ECONSTOR
*Make Your Publications Visible.*

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Aigle, Thomas; Braun-Thürmann, Holger; Marz, Lutz; Schäfer, Kerstin; Weider, Marc

**Working Paper**

# Mobil statt fossil: Evaluationen, Strategien und Visionen einer neuen Automobilität

WZB Discussion Paper, No. SP III 2007-106

**Provided in Cooperation with:**
WZB Berlin Social Science Center

*Suggested Citation:* Aigle, Thomas; Braun-Thürmann, Holger; Marz, Lutz; Schäfer, Kerstin; Weider, Marc (2007) : Mobil statt fossil: Evaluationen, Strategien und Visionen einer neuen Automobilität, WZB Discussion Paper, No. SP III 2007-106, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (WZB), Berlin

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/47938

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

**WZB – discussion paper**

Thomas Aigle, Holger Braun-Thürmann, Lutz Marz,
Kerstin Schäfer und Marc Weider

# Mobil statt fossil

Evaluationen, Strategien und Visionen
einer neuen Automobilität

---

SP III 2007-106

thomas.aigle@wbzu.de
hbt@wzb.eu
lutz@wzb.eu
kschaefer@wzb.eu
weider@wzb.eu

**ZITIERWEISE/CITATION:**

T. Aigle/H. Braun-Thürmann/L. Marz/K. Schäfer/M. Weider

**Mobil statt fossil**
Evaluationen, Strategien und Visionen einer neuen Automobilität

**Discussion Paper SP III 2007-106**
Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung (2007)

**Forschungsschwerpunkt:**
Organisationen und Wissen

**Research Area:**
Organizations and Knowledge

**Abteilung:**
Innovation und Organisation

**Research Unit:**
Innovation and Organization

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

**Zusammenfassung**

Gegenwärtig beginnt sich ein Paradigmenwechsel in der Automobilität zu vollziehen, weg vom Benzin- und Diesel-Verbrennungsmotor hin zu alternativen Antriebs- und Kraftstofftechnologien. Dabei spielen Innovationen im Bereich der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie eine zentrale Rolle. Daraus ergeben sich gerade in diesem Bereich neue Herausforderungen für die interdisziplinäre und problemorientierte Zusammenarbeit zwischen Innovations-Theoretikern und Innovations-Praktikern. Ziel des vorliegenden Papers ist es, konkrete Vorschläge für die Entwicklung einer solchen Zusammenarbeit zu unterbreiten. Ausgehend davon ist das Paper auf zwei Schwerpunkte fokussiert. Zum einen dient es dazu, erste Ergebnisse des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes „Alternative Antriebstechnologien in der Automobilindustrie – Die sozio-technologische Koordination einer radikalen Innovation“ (3 A-Projekt) auf einem Workshop mit Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zu diskutieren. Zum anderen soll ausgelotet werden, ob und wie sich die Forschungsergebnisse des 3 A-Projektes mit den Initiativen des „Strategierats Wasserstoff Brennstoffzelle“ verbinden und gemeinsame Kooperations- und Forschungsfelder erschließen lassen. Einen wesentlichen Orientierungspunkt bildet dabei die Realisierung des vom Strategierat initiierten „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)“. Mit dieser doppelten praxisorientierten Fokussierung richtet sich das Paper an einen spezifischen Adressatenkreis, nämlich an die Akteure im Bereich der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Es versteht sich primär als Einladung und Angebot zur Zusammenarbeit für diese Akteure und sollte deshalb auch so gelesen werden.

**Abstract**

From Fossil to Mobile
Evaluations, visions and strategies for a new automobility

A paradigm shift is taking place in the automobile industry moving away from the fossil fuel motor towards alternative drive and fuel technologies. In light of this shift, innovations in hydrogen and fuel cell technologies are beginning to play a vital role resulting in new challenges for interdisciplinary and problem-oriented collaboration between innovation theoreticians and practitioners. This paper presents specific suggestions for possible forms of collaboration between these theoreticians and practitioners. The purpose of this paper is twofold: first, it will be used as a draft for discussion at a workshop bringing together experts from science, industry and politics. The workshop will present the initial results of the project “Alternative drive technologies in the automobile industry – the socio-technological coordination of a radical innovation (3 A-Project)”, funded by the German Federal Ministry of Education and Research. The second aim is to assess if and how the research findings of the 3 A-Project can be integrated with the initiatives put forward by the ‘Strategy Council on Hydrogen Fuel Cells’ for future mutual fields of cooperation and research. An essential guideline for this process is the implementation of the ‘National Innovation Program on Hydrogen and Fuel Cell Technology (NIP)’ initiated by the Strategic Council. Based on this twofold practice-oriented focus, the paper is aimed at a specific audience, namely actors involved in hydrogen and fuel cell technology and is primarily intended to interest these actors in cooperating with us in future projects.

**Inhalt**

**1. Ausgangssituation: Problemkontext und Lösungswege ..... 7**

1.1. Einleitung: 3 A-Projekt, Strategierat und Automobilität ..... 7

1.2. Problem: Automobilität zwischen Hyperselektion und Innovation ..... 9

1.3. Lösungswege: Innovationspfade der neuen Automobilität ..... 12

**2. Handlungsfelder: Evaluationen, Strategien und Visionen ..... 17**

2.1. Evaluationen: Vorschläge für ein Innovations-Ranking ..... 17

2.1.1. Kontext ..... 17

2.1.2. Inhalt ..... 18

2.1.3. Ziele ..... 21

2.2. Strategien: Evolutionäre Pfade revolutionärer Innovationen ..... 22

2.2.1. Kontext ..... 22

2.2.2. Inhalt ..... 23

2.2.3. Ziele ..... 25

2.3. Visionen: Koordination durch Erwartungen ..... 25

2.3.1. Kontext ..... 25

2.3.2. Inhalt ..... 26

2.3.3 Ziele ..... 29

**3. Perspektiven: Forschungs- und Kooperationsfelder ..... 29**

3.1. Evaluationen ..... 29

3.2. Strategien ..... 30

3.3. Visionen ..... 32

**4. Bibliographie ..... 34**

# 1. Ausgangssituation: Problemkontext und Lösungswege

## 1.1. Einleitung: 3 A-Projekt, Strategierat und Automobilität

Im Ergebnis des BMBF-Wettbewerbs für interdisziplinäre Nachwuchsgruppen im Rahmen der Innovations- und Technikanalyse wird das Forschungsprojekt „Alternative Antriebstechnologien in der Automobilindustrie – Die sozio-technologische Koordination einer radikalen Innovation“ (3 A-Projekt) vom BMBF gefördert. Es nahm im April 2006 am Wissenschaftszentrum für Sozialforschung Berlin (WZB) seine Arbeit auf und ist darauf fokussiert, den sich anbahnenden Paradigmenwechsel vom Benzin- und Diesel-Verbrennungsmotor zu alternativen Antriebs- und Kraftstofftechnologien zu untersuchen (Braun-Thürmann 2005a).

Der Übergang zu dieser neuen, nichtfossilen Automobilität vollzieht sich nicht automatisch oder im Selbstlauf. Zwischen den technischen Potenzialen und ihrer effizienten und breiten Entfaltung liegen in erster Linie nicht nur naturwissenschaftlich-technische Probleme, sondern auch und vor allem Koordinierungsdefizite, Interessengegensätze und soziale Innovationsbarrieren (Braun-Thürmann 2005b). Diese Defizite und Barrieren drohen den Übergang zu alternativen Antriebstechnologien stellenweise zu blockieren und insgesamt zu verzögern. Der in vielen Bereichen vorhandene Kompetenzvorsprung deutscher Unternehmen kann so nicht in einen Wettbewerbsvorsprung übersetzt werden.

Das Projekt konzentriert sich deshalb darauf, Netzwerke der Koordination von Innovation im Bereich alternativer Antriebstechnologien aus einer interdisziplinären Perspektive zu analysieren. Im Mittelpunkt stehen dabei zwei Schwerpunkte:

- Zum einen die *Untersuchung von Konvergenz- und Schließungsprozessen*, also jenen Prozessen, die notwendig sind, um die unterschiedlichen wissenschaftlichen, wirtschaftlichen, politischen und öffentlichen Kräfte zu koordinieren und zu bündeln, damit sich das neue technologische Paradigma stabilisiert und auf dem Markt durchsetzt.
- Zum anderen geht es um die Identifizierung von Innovationsproblemen und die Entwicklung von Lösungsvorschlägen zur Überwindung von Innovationsbarrieren.

Ausgehend davon zeichnet sich das 3 A-Projekt durch einen dialogischen Ansatz aus, der darauf gerichtet ist, eine enge Verbindung zwischen Praktikern und Theoretikern der automobilen Innovationen herzustellen. Dieser Ansatz zeigt sich zunächst in den Projekt- und Kooperationspartnern. Zu den unmittelbaren Projektpartnern gehören

- die NuCellSys GmbH (ehemals Ballard Power Systems) Kirchheim/Teck-Nabern (André Martin Chief Program Officer)
- dem WBZU - Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm (Prof. Dr. Jürgen Garche) und
- dem ZSW - Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (Prof. Dr. Werner Tillmetz)

Zu den Kooperationspartnern des 3 A-Projektes zählen unter anderem das Institut für Soziologie der Technischen Universität Berlin (Prof. Dr. Werner Rammert, Prof. Dr. Arnold Windeler).

Zwischen dem WZB, dem ZSW und dem WBZU hat es bereits im Rahmen des von der BMW Group geförderten Forschungsprojektes „Zukunft 2020. Perspektiven für Chinas Motorisierung“ (Knie 2006) eine sehr enge und konstruktive Zusammenarbeit gegeben. Durch die Einbindung des WBZU in das 3 A-Projekt konnte diese enge Zusammenarbeit weiter qualifiziert und ausgebaut werden.

Durch den skizzierten dialogischen Ansatz und die sich daraus entwickelnden thematischen, institutionellen und personellen Kooperationsbeziehungen des 3 A-Projektes wurden unterschiedliche Koordinierungs- und Bündelungsprozesse im Bereich der alternativen Antriebstechnologien untersucht. Dabei zeigte sich, dass es einen Prozess gibt, der in diesem Forschungsfeld eine herausragende Rolle spielt, und zwar die Gründung des „Strategierats Wasserstoff Brennstoffzellen“, der gemeinsam mit mehreren Bundesministerien die Erarbeitung eines „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)“ sowie die Bildung einer „Nationalen Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellen (NOW)“ initiierte (Garche 2007). Mit dem Strategierat ist ein politisch, wissenschaftlich und wirtschaftlich konstituiertes Gremium entstanden, das in Deutschland die bundesweiten Aktivitäten zum Thema Wasserstoff und Brennstoffzellen bündelt und vorantreibt. Dieses Gremium erfüllt eine zentrale Koordinierungsfunktion im Bereich der innovativen Wasserstoff- Brennstoffzellentechnologien im Allgemeinen und deren automobiler Anwendungen im Besonderen.

Die zentrale Koordinierungsfunktion des Strategierats Wasserstoff Brennstoffzellen

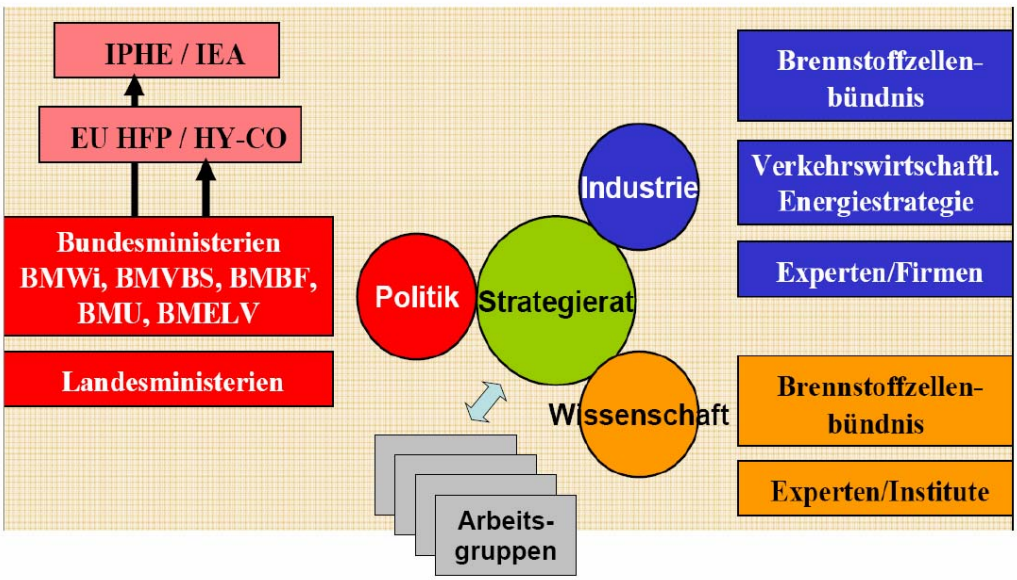


Abbildung 1, Quelle: Garche 2007, 10

Dieser Koordinierung- und Bündelungsprozess, der zum Zeitpunkt der Antragstellung für das 3 A-Projekt erst anlief und inzwischen zunehmend an Dynamik gewonnen hat, ist für das Forschungsprojekt aus folgenden vier Gründen von besonderer Bedeutung:

- Im gesamten Feld der alternativen Antriebe stellt die Bildung des „Strategierates Wasserstoff Brennstoffzellen“ den mit Abstand breitesten und stärksten Koordinierungs- und Bündelungsprozess der letzten Jahre dar.
- Dieser Prozess, in dem die Aktivitäten der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Akteure zusammengeführt werden, betrifft einen Kernbereich des Forschungsprojektes, nämlich die radikalen Innovationen auf dem Gebiet der alternativen Antriebe.
- Dem Forschungsprojekt bietet sich die Chance, einen der bedeutsamsten Koordinierungs- und Konvergenzprozesse im Feld der alternativen Antriebe und radikalen Innovationen nicht nur zu rekonstruieren, sondern begleitend zu analysieren und zu unterstützen.
- Zwei Hauptakteure dieses Koordinierungs- und Bündelungsprozesses, Prof. Tillmetz und Prof. Garche, sind zugleich Projektpartner, wodurch sich ebenso effiziente wie exzellente Forschungszugänge und -einblicke gewinnen lassen.

Ausgehend davon liegt es nahe, die Arbeit des 3 A-Projektes mit dem NIP, insbesondere mit den daraus erwachsenden automobilen Innovationen im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zu verbinden. Das vorliegende Paper ist der Versuch, dafür erste konkrete Vorschläge und Angebote zu unterbreiten. Ausgehend davon ist es auf zwei Schwerpunkte fokussiert: Zum einen dient es dazu, erste Ergebnisse des 3 A-Projekts auf einem Workshop mit Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zu diskutieren. Zum anderen soll ausgelotet werden ob und wie sich die Forschungsergebnisse des 3 A-Projektes mit den Initiativen des „Strategierats Wasserstoff Brennstoffzelle“ verbinden und gemeinsame Kooperations- und Forschungsfelder erschließen lassen.

### 1.2. Problem: Automobilität zwischen Hyperselektion und Innovation

Das Automobil ist mit Abstand der Verkehrsträger Nummer 1: Ungefähr 90 Prozent aller Personenkilometer, die mit einem Verkehrsmittel zurückgelegt werden, entfallen auf das Auto (PGM 2004, 9). Doch damit nicht genug. Das Auto ist weit mehr als ein bloßes Fortbewegungsmittel. Es ist paradigmatisches Produkt und integraler Bestandteil der fossilen Mobilitätsgesellschaft (Altvater 2006, 175). Das Automobil gilt als Symbol für Status, Wohlstand, (Bewegungs-)Freiheit, Dynamik und Fortschritt der Moderne (Buhr et al. 1999, 11).

Alle Versuche, die Dominanz des Automobils zu brechen, sind bislang mehr oder weniger gescheitert. Dies betrifft nicht nur die akademisch-aufklärerischen Kritiken an der Autogesellschaft und ihren Folgen, sondern auch alltagspraktische Alternativangebote wie »Car Sharing«, »Cash Car« oder »BVGmetrocard«, die sich bisher nicht durchsetzen, sondern bestenfalls in Nischenmärkten etablieren konnten (Canzler/Knie 1998, 9; Knie 2003; PGM 2004).

Neben seiner tiefen Verankerung im Lebensstil und Mobilitätsroutinen der modernen Gesellschaft (Canzler 1996) liegt einer der Gründe für diese Ultrastabilität des Automobils in dessen harten technischen Kern. Wir schreiben nunmehr bereits »Das zweite Jahrhundert des Automobils« (Canzler/Schmidt 2003), aber sein technischer Kern ist bislang unverändert geblieben. Er besteht aus einem Verbrennungsmotor (Canzler 1996, 212-220), bei dem zunächst fossile Brennstoffe, vor allem Öl, aus der Natur importiert und dann Schadstoffe und Treibhausgase wie Kohlendioxid ($CO_2$), Methan ($CH_4$) und Distickstoffoxid ($N_20$) in die Natur exportiert werden.

