



Elektromobilität

Strukturelle Betrachtungen zukünftiger
Energienutzung



Diplomhauptthema 2009
Köln International School of Design
Fachhochschule Köln

Timo Schwertle
Matrikelnr.: 11045565

Betreut durch: Prof. Paolo Tumminelli
Design Konzepte

Zweitprüfer: Prof. Hatto Grosse
Design for Manufacturing

Einleitung

Die Situation	8
Design und Mobilität	10
Ziel der Arbeit	13
Leitfragen	13
Aufbau der Arbeit	14

Mobilität

Einleitung & Definition Mobilität	18
Mobilität in der wissenschaftlichen Diskussion	19
Mobilität & Verkehr	24
<i>allgemeine Problemsituation</i>	25
<i>mobiler Individualverkehr</i>	26
<i>SWOT Analyse</i>	27
Mobilität in der Informationsgesellschaft	29
Folgerungen für Mobilität	
<i>Die Stadt zwischen Funktionsfähigkeit und Lebensqualität</i>	31
<i>Der Mensch und sein Verhalten</i>	32
<i>Technologien und Raumstruktur</i>	35

Exploration Elektromobilität

Geschichte der Elektromobilität	38
elektrische Fahrzeugtechnik	44
<i>Elektrofahrzeuge</i>	44
<i>Hybridfahrzeug</i>	50
Elektrische Speichersysteme	52
<i>Übersicht elektrischer Speichersysteme</i>	52
<i>Bewertung einzelner Speichersysteme</i>	55
Ladetechniken	57
<i>Ladung über Standard-Steckdose</i>	57
<i>Hochleistungsanschluss</i>	58
<i>Elektro-Tankstellen/Ladesäulen</i>	59
<i>Wechselbatterie-Stationen</i>	61
Potential Elektromobilität	64
<i>Ermittlung des technischen Potentials</i>	65
<i>Szenario</i>	67
<i>Substitutionspotential Elektromobilität</i>	70

Erkenntnisse der Recherche	76
-----------------------------------	----

Design Konzept

Einleitung/ Hintergrund	84
Konzeptentwicklung	
<i>Einsichten</i>	86
<i>Schlüsseleinsichten</i>	88
<i>Design Prinzipien</i>	89
<i>Möglichkeiten & Rahmenbedingungen</i>	89
Konzeptziele	90

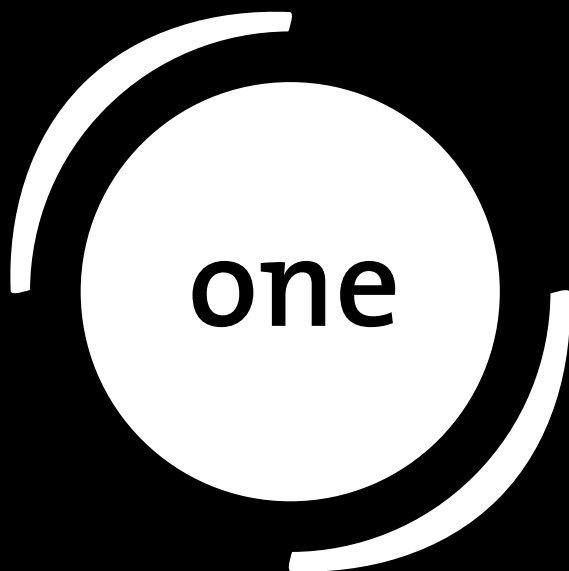
MEEMO

Konzept	94
Name & Logo	104
Funktion & Visualisierung	105

Fazit	122
--------------	-----

Quellen	124
----------------	-----

Versicherung	133
---------------------	-----



Einleitung

Die Situation

Mobilität ist ein wesentlicher Bestandteil der Lebensqualität. Auf Einschränkungen von Mobilität reagieren viele Menschen sehr sensibel. Was für jeden Einzelnen gilt, spielt auch für die Gesellschaft eine wichtige Rolle und ist natürlich auch für die Grundlagen der Wirtschaftssysteme von hoher Bedeutung. Langfristig drohen möglicherweise Einschränkungen unserer Mobilität für den Fall, dass keine konkurrenzfähigen Alternativen zum Fahrzeug mit Verbrennungsmotor auf den Markt kommen. Elektro-Mobilität bildet hinsichtlich zukünftiger Energie-Engpässe eine Alternative gegenüber den traditionellen Verkehrssystemen. Fast alle großen Autobauer arbeiten deshalb unter Hochdruck an der Einführung von serienmäßigen elektrischen Antrieben. Einige Experten gehen für das Jahr 2020 von einer Million Elektroautos auf deutschen Straßen aus. Verlässliche Zahlen und Statistiken sind nur schwer zu erhalten, da der Markt gerade beginnt, sich dem Elektroauto zu öffnen. Entwicklungstrends sind nur

unzureichend vorauszusagen und bleiben dementsprechend Prognosen von Experten, die entweder ein pessimistisches oder ein optimistisches Szenario verfolgen. Der Elektro-Mobilität stehen momentan vielseitige Hindernisse im infrastrukturellen Bereich und in der Wirtschaftlichkeit entgegen. Um den Kauf eines Elektro-Autos attraktiver zu gestalten, müssen innovative Konzepte für zukünftige Kunden gefunden werden, dies gilt besonders im urbanen Raum, da sich hier das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsdichte mit Verbrennungsmotoren und damit verbunden die extremen Umweltbelastungen besonders stark auf die Gesellschaft auswirken.

Frank Rinderknecht, Gründer der Firma Rinspeed, will mit dem Elektromobil E2 ebenso wie mit dem Concept Car iChange Impulse in Richtung Autoindustrie geben, damit diese traditionelle Wege verlässt und mit Kreativität nach neuen sucht. Zum Thema der Elektromobilität äußert sich Rinderknecht

wie folgt: "Ich persönlich halte nicht viel von so genanntem Öko-Tuning, denn viele Autofahrer wollen einen gewissen Fahrspaß nicht missen und sich nicht in einer rollenden Verzichtserklärung fortbewegen. Aber die Zahl derer wird schnell wachsen, die aus Umweltgründen verantwortungsvoll mit unseren Energievorräten umgehen wollen."¹

Eine Erhebung unter Vertretern der Automobilindustrie hat ergeben, dass die Nachhaltigkeitsaspekte Mobilität, Energie und Emissionen als die wichtigsten Themenbereiche gesehen werden. Der Grund hierfür liegt in dem hohen ökologischen, sozialen, aber auch ökonomischen Einflusspotenzial, das diese Aspekte in sich vereint. Die Herausforderung einer nachhaltigen Entwicklung der genannten Aspekte stehen dabei in einem interdependenten Verhältnis. Insbesondere gilt dies für den Aspekt Energie und Emission. Darüber hinaus hat die bisherige Entwicklung gezeigt, dass die Automobilindustrie alleine nicht in der Lage ist, eine Lösung für das Problem Energie und Emission zu finden. Hierfür ist eine Zusammenarbeit aller Stakeholder notwendig.

Nachhaltigkeit in Bezug auf Mobilität wird von den Unternehmen als der Bereich gese-

hen, in dem die Automobilhersteller selbst nur einen begrenzten Beitrag leisten können. Entsprechend vage äußern sie sich hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung nachhaltiger Mobilität. Unbestritten ist jedoch, dass das weltweite automobilen Verkehrsaufkommen weiterhin zunehmen wird. Bei gleichbleibenden Verkehrskonzepten werden sich damit die Probleme für Mensch und Umwelt drastisch steigern.²

Auf Grund einer Analyse der getätigten Äußerungen von Verantwortlichen der Automobilbranche kommt der Autor Marc Brunner in seiner Publikation "Strategisches Nachhaltigkeits-Management in der Automobilindustrie" zu dem Ergebnis, dass eine Änderung des automobilen Marktes nicht wahrscheinlich ist. Im Bereich Energie und Emissionen gehen ihm zufolge die Unternehmensvertreter davon aus, dass die bereits begonnene Verbreitung von verschiedenen Hybridtechnologien fortschreiten und an Bedeutung gewinnen wird. Im Vergleich zu den oben genannten überschaubaren technologischen Herausforderungen und der Möglichkeit, sich durch pro-aktives Verhalten im Wettbewerb durchzusetzen, ist zukünftig mit Innovationen einzelner Unternehmen zu rechnen.³

¹ www.rinspeed.com | 2009

² Brunner, Marc | 2006 | S. 123

³ ebd. | 2006 | S. 124

Design und Mobilität

"Von Mobilität ist im Kontext von Design die Rede, sobald es um die Gestaltung von Objekten zur Erleichterung des raschen Ortswechsels geht."⁴

Mobilität wird im allgemeinen Sprachgebrauch inhaltlich jedoch häufig auf die Verfügbarkeit entsprechender Einrichtungen reduziert: also die Möglichkeit zur Mobilität - hervorgerufen durch die Existenz von Produkten und Dienstleistungen, die dem Menschen Mobilität ermöglichen. Ein Gesamtsystem Mobilität, bestehend aus Aspekten der individuellen Beweglichkeit im physischen und mentalen Bereich bis hin zur Verknüpfung diverser individueller und öffentlicher Verkehrssysteme, wird von vielen Menschen nicht gleich erkannt.

Bezieht man Stellung zur Mobilität hinsichtlich designrelevanter Sachverhalte, kann nicht allein von der Gestaltung von Verkehrsmitteln wie Autos, Zügen, Flugzeugen und Ähnlichem

die Rede sein. Aus Sicht des Design umfasst der Begriff Mobilität beispielsweise die Vernetzung der zuvor genannten Verkehrsmittel. Darüber hinaus kann Mobilität Aspekte des Corporate Designs, Dienstleistungen im sichtbaren und unsichtbaren Umfeld von Transport, Logistik und Verkehr betreffen. Die digitale Erfassung und Aufbereitung der unterschiedlichen Verkehrswege ermöglicht heutzutage eine problemlose Verknüpfung derselben, d. h. Design hat dazu beigetragen, Verkehrsmittel und Verkehrsaufkommen zu demokratisieren und sie so für eine größere Anzahl von Menschen zugänglich zu machen.

Mit mobilen Produkten wie dem Mobiltelefon oder Laptop sowie deren drahtlosen Vernetzungen wird heute die Möglichkeit verbunden, einen weitgehend örtlich unbundenen Lebensstil zu realisieren. Gleichzeitig bedeutet die ständig zunehmende Ausbreitung von Verkehrsnetzen, Mobil-

⁴ Edelmann, Thomas | 2008 | S. 271

funknetzen und sonstigen infrastrukturellen Netzen auch, dass es dem Menschen mehr und mehr unmöglich wird, den zur Nutzung dieser mobilen Netzwerke gestalteten Produkten zu entkommen. Heutzutage ist es nahezu unmöglich, sich im urbanen Raum zu bewegen, ohne den Emissionen eines mobilen Gerätes ausgesetzt zu sein.

