrid und Paris (European Commission 2003, S. 46).	Cost-sharing contracts

CUTE (Clean Urban Transport for Europe)	52.438.453 € (18.551.209 €)	24.11.2001 - 23.06.2006	CUTE entwickelte einzigartige öffentliche Verkehrsmittel und erforderliche Begleitmaßnahmen zur Energieinfrastruktur auf Basis von Wasserstoff. Der Fokus lag auf dem Probebetrieb von Brennstoffzellenbussen, der Überprüfung der benötigten Infrastruktur sowie der Akzeptanzsteigerung der Wasserstofftechnologie in der Gesellschaft (Geitmann 2006, S. 137).	Cost-sharing contracts
ECTOS (Ecological City Transport System)	6.936.855 € (2.857.173 €)	01.03.2001 - 31.08.2005	ECTOS wurde in Reykjavík zur Umstellung der Energieversorgung auf Wasserstoff durchgeführt (Wieder, Metzner, Rammler 2003, S. 29). Das Projekt umfasst Forschung, Demonstration und Bewertung der Wasserstoffinfrastruktur und Brennstoffzellenbusse (CORDIS 2012).	Cost-sharing contracts
EIHP (European Integrated Hydrogen Project)	2.500.000 € (1.300.000 €)	01.02.1998 - 30.04.2000	EIHP befasste sich mit der Weiterentwicklung der Wasserstofftechnologie als auch der Umsetzung von Wasserstoffinfrastruktur und -fahrzeugen. Das Projekt zielt auf die Bildung von einheitlichen Rechtsvorschriften in Bezug auf die Wasserstofftechnologie in Europa sowie die Schaffung einer engeren Zusammenarbeit mit den Zulassungsbehörden der einzelnen EU-Mitgliedstaaten ab (EIHP o.J.).	Cost-sharing contracts
EIHP2 (European Integrated Hydrogen Project - phase II)	4.926.299 € (2.359.782 €)	01.02.2001 - 31.01.2004	EIHP2 beinhaltet die Verbesserung der Entwürfe für eine Verordnung der Zulassung von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen, die in der ersten Phase abgeschlossen wurden, und die Entwicklung einer globalen Regulierung dieser Fahrzeuge (EIHP o.J.).	Cost-sharing contracts
ELEDRIIVE (Thematic Network on fuel cell vehicles)	721.326 € (699.534 €)	01.12.2000 - 30.11.2003	ELEDRIIVE ist ein Netzwerk zum Informationsaustausch von Interessensvertretern im Bereich Brennstoffzellen-, Elektro- und Hybridfahrzeuge mit dem Ziel die Entwicklung sowie die Einführung solcher Fahrzeuge auf dem europäischen Markt zu beschleunigen (CORDIS 2012).	Thematic network contracts
EUHYFIS (European Hydrogen Filling Station)	nicht verfügbar	01.01.1999 - 31.03.2000	EUHYFIS zielt auf die Entwicklung einer Wasserstoff-Tankstellen-Infrastruktur für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge ab (EUHYFIS o.J.).	Cooperative research contracts

FEBUSS (Fuel cell Energy systems standardised for large transport, Busses and Stationary applications)	7.841.259 € (3.920.627)	01.01.2002 - 31.12.2006	FEBUSS entwickelte ein wasserstoffbetriebenes 100 kW PEM-Brennstoffzellen-Leistungsmodul, das für den öffentlichen Transport und stationäre Anwendungen standardisiert werden soll (European Commission 2003, S. 40).	Cost-sharing contracts
FHIRST (Fuel Cells and Hydrogen Improved R&D Strategy for Europe)	208.895 € (208.895 €)	01.09.2001 - 31.12.2002	FHIRST überprüft die Stärken und Schwächen der EU-Position und die Programme der Mitgliedstaaten und gibt Empfehlungen für zukünftige F&E Programme ab und unterstützt den Aufbau von Beratungsgruppen im Bereich der Brennstoffzellentechnologie für stationäre und mobile Anwendungen (European Commission 2003, S. 124).	Preparatory, accompanying and support measures
FRESCO (European Development of a Fuel-Cell Reduced-Emission Scooter)	3.600.000 € (1.800.000 €)	01.12.2001 - 31.07.2005	FRESCO zielt auf die Entwicklung eines funktionsfähigen, sauberen Brennstoffzellenantriebs für Kleinfahrzeuge ab (European Commission 2003, S. 42).	Cost-sharing contracts
FUCHSIA (Fuel Cell and Hydrogen Store for Integration into Automobiles)	3.049.797 € (2.187.283 €)	01.02.2001 - 30.04.2004	FUCHSIA entwickelte einen Wasserstoffspeicher mit neuartigen kohlenstoffbasierten Materialien, der eine Brennstoffzelle mit einer für Leichtfahrzeuge geeigneten Ausgangsleistung enthält (CORDIS 2012).	Cost-sharing contracts
FUERO (Fuel Cell Systems and Components General Research for Vehicle Applications)	4.517.065 € (2.501.232 €)	01.07.2000 - 30.06.2004	FUERO stellt ein Bündel von neun Projekten dar, in denen Bauteile- und Systemanforderungen für Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb festgelegt werden. Schwerpunkte dieser Projekte liegen z.B. in der Entwicklung von Motoren und Bauteilen für Brennstoffzellensysteme (Europäische Kommission 2012).	Cost-sharing contracts
FUEVA (European Fuel Cell Vehicles Technologies Validation)	1.949.021 € (1.199.932 €)	01.01.2003 - 30.06.2006	FUEVA sammelt Erfahrungen im Bereich der Betriebsnahme von Brennstoffzellen-Fahrzeugen, beurteilt und prüft Fahrzeuge verschiedener Hersteller (CORDIS 2012).	Cost-sharing contracts
HARMONHY (Harmonisation of standards and regulations for a sustainable hydrogen and fuel cell)	485.065 € (435.598 €)	01.05.2005 - 31.07.2006	HARMONHY bewertet weltweit die Aktivitäten im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie und die damit verbundenen Vorschriften und Normen. Ziel ist es, eine effektive europäische Zusammenarbeit zu schaffen, um somit den europäischen Beitrag auf diesem Gebiet international gesehen zu steigern (European Commission 2006, S. 174)	Specific Support Action

HI2H2 (Highly efficient, High temperature, Hydrogen Production by Water Electrolysis)	1.767.081 € (1.1.06.887 €)	01.08.2004 - 31.07.2007	HI2H2 hat den Einsatz von Materialien und technischen Entwicklungen basierend auf der SOFC-Technologie zum Ziel. Dadurch soll eine solide Oxid-Wasserelektrolyse erstellt und bewertet werden (CORDIS 2012).	Specific Targeted Research Project
HYAPPROVAL (Handbook for Approval of Hydrogen Refuelling Stations)	3.948.788 € (1.900.000 €)	01.10.2005 - 30.09.2007	HYAPPROVAL ist ein Handbuch zur Unterstützung der Akzeptanz, der Umsetzung und des Betriebs von Wasserstofftankstellen. Das Projekt orientiert sich an Best Practice-Erfahrungen von Projekten wie CUTE, HYFLEET:CUTE, ECTOS, EIHP I & II, HYSAFE und ZERO REGIO (CORDIS 2012).	Specific Targeted Research Project
HYCHAIN MINI-TRANS (Deployment of innovative low power fuel cell vehicle fleets to initiate an early market for hydrogen as an alternative fuel in Europe)	37.652.922 € (17.000.000 €)	15.01.2006 - 14.01.2011	HYCHAIN MINI-TRANS setzte innovative Brennstoffzellen-Fahrzeuge, die Wasserstoff als alternativen Kraftstoff einsetzen, in Frankreich, Deutschland, Spanien und Italien ein. Mit diesem Projekt erhoffte man sich eine ausreichend große Menge an Fahrzeugen zu erreichen, um einen industriellen Ansatz zur Kostensenkung zu rechtfertigen und Barrieren zu überwinden (CORDIS 2012).	Integrated Project
HYCOM (Integral large scale experiments on hydrogen combustion for severe accident code validation)	1.420.487 € (700.000 €)	01.02.2000 - 31.01.2003	HYCOM zielte auf die Einrichtung einer begrenzten Zahl von „hydrogen communities“ in der EU ab (CORDIS 2012).	Cost-sharing contracts
HYCOURSE (European Summer School on Hydrogen Safety)	(620.450 €)	01.03.2006 - 28.02.2010	HYCOURSE bietet den Fachkräften der Wasserstoffwirtschaft die Möglichkeit, Erfahrungen im Bereich der Wasserstoffsicherheit zu sammeln. Der Lehrplan für diese Sommerschule wurde von Experten des HYSAFE sowie von externen Experten entwickelt (European Commission 2006, S. 181).	Series of events
HYDRO-GEN (Second generation PEM fuel cell working with hydrogen stored at high pressure for the electric vehicle)	nicht verfügbar	01.01.1996 - 31.03.2001	HYDRO-GEN zielt auf die Entwicklung eines innovativen, auf PEM-Stack basierenden Brennstoffzellen-Systems ab, mit dem Fokus auf Kostenreduktion für geeignete Anwendungen im Bereich von Elektrofahrzeugen (CORDIS 2012).	Cost-sharing contracts
HYFIRE (Hydrogen Combustion in the Context of Fire and Explosion Safety)	(949.878 €)	01.09.2006 - 31.08.2010	HYFIRE konzentriert sich auf Forschung im Bereich der Wasserstoffsicherheit und bildet dazu einen Pool an geschulten Forschern auf dem Gebiet des Wasserstoff-Brand- und Explosionsschutzes (European Commission 2006, S. 184).	Early-stage Training

HYFLEET:CUTE (Hydrogen for clean urban transport in Europe)	43.037.049 € (18.986.145 €)	10.01.2006 - 09.09.2009	HYFLEET:CUTE stellt eine Fortführung der Projekte CUTE und ECTOS dar und entwickelte einen neuen FC-Hybrid Vorprototyp. Seit 2011 läuft die dritte verbesserte Version diese Projekts (HyFLEET:CUTE o.J.; Elste 2009).	Integrated Project
HYHEELS (Hybrid High Energy Electrical Storage)	4.727.565 € (2.635.383 €)	01.11.2005 - 31.12.2008	HYHEELS analysiert die Herausforderungen im Bereich der Energieversorgung von Wasserstoff als Kraftstoff für Brennstoffzellenfahrzeuge. Fazit dieses Projekts ist, dass eine Wasserstoff-Brennstoffzelle eine leistungsstarke und zuverlässige Energieversorgung bieten muss, damit Wasserstoff zukünftig als Kraftstoff für Fahrzeuge in Frage kommen kann (European Commission 2006, S. 114).	Specific Targeted Research Project
HYICE (Hydrogen Internal Combustion Engine)	7.716.126 € (5.008.316 €)	05.01.2004 - 04.01.2007	HYICE zielte auf die Optimierung von wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren ab und erreichte so einen Fortschritt bei der Energieeffizienz und Motorenleistung. Es wurden Komponenten für die Herstellung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen entwickelt und Berechnungstools für eine Serienentwicklung auf den Markt gebracht (Europäische Kommission 2012).	Integrated Project
HYLIGHTS (A coordination action to prepare European Hydrogen and fuel cell demonstration projects)	3.404.670 € (3.164.531 €)	01.01.2006 - 31.12.2008	HYLIGHTS konzentrierte sich auf eine schnelle Kommerzialisierung von Wasserstoff und Brennstoffzellen im Bereich des Transports in Europa (CORDIS 2012).	Coordination action
HYNET (European hydrogen energy thematic network)	1.432.905 € (1.072.609 €)	01.01.2002 - 31.12.2004	HYNET erstellte ein Netzwerk für Wasserstoff, mit dem Fokus auf europäische FTE-Strategien im Bereich der Wasserstoffenergie, Leitfaden für eine Infrastruktur sowie sozio-ökonomische und politische Fragen zum Thema Wasserstoff als Energieträger (CORDIS 2012).	Thematic network contracts
HYSAFE (Safety of Hydrogen as an Energy Carrier)	13.213.041 € (7.160.000 €)	01.03.2004 - 28.02.2009	HYSAFE leistete einen Beitrag zum sicheren Übergang einer nachhaltigen Entwicklung in Europa durch eine einfache und sichere Einführung von Wasserstofftechnologie und -anwendungen (HYSAFE 2007).	Networks of Excellence

HYSAFEST (Early Stage Training in Fundamentals of Hydrogen Safety)	(709.573 €)	01.09.2006 - 31.12.2010	HYSAFEST schafft ein europäisches Netzwerk für Forscher, um die Wissenslücke im Bereich der Wasserstoffsicherheit zu schließen und somit eine effiziente Einführung und Kommerzialisierung von Wasserstoff als Energieträger zu ermöglichen (European Commission 2006, S. 180).	Early-stage Training
HYSOCIETY (The European Hydrogen (based) Society)	2.108.288 € (1.617.918 €)	18.07.2005 - 17.07.2007	HYSOCIETY fördert den Übergang von fossilen brennstoffbasierten Energiesystemen zu nachhaltigen, wasserstoff-basierenden Energiesystemen und unterstützt somit eine sichere und zuverlässige Wasserstoff-Gesellschaft in Europa durch die Förderung des Bewusstseins der Öffentlichkeit und die Überwindung von nicht-technischen Barrieren (European Commission 2003, S. 130).	Cost-sharing contracts
HYSYS (Fuel Cell Hybrid Vehicle System Component Development)	22.130.545 € (11.197.201 €)	01.05.2005 - 30.11.2010	HYSYS zielt auf die Verbesserung und Kostensenkung von Brennstoffzellen-System-Komponenten ab, um diese marktreif zu machen und in Massen zu fertigen. Zudem werden die Komponenten und die Systemleistung für Brennstoffzellenfahrzeuge bewertet (European Commission 2006, S. 128).	Integrated Project
HYTRAN (Hydrogen and Fuel Cell Technologies for Road Transport)	16.803.537 € - (8.811.143 €)	01.01.2004 - 31.03.2012	HYTRAN arbeitet an der Entwicklung von zwei innovativen integrierten Brennstoffzellensystemen für automotive Anwendungen mit dem Ziel, die Forschungs- und Technologieentwicklung zu steigern und eine Markteinführung von PEM-Brennstoffzellen-Systemen im Straßenverkehr zu ermöglichen (CORDIS 2012).	Integrated Project
HYWAYS (European Hydrogen Energy Roadmap)	7.916.238 € (4.000.000 €)	01.04.2004 - 30.06.2007	HYWAYS dient der Entwicklung einer Roadmap für Wasserstoffenergie, die Vergleichsanalysen von Wasserstoffversorgungsszenarien, regenerativen Energien und Energieszenarien beinhaltet. Zudem werden technische und sozioökonomische Variablen sowie Emissionsanforderungen analysiert und deren Auswirkungen auf die Wasserstoffversorgung untersucht (HYWAYS o.J.).	Integrated Project