Der fossile Verbrennungsmotor stellt bis heute die Konvention in der automobilen Antriebstechnik schlechthin dar. Im Jahre 2000 befanden sich rund 800 Millionen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren weltweit im Einsatz, bis 2030 werden sogar 1,6 Milliarden Fahrzeuge prognostiziert (Schubert 2003, 2). Die F&E-Arbeit der Automobilindustrie ist nach wie vor auf die Optimierung dieser Konvention fokussiert. Diese Optimierung dominiert die Innovationsprozesse in der Autoindustrie. Sie war und ist Hauptausgangspunkt und -ziel dieser Prozesse.

Aus innovationstheoretischer Sicht handelt es sich bei einer solchen Fixierung der Innovationsprozesse auf die Optimierung und Stabilisierung eines »herrschenden Standes der Technik« (Knie 1991; Knie 1994, 29-70) um eine „Hyperselektion“ (Bruckner/ Ebeling/ Scharnhorst 1998, 377-380). „Das Charakteristische des Hyperselektionsfalls liegt gerade darin, dass der einmal stabilisierte Zustand stabil gegenüber allen Störungen ist...“ (Ebeling/ Scharnhorst 2002, 69). Oder, anders gesagt: Die Optimierung einer dominanten technischen Konvention verstärkt deren Hyperselektivität. Und dies wiederum führt dazu, dass alle anderen vorhandenen und potenziellen Technologien vom herrschenden Stand der Technik ausselektiert werden, bevor sie Fuß fassen und sich entwickeln können.

Diese jahrzehntelange Hyperselektion der konventionellen Antriebstechnologie wird jedoch zunehmend problematisch und gerät in wachsendem Maße unter Innovationsdruck. Stichpunktartig vereinfacht lässt sich dieser Druck folgendermaßen zusammenfassen und veranschaulichen (Aigle/Krien/Marz 2007):

Druck auf die Substitution der konventionellen Verbrennungstechnik

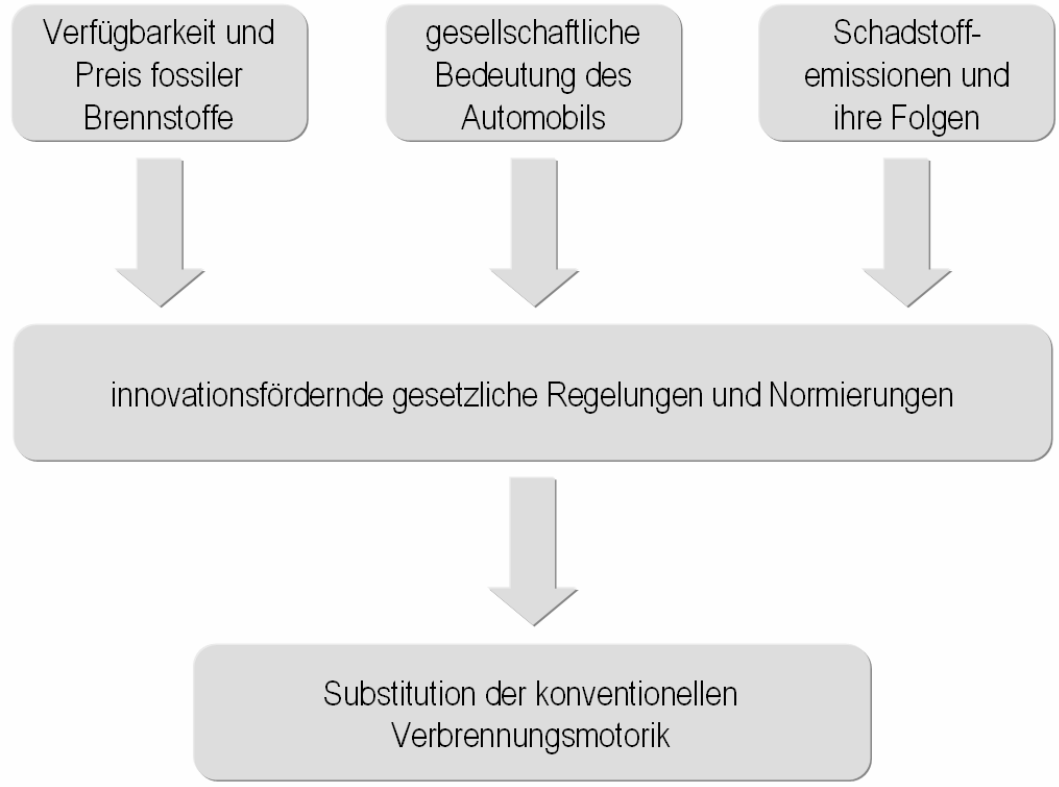


Abbildung 2, Quelle: eigene Darstellung

Der Innovationsdruck unter den die konventionelle Motorentechnologie gerät, erwächst zunächst aus drei Problemfeldern, und zwar der Verfügbarkeit und dem Preis fossiler Brennstoffe, der gesellschaftlichen Bedeutung des Automobils sowie den Schadstoffemissionen und deren Folgen (Aigle/Marz 2007, 8-19). Die Entwicklungen in diesen drei Problemfeldern führten zu innovationsfördernden gesetzlichen Regelungen und Normierungen, die eine antriebs- und kraftstofftechnologische Substitution der konventionellen Verbrennungstechnik fördern und erzwingen (Weider 2007; Aigle/Krien/Marz 2007).

Langsam bildet sich in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft ein Konsens heraus, dass der klassische Verbrennungsmotor, also der, fossile Brennstoffe, insbesondere Öl, benötigende thermische Antrieb, über Kurz oder Lang substituiert werden muss. Und genau in dieser Richtung sind im letzten Jahrzehnt eine Vielzahl von Innovationen in Angriff genommen worden, und zwar sowohl im Hinblick auf die Substitution des Antriebs als auch in Bezug auf die Substitution des fossilen Kraftstoffs (Braun-Thürmann/Schäfer/Weider 2006).

Was die Substitution des konventionellen Antriebs betrifft, wurden zum Beispiel nicht nur unterschiedliche Brennstoffzellen- und Elektro-Fahrzeuge sowie verschiedene Hybrid-Systeme entwickelt, sondern auch bivalente Motoren, die sowohl mit fossilen Brennstoffen als auch mit Wasserstoff betrieben werden können. Und was die Kraftstoff-Substitution anbelangt, gibt es unterschiedliche Varianten von synthetischen Kraftstoffen, Bio-Ölen, Alkoholen, Bio-Gasen und Wasserstoffen.

Die Vielzahl und die Unterschiedlichkeit dieser Innovationspfade wirft nicht nur in öffentlichen Debatten, sondern auch in Expertendiskussionen immer wieder die Frage auf, ob und wie sich diese verschiedenen Innovationen vergleichen und bewerten lassen. Ein Antwortangebot wurde im Rahmen des 3 A-Projektes entwickelt. Dabei wurde der Versuch unternommen, das Feld der antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovationen aus einer interdisziplinären Perspektive zu systematisieren (Aigle/Marz 2007). Der dabei entwickelte Systematisierungsansatz stellt eine »Momentaufnahme« und Katalogisierung der gegenwärtigen antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovationsprozesse dar. Ziel dieser »Momentaufnahme« ist es lediglich, sich einen Überblick über diese Prozesse zu verschaffen. Eine Analyse der bisherigen und zukünftigen Entwicklungsdynamik der verschiedenen antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovationen kann eine solche Katalogisierung selbstverständlich nicht leisten.

### 1.3. Lösungswege: Innovationspfade der neuen Automobilität

Innovation ist ein „schillernder, ein modischer Begriff“ (Hauschildt 1993, 3). Er gehört zur Kategorie „der sowohl schlecht-definierten, wie schlecht-strukturierten Probleme“ (Marr 1980, 952). Dies meint nicht, dass es etwa an Definitions- und Strukturierungs-Versuchen fehlen würde. Ganz im Gegenteil, die Zahl derartiger Versuche ist unüberschaubar und wächst ständig weiter an. Der springende Punkt besteht vielmehr darin, dass es keinen allgemein verbindlichen Konsens über den Inhalt und die Verwendung des Terminus »Innovation« gibt (Debus 2002, 92). Der kleinste gemeinsame Nenner der divergierenden Ansätze besteht darin, dass es bei Innovationen im Kern immer um »Neues« und »Neuartiges«, um »Neuerung« und »Erneuerung« geht (Helm 2001, 47; Braun-Thürmann 2006b). Dass dieser kleinste gemeinsame Nenner nicht so simpel ist, wie es auf den ersten Blick scheint, zeigen grundlagentheoretische Reflexionen über das »Neue», die von der Philosophie Hegels bis zur dreiwertigen Logik reichen (Günther 1971).

Das Feld der antriebs- und kraftstofftechnologischen Neuerungen lässt sich in Form einer Innovations-Matrix systematisieren und katalogisieren (Aigle/Marz 2007, 31-39). Die Struktur dieser Matrix ergibt sich aus einer grundlegenden Unterscheidung und drei Leitdifferenzen.

Die *grundlegende Unterscheidung* geht auf Schumpeter zurück und betrifft die Trennung von »Invention« und »Innovation«. Eine Innovation ist nicht nur mehr, sondern auch etwas qualitativ anderes als eine Invention, also die bloße Erfindung oder Entdeckung. Inventionen sind nur dann Innovationen, wenn sie sich wirtschaftlich durchsetzen (OECD 1997; Debus 2002, 95; Borchert/Goos/Hagenhoff 2003, 14; BMBF 2006). Oder, formelhaft verkürzt formuliert:

- innovation = „commercialization of invention“ (Kirchhoff/Walsh 2000, 328)
- „innovation = invention + exploitation“ (Roberts 1987, 3)

Im Folgenden werden unter Inventionen all jene Entwicklungen verstanden, die noch nicht Prototypen-Niveau erreicht haben. Ausgehend von der Unterscheidung zwischen Invention und Innovation lassen sich nun folgende drei *Leitdifferenzen* entwickeln:

Die *erste Leitdifferenz* betrifft das Innovations-Paradigma. Hierbei wird zwischen *stagnovativen und nicht-stagnovativen Innovationen* unterschieden (Canzler/Marz 1997). Zu den stagnovativen Innovationen gehören all jene Innovationen, die lediglich den technischen Kern der fossilen Automobilität, also die konventionelle Verbrennungstechnik optimieren. Nicht-stagnovative Innovationen sind jene, die das Paradigma des klassischen thermischen Antriebs nicht stabilisieren, sondern entweder kraftstoff- und/oder antriebsseitig auflösen.

Die Unterscheidung zwischen stagnovativen und nicht-stagnovativen Innovationen sagt nichts über das technologische Niveau der Innovationen aus. So können beispielsweise aus einer ingenieurtechnischen Perspektive stagnovative Innovationen durchaus komplexer, wertvoller oder höherrangiger sein als nicht-stagnovative.

Die *zweite Leitdifferenz* betrifft den Innovations-Grad. Hier wird zwischen *inkrementalen und radikalen Innovationen* unterschieden. Diese Unterscheidung stützt sich sowohl auf natur- als auch auf sozialwissenschaftliche Analysen (Ebeling et al. 1999, 462, 464; Scharnhorst 2000; Hauschildt 1993; Billing 2003; Boyer 2001; Leifer 2005).

Während es sich bei inkrementalen Innovationen um kleine, kontinuierlich stattfindene Neuerungen handelt, stellen radikale Innovationen große, diskontinuierlich auftretende Innovationen dar (Mensch 1972; Hauschildt 1993, 12; Becker 2004, 94-97). Inkrementale Innovationen sind Verbesserungs-Innovationen, radikale Innovationen sind signifikante, richtungsändernde Basis-Innovationen (Konrad/Scheer 2003, 2; Debus 2002, 92-93; Kroy 1995; Deutsch 1949, 26;). Oder, zugespitzt formuliert: Inkrementale Innovationen sind „Innovätiönchen“ (Braun/Feige/Sommerlatte 2001), radikale Innovationen sind „Quantensprünge“ (Nill/Konrad 2001, 28; Weider/Marz 2005; Knie 2006, 55-58, 119-207.)

Die *dritte Leitdifferenz* betrifft die Innovations-Reichweite. Hierbei wird auf Arbeiten zu Innovations-Frameworks (Abernathy/Clark 1985; Henderson/Clark 1990) und Systeminnovationen (Konrad/Scheer 2003) zurückgegriffen und zwischen *modularen und systemischen Innovationen* unterschieden. Modulare Innovationen betreffen, antriebs- und/oder kraftstofftechnologisch, lediglich die Verbrennungstechnik des einzelnen Kraftfahrzeugs. Systemische Innovationen reichen darüber hinaus in die gesamten Infrastrukturen der Automobilität.

Die sich aus den drei Leitdifferenzen ergebenden Innovations-Typen stehen nicht beziehungslos nebeneinander. Es gibt mindestens vier Verbindungslinien, die eine weitere Differenzierung und Systematisierung der bisher entwickelten Innovations-Typologie gestatten:

Innovationen 1. und 2. Grades

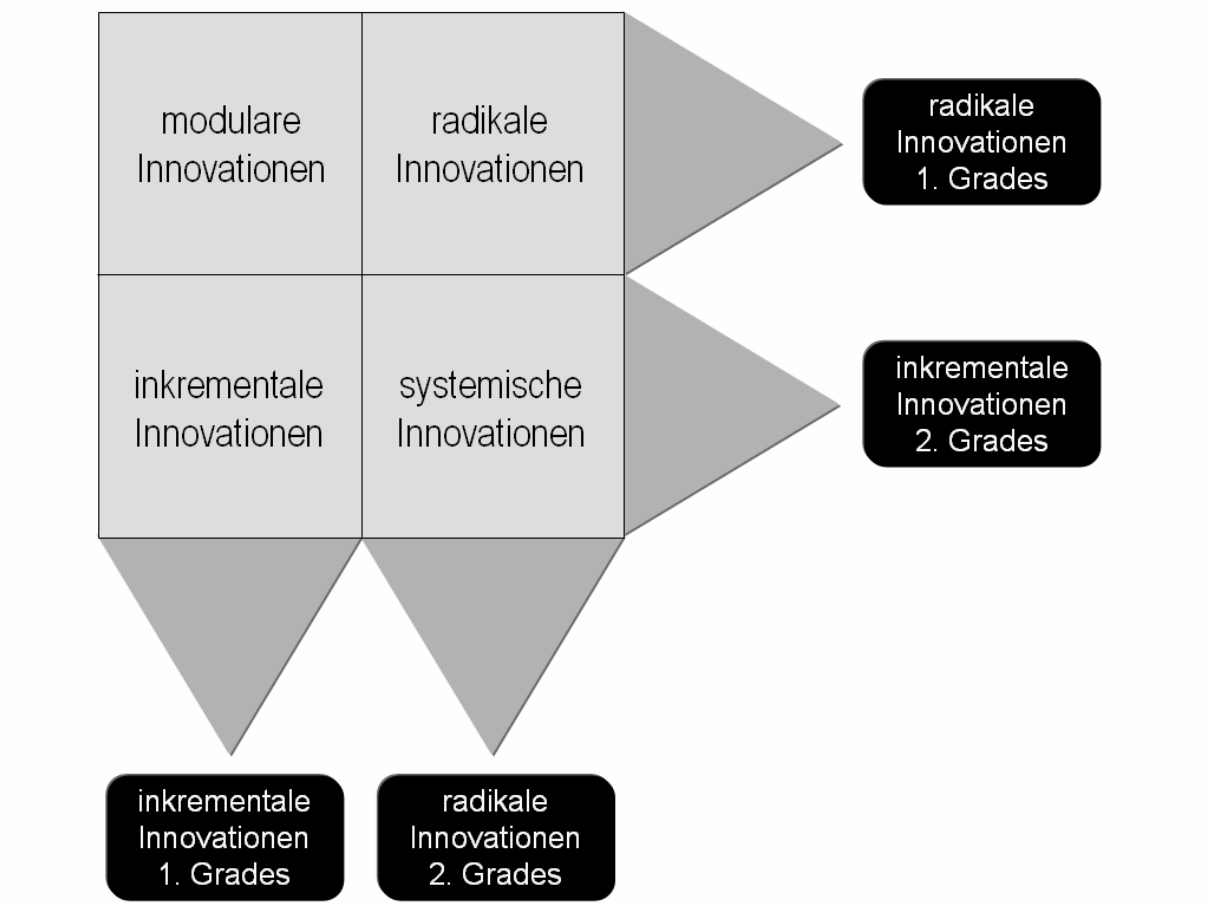


Abbildung 3, Quelle: eigene Darstellung

Diese vier Verbindungslinien zwischen inkrementalen, radikalen, modularen und systemischen Innovationen ermöglichen zweierlei:

Einerseits lassen sich so inkrementale und radikale Innovationen auch im Hinblick auf ihre jeweilige Reichweite unterscheiden. Inkrementale und radikale Innovationen 1. Grades besitzen nur eine begrenzte, nämlich modulare Reichweite. Sie betreffen lediglich die Technologie des einzelnen Fahrzeugs. Inkrementale und radikale Innovation 2. Grades besitzen demgegenüber eine größere, und zwar systemische Reichweite. Sie betreffen nicht nur das einzelne Fahrzeug, sondern darüber hinaus auch die technologischen Input- und Output-Strukturen der gesamten Automobilitäts-Maschine.