Betrachtet man das heutige Mobilitätsverhalten, so fällt auf, dass die Möglichkeit, mobil zu sein, weitaus attraktiver zu sein scheint als der Versuch, dieser Möglichkeit tatsächlich nachzukommen.⁵

Sobald Ströme innerhalb eines Mobilitätsnetzwerkes zu stark frequentiert werden, kann Mobilität innerhalb eines Netzes ins Stocken geraten. In diesem Fall stagniert Mobilität. Damit Mobilität heutzutage nicht nur als pure Notwendigkeit wahrgenommen wird, sondern als Option erfasst wird, werden Gegenstände und Verkehrsmittel für ihre Verwendung in Mobilität emotional aufgerüstet. Das gilt neben dem Automobil- beispielsweise ebenso für Produktdesign. Möbel werden beispielsweise mit Rollen ausgestattet, um deren Flexibilität zu demonstrieren, auch wenn der sprachliche Ursprung des Wortes schon Beweglichkeit verkörpert. Gleiches gilt für das alltägliche soziale Leben von vielen

Menschen, die ganz bewusst im Einzugsbereich urbaner Ballungsräume auf Grund von billigem oder aber luxuriösem Wohnraum leben. Wollen diese Menschen am gesellschaftlichen Leben der urbanen Räume teilhaben, sind sie gezwungen, mobil zu sein. Mobilität bedeutet für diese Menschen einerseits Lebensnotwendigkeit und Lebensunterhalt, andererseits bedeutet Mobilität Lebensqualität. Beide Komponenten lassen sich den Bedürfnissen der Menschen entsprechend gestalten. Design hat die Aufgabe hierfür immer neue Strategien und Lösungsansätze zu finden.

Als heutiges Massenphänomen beinhaltet Mobilität sowohl Anreize, Problemstellungen als auch Chancen und Potenziale für die Gestaltung der gesellschaftlichen Mobilitätsräume. Mobilität unterliegt hierbei den realen und virtuellen Einschränkungen dieser Welt. Deutlich sichtbar wird dieser Sachverhalt in der Beobachtung, dass eine gesteigerte Vernetzung des Systems Mobilität gleichzeitig zu vermehrt auftretenden Problemen führen kann. Ein hochkomplexes System wie zum Beispiel das Schienennetz der Deutschen Bahn erfordert ein intelligentes System zur Koordinierung aller Transportvorgänge innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit. Schwach-

⁵ Edlmann, Thomas | 2008 | S. 272

stellen führen bei der Bahn beispielsweise zu Verspätungen, welche vom Kunden negativ wahrgenommen werden, da dieser sein gewähltes Mobilitätsmedium nicht gewährleistet sieht. "Traditionell entwerfen Designer die Formen der Gerätschaften, der Verkehrsmittel: Meist sind dies Röhren und Höhlen, in die sich viele Menschen in kurzer Zeit zwängen müssen, damit diese anschließend mit hoher Geschwindigkeit auf Straßen, durch die Luft oder auf Schienen bewegt werden. Noch immer wird dabei allerdings zu stark auf die Qualität des einzelnen Fahr- oder Flugzeugs geachtet, statt auf die Qualität der Verknüpfung oder auf die der Orte des Wartens und Wechsels, des Aufenthaltes und der Passage, die künftig nicht nur angenehmer, sondern auch intelligenter gestaltet werden sollten."⁶

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt besteht die Aufgabe des Designs häufig darin, die immer komplexer werdenden Nutzeroberflächen diverser Verkehrsmittel zu gestalten, eine klassische Aufgabe aus dem Bereich des Interface- und Interaction-Design. Ziel muss es nach Ansicht von Thomas Edelmann jedoch sein, das Design in den Entwurf neuer Mobilitätssysteme zu integrieren. Alternative Verkehrskonzepte sind angesichts der zukünftigen Nutzung von Ressourcen und

eines drohenden Klimawandels nicht nur unabdingbar, sondern bieten interessante Möglichkeiten mobile Systeme und Räume neu zu gestalten. Autos beispielsweise in Flughäfen oder Bahnhöfen zu integrieren, oder Flugpassagiere, die von einem zum nächsten Flug umsteigen, das erfordert intelligentes Design. Dies bewegt den Auto-Fachmann Thomas Edelmann zu folgender Aussage: "In Zeiten des Klimawandels muss sich durchdachtes Transportation Design sowohl auf die Vermeidung von Verkehr wie auf die Erhaltung von Mobilität verpflichten."⁷

Die Frage ist, ob eine Erhaltung von Mobilität bei gleichzeitiger Verkehrseinschränkung überhaupt möglich ist, wenn man als Designer nicht an zukünftige Potenziale von Teleportern denkt, die selbst für optimistische Wissenschaftler in den Bereich der theoretischen Physik gehören. Dennoch besitzt die Frage ihre Berechtigung. Es gilt zu beachten, dass in der modernen Gesellschaft eine Einschränkung des Verkehrs mit Einbußen im individuellen Freiheitspotenzial negativ wahrgenommen und somit zumeist nicht toleriert wird. Trotzdem muss es Wege und Möglichkeiten geben, mit denen sich Mobilität zukunftsfähig gestalten lässt und eben keinen Verzicht, sondern einen Mehrwert für den Menschen beinhaltet.

⁶ Edelmann, Thomas | 2008 | S. 272

⁷ ebd. | 2008 | S. 408

Ziel der Arbeit

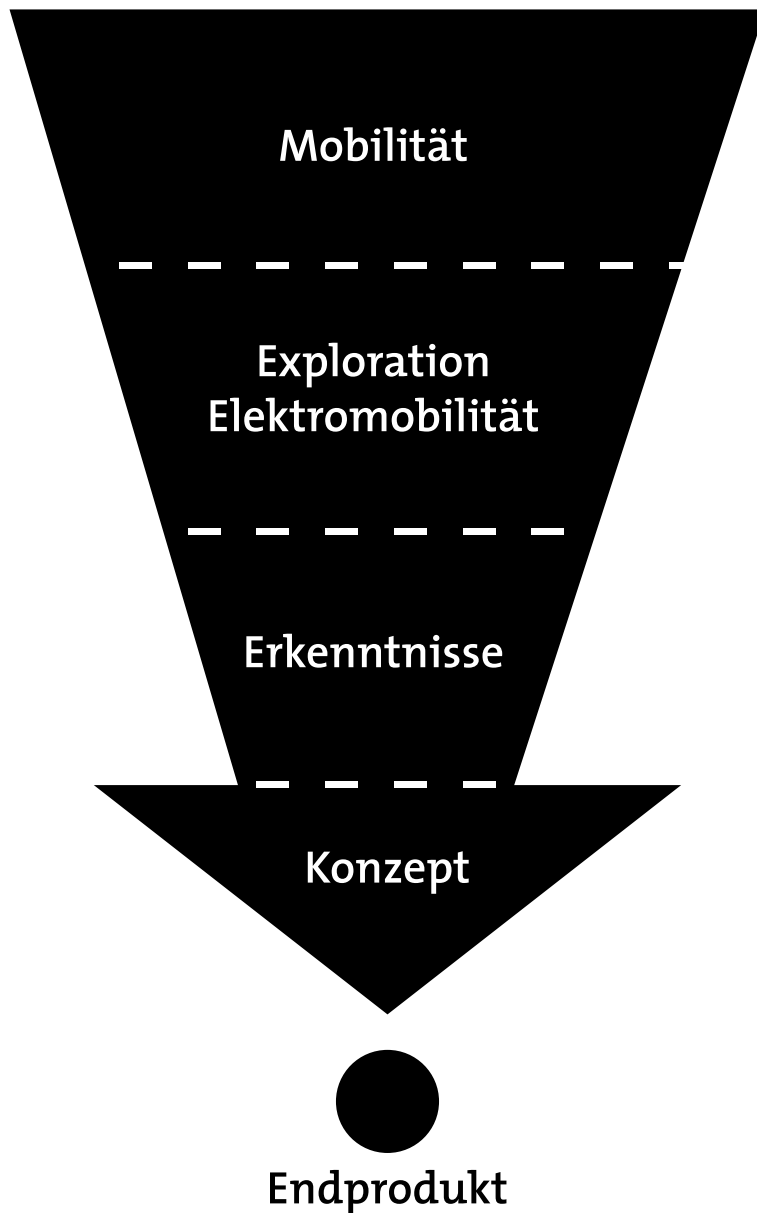
Ziel der Arbeit soll sein, Mobilitätskonzepte im urbanen Raum aus dem Bereich der Elektromobilität und die damit zusammenhängenden Potenziale kritisch zu hinterfragen und daraus strategische Handlungsmöglichkeiten für das Design von Verhalten, Benutzung und Verbrauch von elektrischer Energie im Bezug auf Mobilität abzuleiten. Primäres Ziel dieser Arbeit ist jedoch nicht die Entwicklung eines klassischen Produktes, sondern vielmehr, die Erkenntnisse dieser explorativen Arbeit in Form eines infrastrukturellen Konzepts für Energienutzung und Versorgung beispielhaft zu skizzieren. Verbrauch und Versorgung mit Energie im urbanen Raum stehen hierbei unter besonderer Betrachtung, da sich auf Grund der dichten Besiedelung im innerstädtischen Bereich besondere Bedürfnisse ergeben. Durch flexible Anbindungen kann die Nutzung von Elektrizität zu zukünftigen, innovativen Lösungen führen.

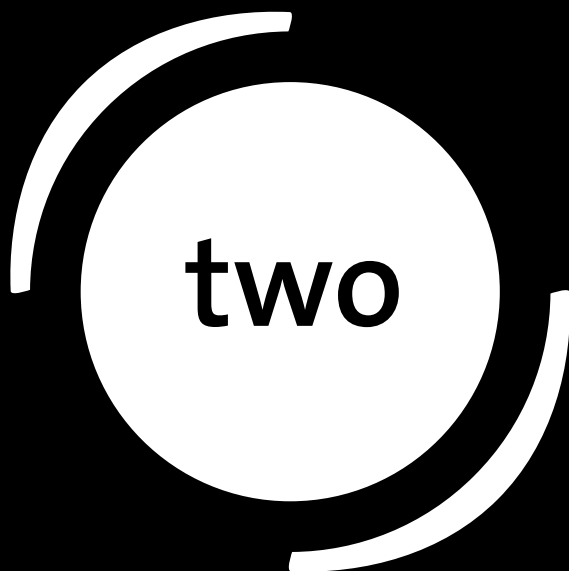
Leitfragen

- Wie sind Mobilität und Elektrizität in den heutigen Konsumprozess eingebunden?
- Welche Handlungen sind an individuelle Energieaufwendungen gebunden?
- Welche Potentiale und Gestaltungsmöglichkeiten entstehen daraus?