MOREPOWER (Compact direct (m)ethanol fuel cell for portable application)	3.925.231 € (2.147.784 €)	01.02.2004 - 30.04.2007	MOREPOWER fokussierte auf die Entwicklung eines kostengünstigen, niedrig temperierten, tragbaren Direkt-Methanol-Brennstoffzellen-Gerätes, welches bei Wetterstationen, medizinischen Geräten, Gassensoren, Überwachungskameras, Notaggregaten und Meldegeräten angewendet werden kann (CORDIS 2012).	Specific Targeted Research Project
NATURALHY (Preparing for the hydrogen economy by using the existing natural gas system as a catalyst)	17.270.429 € (11.000.000 €)	01.05.2004 - 31.10.2009	NATURALHY beschäftigt sich mit der Verwendung des vorhandenen Erdgasnetzes als Katalysator für die Vorbereitung zur Wasserstoff-Energiewirtschaft. Dieses Projekt kooperierte mit den Projekten HySafe und HyWays (CORDIS 2012).	Integrated Project
PREMIA (R&D, demonstration and incentive programmes effectiveness to facilitate and secure market introduction of alternative motor fuels)	1.000.000 € (1.000.000 €)	01.06.2004 - 31.05.2007	PREMIA zielt auf eine Ersetzung des Kraftstoffverbrauchs von Motoren durch neue und alternative Kraftstoffe von 20 Prozent bis zum Jahr 2020. Dafür sind drei Arten von Brennstoffen vorgesehen: Biokraftstoffe, Erdgas und Wasserstoff (CORDIS 2012).	Specific Support Action
RES2H2 (Cluster pilot project for the integration of res into european energy sectors using hydrogen)	5.171.271 € (2.500.000 €)	01.01.2002 - 31.12.2006	RES2H2 befasst sich mit der Integration von erneuerbaren Energiesystemen, Wasserstoff-erzeugung und -nutzung im Energiebereich. Zudem liegt der Fokus auf der Speicherung von Wasserstoff, damit Wasserstoff bei Bedarf in Brennstoffzellen, mit Gasturbinen oder Verbrennungsmotoren verwendet werden kann (CORDIS 2012).	Cost-sharing contracts
ROADS2HYCOM (Research Coordination, assessment, deployment and support to HyCOM)	7.801.408 € (4.499.986 €)	16.10.2005 - 15.04.2009	ROADS2HYCOM dient der Koordination, Bewertung und Überwachung von Forschung für den Einsatz von Wasserstoff für stationäre und mobile Anwendungen. Zudem befasst sich das Projekt mit der Produktion, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff sowie dessen Umwandlung in Energie (CORDIS 2012).	Integrated Project
STORHY (Hydrogen Storage Systems for Automotive Application)	18.598.336 € (10.729.990 €)	01.03.2004 - 31.08.2008	STORHY ist eine Initiative zur Entwicklung stabiler, sicherer und effizienter Wasserstofftanks für Kraftfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb oder Verbrennungsmotor (STORHY 2004).	Integrated Project

SYSAF (Systems for Alternative Fuels)	nicht verfügbar	2003 - 2006	SYSAF unterstützt die Einführung von Wasserstoff als alternativen Kraftstoff, speziell für mobile Anwendungen im Straßenverkehr. Schwerpunkte liegen auf der Speicherung von Wasserstoff, Unterstützung der Standardentwicklung, Harmonisierung der Testmethoden, Benchmarking und der Ermittlung von Best Practices (CORDIS 2012).	Joint Research Centre research
VELA-H2 (Alternative fuels and vehicle power train)	nicht verfügbar	01.09.2004 - unbekant	VELA-H2 dient der Entwicklung von Testprogrammen und Prüfverfahren zur Beurteilung der Effizienz und der allgemeinen Umweltverträglichkeit von Elektro-, Hybrid- und Wasserstofffahrzeugen (European Commission 2006, S. 130).	Joint Research Centre research
WETO-H2 (World Energy Technology Outlook - 2050)	460.600 € (394.000 €)	01.01.2004 - 31.12.2005	WETO-H2 zielt auf ein weltweit zukünftiges Energiesystem bis zum Jahr 2050 ab, welches auf Strategien zur Reduktion des Klimawandels basiert. Zudem werden Voraussetzungen zur Entwicklung von Wasserstoff als Energieträger analysiert (European Commission 2006, S. 156).	Coordination action
ZERO REGIO (Lombardia and Rhein-Main towards Zero Emission: Development and Demonstration of Infrastructure Systems for Alternative Motor Fuels)	18.686.606 € (7.461.264 €)	15.11.2004 - 14.11.2009	Durch ZERO REGIO wurde ein emissionsarmes Transportsystem für europäische Städte entwickelt. Unter anderem wurde Wasserstoff als alternativer Kraftstoff eingesetzt und Infrastrukturen für alternative Kraftstoffe geschaffen(CORDIS 2012).	Integrated Project

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an CORDIS 2012

Zwischen 1998 und 2002 fand das fünften Forschungsrahmenprogramm statt, das erstmals verstärkt auch auf Forschung im Bereich von Wasserstoff und Brennstoffzellen setzte. Während dieses Zeitraums wurden 66 Projekte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit insgesamt 145 Millionen Euro von der EU unterstützt (eine Auflistung aller dieser Projekte findet man in den Berichten der Europäischen Kommission: European Hydrogen and Fuel Cell Projects 2002-2006, aus dem Jahr 2006 und European Fuel Cell and Hydrogen Projects 1999-2002, aus dem Jahr 2003). Diese Projektpalette sowie die Projektpalette der sechsten Forschungsrahmenprogramms reichen von Grundlagenforschung über Materialien für Brennstoffzellen, Treibstoffanlagen, Wasserstoffproduktion und -speicherung über Systemintegrationen für stationäre, tragbare und mobile

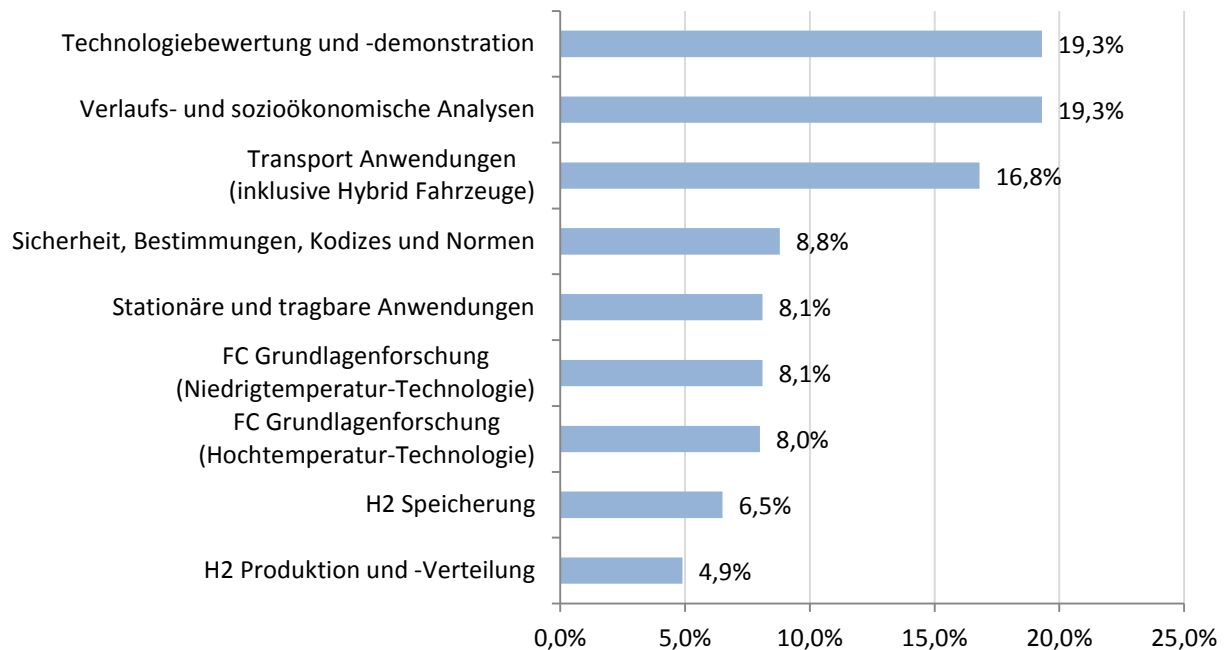
Anwendungen bis hin zu Demonstrationsprojekten, welche auf verifizierte Technologien unter realer Betriebsbereitschaft abzielen (European Commission 2004, S. 8).

Anschließend fand im Zeitraum von 2002 bis 2006 das sechste Forschungsrahmenprogramm der EU statt, welches 83 Projekte im Bereich Wasserstoff und Brennstoffzellen umfasst, die mit einem Budget von 300 Millionen Euro von der EU gefördert wurden. Diese Projekte lassen sich in folgende Kategorien unterteilen (European Commission 2004, S. 9):

- Wasserstoffproduktion und -verteilung
- Wasserstoffspeicherung
- Grundlagenforschung von Brennstoffzellen (Niedrig- und Hochtemperatur-Technologie)
- Stationäre und tragbare Anwendungen
- Transport Anwendungen (inklusive Hybrid Fahrzeuge)
- Sicherheit, Bestimmungen, Kodexe und Normen
- Verlaufs- und sozioökonomische Analysen
- Technologiebewertung und -demonstration

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Förderungsmittel der Europäischen Kommission für die einzelnen oben angeführten Projektbereiche in Prozent.

Abbildung 5: Budgetaufteilung nach Forschungsbereichen



Quelle: eigene Darstellung i. A. European Commission 2006, S. 9

5.2. Amerikanische Förderungsprogramme

Bereits in den 1920er Jahren wurde Wasserstoff kommerziell in Nordamerika und Europa produziert. Der erste der den Begriff „Wasserstoffwirtschaft“ verwendete, war der weltweit größte Automobilhersteller General Motors. Ingenieure von General Motors betrachteten bereits in den 1970er Jahren Wasserstoff als möglichen Energie-Treibstoff der Zukunft. In den USA begann die Entwicklung einer Wasserstofftechnologie bereits in den 1960er Jahren, sie wurde für Raumfahrtprogramme eingesetzt. Durch die Ölkrise der 1970er Jahre wurden die Forschungsmaßnahmen für den Einsatz von Wasserstoff auf einen breiteren Anwendungsbereich ausgeweitet. Es wurden einige Prototypen von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen gebaut. Dafür werden beträchtliche Mittel im Bereich einer erneuerbaren Wasserstoffwirtschaft in die F&E von Brennstoffzellen, Wasserstoffspeicherung, wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen und deren Infrastruktur, Demonstrationsprojekten und Ausbildung investiert. Weiters konzentrierte sich die Forschung verstärkt auf Projekte zur Verbesserung der Wasserstoffproduktion, -speicherung und -verwendung (Apak et. al. 2010, S. 5482f.).

Seit 1977 entwickelt und bewertet das NREL in Zusammenarbeit mit dem DOE verbesserte Transporttechnologien wie alternative Kraftstoffe und Hybrid-Elektrofahrzeuge. In Kooperation mit den Projekten EERE's FreedomCAR und Vehicle Technologies (FCVT) wurden diese Transporttechnologien gefertigt und geprüft. Durch die Zusammenarbeit von NREL mit Projekten für alternative Kraftstoffe wie Clean Cities, Advanced Vehicle Testing Activity usw. konnten umfangreiche Kenntnisse und Erfahrungen in Bezug auf die Umsetzung von alternativen Kraftstoffen gewonnen werden. Dabei fand man heraus, dass wasserstoffbetriebene Fahrzeuge bei der Implementierung mit gleichen oder ähnlichen Herausforderungen konfrontiert sind wie andere Fahrzeuge, welche mit alternativen Treibstoffen betrieben werden. Diese Erkenntnis könnte den Übergang zu Wasserstoff deutlich erleichtern (Apak et. al. 2010, S. 5486).

2003 ging die U.S. Regierung davon aus, dass bis zum Jahr 2020 wasserstoffbetriebene Fahrzeuge in Massen produziert werden. Dazu gab es ein sehr ehrgeiziges Szenario, das eine Massenproduktion von diesen Fahrzeugen bereits ab dem Jahr 2015 anstrebte. Bis 2040 sollten dann alle neu produzierten Fahrzeuge mit Brennstoffzellen ausgestattet sein und durch Wasserstoff betrieben werden. Der vollständige Übergang zu einer wasserstoff-betriebenen Automobilflotte soll bis 2050 erreicht werden. Laut Prognosen steigt das Interesse in der Öffentlichkeit und der Industrie an Wasserstoff als möglichen Energieträger der Zukunft deutlich an. Die Regierung unterstützt den industriellen Sektor bereits mit 75 Millionen U.S. Dollar, um das Ziel der Kostensenkung und Verbesserung der Haltbarkeit von Brennstoffzellen zu erreichen. Betroffen von diesen Förderungsmitteln sind 13 Unternehmen und Bildungseinrichtungen in 12 Staaten. Zudem besitzen die USA drei „Centers of Excellence“ zur Forschung an der Wasserstoffspeicherung, welche jeweils über ein DOE Nationallabor verfügen und mit mehreren Universitäten sowie industriellen Partnern zusammenarbeiten (Apak et. al. 2010, S. 5482f.).

Im Jahr 2003 konnte der Ingenieur Nate Coleman vom Schatz Energy Research Center (SERC) mehrere hunderttausend Konzertgäste sowie das Festivalteam auf den Touren des Lollapalooza Festivals für das Thema Wasserstoff und Brennstoffzellen begeistern und dadurch das öffentliche Bewusstsein der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie erhöhen. Das SERC ist davon überzeugt, dass die Erfahrung aus erster Hand auf diesem

Gebiet eine notwendige und wirksame Methode ist, um Ängste und Mythen über Wasserstoff zu vertreiben (Apak et. al. 2010, S. 5482f.).

Neben Europa und Amerika gibt es auch in einigen Staaten Asiens Förderungsprojekte für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge, etliche davon werden im folgenden Kapitel näher erläutert.

5.3. Asiatische Förderungsprogramme

Gleich wie in den USA war die Ölkrise der 1970er Jahre auch in einigen Ländern Asiens der eigentliche Anstoß für die Forschung an einer Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Bereits 1981 startete die japanische Regierung das Projekt „Moonlight“, um eine energieeffiziente Technologie zu entwickeln und die Forschung an Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien zu unterstützen. Dieses Projekt wurde 3 Jahre später mit anderen Energie- und Umweltprojekten unter dem Namen „New Sunshine Program“ zusammengefasst. Inspiriert durch das Projekt EQHHPP gab dieses Programm dann den Anstoß zum Wasserstoffprojekt „World Energy Network“ (WE-NET). Dieses Projekt beschäftigte sich hauptsächlich mit der Treibstoffversorgung sowie der Errichtung eines Energiesystems basierend auf Wasserstoff und wurde vom Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (METI) und von der New Energy and Industrial Technology Development Organisation (NEDO) koordiniert und verwaltet. Das WE-NET Projekt wurde mit 300 Milliarden Yen (ca. 2,85 Milliarden Euro) über eine Laufzeit von 10 Jahren gefördert und später durch das Demonstrationsprojekt „Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project“ (JHFC) ergänzt und ersetzt (Wieder Metzner, Rammler 2003, S. 57ff.).