Andererseits gestatten es diese vier Verbindungslinien umgekehrt auch, den Innovationsgrad von modularen und systemischen Innovationen zu bestimmen. Sowohl modulare (1. Grad) als auch systemische (2.Grad) Innovationen können jeweils inkremental oder radikal sein.

Ausgehend von der zuvor skizzierten Systematik lässt sich nun für das breite Feld der antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovationen folgende Innovations-Matrix entwickeln:

| Antrieb (a) \ Kraftstoff (k) | | | $CO_2$-emittierende Kraftstoffe | | | | | | $CO_2$-neutrale Kraftstoffe | | | | | | C-freie Kraftstoffe | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Konventionell | | Nicht-konventionell | | | | Semi-alternativ | | | | | | Alternativ | | |
| | | | Kohlenwasserstoffe | | | | | SynFuels | Öle | | | Alkohole | | Gase | Strom | Wasserstoff | |
| | | | Diesel (1) | Benzin (2) | Autogas LPG (3) | Erdgas LNG (4) | Erdgas CNG (5) | GTL (6) | BTL (7) | Bio-diesel (RME) (8) | Pflanzen-öle (9) | Bio-Ethanol (10) | Bio-Metha-nol (11) | Biogas (12) | (13) | Wasser-stoff $LH_2$ (14) | Wasser-stoff $CGH_2$ (15) |
| Thermische Antriebe | Konventionell | 4-Takt-Hubkolbenmotor (1) | | | | | | | | | | | | | X | | |
| | | 2-Takt-Hubkolbenmotor (2) | | | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | X | / | / |
| | Nicht-konventionell | Wankelmotor (3) | / | | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | X | / | |
| | | Sonstige Verbrennungs-prinzipien (4) | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | X | / | / |
| Hybrid-Antriebe | Semi- alternativ | Milde Hybride mit Batterie (one-mode) (5) – thermisch | | | / | / | | | | | / | / | / | / | X | / | / |
| | | Milde Hybride mit Batterie (one-mode) (5) – elektrisch | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Vollhybride mit Batterie (two-mode) (6) – thermisch | | | / | / | | | | | / | / | / | / | X | / | / |
| | | Vollhybride mit Batterie (two-mode) (6) – elektrisch | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elektrische Antriebe | Alternativ | Batterie-Elektroantrieb (7) | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X |
| | | Brennstoffzellen-Elektroantrieb (8) | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | | / | X | | |

| | |
|---|---|
| | Stagnovative Innovationen |
| | Inkrementale Innovationen 1. Grades |
| | Inkrementale Innovationen 2. Grades |
| | Radikale Innovationen 1. Grades |
| | Radikale Innovationen 2. Grades |
| X | Technologisch ausgeschlossen |
| / | Inventionsräume |

Abbildung 4, Quelle: Aigle/Marz 2007, 32

Diese Innovations-Matrix ist der Versuch einer interdisziplinären Systematisierung der gegenwärtigen antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovationsprozesse (Aigle/Marz 2007). Sie ist nicht mehr, allerdings auch nicht weniger, als eine aktuelle »Momentaufnahme« dieser Prozesse, mit der sich selbstredend weder die bisherige Entwicklungsgeschichte noch die künftige Entwicklungsdynamik dieser Prozesse erklären lassen. Dazu bedarf es komplexerer Erklärungsansätze und differenzierterer Fallstudien.

Diese Innovations-Matrix besitzt zwei Innovations-Dimensionen, eine Antriebs-Dimension a (Zeilen) und eine Kraftstoff-Dimension k (Spalten). Dabei gibt der Index a die Position einer Innovation auf der antriebstechnologischen Achse und der Index k die Position einer Innovation auf der kraftstofftechnologischen Achse an. Der Index a läuft von 1-8 (Zeile 1-8), der Index k von 1-15 (Spalte 1-15). Beide Innovationsachsen sind jeweils so skaliert, dass das Innovationsniveau tendenziell mit steigender Index-Nummer zu- und mit sinkender Index-Nummer abnimmt. Auf der kraftstofftechnologischen Achse ist beispielsweise Diesel (k=1) konventioneller als $CGH_2$ (k=15) und auf der antriebstechnologischen Achse ist der 4-Takt-Hubkolbenmotor (a=1) konventioneller als der Brennstoffzellen-Elektroantrieb (a=8).

Durch die beiden Innovations-Dimensionen a und k wird eine Fahrzeug-Konfiguration $F_{a/k}$ (Feld) definiert. Dabei gibt der Index a die Position der Konfiguration auf der antriebstechnologischen Achse und der Index k die Position dieser Konfiguration auf der kraftstofftechnologischen Achse an. Die Felder $F_{a/k}$ laufen von $F_{1/1}$ (Zeile 1/Spalte 1) über $F_{1/15}$ (Zeile 1/Spalte 15) und $F_{8/1}$ (Zeile 8/Spalte 1) bis $F_{8/15}$ (Zeile 8/Spalte 15). Entsprechend den Achsenskalierungen nimmt das Innovationsniveau der Fahrzeug-Konfigurationen mit steigenden Index-Nummern zu und mit sinkenden Index-Nummern ab. So ist zum Beispiel die Konfiguration $F_{1/1}$ (4-Takt-Hubkolbenmotor/Diesel) konventioneller als die Konfiguration $F_{3/2}$ (Wankelmotor/Benzin) und diese wiederum weniger alternativ als die Konfiguration $F_{8/14}$ (Brennstoffzellen-Elektroantrieb/$LH_2$).

In der Innovations-Matrix lassen sich drei Problemkreise ausmachen, die für die Realisierung des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ von besonderem Interesse sind.

- Der *erste Problemkreis* betrifft die Matrix insgesamt. Sie zeigt, dass sehr verschiedene Innovationspfade beschritten werden, die sich im Hinblick auf den Grad und die Reichweite der Innovationen voneinander unterscheiden. Um die Innovationen im Bereich der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowohl untereinander als auch mit anderen Innovationspfaden vergleichen zu können, ist es notwendig, die Innovationen zu evaluieren und ein Innovations-Ranking zu entwickeln. Ein solches Ranking muss mehrdimensional sein und es gestatten nicht nur die technischen, sondern auch die ökonomischen und ökologischen Potenziale der Innovationen miteinander zu vergleichen.
- Der *zweite Problemkreis* betrifft all jene Innovations-Felder der Matrix, die einen Übergang zur automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie befördern. Eine besondere Bedeutung kommt hierbei den Hybriden zu. Zum einen stellen sie eine »Brücken«-Technologie zwischen konventioneller Verbrennungstechnologie und elektrischer Antriebstechnik dar. Zum anderen haben sie in den letzten Jahren, insbesondere in den USA, einen beachtlichen Markt erobern können. Die Erfahrungen

mit der Entwicklung und Vermarktung dieser »Brücken«-Technologie sind deshalb für das gesamte Nationale Investitionsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie von Interesse. Insbesondere stellt sich die Frage, ob und wie sich diese Erfahrungen nutzen lassen.

- Der *dritte Problemkreis* betrifft direkt die Innovationen im Bereich der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie. Bei diesen Innovationen handelt es sich um radikale Innovationen 1. oder 2. Grades. Naturgemäß haben es radikale Innovationen besonders schwer sich durchzusetzen. Dies gilt insbesondere für radikale Innovationen 2. Grades, die nicht nur eine modulare, sondern eine systemische Reichweite besitzen. Derartige Innovationen erfordern ein gesamtgesellschaftliches Umsteuern, angefangen von der Industrie über die Politik bis hin zu jedem einzelnen Verbraucher. Bei einem so weit reichenden Umsteuern ist eine Vielzahl von Koordinierungsproblemen zu lösen. Visionen können hier helfen, diese Koordinierungsprobleme effizient und längerfristig zu lösen.

Die bisher im Rahmen des 3A-Projektes und der drei Dissertationsvorhaben erzielten Forschungsergebnisse gestatten es nun, konkrete Vorschläge zur Lösung aller drei Problemkreise zu unterbreiten. Diese Vorschläge werden im Folgenden unter den Stichworten »Evaluationen« »Strategien« und »Visionen« skizziert und zur Diskussion gestellt.

## 2. Handlungsfelder: Evaluationen, Strategien und Visionen

### 2.1. Evaluationen: Vorschläge für ein Innovations-Ranking

#### 2.1.1. Kontext

Um eine Evaluation und ein Ranking zu entwickeln, die es gestatten, die gegenwärtigen Innovationen im Bereich der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowohl untereinander als auch mit anderen Innovationspfaden im Hinblick auf ihr technisches, ökonomisches und ökologisches Potenzial zu vergleichen, kann auf die Innovations-Matrix (Abbildung 3) zurückgegriffen werden. Aus dieser Matrix lässt sich in zwei Schritten eine Evaluations-Matrix ableiten.

In einem ersten Schritt, werden aus der Innovations-Matrix alle Fahrzeugkonfigurationen $F_{a/k}$ ausgeschlossen, die bislang noch kein Innovationsniveau erreicht haben, also alle Konfigurationen, die entweder naturgesetzlich nicht realisierbar sind (gekennzeichnet mit »X«) oder die bisher lediglich Inventionsräume darstellen (gekennzeichnet mit »/«). Diese Konfigurationen werden als weiße Leerfelder dargestellt. Bei der Wahl der Beispielmodelle wurde Wert auf eine möglichst vergleichbare Dimensionierung der Fahrzeuge gelegt. Damit sieht die modifizierte Innovations-Matrix so aus:

Modifizierte Innovations-Matrix

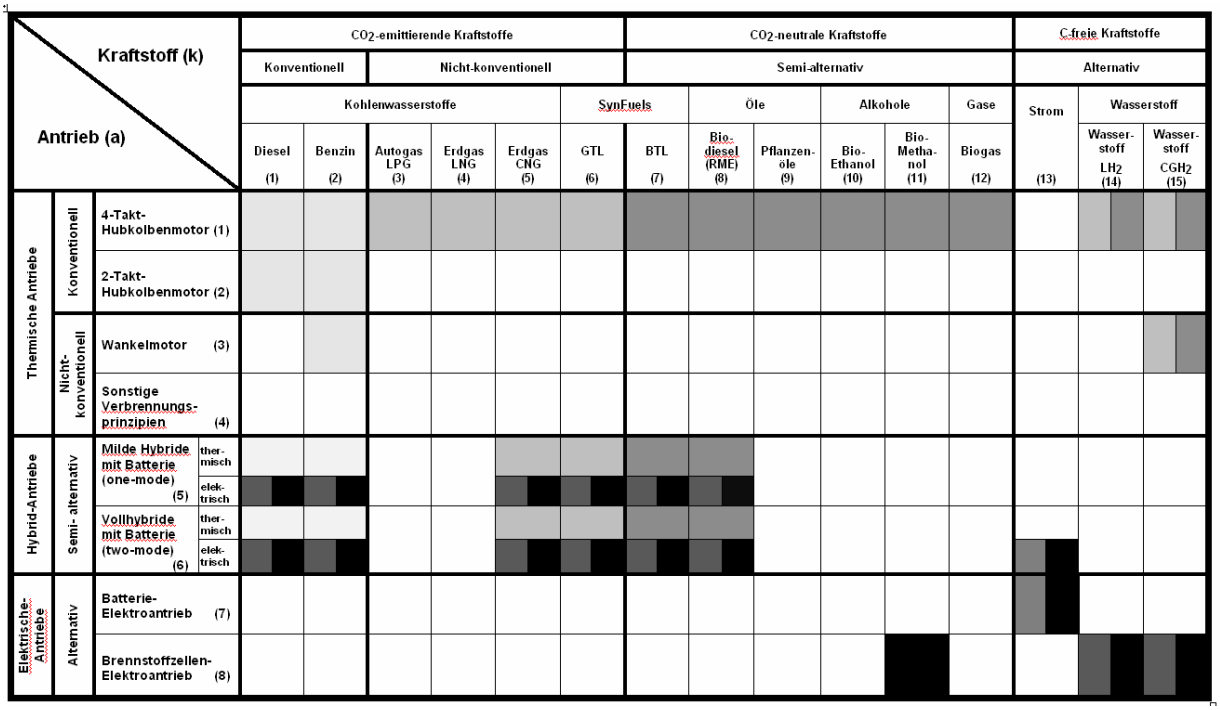


Abbildung 5, Quelle: eigene Darstellung

Damit »schrumpfen« die ursprüngliche Innovations-Matrix und die Menge der zu betrachtenden Fahrzeugkonfigurationen erheblich zusammen. Dabei muss hier nochmals ausdrücklich betont werden, dass es sich lediglich um eine »Momentaufnahme« der gegenwärtigen Innovationsprozesse handelt. Es ist durchaus denkbar, dass in den nächsten Jahren eine Reihe von Inventionen Innovationsniveau erreichen, wodurch sich die Anzahl der zu betrachtenden Fahrzeug-Konfigurationen ändern würde. Ebenso ist vorstellbar, dass eine Reihe von Innovationen durch Schließungsprozesse nicht weitergeführt werden, sondern im Prototypen-Stadium verbleiben. Dementsprechend bedarf sowohl die Innovations-Matrix als auch die daraus abgeleitete geschrumpfte Matrix einer permanenten Aktualisierung.

In einem zweiten Schritt wird nun in dieser »geschrumpften« Matrix die Kraftstoff-Achse (k) um 90° nach unten gedreht, so dass sie neben der Antriebs-Achse (a) liegt. Durch diese beiden Achsen ist dann die Konfigurations-Achse (a/k) definiert. Ausgehend davon wird dann für jede Fahrzeug-Konfiguration ein Beispielmodell gewählt, dessen Kennwerte anschließend in die Quantifizierungsfelder eingetragen werden.