Aufbau der Arbeit

Nachfolgend besteht die Arbeit aus einer Analyse gegenwärtiger, wissenschaftlicher Betrachtungen unterschiedlicher Aspekte der heutigen Mobilität. Der zweite Teil der Arbeit exploriert die mit dem Thema der Elektromobilität zusammenhängenden technischen Rahmenbedingungen, Potenziale, Probleme und Szenarien. Der dritte Teil der Arbeit stellt eine Synthese der ersten beiden Teile dar und liefert die Grundlagen für die gestalterische Auseinandersetzung mit dem Thema Elektromobilität. Diese werden in den dann folgenden Teilen als Design Konzept formuliert und an Hand eines Beispiels umgesetzt.





Mobilität



Einleitung & Definition Mobilität

Der Begriff Mobilität stammt von dem lateinischen Wort *mobilitas* und wird im Allgemeinen als Beweglichkeit oder Bewegung beschrieben. "Mobilität, allgemein gefasst, bedeutet Wandel, Beweglichkeit und Lebendigkeit."⁸

Intensiviert man die Suche nach der Klärung des Begriffs der Mobilität, wird der Grad der Komplexität sichtbar. Entweder Mobilität wird nicht konkret genug formuliert und die Bedeutung ist nur vage zu begreifen, oder aber man sieht sich gezwungen, den Begriff der Mobilität zu erweitern und über begriffliche Kombination inhaltlich zu füllen. Es ist also schwierig, Mobilität klar zu definieren, dennoch ist es relativ einfach, Beispiele für Mobilität zu finden. Das Auto ist in der heutigen Zeit das gesellschaftliche Paradebeispiel für Mobilität, es ermöglicht einer Person von einem Ort zum anderen zu gelangen. Mobilität ist jedoch immer auch abhängig vom Kontext. Menschen werden beispielsweise

den Begriff der Mobilität entsprechend ihrem Beruf bzw. ihrer beruflichen Tätigkeit (Architekt, Designer, Polizist, Lehrer, Profisportler etc.) unterschiedlich interpretieren und mit jeweils divergierender Wertzumessung unterlegen.

Angesichts dieser Problematik ist es zwingend erforderlich zu klären, wie der Begriff im wissenschaftlichen Sinne zu handhaben ist und wie Mobilität im Bezug zum Thema dieser Diplomarbeit einzuordnen ist.

⁸ Hesse, Markus | 1992 | S. 15

Mobilität in der wissenschaftlichen Diskussion

19

Aus einer wissenschaftlichen Betrachtung ist der Begriff der "Mobilität" durch seine vielfache Adaption und Verwendung in den unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen nicht eindeutig differenzierbar. Hinzu kommt, dass jede wissenschaftliche Publikation seine eigene Definition zu den Begriffen "Mobilität" und dem damit eng verbundenen Begriff "Verkehr" verwendet. Die Gleichsetzung der beiden Begriffe "Mobilität" und "Verkehr" wie sie beispielsweise der Soziologe Dr. Peter Franz (vgl. Franz, Peter | 1984) verwendet, beschreiben die Autoren Prof. Dr.-Ing. Klaus Henning und Dr. phil. Ingrid Isenhardt in ihrem Buch "Bedingungen und Wirkungsfaktoren zukunftsfähiger Mobilität" allerdings als inhaltlich unstimme Deutung. Demnach wird der Begriff der räumlichen Mobilität an Hand der folgenden drei Inhalte unterschieden und beschrieben:

- Mobilität als tatsächlichen Ortswechsel,
- Mobilität als Fähigkeit zum Ortswechsel

- Mobilitätsbereitschaft als Motivation zum Ortswechsel.

Ein direkter Vergleich der beiden erstgenannten Inhalte macht deutlich, dass hier mit ein und demselben Begriff zwei völlig unterschiedliche Aspekte für den Ortswechsel benannt werden. Zum einen die physische Bewegung zur Überwindung des Raumes selbst und zum zweiten die Fähigkeit zur Bewegung, im Sinne der Ausstattung mit Ressourcen zur Mobilität.⁹

Eine Trennung der beiden Begriffe "Mobilität" und "Verkehr" traf der Sachverständigenrat für Umweltfragen im Jahr 1994. Unter Berücksichtigung der sprachlichen Herkunft kann man Mobilität als "Beweglichkeit" und damit gleichzeitig als "Fähigkeit zur Bewegung" verstehen. In modernen Gesellschaftssystemen definieren sich diese Fähigkeiten für den Menschen jenseits der einzelnen eigenen physischen Grenzen vor allem über

⁹ Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid | 2001 | S. 16

ökonomische, soziale, technische und infrastrukturelle Bedingungsfaktoren. Im Sinne dieser Begriffsbestimmung sind in den letzten Jahrzehnten die "Bewegungsmöglichkeiten" für den Einzelnen enorm gestiegen. Moderne Verkehrsmittel ermöglichen immer höhere Geschwindigkeiten, machen damit weit entfernt liegende Orte immer schneller erreichbar, deren Nutzung wird immer kostengünstiger und so wird der eigene Aktionsradius für immer mehr Menschen zunehmend erweitert.¹⁰

Mehr Mobilität zu haben bedeutet demnach, mehr Optionen für die räumliche Bewegung zu haben. Die Umsetzung dieser Möglichkeiten führt zu einer räumlichen Bewegung, die in modernen Industriegesellschaften allgemein als "Verkehr" bezeichnet wird. Dieser Verkehr wird zunehmend durch Kapazitäts-, Umwelt- und Sicherheitsprobleme begrenzt. Am Beispiel der traditionellen quantitativen Verkehrsforschung wird deutlich, dass es nach wie vor üblich ist, Mobilität und Verkehr gleichgesetzt zu behandeln. "So wird in den statistischen Zahlenwerken des Verkehrsweisen Mobilität üblicherweise ausgewiesen in den Größen "Verkehrsaufkommen" (Zahl der Ortsveränderungen von Personen oder Gütern je Zeiteinheit) und "Verkehrsleistung"

(Personen- oder Tonnenkilometer je Zeiteinheit als Produkt des Verkehrsaufkommens und der zurückgelegten Entfernung)." ¹¹

Mobilität wird in wissenschaftlichen Publikationen mitunter auch als Synonym für automobilen Verkehr verwendet. Das bedeutet jedoch, nicht motorisierte Bewegungsformen sind der Definition entsprechend vom Begriff der Mobilität ausgegrenzt. Ebenso problematisch verhält sich die Gleichsetzung von Mobilitäts- mit Verkehrsproblemen in Folge einer Anwendung des Begriffs Mobilität auf den gesellschaftlichen Verkehr, wie es die Autoren Petersen und Schallaböck beschreiben.¹² Auf dieser Gleichsetzung basierend können Forderungen und Maßnahmen zur Reduzierung des Verkehrsaufkommens als Aufforderung zum Mobilitätsverzicht missverstanden und als Einschränkung der persönlichen Mobilität wahrgenommen werden.

Für eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem Thema Mobilität empfiehlt es sich also, die beiden Begriffe Mobilität und Verkehr trotz ihres inhaltlichen Bezuges voneinander getrennt zu betrachten und zu behandeln. Einen interessanten Ansatz beschreiben die Autoren Weert Canzler und Andreas Knie in ihrem Buch "Möglichkeitsräume

¹⁰ Vogt, Walter | 1997 | S. 11-35

¹¹ Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid | 2001 | S. 16

¹² Petersen, Rudolf; Schallaböck, Karl Otto | 1995 | S. 10

- Grundriss einer modernen Mobilitäts- und Verkehrspolitik". Sie beschreiben Mobilität als "Bewegung in möglichen Räumen" und Verkehr als eine tatsächlich ausgeführte "Bewegung in konkreten Räumen".¹³

Mobilität wird definiert als "Möglichkeitsraum" und zunächst einmal auf die Schnittmenge sozialer und geographischer Bedingungsfaktoren und Prämissen eingegrenzt. Innerhalb dieses "Möglichkeitsraums" werden individuelle und kollektive Handlungsstrategien geplant und auf ihre Umsetzung hin überprüft. Als Beispiel hierfür führen die Autoren die Möglichkeit an, heutzutage in bestimmten Ländern umherreisen zu können. Da solche Reisen früheren Generationen nicht möglich waren, wurde von diesen Generationen deren Verwirklichungsmöglichkeit überhaupt nicht überprüft. Unter diesem Aspekt betrachtet sind die heutigen Generationen wesentlich mobiler als früher.

Unter Bewegung in konkreten Räumen verstehen die Autoren den physischen Transport von Personen und Gütern. Die Unterscheidung zwischen Mobilität und Verkehr begründen sie damit, dass Menschen mit einer hohen Wegehäufigkeit und hoher Fahrleistung (Wegkilometer mit einem Verkehrsmittel) nicht automatisch einen höheren Grad an Mobilität besitzen.

In methodischer Hinsicht kann das oben beschriebene Verhältnis von Mobilität und Verkehr als ein Beziehungsgefüge bezeichnet werden, in dem Mobilität als Ursache und Wirkung für den modernen Verkehr angesehen wird. Gleichzeitig sind Wechselwirkungen zwischen den beiden Begriffen durchaus vorhanden. Verkehr ist aus dieser Betrachtung heraus die abhängige Variable von der Mobilität.

Die Autoren Prof. Dr.-Ing. Klaus Henning und Dr. phil. Ingrid Isenhardt verwenden das von Canzler/ Knie entwickelte Modell für ihre eigenen Betrachtungen zur Mobilität. Sie verweisen jedoch darauf, dass sich die Eingrenzung des "Möglichkeitsraums Mobilität" auf soziale und geographische Aspekte in theoretischer Hinsicht als unzureichend erweist. Der Ansatz erweist sich den Autoren entsprechend jedoch als offen genug, um ihn prinzipiell um eine variable Anzahl von weiteren Bedingungsfaktoren zu erweitern.¹⁴

Für die Arbeit am Verbundprojekt "Bedingungen und Wirkungsfaktoren zukunftsfähiger Mobilität" des Innovationsprogramms NRW erweiterten die beteiligten Forscher den Möglichkeitsraum "Mobilität" im Modell ihren Projektbedürfnissen entsprechend

¹³ Canzler, Weert; Knie, Andreas | 1998 | S. 30 f.

¹⁴ Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid | 2001 | S. 17

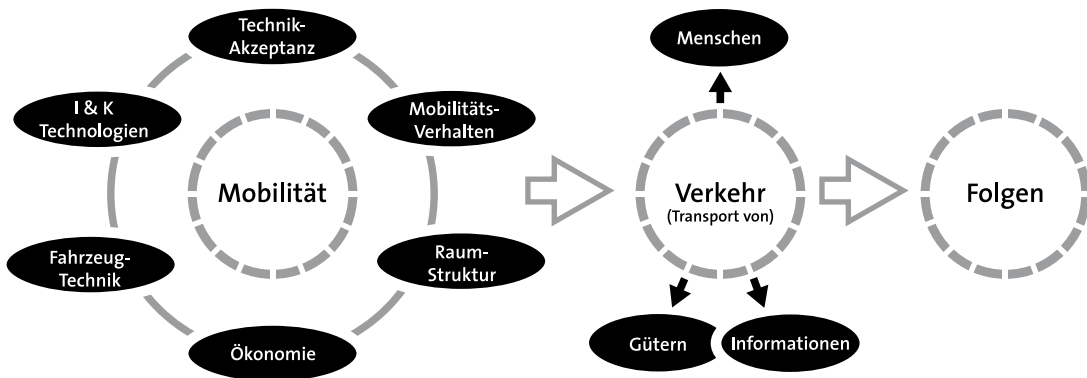


Abb. 1 | Forschungsmodell Verbundprojekt Mobilität

um die Themenfelder "Informations- & Kommunikations-Technologien, Fahrzeugtechnik, Technikakzeptanz, Raumstrukturen und Städtebau, Wirtschaft und Unternehmen sowie Mobilitätsverhalten".