Im Rahmen des JHFC Projekts sollen mobile und stationäre Anwendungen der Brennstoffzellentechnologie demonstriert werden. Dabei wird das Verständnis der Brennstoffzellentechnologie verbessert, eine Wasserstoffinfrastruktur errichtet und die Öffentlichkeit über die neuen Technologien informiert (Wieder Metzner, Rammler 2003, S. 63). Dieses Projekt gilt als Reaktion auf die Entwicklung von Brennstoffzellenautos des Unternehmens Daimler, die 1994 gestartet wurde. Aufgrund des technologischen

Wettbewerbs setzten japanische Automobilhersteller verstärkt auf die Entwicklung und Kommerzialisierung von Wasserstoff und Brennstoffzellen (Stolten 2010, S. 461).

China hat seine Wasserstoffaktivitäten in den zwei Programmen 863 und 973 zusammengefasst. Diese Programme enthalten Zuschüsse sowohl für Elektrofahrzeuge als auch für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge. Im Rahmen des Projekts 863 werden Mittel für die Entwicklung und Prüfung von Wasserstofftankstellen angeboten (Stolten 2010, S. 461).

Das folgende Kapitel untersucht mittels einer empirischen Untersuchung, welchen Stellenwert Forschungsprojekte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in der Gesellschaft haben, ob ein Interesse an wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen in der Bevölkerung vorhanden ist und welche Förderungsmaßnahmen für solche Fahrzeuge von der Öffentlichkeit gewünscht werden.

6. Empirische Untersuchung

Die empirische Untersuchung dient der Beantwortung der Forschungsfrage nach den effizienten Förderungsmaßnahmen im Bereich der Wasserstofftechnologie. Daher soll mit Hilfe dieser Umfrage herausgefunden werden, welche Maßnahmen zur Diffusion von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen am geeignetsten sind und von der Gesellschaft gewünscht werden. Zudem soll mit Hilfe dieser Befragung sowohl der Wissenstand über die Wasserstofftechnologie als auch die Akzeptanz von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen durch die Befragten ermittelt werden. Die folgenden Punkte erklären die Forschungsmethode, beschreiben den Ablauf der Befragung, erläutern die Hypothesen und analysieren die Ergebnisse dieser Untersuchung.

6.1. Forschungsmethode

Die empirische Untersuchung wurde in Form einer schriftlichen, standardisierten Befragung durchgeführt. Diese Art der Befragung gibt eine genaue Form für das Instrument (Fragebogen) als auch für die Erhebungssituation (Durchführung der Befragung) vor, um somit die Voraussetzungen für eine statistische Auswertung - den Erhalt von validen und reliablen Daten - zu erfüllen (Scholl 2009, S.77f.).

In den meisten Fällen wird eine schriftliche Befragung anonym durchgeführt, dadurch erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass die Befragten ehrliche Antworten angeben. Der Fragebogen eignet sich daher als gutes Instrument für eine schriftliche Befragung, da er einen sehr strukturierten Befragungsinhalt erfordert und Eingriffe des Interviewers/ der Interviewerin vermieden werden können (Boritz, Döring 2006, S. 216). Ein teil- oder vollstandardisierter Fragebogen enthält feste Fragen und Antwortvorgaben, deren Reihenfolge strikt befolgt werden muss. Ferner werden die Befragten zufallsgesteuert oder nach Quoten ausgewählt, die Größe der Stichprobe umfasst dabei zwischen 50 und 2.500 Personen (Scholl 2009, S.77ff.).

Im Rahmen dieser Umfrage erfolgte eine standardisierte Befragung mittels digitalem Fragebogen über das Internet. Diese Online-Befragung stellt ein computerunterstütztes

Befragungsverfahren dar. Diese Verfahren bieten ergänzend zu jedem herkömmlichen Befragungsverfahren eine computerunterstützte Variante an, um somit die Planung, Durchführung und Verwaltung dieser Verfahren effizienter und kostengünstiger zu machen. Bei dieser Online-Befragung handelt es sich ferner um eine Selbstausfüller-Befragung, dabei erscheint der Fragebogen, in diesem Fall durch das Anklicken des Links „soscisurvey.de/h2foerderung2012/“, am Bildschirm der Befragten und diese können sogleich mit der Beantwortung der Fragen starten (Scholl 2009, S.49f.).

Vorteile einer computerunterstützten Befragung sind zum einen die Einsparung von Kosten und Zeit, indem die Daten durch den Befragten selber erfasst und automatisch über das Programm übermittelt werden können und zum anderen verringert sich die Beeinflussung des Interviewers auf die Befragten, da die Interaktion zwischen Interviewer/ Interviewerin und Befragten durch den Computer unterbrochen wird (Scholl 2009, S.50f.).

Als Forschungsinstrument zur Durchführung dieser Befragung wurde das Online Fragebogen-Tool „soSci: oFb - der onlineFragebogen“ verwendet. Mit Hilfe dieses Tools lassen sich Fragebögen flexibel und einfach erstellen. Zudem konnten die erhobenen Daten zur Auswertung direkt in das Statistikprogramm „SPSS“ übernommen werden (soSci 2012).

Der Fragebogen besteht aus 39 Fragen, welche sich zu folgenden sieben Fragenkomplexen zusammenfassen lassen:

- Einstellung zur Umwelt
- Angaben zum Mobilitätsverhalten
- Wissensstand über alternativ betriebene Fahrzeuge und deren Forschungsprojekte
- Interesse an Förderungsmaßnahmen der Wasserstofftechnologie
- Kriterien beim Kauf eines Kraftfahrzeugs
- Voraussetzungen zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug
- Persönliche Angaben

Der erste Fragenkomplex, die Einstellung zur Umwelt, beinhaltet Meinungs- und Einstellungsfragen. Dabei geben die Befragten Bewertungen und Beurteilungen zur

jeweiligen Frage ab. Die Fragen zum Mobilitätsverhalten stellen Verhaltensfragen dar, da sie sich auf das regelmäßige Verhalten der Befragten beziehen. Der dritte Fragenbereich enthält Wissensfragen. Dabei wird das Wissen der Befragten auf dem Gebiet der Wasserstofftechnologie nicht vorausgesetzt sondern erst ermittelt. Der vierte Fragenkomplex erfasst Interessens- und Präferenzfragen zu Förderungsmaßnahmen der Wasserstofftechnologie. Die Fragenkomplexe fünf und sechs beinhalten Bewertungsfragen. Hierbei werden Bewertungsobjekte subjektiv beurteilt. Im letzten Fragenbereich werden demografische Fragen gestellt, die zur Gruppe der Faktfragen zählen. Dabei werden feststehende und konstante persönliche Merkmale abgefragt (Scholl 2009, S.147ff.)

Der zur Umfrage erstellte Fragebogen beinhaltet überwiegend geschlossene Fragen. Dabei sollen die Befragten zur Beantwortung der Frage entweder eine Antwort (Single Choice Fragen) oder mehrere Antworten (Multiple Choice Fragen) aus einem Antworten-Pool auswählen. Die Anzahl der Antwortalternativen sollte dabei möglichst überschaubar sein (Mayer 2008, S. 91). Daher wurde bei den Single Choice Fragen überwiegend mit einer vierstufigen Antwortskala gearbeitet. Dies soll einerseits der Überschaubarkeit dienen und andererseits eine Tendenz zur Mitte verhindern. Unter einer Skala wird ein Messinstrument verstanden, durch welches sich Skalenmesswerte ermitteln lassen, die zu den Befragten gemäß eines zu untersuchenden Merkmals zugeordnet werden können. Diese Werte sind für eine statistische Auswertung mittels SPSS unerlässlich (Raab-Steiner, Benesch 2008, S. 22). Vereinzelt wurden auch „Ja“/ „Nein“-Fragen im Fragebogen eingesetzt. Bei den Multiple Choice Frage können unter sechs oder mehreren Antwortmöglichkeiten eine oder mehrere ausgewählt werden. Sofern eine erschöpfende Auflistung der Antwortalternativen nicht möglich ist, werden einige dieser Multiple Choice Fragen in Form von halboffenen Fragen gestellt. Hierbei wird neben vorgegebenen Antwortmöglichkeiten noch eine weitere Antwort „Sonstiges“ angeführt, bei der die Befragten die Möglichkeit haben ihre individuelle Antwort in Form einer offenen Frage abzugeben (Mayer 2008, S. 91f.). Dieser Fragebogen enthält eine einzige offene Frage, dabei ist keine Antwortvorgabe vorhanden, die Befragten sollen ihre eigene Antwort in ein leeres Feld eintragen (Mayer 2008, S. 91f.). Diese Frage kann aber auch unbeantwortet bleiben und übersprungen werden. Alle anderen Fragen müssen beantwortet werden, damit die Fragebogenbearbeitung fortgesetzt werden und eine Auswertung vorgenommen werden kann.

Aus der Forschungsfrage, welches die optimalen Maßnahmen zur Förderung einer Diffusion von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen sind, lassen sich im folgenden Kapitel Hypothesen ableiten, welche anschließend mit geeigneten wissenschaftlichen Methoden überprüft werden (Brezina, Grillenberger 2008, S. 30).

6.2. Aufstellung der Hypothesen

Unter einer Hypothese wird eine wissenschaftliche Vermutung verstanden, welche einen bekannten Sachverhalt klärt und aus der Problemstellung und Forschungsfrage abgeleitet werden (Brezina, Grillenberger 2008, S. 30). In diesem Kapitel werden anhand einiger Erkenntnisse aus den Gebieten Umwelt, Mobilität und erneuerbare Energien Hypothesen zum Umweltbewusstsein, Mobilitätsverhalten, Wissenstand über alternative Antriebsmöglichkeiten, Interesse an Förderungsmaßnahmen für alternative betriebene Fahrzeuge, zur Kaufentscheidung beim Fahrzeugerwerb und zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug aufgestellt.

Die Einstellung zur Umwelt einer Person wird bereits in ihrer Kindheit durch das Verhalten der Eltern und sozialer Bezugsgruppen geprägt. Zudem kann ein umweltfreundliches Verhalten auch durch Umwelterziehung in Schulen vermittelt werden. Jedoch kann das umweltfreundliche Verhalten durch die Einstellung zum technischen Fortschritt gestört werden, wenn das Umweltinteresse aufgrund des Wirtschaftswachstums an Bedeutung verliert. Allerdings kann die Einstellung zum Wirtschaftswachstum durch Entwicklung und Förderung von umweltfreundlichen Technologien wie Wind-, Wasser- und Solarenergie das umweltfreundliche Verhalten auch fördern (Neugebauer 2004, S.9f.). Demzufolge lautet die erste Hypothese folgendermaßen:

Hypothese 1:

Die Einstellung zur Umwelt hat einen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten.

In Hinblick auf demografische Merkmale konnten im Rahmen diverser Untersuchungen weder beim Alter, noch beim Geschlecht und auch nicht aufgrund der sozialen Schicht oder des Einkommens Zusammenhänge in der Einstellung zur Umwelt festgestellt werden (Neugebauer 2004, S. 12ff.). Demnach kann die nachstehende Hypothese getroffen werden:

Hypothese 2:

Demografische Merkmale haben keinen Einfluss auf die Einstellung zur Umwelt

Mit dem wachsenden Wohlstand der Industrieländer steigen auch Ressourcenkonsum und Umweltbelastung. Das Einkommen stellt für den Umweltverbrauch im Verkehrssektor eine zentrale Größe dar, da Weglängen und Verkehrsmittelwahl in Haushalten mit höherem Einkommen umweltschädlicher sind als in Haushalten mit niedrigerem Einkommen (Lorek, Spangenberg 2001, S.2ff.). Somit lässt sich aus dieser Feststellung folgende Hypothese ableiten:

Hypothese 3:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Mobilitätsverhalten und den demografischen Merkmalen der Befragten.

Akzeptanzprobleme sind häufig auf Risiken und den damit einhergehenden Auswirkungen sowie auf unzureichendes Wissen über die Technologie zurück zu führen. Daher geht man davon aus, dass Laien, die über ausreichendes Wissen zur Wasserstofftechnologie verfügen und über diese Technologie informiert werden, eher in der Lage sind die Technologie einzuschätzen. Umso höher der Wissenstand im Bereich der Wasserstofftechnologie, desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass die Technologie von Laien und Experten gleich eingeschätzt wird. (Dinse 2001, S. 51).

Laut einer Studie der technischen Universität Berlin gehen Experten davon aus, dass Wasserstoff das Potenzial besitzt als Kraftstoff langfristig in Erscheinung zu treten und daher der Anteil an wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen in Zukunft steigen könnte. Allerdings sind sie auch der Meinung, dass es in der Bevölkerung noch an Basiswissen über die Wasserstofftechnologie fehlt, was zu Akzeptanzproblemen führt. Eine Beseitigung der Zweifel an dieser Technologie könnte durch positive Erfahrungen mit dieser Technologie erreicht werden (Geitmann 2006, S. 154). Daraus lassen sich die folgende Hypothesen ableiten:

Hypothese 4:

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Wissensstand über alternative Antriebsmöglichkeiten und dem Interesse an Förderungsmaßnahmen.

Hypothese 5:

Je höher der Wissenstand über alternative Antriebsmöglichkeiten, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit auf ein alternative betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Zudem sind die Experten davon überzeugt, dass finanzielle Anreize die Einführung der Wasserstofftechnologie beschleunigen könnten. Derzeit sind wasserstoffbetriebene Fahrzeuge in ihrer Anschaffung deutlich teurer als herkömmlich betriebene Fahrzeuge (Heibel 2008, S. 17). Überdies gehen Experten davon aus, dass gemeinnützige Aspekte wie beispielsweise eine Steigerung der Umweltverträglichkeit, Konsumenten nicht zum Kauf eines teureren Fahrzeuges bewegen. Deshalb bedarf es bestimmte Anreize, wie Steuerbegünstigungen, günstige Versicherungstarife usw., um das Interesse der Konsumenten an wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen sowie deren Akzeptanz zu steigern (Geitmann 2006, S. 154f.). Demzufolge lässt sich aus diesen Erkenntnissen folgende Hypothese ableiten:

Hypothese 6:

Je höher das Interesse an Förderungsmaßnahmen für alternative Mobilität, desto höher ist die Bereitschaft, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Generell lassen sich Kaufentscheidungen von verschiedenen Kriterien beeinflussen. In Hinblick auf die Entscheidung zum Kauf sowohl eines herkömmlichen als auch eines alternativ betriebenen Kraftfahrzeugs werden die Kriterien Investition, laufende Aufwendungen, Infrastruktur und Marktanteil sowie technische Eigenschaften berücksichtigt. Unter Investitionen und laufenden Aufwendungen fallen Anschaffungspreis, Treibstoffpreis, Wartungskosten sowie staatliche Förderungen. Bezogen auf die Anschaffung eines Kraftfahrzeugs spielt auch die Tankstelleninfrastruktur eine bedeutende Rolle. Desweiteren umfassen die technischen Eigenschaften Kriterien wie Schadstoffausstoß, Marken- und Modellvielfalt, Sicherheit, Fahrzeuggröße, Gepäckstauraum, Beschleunigung,

Höchstgeschwindigkeit, Reichweite und Tankdauer (Prunkl 2010, S. 12f.). Aus dieser Erkenntnis lässt sich die nachstehende Hypothese festlegen:

Hypothese 7:

Die Entscheidung auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug umzusteigen ist vor allem von den ökologischen Kriterien abhängig.