### 2.1.2. Inhalt

Im Ergebnis dieser beiden Schritte sieht dann die Evaluations-Matrix wie folgt aus:

| Fahrzeug-Konfiguration (a, k) / Evaluationsachse (e) | | | | Technik | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Gewicht (1) | Leistung (2) | Hubraum (3) | Elastizität (4) | Beschleunigung (5) | Geschwindigkeit (6) | Eta (7) |
| **Antrieb (a)** | **Kraftstoff (k)** | **Konfig. (a/k)** | **Beispiel Fahrzeug** | **[kg]** | **[kW]** | **[ccm]** | **[s] (60-100 km/h)** | **[s] (0-100km/h)** | **[km/h]** | **[%]** |
| **4-Takt-Hubkolbenmotor (1)** | Diesel (1) | (1/1) | VW Golf V TDI | 1360 | 77 | 1896 | 13,4 | 12,0 | 187 | 25 |
| | Benzin (2) | (1/2) | Ford Focus 5T | 1360 | 92 | 1796 | 12,1 | 10,3 | 198 | 20 |
| | Autogas LPG (3) | (1/3) | Ford Focus 4T LPG | 1250 | 86 | 1796 | □ | □ | 198 | 16 |
| | Erdgas LNG (4) | (1/4) | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| | Erdgas CNG (5) | (1/5) | Opel Astra Caravan | 1360 | 71 | 1598 | 12,6 | 12,6 | 177 | 17 |
| | GTL (6) | (1/6) | VW Golf V TDI | 1590 | 77 | 1896 | 13,4 | 12,0 | 187 | 25 |
| | BTL (7) | (1/7) | VW Golf V TDI | 1590 | 77 | 1896 | 13,4 | 12,0 | 187 | 25 |
| | Biodiesel RME (8) | (1/8) | VW Golf V TDI | 1590 | 77 | 1896 | 13,4 | 12,0 | 187 | 25 |
| | Pflanzenöl (9) | (1/9) | VW Golf V TDI | 1590 | 77 | 1896 | 13,4 | 12,0 | 187 | 25 |
| | Bio-Ethanol (10) | (1/10) | Ford Focus FFV | 1360 | 92 | 1798 | 12,1 | 10,3 | 195 | 21 |
| | Bio-Methanol (11) | (1/11) | VW Jetta FVV | 1470 | 75 | 1800 | □ | 14,7 | 186 | 15 |
| | Biogas (12) | (1/12) | Opel Astra Caravan | 1360 | 71 | 1598 | 12,6 | 12,6 | 177 | 17 |
| | Wasserstoff $LH_2$ (14) | (1/14) | BMW Hydrogen7 | 2460 | 191 | 5972 | □ | 9,5 | 230 | 16 |
| | Wasserstoff $CGH_2$ (15) | (1/15) | Ford Focus Cmax | □ | 82 | 2300 | □ | 10,8 | 179 | □ |
| **2-Takt-Hubkolbenmotor (2)** | Diesel (1) | (2/1) | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| | Benzin (2) | (2/2) | Trabant P 601L | 615 | 20 | 595 | □ | 23,7 | 100 | 15 |
| **Wankelmotor (3)** | Benzin (2) | (3/2) | Mazda RX-8 | 1390 | 141 | 1308 | 9,6 | 7,4 | 223 | 13 |
| | Wasserstoff $CGH_2$ (15) | (3/15) | Mazda RX-8 | 1460 | 80 | 1308 | □ | □ | 170 | 13 |
| **Mild Hybrid (5)** | Diesel (1) | (5/1) | DC Bluet.-Hybrid | 1995 | 155 + 24 | 2987 | □ | 7,2 | 250 | 22 |
| | Benzin (2) | (5/2) | Honda Civic IMA | 1270 | 61 + 15 | 1339 | □ | 12,8 | 177 | 30 |
| | Erdgas CNG (5) | (5/5) | Honda Civic IMA | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| | GTL (6) | (5/6) | Bluetec-Hybrid | 1995 | 179 | 2987 | □ | 7,2 | 250 | 22 |
| | BTL (7) | (5/7) | Bluetec-Hybrid | 1995 | 179 | 2987 | □ | 7,2 | 250 | 22 |
| | Biodiesel RME (8) | (5/8) | Bluetec-Hybrid | 1995 | 179 | 2987 | □ | 7,2 | 250 | 22 |
| **Voll Hybrid (6)** | Diesel (1) | (6/1) | Peugeot 307 | 1318 | 66 + 23 | 1560 | □ | 12,4 | 180 | 38 |
| | Benzin (2) | (6/2) | Toyota Prius II | 1400 | 57 + 50 | 1497 | □ | 12 | 170 | 34 |
| | Erdgas CNG (5) | (6/5) | Toyota Prius II | 1450 | 52 + 50 | 1497 | □ | 12 | 170 | 28 |
| | GTL (6) | (6/6) | Peugeot 307 | 1318 | 66 + 31 | 1560 | □ | 12,4 | 181 | 38 |
| | BTL (7) | (6/7) | Peugeot 307 | 1318 | 66 + 31 | 1560 | □ | 12,4 | 181 | 38 |
| | Biodiesel RME (8) | (6/8) | Peugeot 307 | 1318 | 66 + 31 | 1560 | □ | 12,4 | 181 | 38 |
| | Strom (13) | (6/13) | Toyota Prius II | 1130 | 50 | X | X | □ | 55 | 95 |
| **Batt.-El.-antrieb (7)** | Strom (13) | (7/13) | Renault Twingo El. | 920 | 11 | X | 6*[2)] | 20 | 120 | 69 |
| **Brennstoffzellen-Elektroantrieb (8)** | Bio-Methanol (11) | (8/11) | DC Necar 5 | 1450 | 55 | X | □ | 16 | 150 | 30 |
| | Wasserstoff $LH_2$ (14) | (8/14) | Opel HydroGen3 | 1650 | 60 | X | □ | 16 | 150 | 36 |
| | Wasserstoff $CGH_2$ (15) | (8/15) | DC F-Cell | n.a. | 65 | X | □ | 16 | 145 | 37 |

| e / a/k | Ökonomie | | | | Ökologie | | | | | | Ranking | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ver-brauch (8) | Ver-brauch (9) | Ver-brauchs-kosten (10) | Neu-preis (11) | $CO_2$ (12) | CO (13) | HC (14) | $NO_x$ (15) | Ruß (PM) (16) | Lärm (17) | $CO_2$ (18) | $CO_2$/kW (19) |
| | [l/100 km] | [l/100 km] Benzinäq. | [€/100 km] | [€] | [g/km] | [mg/km] | [mg/km] | [mg/km] | [mg/km] | [dB(A)] | abs. Platz (e=12) | rel. Platz (e=12/e=2) |
| (1/1) | 5 | 5,7 | 5,72 | 19050 | 135 | 47 | 12 | 191 | 19 | 79 (73) | 12. | 12. (1,75) |
| (1/2) | 7,0 | 7,0 | 9,32 | 20125 | 167 | 413 | 81 | 34 | <5 | 82 (72) | 14. | 13. (1,84) |
| (1/3) | 10,5 | 8,4 | 6,64 | 20125 +2400 | 168 | 908 | 48 | 6 | <5 | 84 (71) | 15. | 15. (1,95) |
| (1/4) | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| (1/5) | 6700 | 7,9 | 3,44 | 20315 | 119 | 140 | 64 | 25 | <5 | 83 (72) | 8. | 9. (1,68) |
| (1/6) | 5,2 | 5,7 | □ | 19050 | 135 | 4 | 4 | 179 | 14 | 79 (73) | 12. | 12. (1,75) |
| (1/7) | 5,3 | 5,7 | □ | 19050 | 135 | 11 | 4 | 129 | 17 | 79 (73) | 12. | 12. (1,75) |
| (1/8) | 5,4 | 5,7 | 5,58 | 19050 | 133 | 28 | 5 | 197 | 11 | 79 (73) | 11. | 11. (1,73) |
| (1/9) | 5,2 | 5,7 | 4,14 | 19050 +3.880 | 131 | 24 | 7 | 220 | 10 | 79 (73) | 10. | 10. (1,70) |
| (1/10) | 9,1 | 6,7 | 8,37 | 18075 | 138 | 330 | 49 | 32 | <5 | 82 (72) | 13. | 10. (1,70) |
| (1/11) | 19,2 | 9,8 | □ | 19876 +116 | 209 | 124 | 6 | 186 | 12 | □ | 16. | 16. (2,79) |
| (1/12) | 6700 | 7,9 | 4,50 | 20315 | 119 | 140 | 64 | 25 | <5 | 83 (72) | 8. | 9. (1,68) |
| (1/14) | 50,8 | 13,9 | 25,40 | 72300 +5000 | 5 | <10 | <1 | 1-4 | <5 | □ | 2. | 2. (0,03) |
| (1/15) | 16176 | 5,3 | 9,71 | 21175 +5000 | ≈5 | <10 | <1 | <7 | <5 | □ | 2. | 3. (0,06) |
| (2/1) | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| (2/2) | 6 | 6 | 7,99 | 6500 | 130 | 8789 | 8094 | 42 | □ | 82 | 9. | 17. (6,50) |
| (3/2) | 10,8 | 10,8 | 14,37 | 28235 | 267 | 265 | 48 | 11 | <5 | 79 (73) | 17. | 14. (1,89) |
| (3/15) | 36397 | 12 | 21.84 | 2860 *1) | ≈5 | <10 | <1 | <7 | <5 | □ | 2. | 3. (0,06) |
| (5/1) | 7,7 | 8,8 | 8,81 | 41800 | (204) | (33) | (19) | (198) | (3) | □ | 16. | 7. (1,14) |
| (5/2) | 4,6 | 4,6 | 6,12 | 23200 | 116 | 309 | 38 | 36 | <5 | 78 (72) | 7. | 8. (1,53) |
| (5/5) | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ |
| (5/6) | 8,0 | 8,8 | □ | 41800 | (204) | (3) | (7) | (186) | (2) | □ | 16. | 7. (1,14) |
| (5/7) | 8,1 | 8,8 | □ | 41800 | (204) | (8) | (7) | (134) | (3) | □ | 16. | 7. (1,14) |
| (5/8) | 8,3 | 8,8 | 8,59 | 41800 | (201) | (20) | (8) | (204) | (2) | □ | 15. | 7. (1,14) |
| (6/1) | 3,4 | 3,9 | 3,89 | 18300 +6000 | 90 | 138 (111) | 17 (23) | 190 (170) | 22 (1) | □ | 4. | 5. (1,01) |
| (6/2) | 4,3 | 4,3 | 5,72 | 24250 | 104 | 180 | 20 | 10 | <5 | 66 (69) | 6. | 4. (0,97) |
| (6/5) | 4304 | 5,3 | 2,70 | 29258 | 92 | 81 | 8 | 5 | <5 | □ | 5. | 3. (0,90) |
| (6/6) | 3,4 | 3,9 | □ | 18300 +6000 | 90 | 12 (10) | 7 (9) | 178 (159) | 16 (1) | □ | 4. | 5. (1,01) |
| (6/7) | 3,4 | 3,9 | □ | 18300 +6000 | 90 | 32 (26) | 6 (8) | 129 (115) | 20 (1) | □ | 4. | 5. (1,01) |
| (6/8) | 3,4 | 3,9 | 3,52 | 18300 +6000 | 89 | 83 (67) | 7 (9) | 196 (175) | 13 (1) | □ | 4. | 5. (1,01) |
| (6/13) | 15kWh | 1,6 | 3,00 | 31584 | X | X | X | X | X | 57 | 1. | 1. (0) |
| (7/13) | 15kWh | 1,6 | 3,00 | 22581 | X | X | X | X | X | 57 | 1. | 1. (0) |
| (8/11) | 5,6 | 2,8 | □ | 19694 +13000 | 61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 | 3. | 6. (1,11) |
| (8/14) | 16,2 | 4,5 | 8,1 | 20970 +13000 | X | X | X | X | X | 57 | 1. | 1. (0) |
| (8/15) | 13235 | 4,4 | 9,41 | 19694 +13000 | X | X | X | X | X | 57 | 1. | 1. (0) |

*Werte mit anderem Bezugsmaß: [1)]Leasingrate monatlich, [2)]0-50km/h
( ) Wert in Klammern: Emissionen mit Dieselpartikelfilter
□ keine Daten recherchierbar. X technologisch ausgeschlossen

Abbildung 22, Quelle: eigene Darstellung

Wie die Innovations-Matrix stellt auch die daraus abgeleitete Evaluations-Matrix lediglich eine »Momentaufnahme« des antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovations-Feldes dar, und zwar eine »quantitative Momentaufnahme«, bei der die Fahrzeug-Konfigurationen anhand unterschiedlicher Kennwerte beschrieben und systematisch miteinander verglichen werden können. Gerade weil es sich um Innovationsprozesse handelt, werden sich die Kennwerte permanent ändern, was eine laufende Aktualisierung der Daten erfordert. Und in dem Maße, wie sich die Innovations-Matrix ändert, ändern sich zwangsläufig auch die zu betrachtenden Fahrzeug-Konfigurationen.

In jedem Evaluations-Feld der Evaluations-Matrix wird also eine quantitative Aussage über ein Beispielmodell getroffen. In der modifizierten Innovationsmatrix in Abbildung 4 gibt es 35 Felder, die momentan Fahrzeug-Konfigurationen mit Innovationsniveau darstellen. Diese 35 Konfigurationen finden sich dann als Zeilen in der vorliegenden Evaluations-Matrix wieder. Auf der Evaluations-Achse e (Spalten) sind die Evaluations-Größen aufgetragen und den vier Evaluations-Bereichen »Technik«, »Ökonomie», »Ökologie« und »Ranking« zugeordnet.

Auf den ersten Blick könnte es scheinen, dass es sich bei dieser Quantifizierung lediglich um eine mehr oder weniger große Fleißaufgabe handelt, bei der die entsprechenden Kennwerte der Beispielmodelle Zeile für Zeile aus einer, schlimmstenfalls aus mehreren Datenbanken zusammengetragen werden. Dieser Schein trügt jedoch. Wie in anderen Mobilitätsstatistiken (Hunsicker/Knie/Lange 2007) ist auch hier die Differenziertheit, Validität und Vergleichbarkeit der vorhandenen Daten bei genauerer Prüfung völlig unzureichend. Die Feldeinträge der Matrix sind deshalb nicht nur das Ergebnis sehr umfangreicher Recherchen, sondern sie basieren zu einem gut Teil auch auf eigenen technischen, physikalischen und chemischen Berechnungen und Überlegungen (Aigle/Krien/Marz 2007).

### 2.1.3. Ziele

Trotz dieser problematischen Datenlage lässt sich aus der Evaluations-Matrix ein Ranking-Verfahren ableiten, und zwar durch die an- oder absteigende Anordnung der zu einem Evaluations-Parameter (Spalte) gehörigen Evaluations-Felder. Durch diese »Spaltensortierung« wird ersichtlich, welche Fahrzeugkonfiguration $F_{a/k}$ am besten bzw. am schlechtesten abschneidet und ein »Ranking« mit Platzierungen wird möglich. Je nach Parameterwahl ist diejenige Fahrzeug-Konfiguration mit dem größten oder dem kleinsten Spaltenwert die »Erstplazierte« beziehungsweise die »Letztplazierte«.

Dabei lässt sich zwischen »absoluten« und »relativen« Rankings unterscheiden. Bei einem absoluten Ranking wird nur ein Parameter innerhalb eines Bereichs einem Ranking unterzogen. Bei einem relativen Parameter wird ein Parameter in Bezug zu einem anderen gesetzt.

Neben den 18 absoluten Rankingmöglichkeiten der Einzelspalten sind eine Vielzahl, genau genommen 272, weitere Rankings möglich. Zur Illustration wurden exemplarisch ein absolutes und ein relatives Ranking für die Kohlendioxid-Emissionen aus der Spalte e=12 durchgeführt. Die Ergebnisse sind den Spalten e=18 und 19 aus dem Evaluationsbereich Ranking zu entnehmen.

## 2.2. Strategien: Evolutionäre Pfade revolutionärer Innovationen

### 2.2.1. Kontext

Angesichts des oben skizzierten Innovationsdrucks, wächst zunehmend der schon bestehende gesellschaftliche Legitimitäts- und Handlungsdruck auf die Automobilindustrie. Hiermit verbunden sind politische Vorgaben und staatliche Regulierungen in Bezug auf die Schadstoffemissionen von Fahrzeugen, deren Trend in Richtung Null-Emission geht. Vorbild und deutlichste Ausprägung dieses weltweiten Trends ist die kalifornische ZEV-Gesetzgebung.

Diese sich ändernden Rahmenbedingungen stoßen auf eine komplexe Pfadabhängigkeit des etablierten großtechnischen Systems »Automobil« und hinterfragen zudem den bisherigen hyperselektiven Innovationspfad der Automobilindustrie, der sich aus einer Vielzahl von Prozessinnovationen sowie inkrementalen Produktinnovationen zusammensetzt. Angesichts dieses externen Drucks entwickelt die Automobilindustrie seit Mitte der 1990er Jahre eine ganze Reihe von antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovationen. Dabei werden Umweltperformance und Energieeffizienz zunehmend zu strategisch wichtigen Themen im Innovationswettbewerb der Automobilunternehmen.

Darüber hinaus ergreift die Innovationsdynamik einen Bereich, der bis dato für alle grundsätzlichen technischen Veränderungen sakrosankt war, den Automobilantrieb. Nachdem sich der Zeithorizont für die Markteinführung von Brennstoffzellenfahrzeugen, nach der Euphorie um die Jahrtausendwende, zunächst deutlich nach hinten verschoben hat, ist es zwischenzeitlich dem japanischen Automobilunternehmen Toyota mit dem Hybridfahrzeug »Prius«, zur Überraschung der restlichen Automobilbranche, erstmalig in der einhundertjährigen Geschichte des Automobils gelungen, eine Antriebsalternative erfolgreich am Markt zu etablieren. Diese Tatsache ist mit dem Blick auf die Geschichte des Scheiterns von alternativen Antriebsoptionen und der Beharrungskraft des konventionellen Antriebsparadigmas äußerst bemerkenswert, auch wenn gegenwärtig noch unklar ist, ob es sich beim Hybridantrieb um eine Stabilisierung der etablierten technischen Trajektorie handelt oder um den Beginn eines Paradigmenwechsel von der fossilen Verbrennungstechnologie zum elektrischen Fahrzeugantrieb. Die Prognosen für den verkauf von Hybridfahrzeugen sind jedenfalls optimistisch.