Den Begriff des Verkehrs als "Bewegung in konkreten Räumen" erweitern die Autoren ebenfalls. Hinsichtlich der Veränderungen im Bereich der individuellen Mobilitätsgestaltung, der Verkehrsplanung und dem Einsatz in der Fahrzeug- und Verkehrstechnik gewinnen die Auswirkungen moderner Informations- und Kommunikationstechnologien zunehmend an Bedeutung. Das heißt, dem öffentlichen und privaten Austausch von Daten und Informationen wird in allen gesellschaftlichen Systemen ein besonderer Stellenwert zugesprochen. Der physische, räumliche Transport von Produkten ist heutzutage auf Grund von zunehmender Vernetzung im Informationszeitalter nicht mehr zwingend nötig. Anders formuliert muss der Verkehr in seiner Definition um die aktuellen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen erweitert werden. Die Autoren beschreiben demnach Verkehr als "Transport von Menschen, Gütern und Informationen" oder auch als "Bewegung in konkreten und virtuellen Räumen".

Hieraus ergibt sich für die Begriffe "Mobilität" und "Verkehr" das oben abgebildete Wirkungsdiagramm.

Der Begriff „Mobilität“ wird in der wissenschaftlichen Diskussion außerdem für soziale Veränderungen genutzt. Gemeint ist nicht die reale Bewegung im Raum, sondern soziale Mobilität zeigt unter gesellschaftlichen Gesichtspunkten den sozialen Auf- bzw. Abstieg in der Gesellschaft an, d. h. Bewegung oder Wechsel zwischen beruflichen Positionen bzw. zwischen sozialen Lagen, Schichten oder Klassen.¹⁵

Dennoch kann zwischen sozialer und räumlicher Mobilität ein Zusammenhang bestehen. So ist ermittelt worden, dass mit der Verdoppelung des Einkommens eine tägliche, etwa 10 Kilometer erhöhte Verkehrsleistung einhergeht, oder anders ausgedrückt, wer ein höheres Einkommen erzielen möchte, muss bereit sein, täglich längere Wege zum Arbeitsplatz in Kauf zu nehmen. In wirtschaftlich schwierigen Zeiten müssen viele Beschäftigte erhöhte Mobilität schon deshalb erbringen, um nicht sozial abzustiegen. Mobilität allein sichert demnach noch keinen sozialen Aufstieg, sie verbessert aber die Aussicht darauf, nicht absteigen zu müssen.¹⁶

Mobilität, die lediglich unter der ingenieurwissenschaftlichen Perspektive der Raumveränderung betrachtet wird, wird daher dem Gesamtphänomen Mobilität nicht gerecht. Verkehr hat immer eine soziale Seite zur Grundlage, denn Verkehr ist Ausdruck von Migration, Umzug, Tourismus oder Alltagswegen. Wer Mobilität zukünftig gestalten möchte, muss um diese Bedingtheit und die damit verbundene Komplexität wissen.

Verkehr und Mobilität

Mobilität und Verkehr sind Kennzeichen einer modernen Gesellschaft und wirtschaftlicher Prosperität. Zentrale Elemente der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Bedeutung von Verkehr und Mobilität sind beispielsweise land-, wasser- und luftgebundene Logistik-Dienstleistungen. Seit dem Beginn der Industrialisierung ist die Entwicklung des Verkehrs eng mit der Entwicklung moderner Technologien verbunden. Die Abhängigkeit des Verkehrs von innovativen Technologieentwicklungen wird auch weiterhin bestehen, wobei im modernen Hochgeschwindigkeitsverkehr und insbesondere in der Automobilwirtschaft entscheidend sein wird, welche Antriebstechnik die fossilen Rohstoffe ersetzen wird. Senkungen im Bereich des Energieverbrauchs und der Emissionen werden schon zum gegenwärtigen Stand und besonders in der Zukunft verstärkt durch Innovationen im Leichtbau der Fahrzeuge erreicht. Ebenso Ressourcen schonend wirken die Weiterentwicklungen im Bereich der Antriebssysteme.

Mobilität ist demzufolge ein wesentlicher Faktor sowohl für Wirtschaftswachstum und Beschäftigung als auch für gesellschaftliche Individualbedürfnisse der Menschen. Experten vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie sprechen regional oder international vernetzten Lösungen für Verkehrsleistungen zukünftig eine Schlüsselrolle in der Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft zu. Nach Meinung des Kompetenznetzwerks Deutschland wird Mobilität in den kommenden Jahren "nicht mehr durch einen einzelnen Verkehrsträger oder eine bestimmte Technologie effizient erbracht werden können, sondern eines der Fokusthemen wird die Effektivitätssteigerung des Gesamtsystems durch eine Vernetzung der verschiedenen Verkehrsträger sein."¹⁷

Ausblickend wird die Verkehrssystemtechnik geprägt durch die Kombination aller beteiligten Branchen und Technologiefelder, ein umfassendes Forschungsumfeld sowie eine

direkte Einbindung von Anwendern und Betreibern. Die multidisziplinäre Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft beinhaltet große Potenziale, um Mobilität ökonomisch und ökologisch zu sichern.

allgemeine Problemsituation

"Zur Funktionsfähigkeit arbeitsteiliger Industriegesellschaften, ihrer ländlichen Räume wie ihrer Ballungsgebiete gehören Verkehr und der Austausch von Personen, Gütern und Nachrichten. Stadt und Kommunikation, Verkehr, Begegnung, Versorgung sind miteinander verbunden und aufeinander angewiesen, Stadt ohne Mobilität existiert nicht."¹⁸

In der Vergangenheit ist weniger beim schienegebundenen öffentlichen Verkehr ein Zuwachs zu verzeichnen gewesen als vielmehr beim Straßenverkehr. Hierbei sind insbesondere im Bereich des motorisierten Individualverkehrs drastische Zuwächse zu dokumentieren. Damit unmittelbar verbunden ist eine Zunahme der vom Straßenverkehr ausgehenden angestiegenen Belastung für Mensch und Umwelt. Diese Belastungen, Behinderungen und Gefährdungen bestehen aus den Aspekten: Verkehrsverdichtung, Staus, Parkplatznot, Schadstoffemissionen, Lärmemissi-

onen, Unfälle. Diese Entwicklung führte dazu, dass die Verkehrspolitik heute innerhalb der kommunalen -, Landes- und Bundespolitik zu einem der führenden Schwerpunkte gehört und deren schwierige Herausforderungen dringender Lösungen bedürfen.¹⁹

Der Autor Hermann Appel beschreibt in seinem Buch "Stadttauto", Lösungsansätze zur Verbesserung der Verkehrssituation und der Lebensqualität in urbanen Räumen benötigen interdisziplinäre Zusammenarbeit aus folgenden Bereichen: Stadtplanung, Raumstruktur, Sozialwissenschaften, Psychologie, Wirtschaft, Politik, Verkehrstechnik, Informationstechnik, etc. Erfolge der hieraus entwickelten Konzepte und Strategien zur Verkehrsvermeidung oder Verkehrsverlagerung werden jedoch oftmals erst langfristig sichtbar. Maßnahmen hingegen, deren Zielsetzung eine verträglichere Abwicklung von Verkehr ist, liefern kurzfristigere Ergebnisse. Dazu gehört beispielsweise die Einführung von kompakten, verbrauchsgünstigen und emissionsarmen Fahrzeugen. In der jüngeren Vergangenheit ist zu beobachten, dass sich diese Grundidee im Planungsbereich von Fahrzeugkonzepten aus Kleinserien hin zum Massenprodukt bei Automobilherstellern wiederfindet.

¹⁸ Appel, Hermann | 1995 | Vorwort

¹⁹ ebd. | 1995 | Vorwort

Mobiler Individualverkehr

Aus einer wirtschaftlichen Betrachtung bildet Mobilität in der modernen Gesellschaftsstruktur das Rückgrat für Wirtschaftswachstum und einen Zuwachs an Beschäftigung. Der Großteil der in Deutschland vorhandenen Mobilität fällt hierbei auf den mobilen Individualverkehr. "Dieser erfolgt heute nahezu ausschließlich durch verbrennungsmotorisch betriebene Personenkraftwagen. Begrenzte Ölressourcen bei gleichzeitig weltweit stark steigendem Bedarf an Kraftstoffen und zu erwartende Preissteigerungen von Mineralölprodukten erfordern neue Wege der Energiebereitstellung für diesen volkswirtschaftlich bedeutenden Anwendungssektor."²⁰

Das Elektrostraßenfahrzeug ist neben zukünftigen wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellenfahrzeugen die einzige heute schon realisierbare Option zum Einsatz aller Primärenergieträger im Verkehr. Diese mögliche Diversifizierung stellt ein wichtiges energiepolitisches Kriterium dar. Darüber hinaus sind elektrische Straßenfahrzeuge die bis heute einzige Form eines am Einsatzort 100 % emissionsfreien Verkehrsträgers. Elektrische Energie im Verkehr verursacht auch bei ganzheitlicher Betrachtung bis zur Schnittstelle Reifen/Straße bei den meisten Schadstoffar-

ten gegenüber konventionellen Techniken geringere spezifische Emissionen sowie einen geringeren Primärenergieaufwand pro Fahrkilometer. Im Zuge der bevorstehenden Erneuerung und Modernisierung eines Großteils der Kraftwerkleistung in Deutschland und europaweit wird die Energieeffizienz steigen und sich die Emissionsfaktoren für die elektrische Energie sowie der Primärenergieverbrauch von Elektrostraßenfahrzeugen noch weiter reduzieren. Eine verstärkte Einspeisung regenerativer Energien ins Netz verstärkt diesen Umstand noch zusätzlich.