Obwohl die Tatsache, dass sich das Autofahren negativ auf die Umwelt auswirkt, in der Gesellschaft bekannt ist, verzichtet kaum jemand auf ein eigenes Kraftfahrzeug, da das Verlangen nach Individualmobilität in der Gesellschaft sehr hoch ist. Derzeit überwiegen die Sekundärbedürfnisse - wie Sozial- und Prestigedenken - die ökologischen Bedürfnisse - wie Vermeidung von Umweltverschmutzung - bei der Kaufentscheidung eines Kraftfahrzeugs (Heibel 2008, S. 17). Aufgrund dieser Tatsache können folgende Hypothesen aufgestellt werden:

Hypothese 8:

Die Voraussetzungen zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug werden nicht durch die Einstellung zur Umwelt beeinflusst.

Hypothese 9:

Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Mobilitätsverhalten und der Bereitschaft, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Im nächsten Kapitel werden die Stichprobenauswahl und der Ablauf der Befragung beschrieben.

6.3. Stichprobenauswahl und Datenerhebung

Am 14. April 2012 wurde der Link zum Pretest des Fragebogens mit dem dazu passenden Kennwort per E-Mail an 10 Personen versendet. Unter einem Pretest wird ein Vortest verstanden, der vor der Anwendung des Fragebogens durchgeführt wird, um den Fragebogen auf seine Brauchbarkeit und Qualität zu untersuchen. Dabei werden im Zuge eines Probedurchlaufs anhand einer kleinen Stichprobe die Bearbeitungsdauer und die Verständlichkeit des Inhalts überprüft. Zudem wird kontrolliert, ob das Layout ansprechend

und übersichtlich ist, die Länge des Fragebogens sowie die der einzelnen Frage optimal gewählt wurde, die Sprache auf die Zielgruppe abgestimmt ist, die Antwortformate geeignet sind, und ob die Befragten bei der Beantwortung der Fragen in eine bestimmte Richtung gedrängt werden (Raab-Steiner, Benesch 2008, S. 58f.). Durch nützliche Rückmeldungen der Tester konnten Unklarheiten und Verständnisfragen aufgedeckt werden. Daraufhin wurde der Fragebogen noch deutlich überarbeitet. Im Abschluss wurde der Pretest an einer anderen Stichprobe wiederholt, um zu prüfen, ob sich durch die Modifikation des Fragebogens eine bessere Verständlichkeit ergeben hat, oder ob noch weitere Probleme aufgetreten sind. Das Ergebnis des zweiten Pretests fiel gut aus, da nur mehr Formatierungs- und Tippfehler aufgedeckt wurden und es keine Unklarheiten mehr gab.

Somit konnte am 1. Mai 2012 die Umfrage offiziell über die Plattform „soSci“ gestartet werden. Über das Socialnetwork „Facebook“ wurden Einladungen zu einer Veranstaltung versendet, die den Link zur Befragung enthielt. Die Empfänger wurden gebeten, an dieser Umfrage teilzunehmen und diesen Link an weitere Personen weiter zu leiten. Weiters wurde dieser Link von mehreren Personen auf ihrer Profilseite gepostet und Freunde wurden zur Veranstaltung hinzugefügt. Zudem wurde der Link an alle Studenten des Lehrstuhls „Innovation- und Technologiemanagement“ gesendet und auf den Foren der Universität Wien, der Universität Innsbruck und der Aktionsgemeinschaft des Betriebswirtschaftlichen Zentrums der Universität Wien veröffentlicht (eine ähnliche Vorgehensweise zur Verbreitung einer Umfrage finden sie in Krauss-Leichert 2010, S.17).

Zur Stichprobenauswahl wurde ein Convenience Sample herangezogen, darunter wird eine nicht repräsentative Stichprobenauswahl verstanden, bei der Probanden aufgrund ihrer einfachen Verfügbarkeit ausgewählt werden. Theoretisch wäre es für jede Form der Forschung ideal die gesamte Bevölkerung zu befragen. Dies ist jedoch in der Praxis mit zu großem Aufwand verbunden und häufig nicht möglich, daher wenden viele Forscher bei empirischen Erhebungen Sampling-Techniken an. Durch Sampling-Techniken lassen sich Stichproben schnell, günstig und einfach erfassen. Das Convenience Sampling ist eine der am häufigsten angewendeten Sampling-Techniken, die bei Stichprobenverfahren zum Einsatz kommen (Black 2010, S. 224). Bei folgenden Studien wurden ebenfalls Convenience Samples verwendet:

- „Akzeptanz wasserstoffbetriebener Fahrzeuge: Eine Studie über die Verwendung eines neuen und ungewohnten Kraftstoffs“ von Gundi Dinse, Institut für Mobilitätsforschung in Berlin (Dinse 2001, S.96).
- „Energy Survey“ von der „American Solar Action Plan“ Organisation (American Solar Action Plan 2011).
- „Zug oder Flug? Eine empirische Studie zur Verkehrsmittelwahl für innereuropäische Reisen“ von Axel Franzen, Institut für Soziologie der Universität Bern (Franzen 1998, S. 56ff.).

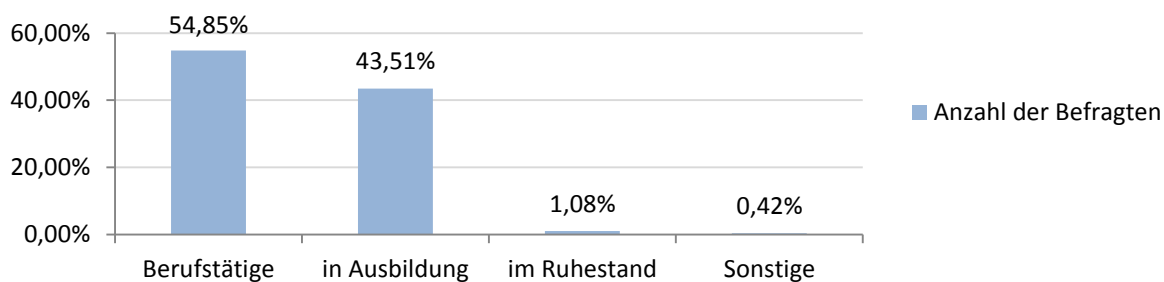
Als Grundgesamtheit der empirischen Untersuchung wurde die deutschsprachige Bevölkerung ab 15 Jahren herangezogen (Koch 2004, S. 34). Es wurde eine Teilerhebung durchgeführt, indem eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit gezogen wurde, die sich einerseits aus der Anzahl der E-Mails und den Personen, die über das soziale Netzwerk erreicht wurden sowie andererseits jenen, die durch die Foren auf den Fragebogen aufmerksam gemacht wurden, zusammenstellt. Aufgrund der fehlenden Werte des Anteils an Personen, die durch Foren erreicht werden könnten, lässt sich die Größe der Stichprobe nicht exakt bestimmen. Durch das soziale Netzwerk und den Versand der E-Mails an Studenten konnte eine Stichprobe von ca. 4.100 Personen erreicht werden. Insgesamt beträgt die Rücklaufquote dieser berechneten Stichprobe 18,05 Prozent. Das bedeutet, dass insgesamt Daten von 740 Personen im Rahmen der Befragung erfasst wurden. Die Verteilung der soziodemographischen Merkmale „Geschlecht“ und „Alter“ aller Teilnehmer der Umfrage ist in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 5: Verteilung nach Geschlecht und Alter

		Anzahl	Prozent	Kumulierte Prozent
Geschlecht	weiblich	428	57.8	57.8
	männlich	312	42.2	100.0
	Gesamt	740	100.0	
Alter	15 bis 19 Jahre	11	1.5	1.5
	20 bis 24 Jahre	257	34.7	36.2
	25 bis 29 Jahre	268	36.2	72.4
	30 bis 34 Jahre	103	13.9	86.4
	35 bis 39 Jahre	33	4.5	90.8
	40 bis 44 Jahre	13	1.8	92.6
	45 bis 49 Jahre	18	2.4	95.0
	50 bis 54 Jahre	15	2.0	97.0
	55 bis 59 Jahre	14	1.9	98.9
	60 bis 64 Jahre	5	0.7	99.6
	65 Jahre oder älter	3	0.4	100.0
wohnhaft	Land (bis 20.000 EW)	233	31.5	31.5
	Stadt (ab 20.000 EW)	507	68.5	100.0

Quelle: eigene Darstellung

Die Auswertung der demographischen Daten zeigt, dass an der Befragung der Frauenanteil (57,8 Prozent) etwas höher ist als der Männeranteil (42,2 Prozent). 84,8 Prozent aller an der Umfrage beteiligten Personen sind zwischen 20 und 34 Jahren. In Abbildung 6 ist die Verteilung nach den Tätigkeitssektoren der Befragten dargestellt.

Abbildung 6: Verteilung nach Tätigkeitssektor

Quelle: eigene Darstellung

54,84 Prozent aller Befragten sind berufstätig, 43,65 Prozent befinden sich derzeit noch in Ausbildung, 1,08 Prozent sind bereits im Ruhestand und von den restlichen 0,42 Prozent (das entspricht einem Anteil von 4 Personen) gaben 2 Befragte an, Hausfrau zu sein, eine ist derzeit karenziert und bei einer fehlt die Angabe. Die Einkommensverteilung der befragten Personen ist in Tabelle 6 angeführt.

Tabelle 6: Verteilung nach Einkommen

		Anzahl	Prozent	Kumulierte Prozent
Einkommen	unter 250 €	42	5.7	5.7
	250 € bis unter 500 €	120	16.2	21.9
	500 € bis unter 1.000 €	155	20.9	42.8
	1.000 € bis unter 1.500 €	122	16.5	59.3
	1.500 € bis unter 2.000 €	124	16.8	76.1
	2.000 € bis unter 3.000 €	76	10.3	86.4
	3.000 € bis unter 4.000 €	21	2.8	89.2
	4.000 € bis unter 5.000 €	4	0.5	89.7
	5.000 € und mehr	8	1.1	90.8
	keine Angabe	68	9.2	100.0

Quelle: eigene Darstellung

Das monatliche Nettoeinkommen liegt bei 59,3 Prozent der teilgenommenen Befragten unter 1.500 Euro, für 31,5 Prozent liegt das Einkommen über 1.500 Euro und 9,2 Prozent machten keine Angaben dazu. Laut Statistik Austria lag das durchschnittliche monatliche Nettoeinkommen im Jahr 2010 bei 1.707 Euro (Statistik Austria 2012), das ist etwas höher als das durchschnittliche monatliche Nettoeinkommen der Probanden dieser Untersuchung. Dieses Ergebnis ist jedoch auf den relativ hohen Anteil an Studenten zurück zuführen.

Das folgende Kapitel widmet sich der statistischen Auswertung der erhobenen Datensätze, die im Rahmen der Umfrage ermittelt wurden.

6.4. Statistische Auswertung

Die Auswertung der erhobenen Daten wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (Version 17) durchgeführt. Zuerst wird im Rahmen einer Reliabilitätsanalyse die Zuverlässigkeit der Items überprüft um herauszufinden, ob sie für weitere Analysen verwendet werden können. Anschließend wird eine Regressionsanalyse durchgeführt, um die Hypothesen zu testen und somit die Forschungsfrage zu beantworten und abschließend folgt noch eine Varianzanalyse, um zusätzliche Analysen, die für diese Untersuchung von Bedeutung sind zu ermitteln.

6.4.1. Reliabilitätsanalyse

Unter Reliabilität wird der Grad der Genauigkeit verstanden, mit dem eine Skala ein bestimmtes Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmal misst. Die Reliabilitätsanalyse dient der Zusammenstellung einzelner Items (Fragen), um sie dann im Rahmen eines Tests nach verschiedenen Kriterien wie der Brauchbarkeit der Items für eine Gesamtbewertung zu prüfen (Zöfel 2001, S.231). Im Rahme dieser Analyse wird als Reliabilitätskoeffizient Cronbach Alpha herangezogen. Dieser Reliabilitätskoeffizient ist sehr zuverlässlich und wird in der Praxis häufig verwendet. Dabei wird für jedes Item ein Cronbachs Alpha ermittelt, das demonstriert, wie der Koeffizient ausfiele, wenn das entsprechende Item aus der Skala herausgenommen werden würde. Demnach werden jene Items aus der Analyse ausgeschlossen, welche eine niedrige Item-Total-Korrelation aufweisen. Somit kann durch deren Ausschluss ein höherer Cronbach Alpha errechnet werden. Die Werte eines Cronbach Alphas liegen zwischen Null und Eins, wobei ein Wert von Null angibt, dass keine Zuverlässigkeit gegeben ist, und ein Wert von Eins eine vollständige Zuverlässigkeit bedeutet. Demnach ist eine Messung umso zuverlässiger, je näher die Werte gegen Eins gehen (Backhaus et al. 1990, S. 283).

In der folgenden Tabelle werden die ermittelten Cronbach Alpha Werte für die einzelnen Skalen angeführt.

Tabelle 7: Reliabilitätsanalyse mittels Cronbach Alpha

Skala	Cronbach Alpha
Einstellung zur Umwelt	0.567
Angaben zum Mobilitätsverhalten	0.746
Wissensstand über alternativ betriebene Fahrzeuge und deren Forschungsprojekte	0.849
Interesse an Förderungsmaßnahmen der Wasserstofftechnologie	0.779
Kriterien beim Kauf eines Kraftfahrzeugs	0.559
Voraussetzungen zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug	0.583

Quelle: eigene Darstellung

Das folgende Kapitel überprüft mittels Regressionsanalyse die unter Kapitel 6.2 aufgestellten Hypothesen.