Prognosen zur Marktentwicklung von Hybridfahrzeugen

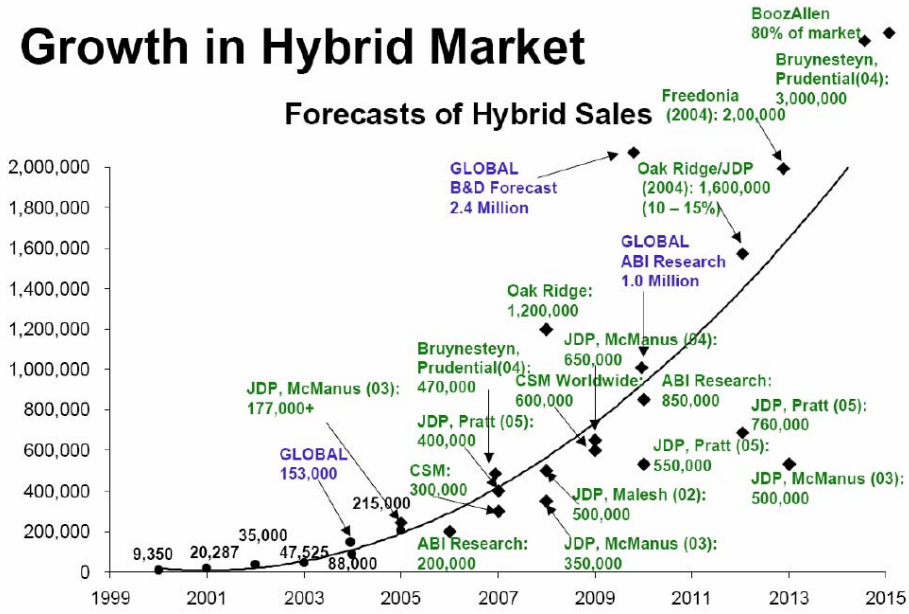


Abbildung 7, Quelle: hybridcars.com 2005

### 2.2.2. Inhalt

Der überraschende Toyota-Erfolg und die optimistischen Prognosen sind sowohl für die Innovationstheorie als auch die Innovationspraxis von Interesse. Insbesondere stellt sich die Frage, wie eine Innovationsstrategie aussehen muss, die vom etablierten technologischen Pfad abweicht. Bei der Beantwortung dieser Frage ist es hilfreich, die Innovationsgeschichte des Toyota Prius detailliert zu rekonstruieren und zu analysieren. Hierbei kann auf jene theoretischen Ansätze zurückgegriffen werden, die versuchen das Phänomen radikaler Innovationen in stark institutionalisierten Kontexten zu beschreiben.

Dies sind zum einen die neoinstitutionalistische Organisationssoziologie und hier insbesondere jene Theorien, die den institutionalistischen Ansatz um eine Akteursperspektive erweitern (Beckert 1999; DiMaggio 1988; Suchman 1995). Zum zweiten ist es der evolutionsökonomische Ansatz der »Pfadkreation« (Garud/Karnøe 2001) sowie dessen „sozialtheoretische Verfeinerungen“ (Windeler 2003). Drittens schließlich lässt sich für die Rekonstruktion und Analyse der Innovationsgeschichte des Toyota Prius der in den Niederlanden aus dem »Constructive Technology Assessment«-Ansatz entwickelte »Systeminnovations- und Transitions«-Ansatz (Elzen/Geels/Green 2004) beziehungsweise der »Strategic Niche Management«-Ansatz (Hoogma/Kemp/Schot/ Truffer 2002) nutzen.

Ausgehend davon ergibt sich zunächst folgendes Bild: Angestoßen und vorangetrieben durch das »Technology Forcing« der kalifornischen Null-Emissions-Gesetzgebung (ZEV-Mandat) (Weider 2007) beschäftigt sich die Automobilindustrie seit Jahren weltweit mit unterschiedlichen Varianten von Elektrofahrzeugen.

Wechselspiel zwischen staatlicher Regulation und automobilem Wettbewerb

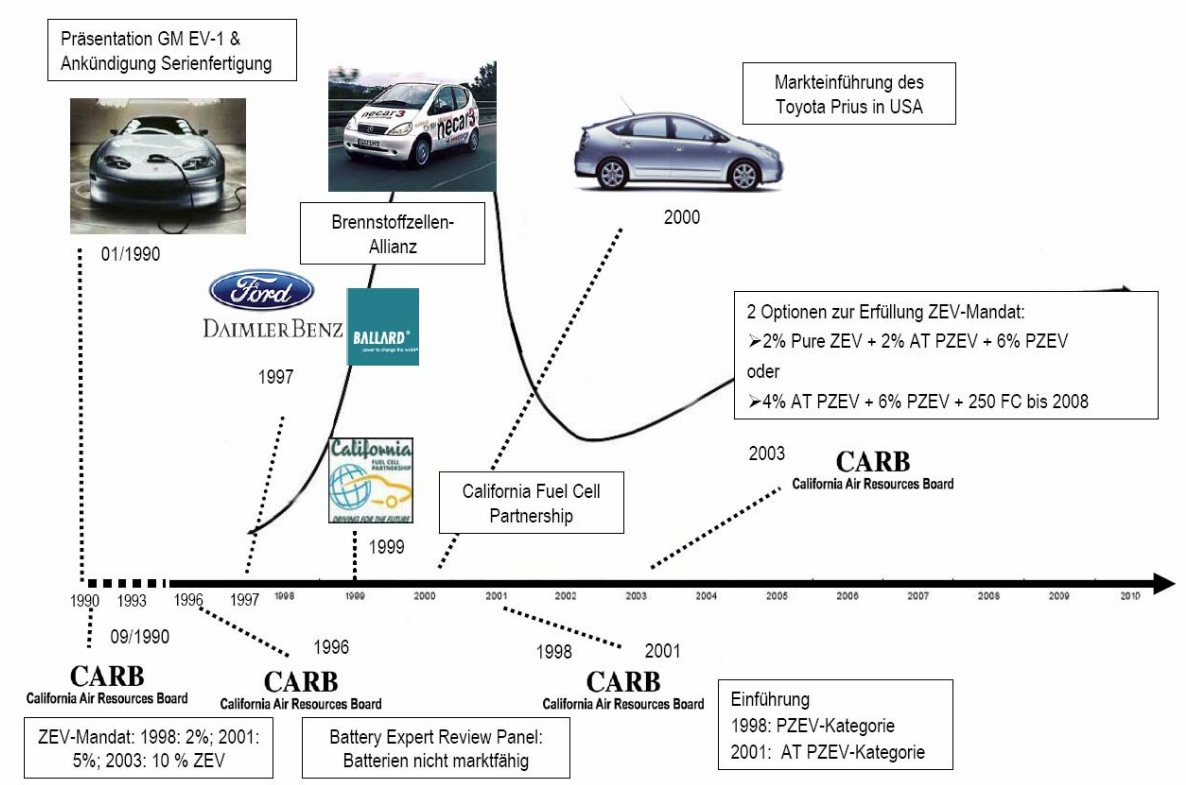


Abbildung 8, Quelle: eigene Darstellung

In dieser Innovationsdynamik kristallisieren sich drei Phasen heraus. In einer ersten Phase stand das Batterie-Elektrofahrzeug im Mittelpunkt des Interesses. Dann entwickelte sich um die Jahrtausendwende ein regelrechter Hype zum Brennstoffzellen-Elektrofahrzeug. Nach dem Abklingen dieser Euphorie konzentriert sich die Aufmerksamkeit nun in einer dritten Phase auf den Hybridantrieb. Schon im Dezember 1997 brachte Toyota das erste serienreife Hybrid-Benzin-Elektrofahrzeug, den Toyota Prius, auf den Markt. Nachdem die erste Generation des Hybridfahrzeuges sich nur sehr zögerlich verkaufte und von Toyota hoch subventioniert werden musste, stößt die zweite Generation diese Fahrzeugs in den USA nicht nur auf eine hohe Akzeptanz, sondern kann sich auf dem US-amerikanischen Automobilmarkt etablieren. Dieser unerwartete Erfolg wirft zunächst drei grundlegende Fragen auf:

- Weshalb beschäftigt sich Toyota überhaupt mit der „verspottende[n] Option“ (Berndt 2005) Hybridantrieb und treibt im Gegensatz zu allen anderen Global Playern der Branche dessen Etablierung trotz hoher Risiken und Kosten konsequent voran?
- Wie kommt es nach der enttäuschenden Markteinführung der ersten Generation des Prius plötzlich zum Erfolg der zweiten Generation dieses Hybridfahrzeuges in den USA und wie lässt sich die wachsende Kundenakzeptanz des »Ökoautos« erklären?
- Warum wurde die Entwicklung in Japan jahrelang von der Konkurrenz als nicht relevant bewertet und wie lässt sich speziell die späte Reaktion der deutschen Automobilindustrie erklären, die dem Hybridantrieb bis heute skeptisch gegenübersteht?

### 2.2.3. Ziele

Zur Beantwortung dieser forschungsleitenden Fragen lassen sich folgende allgemeine Arbeitshypothesen formulieren:

- Um grundlegende Innovation in einem etablierten großtechnischen System wie der fossilen Automobilität analysieren und nachvollziehen zu können, braucht es eine Mehrebenenperspektive. Nur das Zusammenwirken von Entwicklungen auf verschiedenen gesellschaftlichen Ebenen, wird dem komplexen Innovationsgeschehen in einem bestimmten sozio-technologischen Regime gerecht.
- Das Innovationsgeschehen bewegt sich dabei immer in einem Spannungsfeld von bewusstem strategischen Handeln und emergenten, nicht planbaren Entwicklungen.
- Nischen sind zwar ein wichtiger, aber nicht der einzige Ort des Wandels sozio-technischer Regime (Berkhout/Smith/Stirling 2004). Neben das »Strategic Niche Management« tritt ein »Strategic Legitimation and Opportunity Management«.
- Eine wesentliche Rolle bei der Transformation eines etablierten großtechnischen Systems spielen Hybridisierungs-Phänomene (Geels 2002). Pfadkreation gestaltet sich dabei als absichtsvolles Abweichen, als „mindful deviation“ (Garud/Karnøe 2001) von gegebenen Strukturen.
- Beim technologischen Wandel des Automobilantriebs handelt es sich um einen (r)evolutionären Innovationspfad. Die Automobilindustrie folgt nicht einer Logik des Technologiesprungs sondern muss aufgrund der vorhandenen institutionellen Zwänge einem schleichenden, evolutionären Pfad folgen, der aber in der Konsequenz revolutionäre Veränderungen nach sich ziehen kann.

Aus einer auf diesen Arbeitshypothesen beruhenden systematischen Rekonstruktion und Analyse der Innovationsgeschichte des Toyota Prius lassen sich möglicherweise auch strategische Schlussfolgerungen für die Einführung automobiler Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien ableiten. Ob und inwieweit dies der Fall ist, ist eine gegenwärtig noch offene Forschungsfrage.

## 2.3. Visionen: Koordination durch Erwartungen

### 2.3.1. Kontext

Automobile Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sind Teil eines bestimmten großtechnischen Systems, der so genannten Wasserstoff-Wirtschaft. Dieses System besteht aus fünf Bereichen: der Produktion von Wasserstoff; der Speicherung und Auslieferung von Wasserstoff; der (Rück-)Wandlung von Wasserstoff in Energie; und der daran anschließende Energieverbrauch in verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten etwa zur Hausenergieversorgung, in Laptops oder in der Automobilindustrie.

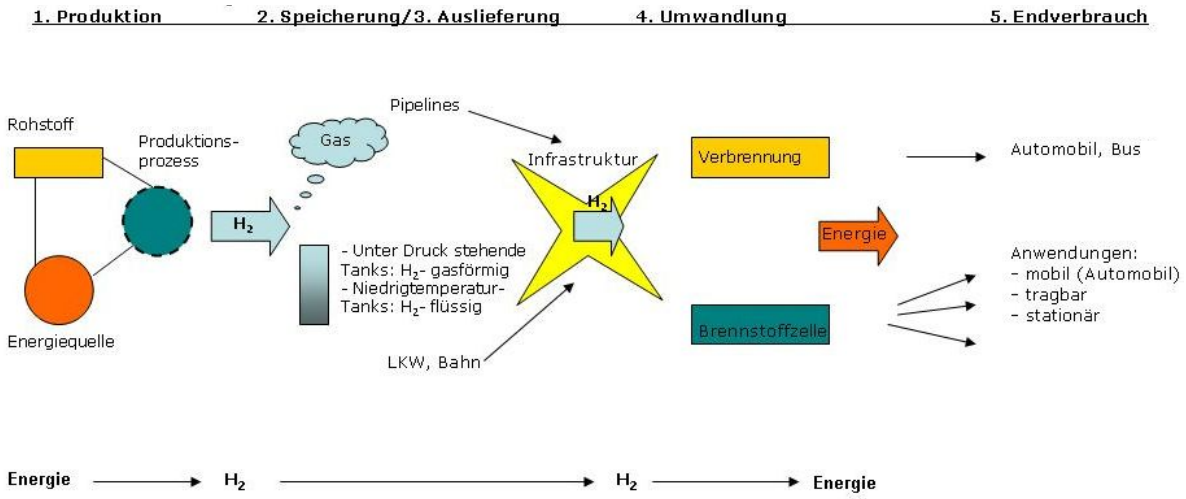


Abbildung 9, Quelle: eigene Darstellung

In jedem dieser Bereiche existieren bislang verschiedene Optionen parallel und damit auch mehrere Pfadmöglichkeiten im Wasserstoff-System als Ganzes. Das bedeutet aber gleichzeitig, dass noch keine »Schließung« innerhalb der einzelnen Bereiche erreicht ist und somit auch keine Festlegung auf bestimmte Pfade im gesamten System. Verschiedene technologische Optionen und sich zum Teil ausschließende Interessen von Akteuren agieren bislang gleichlaufend. Für die erfolgreiche Realisierung und Implementation jeglicher technologischer Innovationen sind aber gerade Schließungsprozesse Voraussetzung, die im Feld der Wasserstoff-Technologien noch nicht stattgefunden haben. An diesem Punkt soll nun angesetzt werden.

### 2.3.2. Inhalt

Dieses Schließungsproblem umfasst jedoch nicht nur technologische Aspekte, sondern ebenso soziale. Bei der Forschung und Entwicklung zu automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien sind deshalb nicht nur technologische Leitbilder und konkrete Nutzungsvisionen innerhalb der Innovationsprozesse wichtig, sondern auch gesellschaftlich übergreifende Zukunftsbilder wie Visionen – etwa die einer „Wasserstoff-Wirtschaft“ -, in denen diese Technologien einen zentralen Stellenwert einnehmen und es damit ermöglichen, auch relevante Akteure aus Forschung und Entwicklung, Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit zu mobilisieren und zu integrieren. Hierbei ist zentral, dass in solchen Visionen nicht der gegenwärtige Stand der technologischen Entwicklung im Vordergrund steht; vielmehr werden diese Zukunftsbilder anhand des optimistisch bewerteten Potentials der Technologien ausgestaltet, so dass etwa die erwarteten Entwicklungen der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien als „Problemlöser“ für dringende gesellschaftliche Themen wie Energieversorgungssicherheit oder Klimawandel erscheinen. Anhand dieser Projektionen, die einer strategisch begründbaren Vorwegnahme tatsächlicher technologischer Entwicklungs-

prozesse entsprechen, können solche Zukunftsbilder demnach Einfluss auf das Handeln in der Gegenwart ausüben, denn die in Visionen enthaltenen Versprechungen oder Warnungen können zum handlungskoordinierenden Bezugspunkt ganz unterschiedlicher gesellschaftlicher Gruppen werden, die sich ansonsten wenig wechselseitig wahrnehmen würden.

Visionen sind dabei aber nur ein Bestandteil dieser an der Zukunft ausgerichteten Handlungskoordination: Des Weiteren sind auch Roadmaps, oder so genannte Entwicklungspläne ein wichtiges Element, um sich der Lösung der gegenwärtig so dringenden gesellschaftlichen Probleme schrittweise zu nähern – damit können sie in ihrer Funktionsweise auch als normativ verstanden werden. Das bedeutet, neben der Vorwegnahme zukünftiger technologischer Entwicklungen werden zu erreichende »Meilensteine« definiert und auch ein gemeinsam geteiltes Ziel bereit gestellt, dem gefolgt werden soll (United States Department of Energy 2001; United States Department of Energy 2002a; United States Department of Energy 2002b; United States Department of Energy 2004). Im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien wurde für Europa durch die „European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform" eine solche Vision erarbeitet, die auch eine Roadmap beinhaltet. Neben solchen normativen Projektionen, gibt es auch eine Reihe von deskriptiven Zukunftsstudien wie beschreibende oder technische Szenarien, die sich jedoch eher als Machbarkeitsstudien verstehen und auf gegenwärtige Treiber und Blockaden aufmerksam machen (McKinsey 2006), und nicht primär nach Wegen der Realisierung suchen.