Batterie-Elektrostraßenfahrzeuge haben bereits ab einem Strombereitstellungs-Nutzungsgrad von 35 % einen geringeren Primärenergiebedarf als Diesel-Pkw. Dieser Nutzungsgrad wurde bereits 2003 im deutschen Kraftwerksmix erreicht. H₂-Brennstoffzellen-Fahrzeuge erreichen die Energieeffizienz von Erdgasfahrzeugen erst ab einem Nutzungsgrad der Wasserstoff-Bereitstellung von 50 %, die von Diesel-Pkw erst ab 70 %. So stellen bereits heute Batterie-Elektrostraßenfahrzeuge die effizienteste Form des mobilen Individualverkehrs dar.²¹

²⁰ Blank, Tobias | 2007 | S. 1

²¹ ebd. | 2007 | S. 1

Weiter stellen elektrisch betriebene Straßenfahrzeuge energiewirtschaftlich betrachtet eine zusätzliche schaltbare Last dar. Elektrische Speicher, wie sie in Elektrostraßenfahrzeugen zum Einsatz kommen, entkoppeln den Verbrauch zeitlich von der Erzeugung der Energie. Dies erleichtert die Einbindung nicht steuerbarer Energieträger wie Wind und Photovoltaik sowie Strom aus wärmegeführten KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) ins Netz. Dies sind wichtige Argumente für die Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der künftigen Nutzung von Elektrostraßenfahrzeugen.²²

SWOT-Analyse

Im Jahr 2007 führte die Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. im Rahmen der Studie "Elektrostraßenfahrzeuge - Elektrizitätswirtschaftliche Einbindung von Elektrostraßenfahrzeugen" eine so genannte SWOT-Analyse (engl. Akronym für Strengths (Stärken), Weaknesses (Schwächen), Opportunities (Chancen) und Threats (Gefahren)) durch. Diese Situationsanalyse von Elektrostraßenfahrzeugen bietet eine prägnante Gegenüberstellung von Stärken und Schwächen sowie Chancen und Risiken von Elektrostraßenfahrzeugen. Hierdurch soll die Frage beantwortet werden,

inwieweit das Produkt Elektrostraßenfahrzeug zukünftig ein entscheidendes Segment im Automobilmarkt im Vergleich zu den herkömmlich motorisierten Fahrzeugen einnehmen kann. Die SWOT-Analyse zielt vorwiegend auf Marktchancen und Marktrisiken ab.

Dabei stehen die produktexternen Umwelteinflüsse bei der Chancen-Risiken-Analyse im Vordergrund. Die produktexternen Faktoren werden im Allgemeinen durch politische und gesellschaftliche Einflüsse geprägt. Die produktinterne bzw. produktbezogene Stärken-Schwächen-Analyse untersucht die Vor- und Nachteile des Produkts für Marktteilnehmer.

Die Abbildung (folgende Seite) zeigt eine Aufstellung wesentlicher Stärken, Schwächen von Elektrostraßenfahrzeugen sowie Chancen und Risiken, die mit deren Einführung einhergehen.

²² Blank, Tobias | 2007 | S. 2

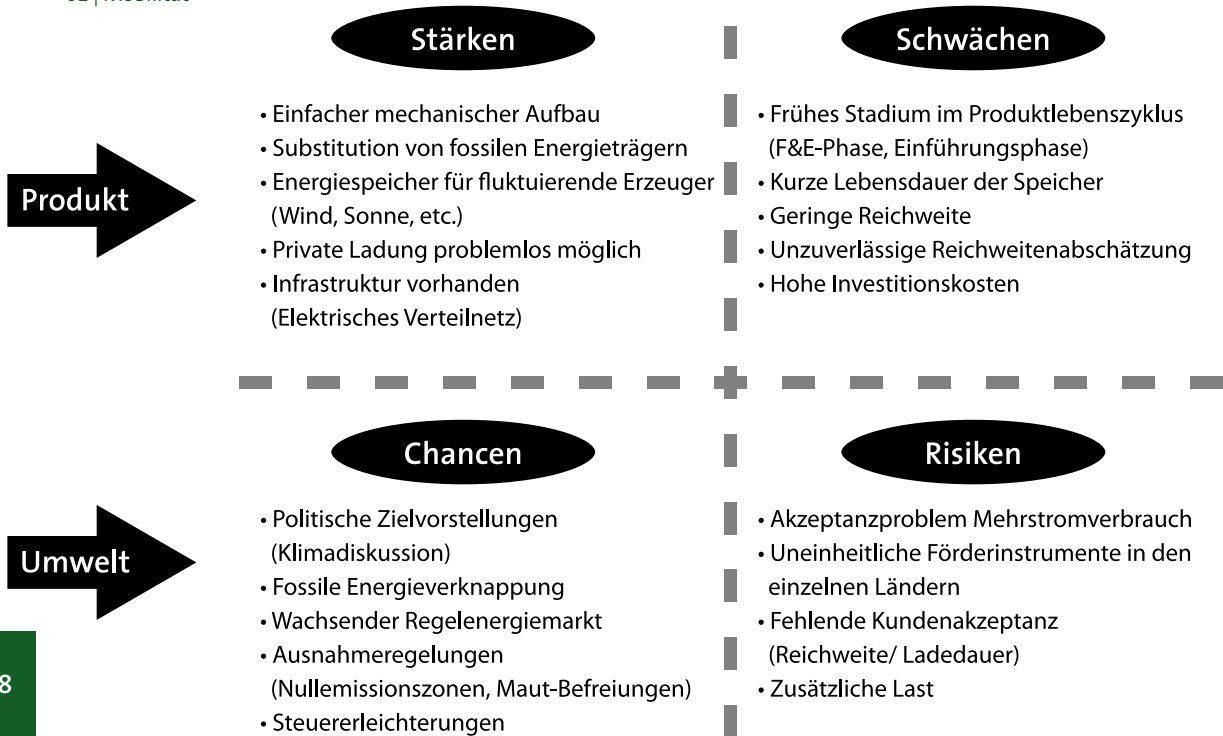
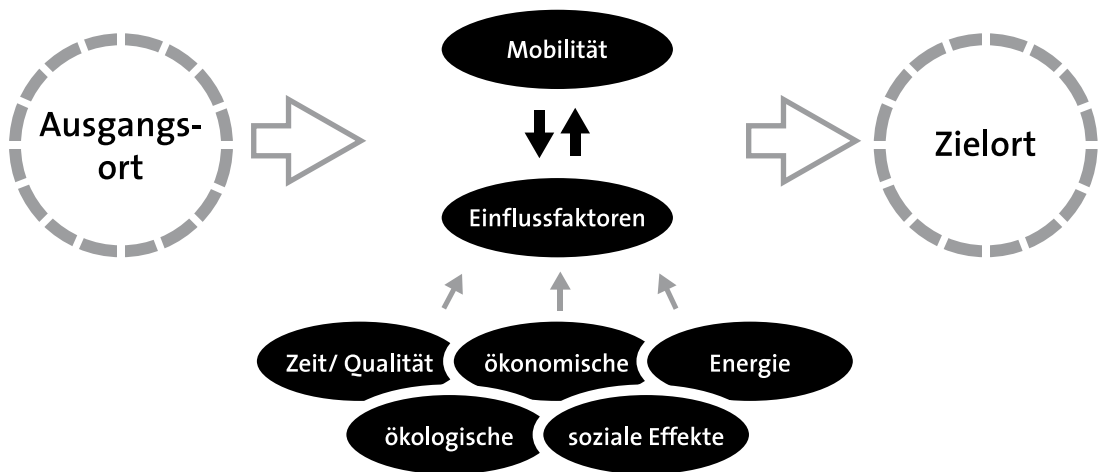


Abb. 2 | SWOT-Analyse zur Frage: „Stellen ESF zukünftig ein entscheidendes Marktsegment dar?“

Aus Sicht der Autoren sind die wesentlichen Treiber für die Elektrostraßenfahrzeug-Technologie die Diversifizierung des Primärenergiebedarfs im Verkehrssektor und die Umweltvorteile durch lokale Emissionsfreiheit und globale Emissionsminderung. Durch die günstige Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie lassen sich gute Fahrleistungen auch bei vergleichsweise geringerer Motorleistung und höherer Effizienz erzielen.

Als wesentliches Hemmnis wird meist der eingeschränkte Aktionsradius von Elektrostraßenfahrzeugen gesehen. In der Praxis ist dieser für die überwiegende Mehrheit aller Einzelfahrten mehr als ausreichend, allerdings muss noch das Problem einer genaueren Reichweitenanzeige gelöst werden. Hierfür ist noch eine entsprechende Weiterentwicklung der Batterieperipherie erforderlich, z.B. in Kombination mit Navigationssystemen zur Berechnung des verbleibenden Energiebedarfs bis zum Fahrziel. Auch muss

die Ladeinfrastruktur flächendeckend ausgebaut werden, ggf. einschließlich Batterie-Wechselstationen. Schließlich sollte die mögliche Rolle von Elektrostraßenfahrzeugen im Rahmen eines elektrizitätswirtschaftlichen Lastmanagements untersucht werden, bis hin zur Frage der Bereitstellung von negativer oder evtl. auch positiver Regelernergie.²³



Mobilitäts-Prozess | Abb. 3

Mobilität in der Informationsgesellschaft

29

In der sozioökonomischen Entwicklung moderner Gesellschaften spielt Mobilität eine herausragende Rolle. "Keine industrielle Produktion ohne ausgefeilte logistische Organisation, keine Dienstleistungen ohne Kommunikation und Verkehr von Mensch, Ware und Information". Unter dem aktuell gegebenen technologischen, gesellschaftlichen und individuellen Entwicklungsstand stellen Mobilitätsprozesse und Mobilitätsformen ein komplexes Wirkungsgefüge dar, dessen Einzelelemente sich auf den unterschiedlichsten Ebenen wechselseitig bedingen und beeinflussen."²⁴

Das in den letzten Jahren, nicht zuletzt durch den technologischen Fortschritt ermöglichte, rasant angestiegene Maß an gesellschaftlich und individuell möglicher und auch realisierter Mobilität, das sich insbesondere in einer stark angewachsenen "Automobilität" ausdrückt, hat zunehmend die negativen Konsequenzen dieser Entwicklung in den Blick gerückt.

In städtischen Zentren mit gut ausgebautem öffentlichen Personenverkehrsnetz (ÖPNV) ist die Fahrzeugdichte je Einwohner geringer als in ländlichen Gebieten. Im Jahr 1994 besaßen von 1000 Einwohnern im Durchschnitt 488 einen eigenen Pkw. Dies bedeutet eine Zunahme von 6,9% ab dem Jahr 1990. Landesweit liegt der Pkw in der Nutzung vor allen anderen Verkehrsmitteln. Abhängig von der Größe und der Siedlungsstruktur einer Stadt fallen 15 - 20 % aller Autofahrten in den Kurzstreckenbereich mit einer Wegstrecke von bis zu 1,5 Km. Trotz intensiver Maßnahmen, den ÖPNV deutlich auszubauen und somit stärker zu frequentieren, wurde das Ziel, den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren, bis heute nicht erreicht.²⁵

"Während lange Zeit die Steigerung der Mobilität in Form von freier Teilhabe am Verkehr Ausdruck wachsenden sozialen und wirtschaftlichen Reichtums war, dringen seit einiger Zeit zunehmend die ökonomischen,

²⁴ Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid | 2001 | S. 3

Abb. 3 ebd. | 2001 | S. 3

²⁵ ebd. | 2001 | S. 4

wirtschaftlichen und sozialen Folgeschäden ungezügelter Mobilität ins Bewusstsein. Hieraus entsteht ein gesellschaftlicher Zielkonflikt: Mobilität als Ausdruck von Lebensqualität schränkt gleichzeitig Lebensqualität ein." ²⁶

Belastungsfaktoren, resultierend aus der wachsenden "Automobilität", sind dabei Lärmbelästigung, hoher Primärenergieverbrauch, Verunreinigung von Grund- und Oberflächenwasser und Böden, Landschaftsverbrauch sowie insbesondere globale Klimaveränderungen und deren Konsequenzen.