6.4.2. Regressionsanalyse

Bei der Regressionsanalyse wird die Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen einer abhängigen Variablen und einer oder mehreren unabhängigen Variable(n) untersucht. Dabei spricht man von einer einfachen Regressionsanalyse, wenn zwei Variablen auf einen Zusammenhang untersucht werden und von einer multiplen Regressionsanalyse, wenn mehrere Variablen überprüft werden. Mittels der Regressionsanalyse wird ein Schätzverfahren dargestellt, das für jede unabhängige Variable einen Regressionskoeffizient ermittelt. Sofern alle anderen unabhängigen Variablen konstant bleiben, kann dieser Koeffizient als Maßstab für den Einfluss einer Veränderung der entsprechenden unabhängigen Variable auf die abhängige Variable herangezogen werden. Um eine Regressionsanalyse durchführen zu können, bedarf es der Möglichkeit einer Messung von allen Variablen auf metrischem Skalenniveau. Mittels dieser Analyse lassen sich dann die Hypothesen überprüfen und quantitativ abschätzen (Kohn 2005, S. 138ff.).

Zur Überprüfung der Hypothesen kommen sowohl die einfache als auch die multiple Regressionsanalyse zum Einsatz. Ob eine Hypothese beibehalten oder abgelehnt wird, ergibt die Untersuchung folgender Werte: Eine wichtige Größe der Regressionsanalyse stellt das lineare Bestimmtheitsmaß R^2 dar. Damit wird der Zusammenhang zwischen der abhängigen

und der oder den unabhängigen Variablen gemessen. Die Maßzahl R^2 liegt dabei zwischen Null (0 Prozent) und Eins (100 Prozent), wobei Null für keinen linearen Zusammenhang und Eins für einen perfekten linearen Zusammenhang steht. Demnach eignet sich ein Regressionsmodell besser für den unterstellten Zusammenhang, sofern der Wert für R^2 näher bei Eins liegt (Martens 2003, S. 199). Eine weitere wichtige Größe stellt das Signifikanzniveau dar, es gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der eine Hypothese abgelehnt oder angenommen wird. Normalerweise wird ein eher kleines Signifikanzniveau genommen, um das Risiko eines Fehlers möglichst klein zu halten, übliche Werte liegen somit unter fünf Prozent. Dadurch soll verhindert werden, dass die Hypothese fälschlicherweise zu früh abgelehnt wird (Dolić 2004, S. 174). Zudem stellen die standardisierten Beta-Koeffizienten ebenfalls eine bedeutende Maßzahl bei der Regressionsanalyse dar. Die Beta-Koeffizienten ermöglichen die Ermittlung von standardisierten Regressionskoeffizienten für die jeweiligen Wertebereiche, dadurch kann nach deren absoluter Größe die Stärke des Einflusses der unabhängigen Variablen auf die Zielvariable untersucht werden (Zöfel 2001, S. 220). Diese standardisierten Regressionskoeffizienten verfügen über einen Wertebereich, der von den ursprünglichen Maßeinheiten unabhängig ist und auf das Intervall $[-1; +1]$ beschränkt ist. Dadurch ist eine eindeutige Interpretation nach der Richtung und der Stärke möglich. Liegt der Wert bei Null liegt kein linearer Zusammenhang vor. Ein Wert von plus Eins stellt einen perfekten positiven Zusammenhang dar, das heißt, dass der Wert der abhängigen Variablen steigt, sobald der Wert der unabhängigen Variablen zunimmt. Liegt der Wert des standardisierten Koeffizienten bei minus Eins, bedeutet dies einen perfekten negativen Zusammenhang beider Variablen. Somit vermindert sich der Wert der abhängigen Variable, sobald der Wert der unabhängigen Variable ansteigt (Langer 2002, S. 11). Zur Überprüfung der Signifikanz einer ermittelten Regression werden F-Werte herangezogen, die im Rahmen eines F-Test ermittelt werden. Der F-Wert gibt das Verhältnis zwischen dem Anteil der durch das Modell erklärt wird und dem Anteil der im Modell unerklärt bleibt aus (Kopp, Lois 2009, F.34f.).

Im Rahmen einer einfachen Regressionsanalyse zur ersten Hypothese „Die Einstellung zur Umwelt hat einen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten“ wurden folgende, in Tabelle 8 dargestellte Werte ermittelt:

Tabelle 8: Regression: Einstellung zur Umwelt auf das Mobilitätsverhalten

R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
0.009	$p = 0.011$	$\beta = 0.093$	6.467

Quelle: eigene Darstellung

Ein R^2 -Wert von 0,9 Prozent weist auf einen sehr geringen linearen Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen hin. Das Signifikanzniveau liegt jedoch bei unter 5 Prozent und somit wird die erste Hypothese bestätigt.

Hypothese 1: **BEIBEHALTEN**

Die Einstellung zur Umwelt hat einen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten.

Das bedeutet, dass je stärker der Beitrag zum Umweltschutz und je wichtiger der Erhalt einer sauberen Umwelt ist, desto weniger Kilometer werden im Jahr zurückgelegt und desto seltener wird ein treibstoffbetriebenes Fahrzeug verwendet.

Zur Überprüfung der zweiten Hypothese wurde eine multiple Regression durchgeführt. In der Tabelle 9 werden die Werte dieser Analyse angeführt.

Tabelle 9: Regression: Demografische Merkmale für die Einstellung zur Umwelt

	R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
Alter	0.067	$p = 0.000$	$\beta = -0.273$	26.485
Einkommen			$\beta = 0.083$	

Quelle: eigene Darstellung

Hierbei besteht ein schwacher linearer Zusammenhang zwischen der Zielvariablen und den unabhängigen Variablen. Weiters liegt das Signifikanzniveau unter 5 Prozent. Es besteht ein Zusammenhang zwischen den demografischen Merkmalen und der Einstellung zur Umwelt. Das Einkommen hat einen positiven Einfluss auf die Einstellung zur Umwelt, das bedeutet, umso höher das Einkommen desto stärker ist der Beitrag zur Umwelt und desto wichtiger ist der Erhalt einer sauberen Umwelt. Das Alter hingegen hat einen negativen Einfluss auf die

Einstellung zur Umwelt, das heißt jüngeren Menschen sind der Erhalt einer sauberen Umwelt und der Beitrag zum Umweltschutz wichtiger als älteren. Da die Hypothese besagt, dass demografische Merkmale keinen Einfluss auf die Einstellung zur Umwelt haben, muss diese Hypothese verworfen werden.

Hypothese 2: **VERWERFEN**

Demografische Merkmale haben keinen Einfluss auf die Einstellung zur Umwelt

Tabelle 10: Regression: Demografische Merkmale auf Mobilitätsverhalten

	R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
Alter	0.137	p= 0.000	$\beta = 0.142$	58.454
Einkommen			$\beta = 0.300$	

Quelle: eigene Darstellung

Die Werte aus Tabelle 10 beziehen sich auf die Analyse zur dritten Hypothese. Gleich wie bei der zweiten Hypothese besteht auch hier ein linearer Zusammenhang und die Ergebnisse sind signifikant, das bedeutet, dass auch hier die Hypothese beibehalten werden kann.

Hypothese 3: **BEIBEHALTEN**

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Mobilitätsverhalten und den demografischen Merkmalen der Befragten.

Es besteht somit ein positiver Zusammenhang zwischen Alter und Einkommen und dem Mobilitätsverhalten, das heißt, je älter und vermögender eine Person ist, desto öfter fährt sie mit einem treibstoffbetriebenen Fahrzeug.

Die Ergebnisse zur vierten Hypothese können aus der Tabelle 11 entnommen werden. Der R^2 -Wert von 1,2 Prozent stellt einen schwachen linearen Zusammenhang dar. Das Signifikanzniveau liegt auch hier bei unter 5 Prozent, somit kann die vierte Hypothese bestätigt werden.

Hypothese 4: BEIBEHALTEN

Es besteht ein Zusammenhang zwischen dem Wissensstand über alternative Antriebsmöglichkeiten und dem Interesse an Förderungsmaßnahmen.

Tabelle 11: Regression: Zusammenhang zwischen Wissensstand über alternative Antriebsmöglichkeiten und dem Interesse an Förderungsmaßnahmen

R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
0.012	$p = 0.003$	$\beta = 0.108$	8.713

Quelle: eigene Darstellung

Es gibt einen positiven Zusammenhang zwischen dem Wissensstand über die alternative Antriebsmöglichkeiten und dem Interesse an Förderungsmaßnahmen. Personen, die der Meinung sind, über einen hohen Wissensstand bezüglich alternativer Antriebsmöglichkeiten zu verfügen, stimmen für Förderungsmaßnahmen wie Subventionen, Zuschüsse und Steuererleichterung hinsichtlich alternativbetriebener Fahrzeuge.

Nach den Ergebnissen der einfachen Regressionsanalyse zur fünften Hypothese, die in Tabelle 12 dargestellt sind, lässt sich ein schwacher Zusammenhang zwischen dem Wissensstand über alternativ betriebene Fahrzeuge und der Entscheidung, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen, erkennen.

Tabelle 12: Regression: Zusammenhang zwischen Wissensstand über alternative Antriebsmöglichkeiten und dem Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug

R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
0.011	$p = 0.005$	$\beta = 0.103$	7.941

Quelle: eigene Darstellung

Hypothese 5: BEIBEHALTEN

Je höher der Wissensstand über alternative Antriebsmöglichkeiten, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Tabelle 13: Regression: Interesse an Förderungsmaßnahmen für alternative Mobilität und die Bereitschaft zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug

R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
0.064	$p = 0.000$	$\beta = 0.253$	50.398

Quelle: eigene Darstellung

In der Tabelle 13 sind die Werte der Analyse zur sechsten Hypothese angeführt. Zwischen dem Interesse an Förderungsmaßnahmen für alternative Mobilität, sei es in Form von Subventionen, Zuschüssen oder Steuererleichterungen und der Bereitschaft auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen, besteht ein positiver Zusammenhang. Das bedeutet, dass all jene die an Förderungsmaßnahmen interessiert sind, auch bereit wären, sich in den nächsten 10 Jahren ein alternativ betriebenes Fahrzeug anzuschaffen. Die fünfte Hypothese kann aufgrund eines Signifikanzwerts von unter 5 Prozent beibehalten werden.

Hypothese 6: **BEIBEHALTEN**

Je höher das Interesse an Förderungsmaßnahmen für alternative Mobilität, desto höher ist die Bereitschaft, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Die Ergebnisse zur Regressionsanalyse der siebten Hypothese werden in Tabelle 14 angeführt. Aufgrund der Heterogenität der einzelnen Fragen des Fragenkomplexes „Kriterien beim Kauf eines Kraftfahrzeugs“ wurde hierbei eine multiple Regressionsanalyse durchgeführt.

Tabelle 14: Regression: Kriterien der Kaufentscheidung zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug

	R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
Automarke	0.105	p= 0.000	$\beta = -0.018$	17.183
Kraftstoffverbrauch			$\beta = -0.004$	
Umweltfreundlichkeit			$\beta = 0.310$	
Anschaffungskosten			$\beta = -0.105$	
Sicherheit			$\beta = -0.033$	

Quelle: eigene Darstellung

Die Ergebnisse dieser Analyse sind signifikant. Das bedeutet, dass auch in diesem Fall die Hypothese beibehalten werden kann. Die Frage nach der Wichtigkeit der Umweltfreundlichkeit eines Fahrzeugs bei der Kaufentscheidung stellt mit 31 Prozent den stärksten Zusammenhang dar. Zudem kann lediglich bei diesem Kriterium ein positiver Zusammenhang auf die Bereitschaft, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen, festgestellt werden. Somit sind Personen, denen die Umweltfreundlichkeit beim Kauf eines Kraftfahrzeuges wichtig ist, eher bereit, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen. Die Wichtigkeit der Automarke, des Kraftstoffverbrauchs, der Anschaffungskosten und der Sicherheit stehen in einem negativen Zusammenhang zur Bereitschaft, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen. Das bedeutet, dass jene Personen, denen diese Kriterien nicht so wichtig sind eher bereit sind, auf alternativ betriebene Fahrzeuge umzusteigen.

Hypothese 7: BEIBEHALTEN

Die Entscheidung auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug umzusteigen ist vor allem von den ökologischen Kriterien abhängig.

Tabelle 15: Regression: Einstellung zur Umwelt für Entscheidung zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug

R^2	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
0.063	p= 0.000	$\beta = 0.252$	49.881

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 15 enthält die Ergebnisse zur Analyse der siebten Hypothese. Der R^2 -Wert stellt mit 6,3 Prozent einen schwachen Zusammenhang dar, und das Signifikanzniveau liegt auch hier bei unter 5 Prozent. Die Hypothese jedoch geht von keinem Zusammenhang zwischen der Einstellung zur Umwelt und der Bereitschaft auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen aus. Daher muss sie verworfen werden, da sehr wohl ein positiver Zusammenhang besteht. Somit sind Personen denen ein Beitrag zum Umweltschutz sowie der Erhalt einer sauberen Umwelt wichtig sind, eher bereit, auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Hypothese 8: **VERWERFEN**

Die Voraussetzungen zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug werden nicht durch die Einstellung zur Umwelt beeinflusst.

Ebenso wie die achte Hypothese muss auch die neunte Hypothese verworfen werden.

Hypothese 9: **VERWERFEN**

Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Mobilitätsverhalten und der Bereitschaft auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Wie die Ergebnisse in Tabelle 16 zeigen besteht auch hier ein positiver Zusammenhang zwischen dem Mobilitätsverhalten und der Bereitschaft auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen. Personen, die selten ein treibstoffbetriebenes Fahrzeug nutzen, sind eher bereit auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug umzusteigen.

Tabelle 16: Regression: Mobilitätsverhalten für Entscheidung zum Umstieg auf ein alternativ betriebenes Kraftfahrzeug

R²	Signifikanzniveau	standardisierter Beta Koeffizient	F-Wert
0.017	p= 0.000	$\beta = 0.131$	12.845

Quelle: eigene Darstellung

Im nächsten Kapitel sind deskriptive Analysen der empirischen Untersuchung angeführt.

6.4.3. Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik beschäftigt sich mit der Beschreibung von Zusammenhängen und Verteilungen. Dabei kann die deskriptive Analyse zwischen einer Variablen (univariate Analyse), zwei Variablen (bivariate Analyse) oder drei und mehreren Variablen (multivariate Analyse) durchgeführt werden. Hier wird nur die univariate Analyse angewendet, um die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Variablen darzustellen (Mayer 2008, S. 113).

Die Frage nach der Art und Weise, wie die Befragten zum Umweltschutz im Bereich der Mobilität beitragen, konnten folgende, in Tabelle 17 angeführte, Antworten gewonnen werden.