Roadmap der „European Hydrogen and Fuel Cell Technology Platform"

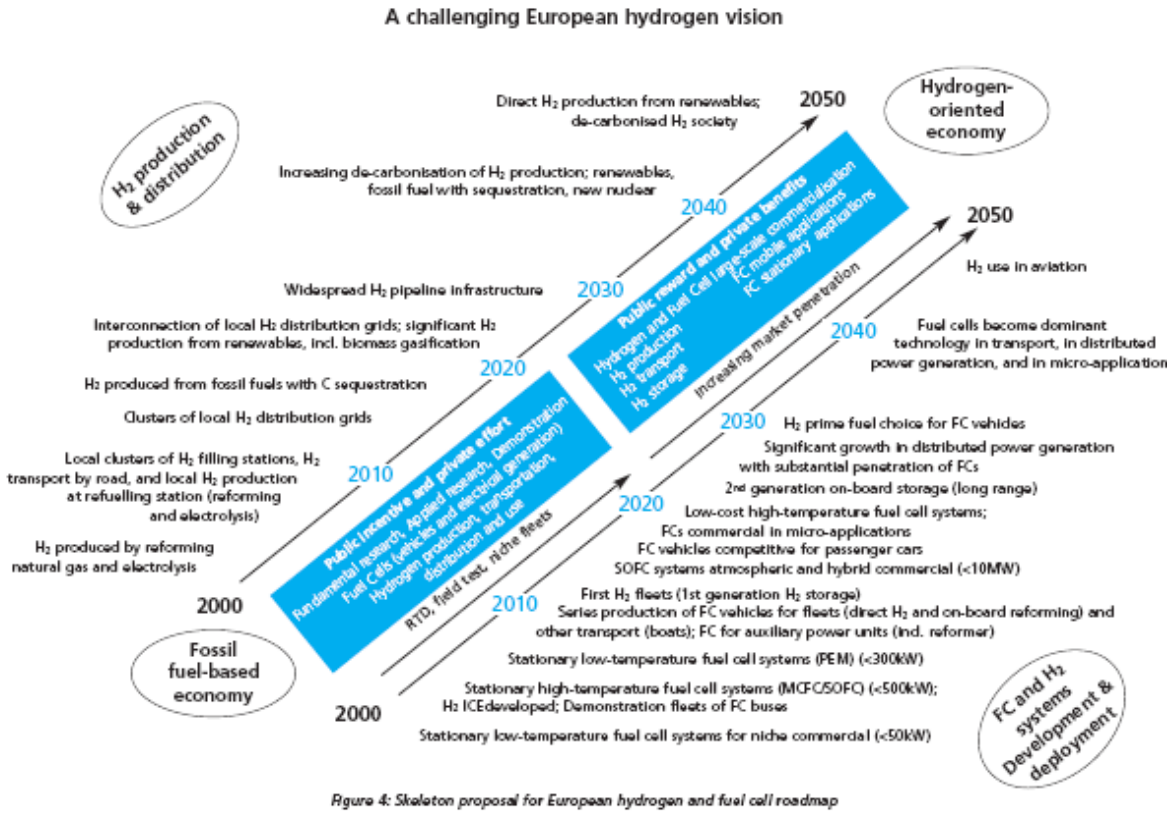


*Figure 4: Skeleton proposal for European hydrogen and fuel cell roadmap*

Abbildung 10, Quelle: HFP 2006

Damit werden Visionen auch zu einem relevanten Gegenstand sozialwissenschaftlicher Forschung, da nun die Art und Weise hinterfragt werden muss, wie Visionen, oder ähnliche kulturelle »Baukästen« wie etwa Leitbilder, intellektuelle Stile und Mythen, nicht nur die technologische Entwicklung, sondern auch die Gesellschaft als Ganzes prägen. Aus dieser Perspektive heraus, können Visionen als Konstrukt verschiedener konstitutiver Elemente aufgefasst werden, die sich wechselseitig beeinflussen. Diese Elemente sind: Gesellschaftsstruktur, technologische Artefakte, gesellschaftliche Diskussionsforen sowie wissenschaftliches Wissen. Ausgehend von diesem Verständnis ergibt sich ein Modell, das es ermöglicht, die in Visionen enthaltenen Möglichkeiten der Handlungs- und Erwartungskoordination zu dechiffrieren (Schäfer/Braun-Thürmann 2007):

- Grundlagen für die sozio-technische Struktur einer zukünftigen Gesellschaft, sind die sozio-technischen Konstellationen der Gegenwart, in der machtvolle Akteure versuchen, durch Prozesse der sozialen Inklusion und Exklusion die Zugänge zu den zukünftig strategisch wichtigen Positionen zu regeln.
- Visionen beziehen sich auf Artefakte in Form von Technologien wie beispielsweise die Brennstoffzelle. Die Technologien nehmen dabei nicht nur den zentralen Stellenwert der Versprechungen und Erwartungen ein, die eine Vision besitzt; sie werden zudem häufig durch gegenwärtig machtvolle Akteure entwickelt und entworfen. Die Koordination und Steuerung dieser Aktivitäten geschieht durch voraus greifende Prozesse technologischer Schließung, auf denen eine Vision basiert.
- Visionen werden generiert in oder für öffentliche Debatten, die massenmedial etwa über Bücher, Zeitschriften und öffentliche Reden vermittelt werden; sie sind aber ebenfalls Teil wissenschaftlicher Kontroversen. Das bedeutet, Visionen funktionieren als Vermittler zwischen den spezialisierten Kommunikationen von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik, wo sie Handlungen legitimieren.
- Wissenschaftliche Fakten, Entdeckungen oder die Ergebnisse verschiedener Foresight-Methoden werden eingesetzt, um moderne Visionen zu stärken. Häufig nehmen Wissenschaftler die Rolle von Visionären ein, um Anhänger und Unterstützer für ihre Vision zu gewinnen.

Richtet man nun die Aufmerksamkeit auf Aspekte der Zeitlichkeit beziehungsweise der Zeitdimensionen einer solchen Vision, dann können weitere wichtige Perspektiven auf die gegenwärtigen Innovationsbarrieren und -treiber entstehen. Denn die bislang als radikal bezeichnete Innovation der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Antriebe erscheint vielmehr als eine „konzeptuelle Innovation“ (Narayanan/Fahey 2004). Eine solch „konzeptuelle Innovation“ ermöglicht es, sich jenseits von Fakten und Wahrheiten der »realen Welt«, wie etwa dem gegenwärtigen Stand der Technologieentwicklung, zu bewegen, sondern gestattet es, entlang eines »was wäre wenn« – also einer antizipierten technologischen Schließung – zu operieren, um auf dieser Basis Schlussfolgerungen und Konsequenzen für das Jetzt und daran anschließende Handlungen zu finden.

Anhand des Innovationspotenzials der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie lassen sich Projektionen der Zukunft aufbauen, die spezifische Zusammenhänge zwischen Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft verkörpern. Roadmaps oder die darin defi-

nierten Meilensteinen machen geltend, dass innerhalb festgelegter Zeitspannen bestimmte Ziele zu erfüllen sind wie etwa das Erreichen einer umfassenden Wasserstoff-Infrastruktur via Pipeline bis 2030 in Abbildung 10. Sie wirken damit verbindlich und schaffen es, das Handeln der Akteure schrittweise auf ein bestimmtes Ziel hin auszurichten.

### 2.3.3 Ziele

Ausgehend davon kann nun gefragt werden, wie sich ein Handeln ermöglichen lässt, dass zwar auf die Zukunft zielt, aber tatsächlich in der Gegenwart stattfindet und hier eine bestimmte *Orchestrierung von Handlungen* in Gang setzt. Dabei wäre zu prüfen, ob und inwieweit Visionen als normative Antizipationen der Zukunft eine solche Orchestrierung unterstützen können. Das „Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ im Allgemeinen und dessen automobile Innovationen im Besonderen liefern eine Vielzahl von Elementen für solche Visionen. Damit ergibt sich die Chance, anhand des vorgestellten sozialwissenschaftlichen Modells ein Visionen-Assessment zu entwickeln.

## 3. Perspektiven: Forschungs- und Kooperationsfelder

Die zuvor skizzierten drei Vorschläge, sind darauf gerichtet, die Forschungsarbeiten des 3 A-Projektes mit dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, insbesondere mit den daraus erwachsenden automobilen Innovationen zu verbinden. Aus diesen Vorschlägen lassen sich folgende Forschungs- und Kooperationsfelder entwickeln, die für die Realisierung des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ von strategischer Bedeutung sind.

### 3.1. Evaluationen

Die hier vorgeschlagene Evaluations-Matrix erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder Endgültigkeit. Sowohl eine Weiterentwicklung ihrer Struktur als auch eine systematische Qualifizierung der Daten sind nicht nur möglich, sondern auch zwingend notwenig. Dabei stehen insbesondere folgende sechs Schwerpunkte im Mittelpunkt der weiteren Arbeit:

- *Die Modifizierung der Evaluations-Matrix.* Die hier zur Diskussion gestellte Matrix trägt prototypischen Charakter. Sie lässt sich sowohl im Hinblick auf die Fahrzeug-Konfigurationen und Beispielsmodelle als auch in Bezug auf die Evaluationsbereiche und -kennziffern nach unterschiedlichen innovationspraktischen und innovationstheoretischen Bedürfnissen modifizieren. Dabei wäre es denkbar und wünschenswert, dass derartige Modifikationen von beiden Seiten, den Theoretikern und Praktikern, entwickelt werden, und zwar so, dass die Evaluations-Matrix nicht nur als Analyse-Instrument, sondern auch als Kommunikations-Tool verwendet werden kann.

- *Die Qualifizierung der Daten.* Das hier erarbeitete und vorgestellte Daten-Set der Evaluations-Matrix stellt einen Rohentwurf dar. Dieses Set muss komplettiert und qualifiziert werden. Dabei geht es insbesondere darum, die Validität und Kohärenz der Datenbasis schrittweise zu verbessern und damit die Vergleichbarkeit zu erhöhen. Dies betrifft insbesondere die Kennwerte jener Fahrzeug-Konfigurationen, die sich gegenwärtig noch in der Prototypen- oder Kleinserien-Entwicklung befinden.
- *Die laufende Aktualisierung der Evaluations-Matrix.* Das breite Feld der antriebs- und kraftstofftechnologischen Innovationen ist nicht nur hoch dynamisch sondern auch durch jähe Wenden (Stichwort Hybrid-Antriebe) gekennzeichnet. Mit wachsendem Innovations-Druck werden sowohl die Dynamik als auch plötzliche Richtungswechsel von Innovationsprozessen zunehmen. Eine permanente Aktualisierung der vorgestellten oder entsprechend modifizierter Matrizen ist deshalb unumgänglich.
- *Die Ergänzung der Analyse.* Die vorliegende Quantifizierung antriebs- und kraftstofftechnologischer Innovationen konzentrierte sich auf das Auto. Andere Verkehrsträger wie etwa Busse oder Lastkraftwagen wurden dabei nicht betrachtet. Da solche Verkehrsträger sowohl im Rahmen der gesellschaftlichen Mobilität insgesamt als auch im Hinblick auf die Herausbildung von frühen Märkten eine wichtige Rolle spielen, sind sie bei einer weiterführenden Analyse unbedingt zu beachten.
- *Die Erhöhung der Reichweite der Evaluations-Matrix.* Trotz ihrer Komplexität hat die Evaluations-Matrix noch eine relativ eingeschränkte Reichweite. Sie basiert auf »Tank-to-Wheel«-Betrachtungen. Gerade im Hinblick auf die Innovationen zweiten Grades wäre es notwendig, diese Betrachtungen schrittweise und systematisch um »Well-to-Tank«-Quantifizierungen zu erweitern und so die Matrix insgesamt auf eine »Well-to-Wheel«-Perspektive umzustellen.
- *Der Ausbau des Rankings.* Die beiden hier vorgestellten Ranking-Parameter der Evaluations-Matrix tragen lediglich Beispielcharakter und illustrieren das Ranking-Potenzial der Matrix. Mit der zuvor skizzierten Qualifizierung der Datenbasis erhöhen sich sowohl die Ranking-Möglichkeiten als auch die Aussagefähigkeit der Rankings. Die Evaluations-Matrix gestattet unterschiedliche Rankings und Ranking-Vergleiche.

Ausgehend von diesen sechs Schwerpunkten lässt sich eine *Potenzial-Analyse* der automobilen Wasserstoff- und Bennstoffzellentechnologien entwickeln, die es gestattet, die Innovationen des NIP systematisch mit den konventionellen Entwicklungen im Bereich der fossilen Automobilisierung zu vergleichen.

### 3.2. Strategien

Der hier am Beispiel des Toyota-Hybridfahrzeugs skizzierte evolutionäre Weg revolutionärer Innovationen bedarf einer tiefer gehenden Analyse. Dabei stehen insbesondere folgende drei Schwerpunkte im Mittelpunkt der weiteren Arbeit:

- *Die zukünftige Marktentwicklung der Hybridfahrzeuge.* Trotz oder gerade wegen der rasanten Marktimplementation der Hybridtechnologie, ist die weitere Entwicklungsrichtung noch keinesfalls sicher. Vieles spricht dafür, dass die eigentliche Entscheidung über die Zukunft dieser Technologie noch nicht gefallen ist.

Akzeptanzkurve der Hybridtechnologie

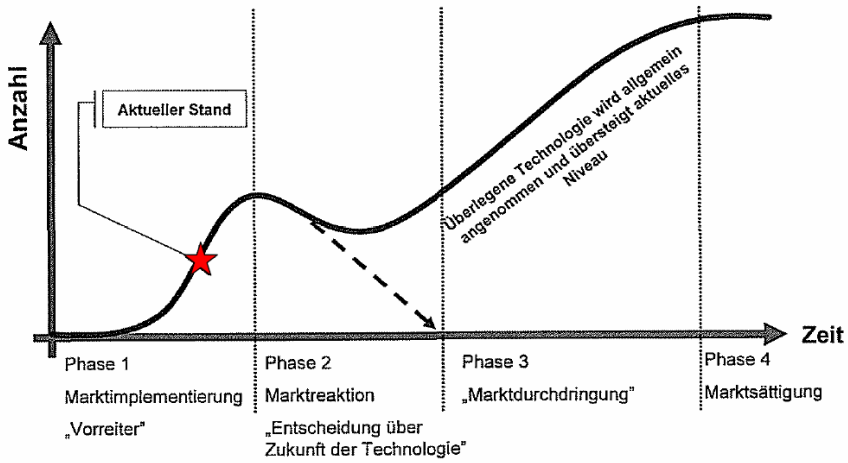


Abbildung 11, Quelle: PWC 2006

- *Die zukünftigen Innovationspfade der Hybridtechnologie.* Als »Brücken«-Technologie von der konventionellen fossilen zur neuen nichtfossilen Automobilität können sich die Innovationen dieser Technologie auf unterschiedlichen Pfaden entwickeln.

mögliche zukünftige Innovationspfade

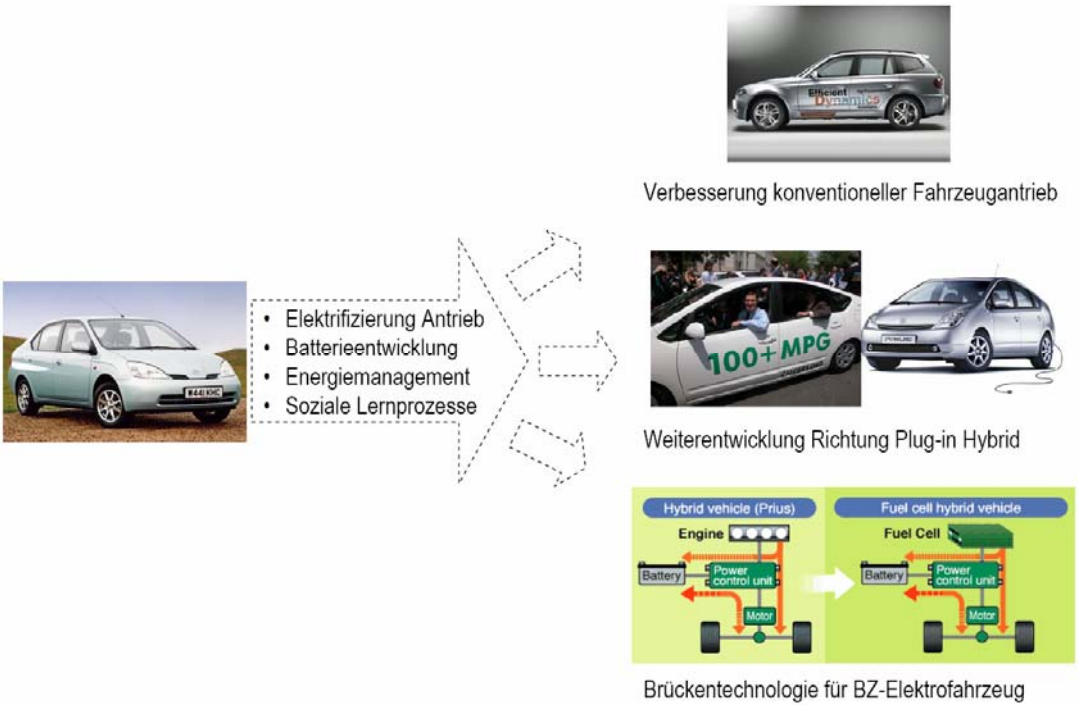


Abbildung 12, Quelle: eigene Darstellung

- *Die Verallgemeinerung der Hybridfahrzeuge-Analyse.* Hierbei geht es insbesondere um die Frage, ob und was sich aus der Erfolgsgeschichte der Hybridtechnologie lernen lässt und ob und wie es möglich ist, die Ergebnisse dieser Untersuchung auf die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie zu übertragen. Ein Erfolg versprechender Ansatz um diese Frage zu beantworten besteht darin, die Hybridtechnologie aus einer »Multi-Level«-Perspektive zu analysieren, um das Zusammenspiel von technologischen Nischen, sozio-technischen Regimen und gesamtgesellschaftlichen Diskursen systematisch in den Blick zu bekommen.