Die Ursachen für diese Entwicklung sind vielschichtig:

Im ökonomischen Bereich liegen die Ursachen für die Zunahme von Belastungsfaktoren bedingt durch Mobilität beispielsweise in der Zunahme des wirtschaftlichen Güter- und Personenverkehrs oder in der Globalisierung von Produktion und Absatzmärkten. Darüber hinaus müssen geographisch unterschiedlich gelegene Wohn- und Arbeitsplätze in die Kalkulation des wirtschaftsbezogenen Personenverkehrs mit einbezogen werden.

Der gesellschaftliche Prozess hin zur Differenzierung und Individualisierung, die qualitativ und quantitativ veränderten Lebensweisen

der Menschen tragen ebenso zur Steigerung des Verkehrsaufkommens bei. So führen beispielsweise die sich verändernden Bedürfnisse im Bereich der Freizeitgestaltung zu überdurchschnittlichen Steigerungsraten im Urlaubs- und Freizeitverkehr.

Mit diesen ökonomischen und gesellschaftlichen Entwicklungsprozessen geht eine, ebenfalls stark verkehrserzeugende, Entwicklung in der Raum- und Siedlungsstruktur einher.

Unklar sind die Auswirkungen des ansteigenden Einsatzes von Informations- und Kommunikationstechnologien auf der Seite des ökonomischen, gesellschaftlichen und individuellen Mobilitätsbedarfs ebenso wie auf der Seite der Realisierung des Mobilitätsbedarfs auf allen Ebenen. ²⁷

²⁶ Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid | 2001 | S. 4

²⁷ ebd. | 2001 | S. 5 f.

Folgerungen für Mobilität

31

Die Stadt zwischen Funktionsfähigkeit und Lebensqualität

Der New Yorker Soziologe Richard Sennett beschreibt in seinem Buch "Verfall und Ende des öffentlichen Lebens" den öffentlichen Raum in modernen Städten als Funktion zur Fortbewegung. "Diese Vorstellung vom Raum als einer Funktion der Bewegung entspricht seiner Meinung nach genau der Beziehung zwischen Raum und Bewegung, die das Fahren mit dem Auto ausdrückt."²⁸

Die Spannung zwischen Lebensqualität und Funktionsfähigkeit einer Stadt, welche schon zu Beginn der 70er Jahre die Debatte und Kritik einer einseitig ökonomisch geführten Stadt bestimmte und nach Meinung des Autors zum Gegenbild einer menschlichen Stadt führte, wird in der aktuellen Debatte um die Zuspitzung der Verkehrsprobleme und den damit verbundenen Emissionsbelastungen erneut aktuell.

Unstrittig jedoch ist, dass Stadt und Verkehr - Stadt und Mobilität - untrennbar miteinander verbunden sind.

"Städte ohne Lebendigkeit, also ohne Mobilität und Verkehr, kann es nicht geben. Verkehr und Kommunikation sind unabdingbare Funktionen der Stadt, insbesondere der Großstadt. Die Erfüllung spezifisch städtischer Funktionen setzt den schnellen und permanenten Austausch von Personen, Nachrichten und Gütern voraus."²⁹

In seinem Artikel "Die Stadt der Zukunft - Folgerungen für die Mobilität" verweist der Autor Dieter Sauberzweig auf die Aspekte des drohenden Verkehrskollapses und die bedrohte Qualität des urbanen Lebensraumes. Seiner Ansicht nach befindet sich die mobile Gesellschaft an einem richtungsweisenden Punkt.

²⁸ Sauberzweig, Dieter | 1995 | S. 3

²⁹ ebd. | 1995 | S. 3

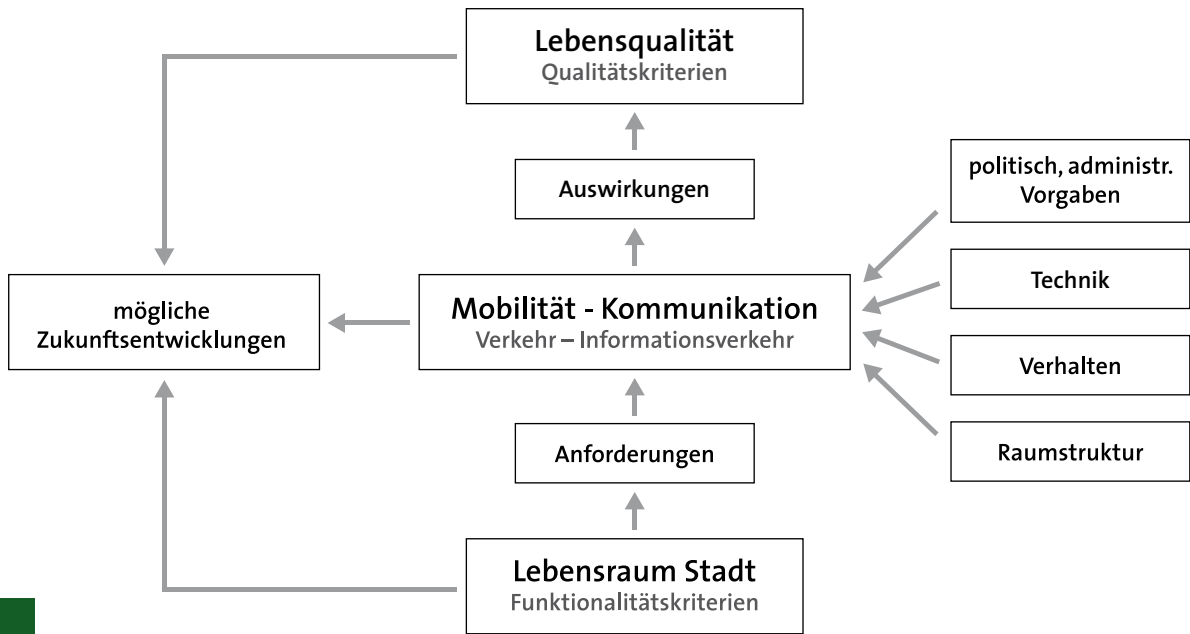


Abb. 4 | Mobilität und Kommunikation im Spannungsverhältnis von Funktionalität und Lebensqualität

Soll Mobilität als Voraussetzung städtischen Lebens erhalten bleiben, so müssen zukünftig grundlegende Veränderungen in der Gestaltung des Verkehrs und der Kommunikation erfolgen.³⁰

Hinsichtlich der Forderung nach ganzheitlichen modernen Verkehrskonzepten müssen Verkehrsverhältnisse, wirtschaftliche Strukturen, gesellschaftliche Veränderungen, räumliche Auswirkungen, ökologische Folgen, technische Steuerungsmöglichkeiten, institutionelle Rahmenbedingungen und individuelles Verhalten analysiert und neu gestaltet werden.

Aus diesem Anforderungsprofil ergibt sich das oben dargestellte Prozessmodell, an Hand dessen sich infrastrukturelle Projekte urbaner Mobilität messen und beobachten lassen.

Der Mensch und sein Verhalten

Zwei Aspekte sind für die verkehrspolitische Diskussion von grundsätzlicher Bedeutung, zum einen das Verhalten der Menschen im Spiegel der Individualisierung und der Ausprägung von Lebensstilen. Zum anderen müssen die Wirkungen der Telematik auf Raum und Verkehr berücksichtigt werden.

Da grundsätzlich jeder Bürger vom Verkehr betroffen ist, sind auch die Fragen, Probleme, Strategien und Lösungskonzepte zu dieser Thematik für jeden Bürger von mehr oder weniger großem Interesse. Das heißt auch, dass das Thema Verkehr nicht erst ins Bewusstsein der Menschen gerückt werden muss, es sind vielmehr die jeweiligen Themenfelder, welche für den Bürger von entscheidender Relevanz sind. Besteht also eine dringende Notwendigkeit zur Veränderung der Mobilitätskonzepte, so ist es zwingend erforderlich, sich mit den Interessen und Bedürfnissen der am Verkehr beteiligten Menschen auseinander zu setzen.

³⁰ Sauberzweig, Dieter | 1995 | S. 3

Abb. 4 ebd. | 1995 | S. 4

Hierbei ist immer wieder festzustellen, dass Politiker, Experten der Wirtschaft und Bürger klare Unterschiede zwischen ihrem verbal formuliertem Wissen, Forderungen und Bedürfnissen und ihrem tatsächlichen Verhalten erkennen lassen. Das Grundproblem liegt wie so oft in der Vielfalt aller Ansprüche. Das idealisierte Bild eines städtischen Lebensraumes, in dem jeder Bürger zu gleichen Teilen seine individuelle Verwirklichung findet, entspricht keinem wirklichkeitsgetreuen Bild.

Betrachtet man die Bedingungen für das Handeln von Individuen, so wird deutlich, dass die Flexibilität des Handelns durch eine fortlaufende Zunahme von Handlungsoptionen gesteigert wird und somit auch auf das gesamtgesellschaftliche Handeln maßgeblichen Einfluss hat. Gleiches ist aus Sicht von Prof. Dr. Dieter Sauberzweig auch für die gesellschaftlichen Werte zu beobachten, "der Wertekosmos ist flexibilisiert und pluralisiert worden".³¹ Aus seiner Sicht ist in der Gesellschaft eine zunehmende Skepsis gegenüber materiellen Werten und eine zunehmende Bedeutung von nachhaltigen, ökologischen Aspekten zu beobachten. Gleichzeitig spricht der Autor diesen sich verändernden Aspekten für das menschliche Handeln keine tragende Rolle

zu. Dennoch besteht die Möglichkeit, dass "Verzicht als eine Handlungsform, die sich - auch im Sinne des Kalküls - lohnen kann", wachsen wird.³²

Diese Theorie ist selbstverständlich insbesondere im Bereich der Mobilität sehr umstritten, da -wie bereits beschrieben - Mobilität mit individueller Flexibilität und persönlicher Freiheit zu tun hat. Menschliches Verhalten im Bezug zur Mobilität lässt sich höchst wahrscheinlich nicht restriktiv verändern.

Aus der Sicht des Autors ist als Gegenpol zur zunehmenden Akzeptanz für nachhaltiges Handeln eine verstärkte Rücksichtslosigkeit und Anspruchsdenken in der Gesellschaft existent. Diese Aspekte führen zur Entstehung von gesellschaftlichen Lebensstilen, die sich nicht über den Werte-Kanon, sondern nur noch über spezielle Milieus beschreiben lassen.