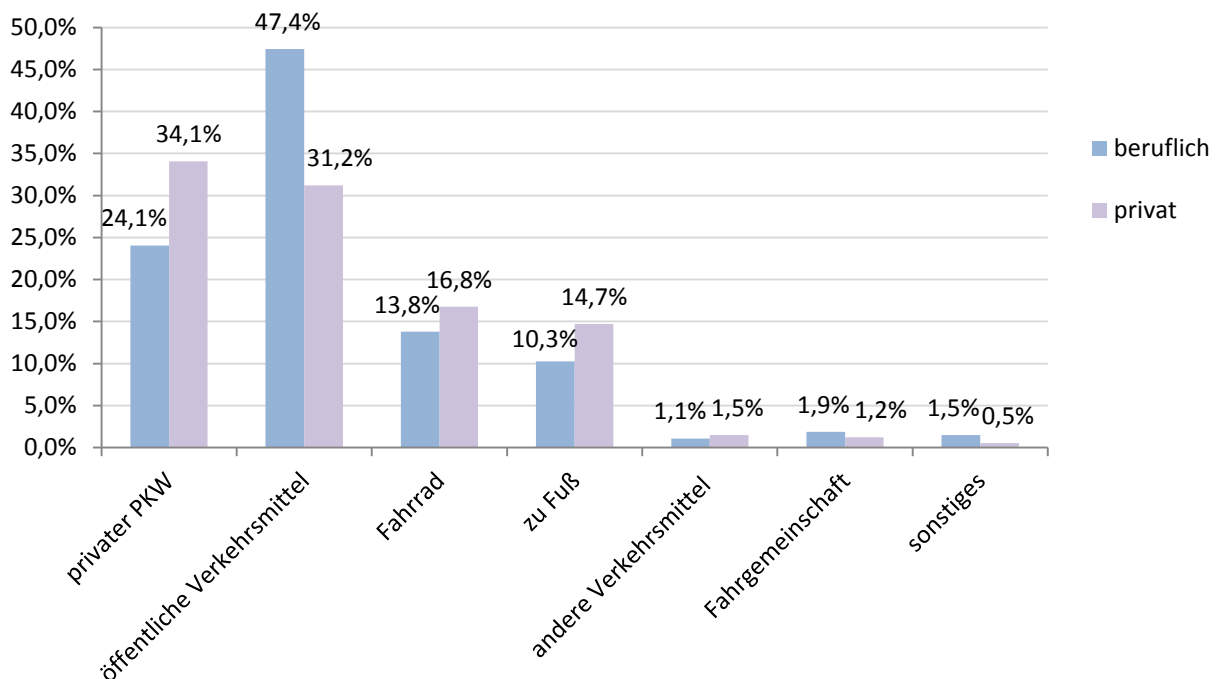
Tabelle 17: Beitrag zum Umweltschutz

	Anzahl	Prozent
Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel	541	29.8%
Fahrgemeinschaften bilden	196	10.8%
häufiger zu Fuß gehen	421	23.2%
häufiger mit dem Fahrrad fahren	354	19.5%
treibstoffsparendes Fahren	249	13.7%
gar nicht	35	1.9%
Sonstiges	19	1.0%
Gesamt	1815	100.0%

Quelle: eigene Darstellung

Demnach gaben 541 Personen an, öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, um auf diese Weise zum Umweltschutz beizutragen. Lediglich 35 Personen gaben an, gar keinen Beitrag zum Umweltschutz zu leisten. Dementsprechend fielen auch die Antworten zu den Fragen nach der überwiegenden Fortbewegung zu Arbeits- oder Ausbildungsstätte und für private Zwecke aus. 47 Prozent aller Befragten gaben an, mit öffentlichen Verkehrsmitteln zur Arbeits- oder Ausbildungsstätte zu fahren. Allerdings benutzen nur 31 Prozent der Befragten öffentliche Verkehrsmittel auch für private Besorgungen.

Abbildung 7: Fortbewegung zur Arbeits- oder Ausbildungsstätte und für private Zwecke



Quelle: eigene Darstellung

Zudem gaben 40,7 Prozent aller Befragten an in einem Jahr weniger als 5.000 Kilometer mit ihrem eigenen treibstoffbetriebenen Fahrzeug zurück zu legen. Rund 80 Prozent aller Befragten fahren jährlich weniger als 15.000 Kilometer mit ihrem eigenen Kraftfahrzeug 15,8 Prozent legen zwischen 15.001 und 30.000 Kilometer jährlich in einem treibstoffbetriebenen Fahrzeug zurück und 3,4 Prozent legen sogar mehr als 30.000 Kilometer jährlich zurück. Weiters verfügen 46,9 Prozent der Befragten über ein treibstoffbetriebenes Fahrzeug, 42,6 Prozent besitzen kein eigenes Kraftfahrzeug, 8 Prozent haben zwei Kraftfahrzeuge und 2,6 Prozent verfügen über mehr als zwei Kraftfahrzeuge.

Desweiteren sind 91,9 Prozent aller Befragten der Meinung, dass der Staat Projekte im Bereich der alternativen Mobilität subventionieren sollte, 85 Prozent wünschen sich ferner Zuschüsse bei der Anschaffung eines alternativ betriebenen Fahrzeuges und 80 Prozent stimmen für staatliche Subventionen für Treibstoffpreise bei wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen. 74,9 Prozent der Befragten wünschen sich höhere Subventionen für die Treibstoffpreise von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen im Vergleich zu jenen für herkömmliche Fahrzeuge, 85,5 Prozent sind zudem für Steuererleichterungen für solche Fahrzeuge und 95,5 Prozent sind der Meinung, dass der Staat Unternehmen und Forschungsinstitute im Bereich der F&E von alternativen Antriebsmöglichkeiten fördern sollte.

Demnach besteht unter den Befragten sehr wohl ein Interesse an alternativen Antriebsarten bei Kraftfahrzeugen. 67 Prozent gaben an, ein hohes bis sehr hohes Interesse an alternativ betriebenen Fahrzeugen zu haben. Ferner können sich 77,2 Prozent aller Befragten vorstellen, in den nächsten zehn Jahren auf so ein Fahrzeug umzusteigen, sofern die Anschaffungskosten eines alternativ betriebenen Fahrzeugs gleich oder nur gering höher wären als ein herkömmliches Diesel oder Benzin betriebenes Fahrzeug. Die Treibstoffpreise dieser Fahrzeuge müssten im Vergleich gleich oder eher billiger sein und die Reichweite möglichst gleich hoch. In der folgenden Tabelle werden weitere Gründe angeführt, die die Befragten dazu bewegen könnten, ein alternativ betriebenes Fahrzeug zu kaufen.

Tabelle 18: Gründe für den Kauf eines alternativ betriebenen Fahrzeuges

	Anzahl	Prozent
Zuschuss bei der Anschaffung	530	13.4%
geringere KFZ-Steuern	513	12.9%
freies Parken auch in Innenstädten	328	8.3%
Bereitstellung von Testfahrzeugen	223	5.6%
bessere Markenauswahl	192	4.8%
besseres Informationsangebot	288	7.3%
dauerhaft deutlicher Kostenvorteil gegenüber herkömmliche Fahrzeuge	589	14.8%
Umweltfreundlichkeit (sauber, leise, klimaschonend etc.)	520	13.1%
Nutzworteile (Befreiung von Fahrverboten etc.)	183	4.6%
dichteres Tankstellennetz	417	10.5%
bessere Laderaumkapazität	143	3.6%
gar nichts	13	0.3%
Sonstiges	28	0.7%
Gesamt	3967	100.0%

Quelle: eigene Darstellung

Vor allem sind dauerhafte Kostenvorteile, umweltfreundliche Aspekte, Zuschüsse bei der Anschaffung, Steuererleichterungen und ein dichtes Tankstellennetz für einen Großteil der Befragten ausschlaggebend für einen möglichen Umstieg auf ein alternativ betriebenes Fahrzeug.

Ein Fazit dieser Ergebnisse und mögliche Prognosen der Wasserstofftechnologie als alternative Antriebsmöglichkeit für Kraftfahrzeuge werden im folgenden abschließenden Kapitel erläutert.

Conclusio

Zentrale Themen der energie- und klimapolitischen Debatten sind zum einen die Versorgungssicherheit und zum anderen der Klimaschutz. Aufgrund der weltweit steigenden Energienachfrage, der begrenzten Ressourcen fossiler Energien und des drohenden Klimawandels steigt das Interesse, Lösungen für diese Probleme zu finden. Experten gehen davon aus, dass durch das kontinuierliche Wachstum der Weltbevölkerung in Zukunft das Mobilitätsaufkommen ebenfalls ansteigen wird. Ein bedeutender Anteil an CO₂-Emissionen stammt aus dem Verkehrssektor, und diese Emissionen wirken sich auf den Klimawandel aus. Bislang konnten sich kaum Alternativen zu den fossilen Kraftstoffen etablieren, daher kommt besonders dem Verkehrssektor eine zentrale Bedeutung in diesen Debatten zu (Leschus, Vöpel 2008, S. 31).

Um eine nachhaltige Mobilität für die Zukunft zu sichern, bedarf es der Entwicklung und Markteinführung von neuen Antriebstechnologien. Besonders die Wasserstofftechnologie besitzt das Potenzial, einen bedeutenden Beitrag zur Versorgungssicherheit und zum Klimaschutz zu leisten. Die Erzeugung und Verwendung von Energie kann aufgrund der Energiespeicherung von Wasserstoff räumlich und zeitlich getrennt werden und bietet somit interessante Möglichkeiten. Dadurch kann Energie, die mittels Wasserstoff aus sauberen Quellen wie beispielsweise Windkraft gewonnen wird, im Verkehrsbereich eingesetzt werden. Das Potenzial der Wasserstofftechnologie wird im Rahmen vieler verschiedener Förderprogramme demonstriert (Leschus, Vöpel 2008, S. 31).

Allerdings benötigen solche Förderprogramme staatliche Unterstützung, da die private Nachfrage nach Klima- und Umwelttechnik zu gering ist und die Kosten zur Errichtung einer Infrastruktur zu hoch sind. Alternative Antriebstechnologien können über eine Besteuerung von CO₂-Emissionen gefördert werden, was zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit dieser Technologien über den Preismechanismus führt. Zur Erhöhung der Effizienz der Wasserstofftechnologie sollen sich jedoch die Förderungsmaßnahmen auf die gesamte Supply Chain hinsichtlich der Reduktion der CO₂-Emissionen richten. Experten sind der Meinung, dass die Einführung einer CO₂-Steuer Anreize zur Entwicklung von neuen

Technologien zur Reduktion von CO₂ schafft. Weiters könnte auch die Einbeziehung des Verkehrssektors in den Emissionshandel zur Senkung der CO₂-Emissionen führen. Grundsätzlich gibt es verschiedene Technologien, die zur Sicherung der Energieversorgung und zum Klimaschutz beitragen. Aus diesem Grund ist es wichtig, einen Wettbewerb zwischen diesen Technologien zu schaffen, um damit die beste Lösung zu erhalten und eine sinnvolle technologie-neutrale Förderung anzustreben (Leschus, Vöpel 2008, S. 31).

Die ersten Wasserstoffprogramme starteten in den USA in den 1960er Jahren. In Europa startete das erste Projekt auf diesem Gebiet ca. 20 Jahre später. Seither wurden weltweit zahlreiche Projekte zur Verbesserung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie durchgeführt. Solche Forschungsprojekte sowie auch gesetzliche Verordnungen und Initiativen zur Informationsübertragung und zum-austausch im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zielen auf die Reduktion von CO₂-Emissionen, eine Verbesserung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, die Sicherung der Energieversorgung und eine Steigerung der Akzeptanz von Wasserstoff als alternative Antriebsmöglichkeit im Bereich der Mobilität ab (Leschus, Vöpel 2008, S.27).

Nach Einschätzungen von Experten fehlt es in der Bevölkerung noch an Basiswissen über die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, dadurch können Akzeptanzprobleme auftreten. Deshalb bedarf es, neben den Förderungen für F&E im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, auch an Förderungen zur Steigerung der Akzeptanz von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen, damit diese Fahrzeuge am Markt von der Bevölkerung nachgefragt und gekauft werden. Eine Beseitigung der Zweifel an der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ist nur möglich, wenn die Technik positiv erfahrbar wird. Erfahrungen dieser Technologie können im Rahmen von Informationskampagnen und Demonstrationsprojekten gewonnen werden. Ebenfalls sind finanzielle Anreize wie niedrige Steuern, Subventionen bei der Anschaffung und bei den Treibstoffpreisen von starker Bedeutung hinsichtlich der Einführung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen auf dem Markt (Geitmann 2006, S. 154f.).

Diese Aspekte werden durch die Auswertung der Umfrage bestätigt, die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführten wurde. Die Ergebnisse ergaben, dass lediglich 30,54 Prozent

aller Befragten schon etwas von Förderungsprojekten im Bereich alternativer Mobilität gehört haben. Das bedeutet, dass mehr als zwei Drittel der Befragten solche Förderungsprojekten nicht kennen. Zudem fühlen sich über 80 Prozent aller Befragten nur wenig oder gar nicht gut über Wasserstoff als alternative Antriebstechnologie bei Kraftfahrzeugen informiert. Dies bestätigt die Meinung der Experten, dass der Wissensstand über Wasserstoff in der Bevölkerung noch sehr dürftig ist (Tetzlaff 2008, S. 84). Allerdings sind über 65 Prozent der Befragten an alternativen Antriebsmöglichkeiten interessiert. 77,2 Prozent aller Befragten wären sogar bereit, in den nächsten zehn Jahren auf ein wasserstoffbetriebenes Fahrzeug umzusteigen, sofern dauerhafte Kostenvorteile wie beispielsweise Subventionen bei der Anschaffung sowie bei den Treibstoffpreisen und Steuererleichterungen gegeben sind und eine geeignete Infrastruktur sowie ein dichtes Tankstellennetz für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge geschaffen wird.

Derzeit kann noch keine Aussage über die Kommerzialisierung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen getroffen werden. Experten gehen davon aus, dass in nächster Zukunft der Treibstoff Benzin weiterhin auf dem Markt dominiert und der prozentuale Anteil möglicherweise nur geringfügig zurück geht. Außerdem rechnet man damit, dass das Interesse an Diesel und Erdgas aufgrund der verhältnismäßigen günstigen Treibstoffpreise mittelfristig weiter ansteigen wird. Experten aber sind der Meinung, dass Wasserstoff der Kraftstoff der Zukunft sein könnte. Das angestrebte Ziel wird vermutlich eher erst langfristig erreicht werden (Geitmann 2006, S. 154).