Ausgehend von diesen drei Schwerpunkten lässt sich eine *Strategie-Analyse* entwickeln, die für die Durchsetzung automobiler Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien im Allgemeinen und die Innovationen des NIP im besonderen hilfreich wäre.

### 3.3. Visionen

Bei der obigen Skizzierung der Bedeutung von Visionen wurde deutlich, dass diese die Möglichkeit bieten, das Handeln sehr unterschiedlicher Akteure zu koordinieren und zu bündeln. Eine solche „Handlungskoordinierung durch Erwartungen“ wäre für die Realisierung des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie“ von strategischer Bedeutung. Sie ließe sich durch folgende „Vier-Stufen“-Strategie realisieren:

„Vier-Stufen“-Strategie der Visionsgestaltung

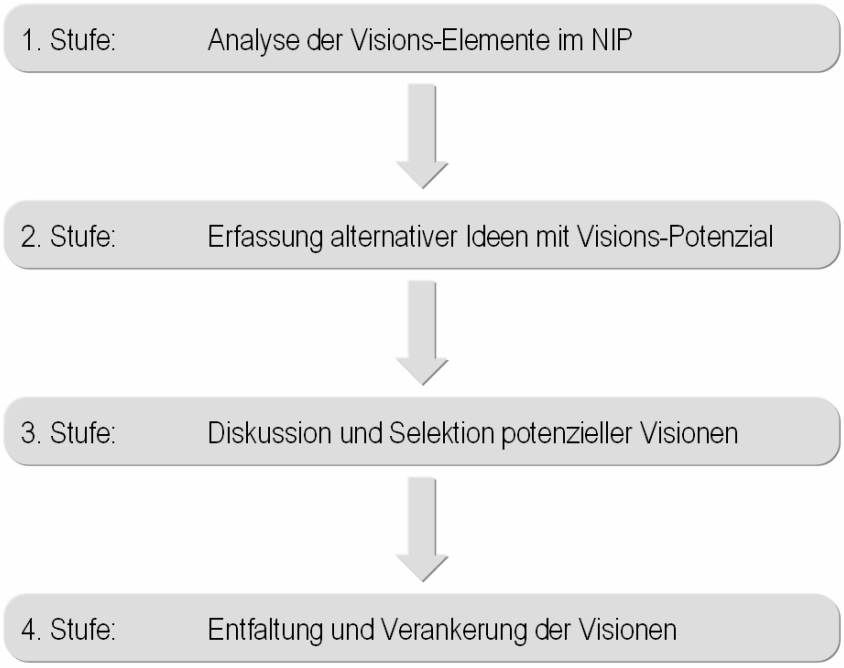


Abbildung 13, Quelle: eigene Darstellung

- *Die Analyse der Visions-Elemente.* Diese erste Stufe der „Vier-Stufen"-Strategie ist darauf fokussiert, das „Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie" im Hinblick auf die darin enthaltenen Visions-Elemente zu untersuchen. Im Mittelpunkt stehen dabei jene Visions-Elemente, die sich auf die Innovationen der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie beziehen.
- *Die Erfassung alternativer Ideen mit Visions-Potenzial.* In dieser zweiten Stufe der „Vier-Stufen"-Strategie geht es darum, sowohl andere Visionen als auch andere Ideen mit Visions-Potenzial zu untersuchen. Hierzu zählen beispielsweise Jeremy Rifkins Vision einer „Hydrogen Economy" und die oben erwähnte „European Hydrogen Vision".
- *Die Diskussion und Selektion potenzieller Visionen.* Diese dritte Stufe der „Vier-Stufen"-Strategie ist diskursiv strukturiert. Sie ist darauf ausgerichtet, in Diskussionen die verschiedenen Visionen und Ideen mit Visions-Potenzial miteinander zu vergleichen und zu prüfen, ob und inwieweit sie sich dazu eignen die Realisierung des NIP, speziell der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Innovationen zu unterstützen. Ausgehend davon wird dann eine NIP-Vision erarbeitet.
- *Die Entfaltung und Verankerung der Visionen.* Diese vierte und letzte Stufe der „Vier-Stufen"-Strategie ist darauf ausgerichtet, die zuvor in der dritten Stufe erarbeitete NIP-Vision zu kommunizieren, zu verbreiten und diskursiv fest zu verankern. Im Mittelpunkt steht hierbei die Aufgabe, durch diese diskursive Präsenz auf lange Sicht das gesellschaftliche Interesse am NIP aufrecht zu erhalten und dauerhaft Ressourcen und Akteure für seine Realisierung zu mobilisieren.

Ausgehend von dieser „Vier-Stufen"-Strategie der Visionsgestaltung lässt sich eine *Vision* entwickeln, die nicht nur für die Durchsetzung der automobilen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien, sondern für die Realisierung des NIP insgesamt hilfreich wäre.

Die skizzierten gemeinsamen Forschungs- und Kooperationsfelder bieten nicht nur die Möglichkeit, das 3 A-Projekt und das NIP miteinander zu verbinden, sondern sie bieten vor allem die Chance, die Durchsetzung innovativer Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien nachhaltig zu befördern und den notwendigen Übergang von der konventionellen fossilen zu einer neuen alternativen Automobilität zu beschleunigen.

## 4. Bibliographie


Abernathy, William J.; Clark, Kim B. (1985): Innovation: Mapping the Winds of Creative Destruction, In: Research Policy Vol. 14, Heft 1, S. 3-22.

Aigle, Thomas; Krien, Philipp; Marz, Lutz (2007): Die Evaluations-Matrix. Ein Tool zur Bewertung antriebs- und kraftstofftechnologischer Innovationen in der Automobilindustrie WZB Discussion Paper (im Erscheinen).

Aigle, Thomas; Marz, Lutz (2007): Automobilität und Innovationen. Versuch einer interdisziplinären Systematisierung. Discussion Paper SP III 2007-102, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung.

Altvater, Elmar (2006): Das Ende des Kapitalismus. In: Blätter für deutsche und internationale Politik, Heft 2/2006, S. 171-182.

Becker, Kai (2004): Innovation und Biotechnologie. Eine Betrachtung zyklischer Entwicklungen mit der Theorie der langen Wellen. Internet: www.zhb-flensburg.de/dissert/becker/becker.pdf. Zugriff: 24.07.2006.

Beckert, Jens (1999): Agency, Entrepreneurs, and Institutional Change. The Role of Strategic Choice and Institutionalized Practices in Organizations. In: Organization Studies Vol. 20, No. 5, 777-799.

Berkhout, Frans; Smith, Adrian; Stirling, Andy (2004): Socio-technological regimes and transition context. In: Elzen, Boelie; Geels, Frank W.; Green, Ken (eds.): System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar, 48-75.

Berndt, Enno (2005): Toyota: Was ist möglich? Zu Arbeit an der automobilen Zukunft seit den 1990er Jahren. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag.

Billing, Fabian (2003): Koordination in radikalen Innovationsvorhaben. Wiesbaden: Universitäts-Verlag.

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2006): Innovation – mehr als technischer Fortschritt. Internet: www.bmbf.de/ de/1316php. Zugriff: 26.07.2006.

Borchert, Jan; Goos, Philipp; Hagenhoff, Svenja (2003): Innovations- und Technologiemanagement: Eine Bestandsaufnahme. Institut für Wirtschaftsinformatik. Georg-August-Universität Göttingen. Arbeitsbericht Nr. 4/2003.

Boyer, Robert (2001): The Economist Confronted by Epochal Innovations: The Relationships between History and Theory, BRIE Working Paper 150, University of California.

Braun, Michael; Feige, Andreas; Sommerlatte, Tom (Hg.) (2001): Business Innovation: Quantensprung statt „Innovatiönchen“. Ein Wegweiser zur zielgerichteten Geschäftserneuerung. Frankfurt/Main: F.A.Z.-Institut.

Braun-Thürmann, Holger (2005a): Projektantrag: Alternative Antriebstechnologien in der Automobilindustrie – Die sozio-technologische Koordination einer radikalen Innovation.

Braun-Thürmann, Holger (2005b): Soziologie der Innovation. Themen der Soziologie. Bielefeld: transcript verlag.

Braun-Thürmann, Holger (2006): Innovationen und wir, In: Profile. Internationale Zeitschrift für Veränderung, Lernen, Dialog, 13/2007, S. 23-28.

Braun-Thürmann, Holger; Schäfer, Kerstin; Weider, Marc (2006): Was treibt die Autos der Zukunft an? In: Frankfurter Rundschau, 24.04.2006, S. 7.

Bruckner, Eberhard; Ebeling, Werner; Scharnhorst, Andrea (1998): Technologischer Wandel und Innovation - Stochastische Modelle für innovative Veränderungen in der Ökonomie, In: Pohlmann, Ludwig (Hg.): Selbstorganisation. Jahrbuch für Komplexität in den Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften. Berlin: Duncker & Humblot, S. 361-382.

Buhr, Regina; Canzler, Weert; Knie, Andreas; Rammler, Stephan (Hg.) (1999): Bewegende Moderne. Fahrzeugverkehr als soziale Praxis. Berlin: edition sigma.

Canzler, Weert (1996): Das Zauberlehrlings-Syndrom. Entstehung und Stabilität des Automobil-Leitbildes. Berlin: edition sigma.

Canzler, Weert; Knie, Andreas (1998): Möglichkeitsräume. Grundrisse einer modernen Mobilitäts- und Verkehrspolitik. Wien/Köln/Weimar: Böhlau.

Canzler, Weert; Marz, Lutz (1997): Stagnovation. Der Automobilpakt und die gedopte Arbeitsgesellschaft. In: Universitas, Vol 52 (1997), H. 610, S. 359-371.

Canzler, Weert; Schmidt, Gert (Hg.) (2003): Das zweite Jahrhundert des Automobils. Technische Innovationen, ökonomische Dynamik und kulturelle Aspekte. Berlin: edition sigma.

Debus, Christian (2002): Routine und Innovation. Management langfristigen Wachstums etablierter Unternehmungen. Marburg Förderzentrum für Existenzgründer aus der Universität (Mafex), Band 4, 2002. Marburg: Mafex.

Deutsch, Karl (1949): Innovation, Entrepreneurship and the Learning Process, In: Change and the Entrepreneur, S. 24-29.

DiMaggio, Paul J. (1988): Interest and Agency in Institutional Theory. In: L.G. Zucker (ed.): Institutional Patterns and Organization: Culture and Environment. Cambridge: Ballinger, 3-21.

Ebeling, et al. (1999): Evolutions- und Innovationsdynamik als Suchprozeß in komplexen adaptiven Landschaften, In: Mainzer, Klaus (Hg.) (1999): Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft. Komplexitätsforschung in Deutschland auf dem Weg ins nächste Jahrhundert. Berlin: Springer, S. 446-473.

Ebeling, Werner; Scharnhorst, Andrea (2002): Technische Evolution aus der Sicht der Theorie der Selbstorganisation. In: Parthey, Heinrich; Spur, Günter (Hg.): Wissenschaftsforschung. Jahrbuch 2001. Wissenschaft und Innovation. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, S. 59-73.

Elzen, Boelie; Geels, Frank W.; Green, Ken (2004): System Innovation and the Transition to Sustainability: Theory, Evidence and Policy. Cheltenham/Northampton: Edward Elgar.

Garche, Jürgen (2007): Stand des „Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)“. Präsentation auf der 3. Vollversammlung Strategierat Wasserstoff Brennstoffzellen. Berlin, 8.3.2007.

Garud, Raghu; Karnøe, Peter (2001): Path Dependence and Creation. Mahwah/London: Lawrence Erlbaum Associates.

Geels, Frank W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: Research Policy 31, 1257-1274.

Günther, Gotthard (1971): Die historische Kategorie des Neuen. In: Beyer, Wilhelm R. (Hg.): Hegel-Jahrbuch 1970. Meisenheim am Glan: Anton Hain, S. 34-61.

Hauschildt, Jürgen (1993): Innovationsmanagement. München: Vahlen.

Helm, Roland (2001): Planung und Vermarktung von Innovationen: Die Präferenz von Konsumenten für verschiedene Innovationsumfänge unter Berücksichtigung des optimalen Simulationsniveaus und marktbezogener Einflussfaktoren. Stuttgart: Schäffer-Poeschel.

Henderson, Rebecca M.; Clark, Kim B. (1990): Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. In: Administrative Quarterly Vol. 35, Heft 1, S. 9-30.

HFP (Hydrogen Fuel Cell Technology Plattform) (2006): Draft – "Implementation Plan – Status 2006". HFP Secretariat, www.HFPEurope.org, Zugriff: 10.05.2007.

Hoogma, Remco; Kemp, René; Schot, Johan; Truffer, Bernhard (2002): Experimenting for Sustainable Transport: The approach of Strategic Niche Management. London/New York: Spon Press.

Hunsicker, Frank; Knie, Andreas; Lange, Günter (2007): Wie korrekt sind die Nachfragedaten des Straßenverkehrs? Eine kritische Betrachtung der mehrfach revidierten Fahrleistungsstatistik. In: Internationales Verkehrswesen. Fachzeitschrift für Wissenschaft und Praxis, Nr. 4, 59. Jahrgang, S. 144-148.

Kirchhoff, Bruce A.; Walsh, Steven T. (2000): Entrepreneurship's Role in Commercialization of Disruptive Technologies. In: Brauchlin, Emil A.; Pichler, Johann H. (Hg.): Unternehmer und Unternehmensperspektiven für Klein- und Mittelunternehmen: Festschrift für Hans Jobst Pleitner. Berlin: Duncker & Humblot, S. 323-331.

Knie, Andreas (1991): Diesel – Karriere einer Technik. Genese und Formierungsprozesse im Motorenbau. Berlin: edition sigma.

Knie, Andreas (1994): Wankel-Mut in der Autoindustrie. Anfang und Ende einer Antriebsalternative. Berlin: edition sigma.

Knie, Andreas (2003): Die Auto-Bahn: Intermodale Verkehrsdienstleistungen der Deutschen Bahn. In: Canzler, Weert; Schmidt, Gert (Hg.): Das zweite Jahrhundert des Automobils. Technische Innovationen, ökonomische Dynamik und kulturelle Aspekte. Berlin: edition sigma, S. 141-155.

Knie, Andreas (Hg.) (2006): Zukunft 2020. Perspektiven für Chinas Motorisierung. (unveröffentlichte Studie), Berlin: WZB.

Konrad, Wilfried; Scheer, Dirk (2003): Systeminnovationen: Begriff, Fallbeispiele, Nachhaltigkeitspotentiale. Internet: www.ioew.de/dienstleistung/publikationen/ Vortrag Wilfried Konrad und Dirk Scheer.pdf. Zugriff: 27.06.2006.

Kroy, Walter (1995): Technologiemanagement für grundlegende Innovationen, In: Zahn, Erich (Hg.): Handbuch Technologiemanagement. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 57-80.