Seine kurzen analytischen Ansätze und Gedanken zum menschlichen Verhalten überträgt Dieter Sauberzweig auf das menschliche Verkehrsverhalten. Hieraus ergeben sich aus Sicht des Autors die folgenden fünf Konsequenzen und Tendenzen:

³¹ Sauberzweig, Dieter | 1995 | S. 6

³² ebd. | 1995 | S. 6

• Für die Planung und Realisierung von urbanen Verkehrskonzepten ist es notwendig, einen gewissen Grad an Offenheit zu gewährleisten. Das heißt, es sollte jederzeit die Möglichkeit bestehen, die getroffenen Maßnahmen an veränderte Rahmenbedingungen anzupassen. Die zeitliche Dimension sollte zukünftig besser berücksichtigt werden, um ineinander greifende Prozesse synchron zu verändern.

• Maßnahmen, die im Rahmen der Verkehrspolitik getroffen werden, müssen die bei den betroffenen Menschen vorhandenen Akzeptanzgrenzen berücksichtigen. Zur Legitimierung von Maßnahmen ist es also notwendig, möglichst viel über die Zielgruppen zu wissen, um so den Zweck und die Perspektiven einer politischen Maßnahme für die beteiligten Zielgruppen überzeugend kommunizieren zu können.

• Das Auto nimmt als Ausdruck von Individualisierung und Mobilität nach wie vor eine zentrale Stellung ein. Nivellierende Konzepte oder Konzepte des vollständigen Verzichtes werden dagegen auf absehbare Zeit nicht oder nur bedingt erfolgreich sein. Zielsetzung kann nicht sein, einen Verzicht an Mobilität von den Menschen zu erwarten, sondern ei-

nen differenzierteren Umgang mit dem Auto zu fördern. Langfristig muss das Auto als Statussymbol für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen im Bewusstsein der Menschen angesehen werden. Die Entwicklung dieser bereits erkennbar zunehmenden Bereitschaft kann durch Ideologisierung oder undifferenzierte Projekte negativ beeinflusst werden.

• Die wechselseitigen Einflussfaktoren von Verkehrssystemen und Siedlungsstruktur sind bei der Entwicklung innovativer Verkehrskonzepte zu berücksichtigen. Wohnen im Umland von urbanen Ballungszentren hat für viele Menschen einen besonderen Reiz und fördert die Entstehung zusätzlicher Mobilität. Zu beachten ist, dass weder energieeffiziente Verkehrskonzepte noch eine flächendeckende Erschließung des ÖPNV in diesen Gebieten ausreichend vorhanden sind.

• Der Freizeitverkehr war in den letzten Jahren der Bereich des personengebundenen Individualverkehrs mit den stärksten Zuwachsraten. Da in der Freizeit eine Vielfalt an unterschiedlichen Aktivitäten miteinander kombiniert werden, ist für die Beurteilung von zukünftigen Entwicklungen die Differenzierung dieser Mobilitäts-Bewegründe ent-

scheidend. Für die Analyse und Planung von zukünftigen Mobilitäts-Konzepten gilt jedoch zu beachten, dass die betroffenen Menschen Einschränkungen im Freizeitbereich und der damit verbundenen notwendigen Mobilität nicht akzeptieren werden.³³

Technologien und Raumstruktur

Der Wandel zur Informations- und Dienstleistungsgesellschaft ist nicht nur mit einer Reihe gesellschaftlicher Veränderungen verbunden; er führt auch zur Veränderung scheinbar verfestigter Raumstrukturen. Die Entwicklung der Städte wird zukünftig in noch stärkerem Maße als bisher von ihrer Einbindung in das internationale Infrastruktur-Netz bestimmt werden. Damit gewinnen Telematik orientierte Stadtentwicklungs-Konzepte für die regionale und internationale Profilierung an Bedeutung. Die Polarisierung der Hierarchiestufen des Städtesystems wird sich weiter verstärken. Neben hochzentralen Dienstleistungsstandorten bilden sich regionale produktionsorientierte Dienstleistungsstandorte heraus.³⁴

Den Telekommunikations-Techniken werden unabhängig von den Einwirkungen auf die Raumstruktur Potenziale zur Substitution von Verkehr zugesprochen.

Die Verbreitung der Telematik entwickelt sich fortlaufend weiter. Zweifellos können der Telematik partiell Verkehrssubstitutionspotentiale zugeschrieben werden. Grundlegende Reduzierung des Verkehrsaufkommens, die entscheidende Entlastungen mit sich bringen könnten, sind aber nicht zu erkennen. Eher ist eine Verlagerung der Kommunikationsabläufe anzunehmen, und manches spricht dafür, dass der durch den Einsatz von Telekommunikation fortfallende Verkehr zur Hintertür, wenn auch möglicherweise mit Verzögerung, wieder hereinkommt. Die Telematik durchdringt zwar weithin unser Leben, sie verändert vieles, aber im Verkehrsbereich sind ihre Wirkungen ambivalent.³⁵

³³ Sauberzweig, Dieter | 1995 | S. 6 f.

³⁴ ebd. | 1995 | S. 8

³⁵ ebd. | 1995 | S. 9



Exploration Elektromobilität

Geschichte der elektrischen Mobilität

Elektrische Fahrzeuge gibt es bereits seit über 100 Jahren und dennoch konnten sie sich in der Vergangenheit im Verkehrsgeschehen nicht durchsetzen. Um die Hintergründe dafür darzustellen, ist anhand einer verkürzten Aufzählung die zeitliche Dimension der Elektromobilität zu dokumentieren.

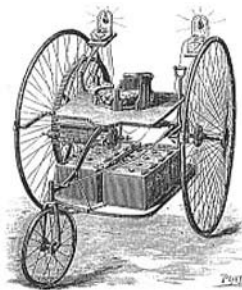
Bis 1900:

Zu Beginn der automobilen Geschichte war ein vielfältiger Mix an Antriebskonzepten zu finden. Ehe im Jahr 1886 unabhängig voneinander Carl Benz und Gottlieb Daimler die ersten Benzin angetriebenen Dreiräder entwickelten, rollten bereits sowohl Elektro- als auch Dampfautomobile über die Straßen.

Schon im Jahr 1834 baute der Amerikaner Thomas Davenport das erste Elektroauto, allerdings nur mit einer nicht wiederaufladbaren Batterie.

1865 entwickelte der Franzose Gaston Planté eine verbesserte Batterie. Diese Technik stellte die Basis für die Entwicklung der wiederaufladbaren Batterien dar, welche durch seinen Landsmann Camille Faure im Jahr 1881 weiterentwickelt wurde.

Als das erste offiziell anerkannte Elektrofahrzeug gilt heutzutage das im Jahr 1881 von M. Gustave Trouvé in Paris entwickelte Dreirad mit wiederaufladbaren Blei-Akkumulatoren. Es konnte damals Geschwindigkeiten von bis zu 12 km/h erreichen.³⁶



Ein Jahr später bauten zwei englische Professoren, William Edward Ayrton und John Perry, das nächste Elektroauto. Dieses ebenfalls dreirädrige Fahrzeug hatte eine Reichweite bis zu 40 km und erreichte eine Höchstgeschwindigkeit von ca. 14 km/h.

B1. Elektromobil von Ayrton Perry



Thomas Edison stellte im Jahr 1889 seinen "Electric Runabout" vor. Von diesem Elektroauto baute er allerdings nur zwei bis vier Exemplare für sich und einige Freunde.

B2. Electric Runabout



1893 brachte Adolph Müller, der Gründer des Batterieunternehmens Varta, seinen elektrischen „Baker Runabout“ aus den USA mit in die Heimat nach Deutschland.

B3. Baker Runabout

ab 1900:

Im Jahr 1900 wurden allein in den USA ca. 4200 Automobile gebaut. Davon waren nur ca. 900 Benzin-Autos, der Rest verteilt sich zu gleichen Teilen auf Dampf- und Stromautomobile. Ferdinand Porsche entwickelte mit dem Lohner-Porsche für die Weltausstellung in Paris im Jahr 1900 sein erstes Auto, ein Elektroauto.



Der Lohner Porsche besaß zwei in den Radnaben der beiden Vorderräder eingebaute Elektromotoren, die eine Leistung von 2,5 PS erzeugen konnten. Der Akku des Porsche erlaubte eine Fahrstrecke von bis zu 50 km pro Ladung.

B4. Lohner Porsche

Auch wenn viele Unternehmen das Elektroauto weiter entwickelten und produzierten, so konnte das Verbrennungsauto zu Beginn des 20. Jahrhunderts deutliche Vorteile verbuchen, weil die Öffentlichkeit sich für die damalige Technologie der Zukunft entschieden hatte. Nachdem der Anlasser im Jahr 1911 entwickelt worden war, mehr und mehr Tankstellen gebaut wurden und somit die technischen Nachteile der Verbrennungsautomobile nicht mehr vorhanden waren, überwogen schnell die technischen Nachteile der Elektromobile. Die unterschiedlichen Reichweiten der Fahrzeuge waren nicht groß genug, auch wenn die der Benzinier nicht wesentlich größer waren. Diese konnten jedoch problemlos betankt werden. Auch das Laden der Elektromobile war nicht überall möglich, da die verschiedenen Hersteller auf unterschiedliche Technologien setzten. Edison beispielsweise bevorzugte den Gleichstrom, Tesla verwendete Wechselstrom. Da ohnehin zu dieser Zeit



NAFA, Mercedes 1982 | B5.

private Steckdosen, also eine elektrische Infrastruktur noch nicht umfassend vorhanden war, erschwerten diese Aspekte den Durchbruch des Elektroautomobils. Es wurden jedoch vor allem in den USA bis Anfang der 40er Jahre noch Elektroautos gebaut. Auch wenn diese zahlenmäßig im Vergleich zu den Benzinern weit unterlegen waren.

Von verschiedenen Herstellern wurden im Verlauf der folgenden Jahrzehnte immer wieder diverse Konzepte für Elektromobilität vorgestellt und teilweise auch verwirklicht, dennoch wurde es lange Zeit ruhig um das Thema Elektroauto. So wurden in den 40er, 50er und 60er Jahren vor allem Automobile in Kleinserien mit kurzen Reichweiten, geringen Geschwindigkeiten oder ungenügendem Platzangebot entwickelt.

Ende der 60er Jahre wurden in den USA Prognosen und Studien zur Weiterentwicklung von Batterietechnologien veröffentlicht. Binnen 7 Jahren sollten die neuen Batterien marktreif sein und dem Elektroauto deutliche Verbesserungen ermöglichen. Nennenswerte Erfolge oder leistungsfähige Produkte als Konkurrenz zum Verbrennungsmotor wurden jedoch nicht erreicht.