Quellenverzeichnis

Apak, S., Atay, E., Tuncer, G. (2012) Renewable hydrogen energy regulations, codes and standards: Challenges faced by an EU candidate country, International Journal of Hydrogen Energy, Band 37 (7), S. 5481-5497

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., Weiber, R. (1990) Multivariate Analyseverfahren: eine anwendungsorientierte Einführung, 6. Auflage, Springer: Berlin

Bertram, B. (2011) Innovationsprozesse wissensbasierter Technologien: Beispiel der PEM-Brennstoffzelle, 1. Auflage, KIT Scientific Publishing: Karlsruhe

Black, K. (2010) Business Statistics: Contemporary Decision Making, 6. Auflage, Wiley: Hoboken

Börtz, J., Döring, N. (2006) Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler, 4. Auflage, Springer: Heidelberg

Böttger, U. (2004) Ansätze für eine ökonomische Analyse des Subsidiaritätsprinzips des EG Art. 5 Abs. 2, Band 50, Duncker und Humblot: Berlin

Brezina, H., Grillenberger, A. (2008) Schritt für Schritt zur wissenschaftlichen Arbeit, 2. Auflage, Facultas: Wien

Brockhoff, K. (1999) Forschung und Entwicklung: Planung und Kontrolle, 5. Auflage, Oldenbourg: München

Cezanne, W. (2005) Allgemeine Volkswirtschaftslehre, 6. Auflage, Oldenbourg: München

Dagdougui, H. (2012) Models, methods and approaches for the planning and design of the future hydrogen supply chain, International Journal of Hydrogen Energy, Band 37 (6), S. 5318–5327

Dinse, G. (2001) Akzeptanz von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen: Eine Studie über die Verwendung eines neuen und ungewohnten Kraftstoff, 3. Auflage, Papyrus Druck: Berlin

Dolić, D. (2004) Statistik mit R, 1. Auflage, Oldenbourg: München

European Commission (2006) European Hydrogen and Fuel Cell Projects 2002-2006, 1. Auflage, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften: Luxemburg

European Commission (2004) European Hydrogen and Fuel Cell projects, , 1. Auflage, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften: Luxemburg

European Commission (2003) European Fuel Cell and Hydrogen Projects 1999-2002, 1. Auflage, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften: Luxemburg

Europäische Kommission (2007) RP7 in Kürze: Wie man sich am 7. Rahmenprogramm für Forschung der EU beteiligen kann, 1. Auflage, Amt für amtliche Veröffentlichungen der Europäischen Gemeinschaften: Luxemburg

Edler, J. (2007) Bedürfnisse als Innovationsmotor: Konzepte und Instrumente nachfrageorientierter Innovationspolitik, 1. Auflage, Edition Sigma: Berlin

Franzen, A (1998) Zug oder Flug? Eine empirische Studie zur Verkehrsmittelwahl für innereuropäische Reisen, Jahrgang 27 (1), S. 53-66, F. Enke: Stuttgart

Frey, M. (2010) Wind of Change: Die USA werden erneuerbar, 1. Auflage, Books on Demand: Norderstedt

Geitmann, S. (2010) Erneuerbare Energien: Mit neuer Energie in die Zukunft, 1. Auflage, Hydrogeit: Oberkrämer

Geitmann, S. (2004) Wasserstoff und Brennstoffzellen: Die Technik von morgen, 2. Auflage, Hydrogeit: Kremmen

Geitmann, S. (2006) Wasserstoffautos: Was uns in Zukunft bewegt, 1. Auflage, Hydrogeit: Kremmen

Heertje, A., Wenzel, H. D. (2001) Grundlagen der Volkswirtschaftslehre, 6. Auflage, Springer: Berlin

Heible, M. (2008) Das wahrgenommene Umweltbewusstsein einer Automarke und dessen Effekt auf die Beziehung zum Verbraucher, Grin: Norderstedt

Helmers, E. (2009) Bitte wenden Sie jetzt: Das Auto der Zukunft, 1. Auflage, Wiley-VCH: Weinheim

Koch, J. (2004) Marktforschung: Begriffe und Methoden, 4. Auflage, Oldenbourg: München

Kohn, W. (2005) Statistik: Datenanalyse und Wahrscheinlichkeitsrechnung, 1. Auflage, Springer: Berlin, Heidelberg

Krauss-Leichert, U. (2010) König Kunde: Kundenzufriedenheit und Kommunikationspolitik, Band 31, Dinges & Frick: Wiesbaden

Lorek, S., Spangenberg, J. H. (2001) Reichtum und Umwelt. In: Stadlinger, J. (Hrsg.) Reichtum heute: Diskussion eines kontroversen Sachverhalts, 1. Auflage, Westfälisches Dampfboot: Münster, S. 155-170

Martens, J. (2003) Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows, 2. Auflage, Oldenbourg: München

- Mayer, H., O. (2008) Interview und schriftliche Befragung: Entwicklung, Durchführung, Auswertung, 4. Auflage, Oldenbourg: München
- Mitschang, S. (2010) Energy Efficiency and Renewable Energies in Town Planning Law, 1. Auflage, Internationaler Verlag der Wissenschaft: Frankfurt
- Mohr, R. (2004) Einführung in die Volkswirtschaftslehre, 1. Auflage, Grin: Norderstedt
- Neugebauer, B. (2004) Die Erfassung von Umweltbewusstsein und Umweltverhalten, Band 2 (1), ZUMA: Mannheim
- OECD/IEA (2004) Hydrogen & Fuel Cells: Review of National R&D Programs, 1. Auflage, OECD/IEA: Paris
- Pindyck, R., Rubinfeld, D. (2009) Mikroökonomie, 7. Auflage, Pearson Education: München
- Prunkl, D. (2010) Einflussfaktoren auf die Kaufentscheidung von alternativ betriebenen Fahrzeugen, 1. Auflage, Grin: Norderstedt
- Raab-Steiner, E., Benesch, M. (2008) Der Fragebogen: Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung, 1. Auflage, Facultas: Wien
- Rogers, E. M. (2003) Diffusion of Innovations, 5. Auflage, The free press: New York
- Sawtschenko, N. (2009) Die Adoption von Innovationen in Organisationen: Mit Fokussierung auf den Investitionsgüterbereich, 2. Auflage, Diplomica: Hamburg
- Scholl, A. (2009) Die Befragung, 2. Auflage, UVK: Konstanz
- Stolten, D. (2010) Hydrogen and Fuel Cells: Fundamentals, Technologies and Applications, 1. Auflage, Wiley-VCH: Weinheim

Stummer, C., Günter, M., Köck, A. M. (2010) Grundzüge des Innovations- und Technologiemanagement, 3. Auflage, Facultas: Wien

Tamásy, C. (1996) Technologie- und Gründerzentren in Ostdeutschland: eine regionalwirtschaftliche Analyse, Band 10, Lit: Münster

Tetzlaff, K.-H. (2008) Wasserstoff für alle: Wie wir der Öl-, Klima-, und Kostenfalle entkommen, 1. Auflage, Books on Demand: Norderstedt

Vogel, C. (2000) Deutschland im internationalen Technologiewettlauf: Bedeutung der Forschungs- und Technologiepolitik für die technologische Wettbewerbsfähigkeit, Duncker und Humblot: Berlin

Wicks, G. G., Simon, J. (2009) Materials Innovations in an Emerging Hydrogen Economy, Band 202, Wiley: New Jersey

Wieder, M, Metzner, A, Rammler, S (2003) Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik, WZB discussion paper: Berlin

Wildmann, L. (2010) Einführung in die Volkswirtschaftslehre, Mikroökonomie und Wettbewerbspolitik, 2. Auflage, Oldenbourg: München

Zahoransky, R. A. (2007) Energietechnik: Systeme zur Energieumwandlung, Kompaktwissen für Studium und Beruf, 3. Auflage, Vieweg: Wiesbaden

Zöfel, P. (2001) Statistik verstehen: Ein Begleitbuch zur computerunterstützten Anwendung, 1. Auflage, Addison-Wesley: München

Online-Quellen:

Argonne National Laboratory (o.J.) About Argonne

<http://www.anl.gov/about-argonne> [Zugriff: 13.05.2012]

American Solar Action Plan (2011) ASAP Energy Survey Results

<http://www.solarplan.org/Survey.aspx> [Zugriff: 28.07.2012]

Bünger, U. (2000) Hydrogen – Current Activities in Europe and Perspectives, 4th Nordic Symposium on Hydrogen and Fuel Cells, Helsinki

http://www.netinform.de/GW/files/pdf/Hydrogen_Activities_Europe.pdf

[Zugriff: 24.02.2012]

Canadian Hydrogen and Fuel Cell Association (2012) About CHFCA

<http://www.h2.ca/> [Zugriff: 13.05.2012]

CATT Innovation Management GmbH (2011) Das 7. EU-Rahmenprogramm (FP 7)

http://www.catt.at/files/Infoblaetter_FP7_gesamt.pdf [Zugriff 28.02.2012]

China Association for Hydrogen Energy (2012) CAHE -13th National Hydrogen Conference

http://www.cahe.org.cn/?page_id=2 [Zugriff: 15.05.2012]

CORDIS (2012) Aufforderung zur Einreichung von Vorschlägen im Rahmen des Durchführungsplans des Gemeinsamen Unternehmens "Brennstoffzellen und Wasserstoff":

http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=DE_CALLS_NEWS&ACTION=D&DOC=12&CAT=NEWS&QUERY=013745ee60d2:8323:2614b9d3&RCN=34258 [Zugriff: 18.05.2012]

CORDIS (2012) Europäische FuE-Projekte

<http://cordis.europa.eu/projects/index.cfm?fuseaction=app.search&TXT=&FRM=1&STP=10&SIC=SICHFC&PGA=&CCY=&PCY=&SRC=&LNG=de&REF=> [Zugriff: 11.04.2012]

dieBrennstoffzelle.de (2012): Wasserstoff-Initiativen:

<http://www.diebrennstoffzelle.de/h2projekte/initiativen/index.shtml> [Zugriff: 18.05.2012]

Elste, G. (2009) Hydrogen Buses in Hamburg:

http://hyfleetcute.com/data/Elste_HydrogenBusesInHamburg.pdf [Zugriff 25.02.2012]

Europa (2010) Zusammenfassung der EU-Gesetzgebung: Typgenehmigung von wasserstoffbetriebenen Kraftfahrzeugen:

http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/motor_vehicles/motor_vehicles_technical_harmonisation/mi0043_de.htm [Zugriff 17.04.2012]

Europa (2010) Zusammenfassungen der EU-Gesetzgebung: Umweltfreundliche Fahrzeuge - eine europäische Strategie

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/en0020_de.htm [Zugriff 04.05.2012]

European Hydrogen Association (2012) EHA Mission

<http://www.h2euro.org/eha/about-eha/eha-mission-2> [Zugriff 10.05.2012]

European Integrated Hydrogen Project (o.J.) EIHP- Phase I and II

<http://www.eihp.org/> [Zugriff: 24.02.2012]

Europäische Kommission (o.J.) Forschung und Innovation: Wasserstoff:

http://ec.europa.eu/research/leaflets/h2/page_100_de.html [Zugriff: 23.04.2012]

Europäische Kommission (o.J.) Forschung: Wasserstoffantrieb: saubere Mobilität – HYICE:

http://ec.europa.eu/research/research-for-europe/transport-hyice_de.html [Zugriff: 01.05.2012]

Fuel Cells and Hydrogen – Joint Undertaking (o.J.) About FCH JU

<http://www.fch-ju.eu/page/who-we-are> [Zugriff: 28.04.2012]

Fuel Cell and Hydrogen Energy Association (o.J.) About FCHEA

<http://www.fchea.org/index.php?id=2> [Zugriff: 13.05.2012]

H₂ydrogeit - Der Wasserstoff-Guide (2007) Wasserstoff-Beispiel – EQHHPP

<http://www.wasserstoff-autos.info/eqhphp.htm> [Zugriff: 24.02.2012]

Hydrogen Association of India (2012) About HIA

http://hai.org.in/hai_m1-m3.html [Zugriff: 15.05.2012]

Hydrogen Energy Systems Society of Japan (o.J.) History, Objectives and Activities of HESS

http://www.hess.jp/hess_contents/index.english.html [Zugriff: 15.05.2012]

Hydrogen Filling Station Consortium (o.J.) EUHYFIS - Eine Wasserstoff-Tankstelle auf Basis erneuerbarer Energiequellen

<http://www.euhyfis.com/index2.html?de/euhyfis2002.html~mainFrame> [Zugriff 09.04.2012]

Hydrogen Implementing Agreement (o.J.) HIA at a Glance

<http://ieahia.org/> [Zugriff: 27.04.2012]

Hydrogen Storage Systems for Automotive Application (2004) Aboout STORHY

<http://www.storhy.net/pages.php?page=I01> [Zugriff 21.04.2012]

HyFLEET:CUTE (o.J.) Description Of Project

<http://www.global-hydrogen-bus-platform.com/About/DescriptionOfProject/Buses>
[Zugriff 25.02.2012]

HyWays – Hydrogen Energy in Europe (o.J.) A European Hydrogen Energy Roadmap

<http://hyways.de/index.html> [Zugriff 21.04.2012]

International Energy Agency (2012) About IEA

<http://www.iea.org/> [Zugriff: 27.04.2012]

International Association for Hydrogen Energy (2004) Establishment of IAHE and Quarter Century of Hydrogen Movement

<http://www.iahe.org/history.asp> [Zugriff: 12.05.2012]

International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (o.J.) About IPHE

<http://www.iphe.net/about.html> [Zugriff: 30.04.2012]

Kopp, J., Lois. D. (2009) Bivariate und multiple lineare Regression

<http://www.tu-chemnitz.de/www-index/> [Zugriff: 28.07.2012]

Langer, W (2002) Einführung in die Grundlagen der Regressionsanalyse

<http://www.soziologie.uni-halle.de/langer/methoden4/pdf/regform2.pdf>

[Zugriff: 12.06.2012]

Partnership for Advancing Transition to Hydrogen (2008) About PATH

<http://www.hpath.org/about-path.asp> [Zugriff: 12.05.2012]

Safety of Hydrogen as an Energy Carrier (2007) The EC Network of Excellence for Hydrogen Safety "HySafe"

<http://www.hysafe.org/> [Zugriff: 21.04.2012]

Sociedad Mexicana del Hidrógeno (2012) About the SMH

http://smh2.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=79&Itemid=181&lang=en

[Zugriff: 13.05.2012]

soSci (2012) oFb – der onlineFragebogen

<https://www.soscisurvey.de/h> [Zugriff: 23.05.2012]

Statistik Austria (2012)

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/soziales/personen-einkommen/nettomonatseinkommen/index.html [Zugriff: 28.07.2012]

Appendix A: Abstract

Wasserstoffbetriebene Fahrzeuge stellen eine Art an alternativen Antriebsmöglichkeiten für Kraftfahrzeuge dar. Durch das Potenzial von Wasserstoff als Treibstoff liefern diese Fahrzeuge eine gute Alternative zu den herkömmlichen fossilen Antriebsarten. Wasserstoff ist ein unendlicher Rohstoff, das heißt, dass er auf der Erde in unbegrenztem Umfang zur Verfügung steht und dadurch die Energieversorgung zukünftig sichern könnte. Überdies können durch den Einsatz von Wasserstoff die CO₂-Emissionen reduziert werden und dies hat eine positive Auswirkung auf den Klimawandel (Edler 2007, S. 207). Obwohl Wasserstoff theoretisch alle Bedingungen erfüllt, um als Treibstoff im Verkehrsbereich eingesetzt zu werden, gehen Experten davon aus, dass in den nächsten 30-40 Jahren noch keine wasserstoffbetriebenen Fahrzeuge in Massenproduktion gehen werden und herkömmliche fossile Fahrzeuge ersetzen (Bertram 2011, S. 254). Gründe für diese Annahmen sind eine noch nicht vollständig ausgereifte Wasserstofftechnologie und der damit einhergehende teure Herstellungsprozess sowie die noch zu energieintensive Wasserstoffproduktion (Edler 2007, S. 207; Leschus, Vöpel 2008, S.21).