Leifer, Richard (2005): Radical Innovation and BSAC: Increasing the Chances of Tech Transfer. BSAC Spring 2005 IAB Meeting. Internet: www-bsac.eecs.berkeley.edu/publications/iab_2005_3.ph, Zugriff: 21.08.2006.

Marr, Rainer (1980): Innovation. In: Grochla, Erwin (Hg.): Handwörterbuch der Organisation. Stuttgart: Poeschel, S. 984-960.

McKinsey (2006): Drive. The Future of Automotive Power. https://autoassembly.mckinsey.com/login.asp?cookies=True&script_name=/html/resources/publication/b_DRIVE.asp&reason=denied_empty&Resolution=1024x768. Zugriff: 25.07.2006.

Mensch, Gerhard (1972): "Basisinnovationen und Verbesserungsinnovationen." In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft 42: 291-297.

Narayanan, V.K.; Fahey, Liam (2004): "Invention und Navigation as Contrasting Metaphors of the Pathways to the Future." In: Tsoukas, Haridimos; Shepherd, Jill (eds.): Managing the Future. Oxford: Blackwell, pp. 38-57.

Nill, Jan; Konrad, Wilfried (2001): Innovationen für Nachhaltigkeit: Ein interdisziplinärer Beitrag zur konzeptionellen Klärung aus wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Perspektive, Berlin: IÖW.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1997): Oslo manual: proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data. Paris, Washington, D.C.: Organisation for Economic Co-operation and Development/OECD Washington Center distributor.

PGM (Projektgruppe Mobilität) (2004): Die Mobilitätsmaschine. Versuche zur Umdeutung des Autos. Berlin: edition sigma.

PWT (PricewaterhouseCoopers) (2006): Die wirtschaftlichen Chancen alternativer Antriebstechnologien am Beispiel der Hybridtechnologie. Frankfurt.

Roberts, Edward B. (1987): Introduction: Managing Technological Innovation – A Search for Generalizations, In: Roberts, Edward B. (Hg.): Generating Technological Innovation. New York/Oxford: Oxford University Press, S. 3-21.

Schäfer, Kerstin; Braun-Thürmann, Holger (2007): Globale Visionen für die Zukunft und ihre sozio-technischen Strukturen im Jetzt: Eine soziologische Lesart von Jeremy Rifkins Vorstellung einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft. In: Bora, Alfons (Hg.): Technology Assessment in der Weltgesellschaft. Berlin: edition sigma (im Erscheinen).

Scharnhorst, Andrea (2000): Zum Verhältnis von sprunghafter und gradueller Entwicklung, In: Greif, Siegfried; Wölfling, Manfred (Hg.): Wissenschaft und Innovation. Wissenschaftsforschung Jahrbuch 1999. Berlin: Gesellschaft für Wissenschaftsforschung, S. 81-100.

Schubert, Erhard (2003): Forschungs- und Entwicklungsbedarf aus der Sicht eines Industrieunternehmens. Vortrag. Düsseldorf, 30.09.2003. Internet: http://www.wz.nrw.de/Brennstoffzellen/Schubert%20Pr%E4sentation.pdf#search=%22Vereinte%20Nationen%20Bestand%20an%20Fahrzeugen%22, Zugriff. 27.09.2006.

Suchman, Mark C. (1995): Managing Legitimacy: Strategic and Institutional Approaches. In: Academy of Management Review Vol. 20, No. 3, 571-610.

United States Department of Energy (2001): "Proceedings National Hydrogen Vision Meeting." In: National Hydrogen Vision Meeting. United States Department of Energy: Washington, DC.

—. 2002a. "A National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy – To 2030 and Beyond." United States Department of Energy: Washington, D.C.

—. 2002b. "National Hydrogen Energy Roadmap." United States Department of Energy: Washington, D.C.

—. 2004. "Hydrogen Posture Plan." United States Department of Energy: Washington, D.C.

Weider, Marc (2007): Technology Forcing - Verkehrspolitik und Umweltinnovation. In: Schöller, Oliver; Canzler, Weert; Knie, Andreas (Hg.): Handbuch Verkehrspolitik. Wiesbaden: VS Verlag (im Erscheinen).

Weider, Marc; Marz, Lutz (2005): Quantensprung oder Sackgasse? Zum Stand und den Entwicklungsperspektiven der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in der Automobilindustrie. In: Rammler, Stephan; Weider, Marc (Hg.): Wasserstoffauto – Zwischen Markt und Mythos. Münster: LIT Verlag, S. 9-33.

Windeler, Arnold (2003): Kreation technischer Pfade: ein strukturationstheoretischer Analyseansatz. In: Schreyögg, Georg/Sydow, Jörg (Hg.): Strategische Prozesse und Pfade. Managementforschung 13. Wiesbaden: Gabler, 295-328.

# Veröffentlichungsreihe der Abteilung „Innovation und Organisation“

## des Forschungsschwerpunktes Organisationen und Wissen am Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung

elektronisch verfügbar unter:
http://www.wzb.eu/publikation/discussion_papers/liste_discussion_papers.de.htm

### 1999

| | |
|---|---|
| FS II 99-101 | Emily Udler, Israeli Business in Transition, 45 S. |
| FS II 99-102 | Mark B. Brown, Policy, design, expertise, and citizenship: Revising the California electric vehicle program, 49 S. |
| FS II 99-103 | Stefan Bratzel, Umweltorientierter Verkehrspolitikwandel in Städten. Eine vergleichende Analyse der Innovationsbedingungen von „relativen Erfolgsfällen“, 74 S. |

### 2000

| | |
|---|---|
| FS II 00-101 | Sabine Helmers, Ute Hoffmann & Jeanette Hofmann. Internet ... The Final Frontier: An Ethnographic Account. Exploring the cultural space of the Net from the inside, 124 S. |
| FS II 00-102 | Weert Canzler und Sassa Franke, Autofahren zwischen Alltagsnutzung und Routinebruch. Bericht 1 der choice-Forschung, 26 S. |
| FS II 00-103 | Mikael Hård und Andreas Knie, Getting Out of the Vicious Traffic Circle: Attempts at Restructuring the Cultural Ambience of the Automobile Throughout the 20$^{th}$ Century, 20 S. |
| FS II 00-104 | Ariane Berthoin Antal, Ilse Stroo and Mieke Willems, Drawing on the Knowledge of Returned Expatriates for Organizational Learning. Case Studies in German Multinational Companies. 47 S. |
| FS II 00-105 | Ariane Berthoin Antal und Meinolf Dierkes, Organizational Learning: Where Do We Stand? Where Do We Want to Go?, 33 S. |

### 2001

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

### 2002

| | |
|---|---|
| FS II 02-101 | Ute Hoffmann und Jeanette Hofmann, Monkeys, Typewriters and Networks. The Internet in the Light of the Theory of Accidental Excellence, 24 S. |
| FS II 02-102 | Ute Hoffmann, Themenparks re-made in Japan. Ein Reisebericht, 26 S. |

FS II 02-103 Weert Canzler & Sassa Franke, Changing Course in Public Transport: The Car as a Component of Competitive Services. Choice-Research, Report No. 2, 58 S.

FS II 02-104 Weert Canzler & Sassa Franke, Mit cash car zum intermodalen Verkehrsangebot. Bericht 3 der choice-Forschung, 67 S.

FS II 02-105 Ariane Berthoin Antal, Meinolf Dierkes, Keith MacMillan & Lutz Marz, Corporate Social Reporting Revisited, 32 S.

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

FS II 02-107 Meinolf Dierkes, Lutz Marz & Ariane Berthoin Antal, Sozialbilanzen. Konzeptioneller Kern und diskursive Karriere einer zivilgesellschaftlichen Innovation, 18 S.

FS II 02-108 Christiana Weber & Barbara Weber, Learning in and of Corporate Venture Capital Organizations in Germany. Industry structure, companies' strategies, organizational learning capabilities, 19 S.

FS II 02-109 Jeanette Hofmann unter Mitarbeit von Jessica Schattschneider, Verfahren der Willensbildung und Selbstverwaltung im Internet – Das Beispiel ICANN und die At-Large-Membership, 155 S.

FS II 02-110 Kathrin Böhling, Learning from Environmental Actors about Environmental Developments. The Case of International Organizations, 40 S.

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

FS II 02-112 Thomas Sauter-Servaes & Stephan Rammler, Delaytainment an Flughäfen. Die Notwendigkeit eines Verspätungsservices und erste Gestaltungsideen, 83 S.

FS II 02-113 Ariane Berthoin Antal & Meinolf Dierkes, Organisationslernen und Wissensmanagement: Überlegungen zur Entwicklung und zum Stand des Forschungsfeldes, 39 S.

FS II 02-114 Ariane Berthoin Antal & Meinolf Dierkes, On the Importance of Being Earnest about Business: Overcoming liberal arts students' misconceptions about leadership in corporate change processes, 31 S.

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

## 2003

SP III 03-101 Ariane Berthoin Antal & Victor Friedman, Negotiating Reality as an Approach to Intercultural Competence, 35 S.

SP III 03-102 Ariane Berthoin Antal, Camilla Krebsbach-Gnath & Meinolf Dierkes, Hoechst Challenges Received Wisdom on Organizational Learning, 36 S.

SP III 03-103 Ariane Berthoin Antal & Jing Wang. Organizational Learning in China: The Role of Returners, 29 S.

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

SP III 03-105 Oliver Schöller & Stephan Rammler, „Mobilität im Wettbewerb“ Möglichkeiten und Grenzen integrierter Verkehrssysteme im Kontext einer wettbewerblichen Entwicklung des deutschen und europäischen Verkehrsmarktes – Begründung eines Forschungsvorhabens, 35 S.

SP III 03-106 Falk Berndt & Hermann Blümel, ÖPNV quo vadis? Aufforderung zu verkehrspolitischen Weichenstellungen im ÖPNV, 73 S.

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

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

SP III 03-109 Ariane Berthoin Antal & Victor J. Friedman, Learning to Negotiate Reality: A Strategy for Teaching Intercultural Competencies, 33 S.

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

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

SP III 03-112 Gerhard Prätorius & Christian Wichert, Integrierte Verkehrspolitik als Realtypus – mehr als die Summe von Teillösungen?, 60 S.

SP III 03-113 Christiana Weber & Barbara Weber, Corporate Venture Capital Organizations in Germany. A Comparison, 46 S.

SP III 03-114 Marc Weider, André Metzner & Stephan Rammler, Die Brennstoffzelle zwischen Umwelt-, Energie- und Wirtschaftspolitik. Darstellung der öffentlichen Förderprogramme für Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie in Deutschland, der Europäischen Union, den USA und Japan, 77 S.

SP III 03-115 Martin Gegner, Crash, Boom, Bang – Reload. Metamorphosen eines Softwareprojekts in Zeiten des New Economy-Hypes, 32 S.

SP III 03-116 Ying Zhu, Leapfrogging into Hydrogen Technology: China’s 1990-2000 Energy Balance, 43 S.

SP III 03-117 Maria Oppen, Detlef Sack & Alexander Wegener, Innovationsinseln in korporatistischen Arrangements. Public Private Partnerships im Feld sozialer Dienstleistungen, 61 S.

## 2004

SP III 04-101 Marc Weider, André Metzner & Stephan Rammler, Das Brennstoffzellen-Rennen. Aktivitäten und Strategien bezüglich Wasserstoff und Brennstoffzelle in der Automobilindustrie, 137 S.

SP III 04-102 Ariane Berthoin Antal, The Centrality of ‚Between' in Intellectual Entrepreneurship, 27 S.

SP III 04-103 Martin Gegner, Die Auto-Referenz des öffentlichen Nahverkehrs – Selbst-, Konkurrenz- und Kundenbild im Marketing des Verbands Deutscher Verkehrsbetriebe, 102 S.

SP III 04-104 Holger Straßheim, Power in intercommunal knowledge networks. On the endogenous dynamics of network governance and knowledge creation, 37 S.

SP III 04-105 Marc Weider, China – Automobilmarkt der Zukunft? – Wie nachhaltig und zukunftsorientiert sind die Strategien der internationalen Automobilindustrie in China?, 73 S.

SP III 04-106 Ariane Berthoin Antal & Victor J. Friedman, Overcoming dangerous learning: The role of critical reflection in cross-cultural interactions, 26 S.

SP III 04-107 Felix Beutler, Intermodalität, Multimodalität und Urbanibility – Vision für einen nachhaltigen Stadtverkehr, 36 S.

SP III 04-108 Gerhard Prätorius & Christian Wichert, Die Ergänzung der Haushalts- durch Nutzerfinanzierung von Verkehrsinfrastrukturen, 36 S.

SP III 04-109 Hermann Blümel, Mobilitätsdienstleister ohne Kunden. Kundenorientierung im öffentlichen Nahverkehr, 114 S.

SP III 04-110 Maria Brie & Hagen Pietzcker, NGOs in China – Die Entwicklung des Dritten Sektors, 53 S.

SP III 04-111 Anke Borcherding, Strategies, Programs, and Projects Pertaining to Policy on Transport. Research in Selected European States, the United States, and Japan (Short title: "SmartBench") Final Report on Sweden, 50 S.

SP III 04-112 Ariane Berthoin Antal & André Sobczak, Beyond CSR: Organizational Learning for Global Responsibility, 41 S.

2005

SP III 05-101 Martin Lengwiler, Probleme anwendungsorientierter Forschung in den Sozialwissenschaften am Beispiel der Ausgründung "choice", 59 S.

SP III 05-102 Maria Brie, Prozesse politischer Entscheidungsfindung in China. Die „Vierte Führungsgeneration", 58 S.

SP III 05-103 Miriam Barnat, Lernen und Macht in einer Non-Profit Organisation, 50 S.

SP III 05-104 Roman Pernack, Öffentlicher Raum und Verkehr. Eine sozialtheoretische Annäherung, 46 S.

SP III 05-105 Ying Zhu, Energy and Motorization. Scenarios for China's 2005-2020 Energy Balance, 64 S.

SP III 05-106 Weert Canzler & Andreas Knie, Demografische und wirtschaftsstrukturelle Auswirkungen auf die künftige Mobilität: Neue Argumente für eine neue Wettbewerbsordnung im Öffentlichen Verkehr, 35 S.

SP III 05-107 Christiana Weber, Corporate Venture Capital als Beitrag zum Wissensmanagement – eine vergleichende Langzeitstudie in Deutschland, 55 S.

## 2006

SP III 06-101 Christian Maertins, Die Intermodalen Dienste der Bahn: Mehr Mobilität und weniger Verkehr? Wirkungen und Potenziale neuer Verkehrsdienstleistungen, 79 S.

SP III 06-102 Kathrin Böhling, Tanja Busch, Ariane Berthoin Antal & Jeannette Hofmann, Lernprozesse im Kontext von UN-Weltgipfeln. Die Vergesellschaftung internationalen Regierens, 34 S.

SP III 06-103 Martini, Stefan, Gibt es ein subjektives Recht auf öffentlichen Verkehr? Grundrechte statt Daseinsvorsorge, 61 S.

## 2007

SP III 07-101 Ariane Berthoin Antal, Maria Oppen & André Sobczak, (Re)discovering the social responsibility of business in Germany, 33 S.

SP III 07-102 Thomas Aigle, Lutz Marz, Automobilität und Innovation. Versuch einer interdisziplinären Systematisierung, 112 S.

SP III 07-103 Stefan Kirchner, Maria Oppen, Das Ende der Reorganisationsdynamik? High Performance Work Practices als Muster der Reorganisation in Deutschland, 50 S.

SP III 07-104 Oliver Schöller, Urbanität und Mobilität. Residenzwahl in der Zweiten Moderne, 24 S.

SP III 07-105 Thomas Aigle, Philipp Krien, Lutz Marz, Die Evaluations-Matrix. Ein Tool zur Bewertung antriebs- und kraftstofftechnologischer Innovationen in der Automobilindustrie, 108 S.

*Bei Ihren Bestellungen von WZB-Papers schicken Sie bitte unbedingt einen an Sie adressierten* **Aufkleber** *mit, sowie* ***je Paper*** *eine* ***Briefmarke im Wert von Euro 0,55*** *oder einen "****Coupon Réponse International****" (für Besteller aus dem Ausland).*

*Please send a* ***self-addressed label*** *and* ***postage stamps in the amount of 0,55 Euro*** *or a* ***"Coupon-Réponse International"*** *(if you are ordering from outside Germany) for* ***each*** *WZB-Paper requested.*

**Bestellschein** ***Order Form***

**Absender ● Return Address:**

Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung gGmbH
INFORMATION UND KOMMUNIKATION
Reichpietschufer 50

**D-10785 Berlin**

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