Um die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie voranzutreiben, bedarf es hoher Investitionen in F&E, die von Unternehmen und Forschungseinrichtungen aufgrund der damit verbundenen Risiken und Unsicherheiten nicht zur Gänze getragen werden können. Aus diesem Grund sind staatliche Förderungen für Forschungsprojekte im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie notwendig, um diese Technologie zu verbessern. Neben den staatlichen Förderungen für Forschungsprojekte bedarf es öffentlicher Unterstützung zur Steigerung der Akzeptanz und des Wissensstands der Bevölkerung über wasserstoffbetriebene Fahrzeuge. Dies sollte zur Erhöhung der Nachfrage am Markt und zu einer erfolgreichen Markteinführung dieser Fahrzeuge führen. Im Rahmen von Informationskampagnen und Demonstrationsprojekten wird versucht, der Öffentlichkeit die Unsicherheit und die Bedenken bezüglich wasserstoffbetriebener Fahrzeuge zu nehmen.

Appendix B: Fragebogen

0% ausgefüllt

Im Rahmen meiner Diplomarbeit bearbeite ich das Thema „öffentliche Einflussmöglichkeiten auf die Diffusion von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen“ und versuche mit Hilfe dieses Fragebogens die geeignetsten Förderungsmaßnahmen für eine mögliche Einführung und Verbreitung von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen am Markt zu ermitteln.

Deswegen bitte ich Sie, sich ca. 10 Minuten Zeit zu nehmen um diese Fragen zu beantworten.

1. Wie wichtig ist Ihnen der Erhalt einer sauberen Umwelt?

- ☐ sehr wichtig
- ☐ ziemlich wichtig
- ☐ eher unwichtig
- ☐ unwichtig

2. Wie stark ist Ihr Beitrag zum Umweltschutz?

- ☐ sehr stark
- ☐ ziemlich stark
- ☐ eher schwach
- ☐ schwach

3. Wie tragen Sie im Bereich der Mobilität zum Umweltschutz bei? (mehrere Antworten möglich)

- ☐ Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel
- ☐ Fahrgemeinschaften bilden
- ☐ häufiger zu Fuß gehen
- ☐ häufiger mit dem Fahrrad fahren
- ☐ treibstoffsparendes Fahren
- ☐ gar nicht
- ☐ sonstiges

4. Wie viele treibstoffbetriebene Fahrzeuge besitzen Sie?

- ☐ keines
- ☐ eines
- ☐ zwei
- ☐ mehr als zwei

5. An wie vielen Tagen in der Woche nutzen Sie ein treibstoffbetriebenes Fahrzeug?

- ☐ 0-1 mal
- ☐ 2-3 mal
- ☐ 4-5 mal
- ☐ mehr als 5 mal

6. Wie viele Kilometer legen Sie im Jahr mit einem treibstoffbetriebenen Fahrzeug zurück?

- ☐ weniger als 5.000 km
- ☐ 5.000 – 10.000 km
- ☐ 10.001 – 15.000 km
- ☐ 15.001 – 20.000 km
- ☐ 20.001 – 30.000 km
- ☐ mehr als 30.000 km

7. Wie bewegen Sie sich auf dem Weg zur Arbeitsstätte oder Ausbildungsstätte überwiegend fort?

- ☐ privater PKW
- ☐ öffentliche Verkehrsmittel (z.B. Bus, Bahn, U-Bahn usw.)
- ☐ Fahrrad
- ☐ zu Fuß
- ☐ andere Verkehrsmittel (z.B. Motorrad, Roller usw.)
- ☐ Fahrgemeinschaft
- ☐ sonstiges

8. Wie bewegen Sie sich für private Besorgungen und in Ihrer Freizeit überwiegend fort?

- ☐ privater PKW
- ☐ öffentliche Verkehrsmittel (z.B. Bus, Bahn, U-Bahn usw.)
- ☐ Fahrrad
- ☐ zu Fuß
- ☐ andere Verkehrsmittel (z.B. Motorrad, Roller usw.)
- ☐ Fahrgemeinschaft
- ☐ sonstiges

9. Wie hoch ist Ihrer Meinung nach Ihr Wissenstand bezüglich alternativer Antriebsmöglichkeiten im Automobilbereich?

- ☐ sehr hoch
- ☐ hoch
- ☐ eher gering
- ☐ gering

10. Sind Sie der Meinung, dass CO₂-Emissionen durch den Einsatz von alternativer Mobilität reduziert werden können?

- ☐ ja
- ☐ eher schon
- ☐ eher nicht
- ☐ nein

11. Haben Sie schon mal etwas von Förderungsprojekten im Bereich alternativer Mobilität gehört?

- ☐ ja
- ☐ nein

12. Welche Förderungsprojekte im Bereich alternativer Mobilität kennen Sie?

13. Wie sind Sie auf Förderungsprojekte im Bereich alternativer Mobilität aufmerksam gemacht worden?☐ Medien (z.B. Zeitung, TV, Radio)☐ Informationskampagnen☐ Autohändler☐ Bekanntenkreis☐ Internet☐ gar nicht☐ sonstiges**14. Sind Sie der Meinung, dass der Staat solche Projekte subventionieren sollte?**☐ ja☐ eher schon☐ eher nicht☐ nein**15. Sollen staatliche Zuschüsse bei der Anschaffung eines alternativ betriebenen Fahrzeug gegeben werden?**☐ ja☐ eher schon☐ eher nicht☐ nein

16. Soll der Staat die Treibstoffpreise für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge subventionieren?

- ☐ ja
- ☐ eher schon
- ☐ eher nicht
- ☐ nein

17. Sollen die Subventionen für die Treibstoffpreise von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen im Vergleich zu jenen für herkömmliche (Benzin oder Diesel) Fahrzeuge höher sein?

- ☐ ja
- ☐ eher schon
- ☐ eher nicht
- ☐ nein

18. Sind Sie für eine geringere KFZ-Steuer für alternativ betriebene Fahrzeuge?

- ☐ ja
- ☐ eher schon
- ☐ eher nicht
- ☐ nein

19. Sind Sie der Meinung, dass der Staat Unternehmen und Forschungsinstitute im Bereich der Forschung und Entwicklung von alternativen Antriebsmöglichkeiten fördern sollte?

- ☐ ja
- ☐ eher schon
- ☐ eher nicht
- ☐ nein

20. Wie gut fühlen Sie sich über die folgenden Antriebstechnologien bei Kraftfahrzeugen informiert?

	gar nicht	wenig	gut	sehr gut
Benzin	☐	☐	☐	☐
Diesel	☐	☐	☐	☐
Hybridantrieb	☐	☐	☐	☐
Biokraftstoff (Ethanol)	☐	☐	☐	☐
Autogas	☐	☐	☐	☐
Erdgas	☐	☐	☐	☐
Elektromotor	☐	☐	☐	☐
Wasserstoff (Brennstoffzellen)	☐	☐	☐	☐

21. Wie wichtig ist Ihnen bei der Kaufentscheidung eines Kraftfahrzeugs eine bestimmte Automarke?

- ☐ sehr wichtig
- ☐ wichtig
- ☐ weniger wichtig
- ☐ unwichtig

22. Welche Bedeutung hat der Kraftstoffverbrauch bei der Kaufentscheidung eines Kraftfahrzeugs?

- ☐ sehr hoch
- ☐ hoch
- ☐ wenig
- ☐ keine

23. Wie wichtig ist Ihnen die Umweltfreundlichkeit eines Kraftfahrzeugs?

- ☐ sehr wichtig
- ☐ wichtig
- ☐ weniger wichtig
- ☐ unwichtig

24. Welche Rolle spielen die Anschaffungskosten bei der Kaufentscheidung eines Kraftfahrzeugs?

- ☐ sehr wichtig
- ☐ wichtig
- ☐ weniger wichtig
- ☐ unwichtig

25. Welche Bedeutung hat die Sicherheit bei der Kaufentscheidung eines Kraftfahrzeugs?

- ☐ sehr hoch
- ☐ hoch
- ☐ wenig
- ☐ keine

26. Wie hoch ist ihr Interesse an alternativen Antriebsarten bei Kraftfahrzeugen (z.B. Elektroantrieb, Wasserstoff etc.)?

- ☐ sehr hoch
- ☐ hoch
- ☐ wenig
- ☐ kein

27. Was könnte Sie dazu bewegen ein alternativ betriebenes Fahrzeug zu kaufen? (mehrere Antworten möglich)

- ☐ Zuschuss bei der Anschaffung
- ☐ geringere KFZ-Steuern
- ☐ freies Parken auch in Innenstädten
- ☐ Bereitstellung von Testfahrzeugen
- ☐ bessere Markenauswahl
- ☐ besseres Informationsangebot
- ☐ dauerhaft deutlicher Kostenvorteil gegenüber herkömmlichen Treibstoffen (Benzin, Diesel etc.)
- ☐ Umweltfreundlichkeit (sauber, leise, klimaschonend etc.)
- ☐ Nutzvorteile (Befreiung von Fahrverboten etc.)
- ☐ dichteres Tankstellennetz
- ☐ bessere Laderaumkapazität
- ☐ gar nichts
- ☐ sonstiges:

28. Angenommen, die Preise für den Treibstoff Wasserstoff und Diesel bzw. Benzin wären gleich hoch: Um wie viel dürften die Kosten der Anschaffung eines alternativ betriebenen Fahrzeugs gegenüber eines herkömmlichen Diesel oder Benzin betriebenen Fahrzeugs höher sein?

- ☐ um mehr als 5.000 Euro höher
- ☐ 3.001-5.000 Euro höher
- ☐ 2.001-3.000 Euro höher
- ☐ 1.001-2.000 Euro höher
- ☐ 0-1.000 Euro höher
- ☐ gar nicht höher

29. Um wie viel dürfte der Treibstoffpreis von wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen höher sein als jener von herkömmlichen diesel- oder benzinbetriebene Fahrzeugen?

- ☐ 31-50 % höher
- ☐ 16-30 % höher
- ☐ 1-15 % höher
- ☐ gleich hoch
- ☐ 1-15 % billiger
- ☐ 16-30 % billiger

30. Um wie viel dürfte die Reichweite eines alternativ betriebenen Fahrzeugs geringer sein als die eines herkömmlichen Diesel oder Benzin betriebenen Fahrzeugs?

- ☐ 41-50 % geringer
- ☐ 31-40 % geringer
- ☐ 21-30 % geringer
- ☐ 11-20 % geringer
- ☐ 1-10 % geringer
- ☐ gleich hoch

31. Würde für Sie in den nächsten 10 Jahren der Kauf eines alternativ betriebenen Fahrzeugs in Frage kommen?

- ☐ ja
- ☐ eher schon
- ☐ eher nicht
- ☐ nein

32. Welche Gründe sprechen gegen einen Kauf eines alternativ betriebenen Fahrzeugs? (mehrere Antworten möglich)

- ☐ zu hohe Anschaffungskosten
- ☐ alternativ betriebene Fahrzeuge können herkömmliche Autos nie ersetzen
- ☐ Leistungsstärke ist geringer als bei herkömmlichen Autos
- ☐ Staatliche Subventionen fehlen
- ☐ Infrastruktur noch nicht ausgereift
- ☐ Treibstoffkosten zu hoch
- ☐ kein eigener PKW wird benötigt
- ☐ es sprechen keine Gründe dagegen
- ☐ sonstiges:

33. Wie informieren Sie sich vor einem Autokauf? (mehrere Antworten möglich)☐ Autohändler☐ Autoclub☐ Fernsehen, Zeitungen, Rundfunk, etc.☐ Internet☐ Verbraucherzentrale☐ sonstiges:

Abschließend folgen noch ein paar Fragen zu Ihrer Person:

34. Geschlecht:☐ weiblich☐ männlich**35. Alter:****36. Wohnhaft:**☐ Land (bis 20.000 Einwohner)☐ Stadt (ab 20.000 Einwohner)

37. Beruf (Tätigkeitssektor):

- ☐ Land- und Forstwirtschaft
- ☐ Wasser- und Energiewirtschaft
- ☐ Baugewerbe
- ☐ Industrie und Handwerk
- ☐ Handel
- ☐ Bank- und Versicherungswesen, Immobilien
- ☐ Revision, Treuhand, Wirtschaftsberatung
- ☐ Öffentliche Verwaltung
- ☐ Kommunikation
- ☐ IT-Branche
- ☐ Verkehrs- und Transportwirtschaft
- ☐ Tourismus
- ☐ Erziehungswesen, Kultur, Sport
- ☐ Gesundheits- und Sozialwesen
- ☐ Landesverteidigung
- ☐ in Ausbildung (Schüler, Student)
- ☐ sonstiges:

38. Wie hoch ist ungefähr Ihr monatliches Nettoeinkommen?

Gemeint ist der Betrag, der sich aus allen Einkünften zusammensetzt und nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungen übrig bleibt.

39. Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt, Sie eingeschlossen?

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 3-5
- ☐ mehr als 5

Vielen Dank für Ihre Mühe und Zeit.

Appendix C: Lebenslauf

Persönliche Angaben:

Name: Stefanie NAGEL
Geburtsdaten: Dornbirn, 8 Juli 1987
Nationalität: Österreich

Bildung:

seit 10 / 2010 Magisterstudium „Betriebswirtschaft“ Universität Wien
Schwerpunkte:

- Innovations- und Technologiemanagement
- Electronic Business

09 / 2010 Abschluss des Studiums mit dem Titel „BSc.“

10 / 2007 bis 09 / 2010 Bachelorstudium „Wirtschaftswissenschaften“
Universität Innsbruck
Schwerpunkte:

- Produktion und Logistik
- Management Accounting
- Tourismus

06 / 2007 Reifeprüfung an der BHAK – Bregenz

Berufserfahrung:

07 bis 08 / 2012 MLine Vertriebs- u. Produktions AG

- Praktikum im Produktmanagement/ Einkauf

03 / 2011 bis 06 / 2012 Institut für Betriebswirtschaftslehre der Universität Wien
Lehrstuhl für Innovations- und Technologiemanagement

- Studentenassistentin

07 bis 08 / 2005 Amt der Landeshauptstadt Bregenz

- Praktikum in der Dienststelle Buchhaltung