Anfang der 70er Jahre gab es in Amsterdam die sogenannte "Witkar-Kooperatives", einen Verbund aus 1600 Mitgliedern, der sich zum Ziel gesetzt hatte, den innerstädtischen Verkehr für Privatwagen zu sperren. Alternativ sollten die Witkars den innerstädtischen Kurzstreckenverkehr mittels Elektromobilen mit einer Einsatzzeit von bis zu 45 Minuten gewährleisten. Geplant war ein Tankstellennetz aus 150 Stromtankstellen quer über das Stadtgebiet verteilt.³⁷

Schon im Jahr 1972 prognostizierte der Geschäftsmann Robert G. Beaumont, eine industrielle, serienreife Massenproduktion moderner Elektromobile sei frühestens in 40 Jahren zu erwarten. Rückblickend betrachtet war diese Prognose um ein Vielfaches realistischer als die meisten von vielen Verkehrsexperten veröffentlichten Studien und Analysen.

1982 stellte Mercedes das elektrisch betriebene "NAFA" (Nahverkehrsfahrzeug) mit einer Länge von 2,50 m und je 1,50 m breit und hoch vor. Der Wagen verfügte über Allradlenkung und einen Wendekreis von nur 5,70 m. Aus diesem Konzept stammen die Ideen für den später folgenden SMART.

³⁷ www.chroniknet.de | 2009



B7. | EV1, General Motors

42

Anfang der 90er Jahre wurden auf Messen die ersten Elektroauto-Konzepte vorgestellt, welche hinsichtlich einer möglichen serienreifen Massenproduktion mehr Potenzial besaßen. Bis dahin hatte der Markt sich vornehmlich auf die Produktion von zumeist zweisitzigen Kleinfahrzeugen in Kleinserie konzentriert. Abnehmer für solche Fahrzeuge waren oft stark idealisiert und zum Vorteil der Umwelt bereit, ihren persönlichen Mobilitätsbedarf stark zu verändern oder sogar einzuschränken.

Im Jahr 1991 stellte BMW auf der IAA in Frankfurt mit dem E1 ein neu entwickeltes Elektrofahrzeug vor. Mit einer Länge von 3,40 m, 45 PS und 120 km/h Maximalgeschwindigkeit, schaffte es immerhin eine Reichweite von bis zu 260 km.



B6. BMW E1

Im Jahr 1996 stellte General Motors potentiellen Interessenten das zweisitzige Elektrocoupé "EV 1" zur Verfügung. Die Kunden konnten das Auto jedoch nicht kaufen, sondern ausschließlich zu einem festen Preis laufzeitbasiert leasen. Der Zweisitzer hatte mit 137 PS eine Reichweite von ca. 110 bis 140 km. Die Ladezeit der Akkus betrug 3,5 Stunden. Obwohl das von General Motors offiziell als Test bezeichnete Projekt bei seiner Kundschaft durchweg positiv bewertet wurde und GM eine funktionierende Infrastruktur zum Betanken des Autos geschaffen hatte, stellte der Konzern das Projekt, ohne weitere Entwicklungsphasen anzustreben, ein. GM begründete seine Entscheidung mit technischen Problemen beim EV1, welche auch tatsächlich im Bereich der Batterien vorhanden waren. Da das erfolgversprechende Projekt jedoch ersatzlos gestrichen wurde, befürchteten einige Kritiker, GM habe sich dem Druck der Ölindustrie gebeugt.



TWIKE | B8.



Bg. Corbin Sparrow



B10. Honda Insight (Grundlage für Hondas Hybridflotte)

Da sich die Elektroautos im Bereich der automobilen Mobilität nie ernsthaft durchsetzen konnten, ist die geschichtliche Entwicklung von den Ursprungsjahren bis hin zur Jahrtausendwende nur grob skizziert. Der Fokus der Arbeit und die darin dargestellten Automobil-Konzepte richten sich dem zufolge nach dem aktuellen Stand der Technik sowie dem zukünftig möglichen Potenzial, welches elektrische Mobilität beinhaltet. Im folgenden Teil der Arbeit werden energietechnisch relevante Fahrzeugtechniken erläutert und exemplarisch anhand von derzeit auf dem Markt verfügbaren oder zukünftigen elektrischen Automobil- und Infrastrukturkonzepten vorgestellt. Um für den später in der Arbeit folgenden konzeptionellen Teil den Blick in die Zukunft richten zu können, ist es notwendig, den aktuellen Stand der Technik zu dokumentieren und einschätzen zu können.

44 Elektrische Fahrzeugtechnik

In diesem Teil der Arbeit werden die derzeit energietechnisch relevanten Fahrzeugtechniken erläutert. Dargestellt werden zunächst die unterschiedlichen Entwicklungen der Elektromobile, der Speichertechnik sowie eine kurze Beschreibung der heutigen Ladetechniken. Die in dieser Arbeit verwendeten technischen Daten sind der Studie "Elektrostraßenfahrzeuge - Elektrizitätswirtschaftliche Einbindung von Elektrostraßenfahrzeugen" entnommen, welche von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. veröffentlicht wurde. Diese stammt vom Dezember 2007 und bietet somit einen relativ hohen Grad der Aktualität im Bezug auf forschende, wissenschaftliche Publikationen.

elektrische Fahrzeugtechnik

Grundsätzlich gesehen gibt es zwei Fahrzeugtypen, die mit einem elektrischen Antriebssystem ausgestattet sind. Hierbei handelt es sich zum einen um reine Elektrofahrzeuge,

deren einzige Antriebsquelle ein Elektromotor ist. Zum anderen gibt es die Klasse der so genannten Hybridfahrzeuge, die sowohl mit einem Elektromotor als auch einem Verbrennungsmotor ausgestattet sind. Im folgenden Teil werden die beiden unterschiedlichen Antriebskonzepte kurz dargestellt, um daraus Erkenntnisse für das Ziel der Arbeit zu gewinnen.

Elektrofahrzeuge

Als Antriebsaggregat verwenden Elektrofahrzeuge statt eines Verbrennungsmotors einen Elektromotor. Der Motor bezieht hierbei seine Energie aus den im Fahrzeug eingebauten Batterien oder Akkumulatoren. Die Batterien moderner Elektrofahrzeuge können über das allgemein bekannte und überall vorhandene Stromnetz geladen werden.

Im Vergleich zu Benzin oder Diesel besitzen Batterien eine deutlich geringere Energie-

dichte. Auf Grund dessen sind mit Batterien bei einer vergleichbaren Speichergröße wesentlich geringere Reichweiten zu erzielen. Um diesen Nachteil auszugleichen, wird derzeit intensiv an modernen Batterietechnologien geforscht und gearbeitet. Zum derzeitigen Stand der Batterietechnik wird in einem späteren Kapitel ausführlich Stellung genommen. In der Vergangenheit galt das Reichweiten-Problem als eines der wesentlichen Hindernisse auf dem Weg zur marktreifen Serienproduktion von Elektrofahrzeugen. "Wird die begrenzte Reichweite dieser Fahrzeuge außer Acht gelassen, so ist die Technik prinzipiell zuverlässig und könnte bereits heute zur Marktreife gelangen. Elektrofahrzeuge gibt es in zwei verschiedenen Ausführungen. Sie können im Conversion-Design oder im Purpose-Design entwickelt werden." ³⁸

Die folgende Beschreibung dieser Konzepte beruht auf Formulierungen eines von Prof. Wallentowitz gehaltenen Vortrags mit dem Titel: "Fahrwiderstände" für das Elektroauto – können wir sie überwinden? (Haus der Technik, München, 1995). ³⁹

Conversion Design

Hierunter versteht man das Konzept eines Elektrofahrzeuges, bei dem ein bereits bestehendes Fahrzeug mit konventionellem Verbrennungsmotor für den Betrieb mit Batterietechnik und einem zugehörigen Elektromotor umgerüstet wird. ⁴⁰

Dabei müssen lediglich der Antriebsstrang und die dazugehörigen Komponenten dem Fahrzeugtyp angepasst werden. Konkret bedeutet das, der mechanische Aufbau des Fahrzeugs wird übernommen und die Gesamtkonzeption dieses Fahrzeuges kann vereinfacht realisiert werden. Die Karosserie eines konventionell mit Verbrennungsmotor betriebenen Pkws wird weitestgehend übernommen. So kann ein relativ hoher Gleichteile-Anteil erreicht werden. Als problematisch erweist sich hierbei jedoch die Unterbringung des Energiespeichers, da er wesentlich größer und schwerer ist als ein Benzintank. Um dennoch ausreichend Energie für den Elektromotor bereitstellen zu können, wird in den meisten Fällen die Zuladung und der Laderaum deutlich eingeschränkt. Elektrofahrzeuge, die nach dem Konzept des Conversion-Design umgebaut werden, sind bereits heute problemlos zu konstruieren. "Für eine Serienfertigung müssen jedoch Zulieferer für die Komponenten des Elektroantriebes und

³⁸ Blank, Tobias | 2007 | S. 16

³⁹ www.ika.rwth-aachen.de | 2007

⁴⁰ www.lionsmart.de | 2009



B11. | MINI E

46

Speichersystems evaluiert werden. Außerdem wäre eine Umstellung der Produktionsstraßen erforderlich. Eine Serienfertigung ab 2010 scheint daher realistisch." ⁴¹

Als Beispiele für im Conversion Design konzipierte Fahrzeugtypen eignen sich der aktuelle BMW MINI E sowie der Smart ed. Beide Fahrzeuge wurden ursprünglich nicht als Elektrofahrzeug entwickelt und wurden für derzeitige kleine Testphasen an ausgewählten Standorten für einen Betrieb mit Elektromotoren umgerüstet. Etwas abweichend verlief die Entwicklung des Smart, dieses Fahrzeug wurde ursprünglich von Nicolas Hayek als "Swatch-Mobil" konzipiert und sollte eine Revolution in der Automobilbranche darstellen. Geplant war es als kostengünstiges Kleinauto mit einem Hybridantrieb und einem geplanten Einstiegspreis von ca. 7500. Auf Grund von Schwierigkeiten in der Finanzierung und Realisierbarkeit eines solchen Automobilkonzeptes und der Skepsis seitens der Investoren wurde das Projekt letzten Endes von Mercedes übernommen. Das ursprünglich als Hybridauto geplante Auto wurde dann mit einem sparsamen Otto-Motor auf den Markt gebracht.

• **BMW MINI E**

Momentan befindet sich der BMW MINI E als Experiment in einer Testphase. Das Unternehmen reagiert mit dem MINI E auf den zunehmenden Druck der Öffentlichkeit, automobile Konzepte mit Elektrizität deutlich stärker zu erforschen und weiter zu entwickeln. In einer 12 bis 18 Monate dauernden Testphase können hundert Personen in Berlin an dem Projekt mitwirken. Bei diesem Projekt kooperiert BMW mit dem Energieunternehmen Vattenfall, das sich am Aufbau einer innovativen Infrastruktur, zum Beispiel mit öffentlich zugänglichen Stromladestationen, beteiligen will. Der Energiekonzern will mit seiner Beteiligung das zukünftige Potential von alternativen Verkehrskonzepten in Verbindung mit der Versorgung über Energie aus regenerativen Energien überprüfen. "Mit diesem Schritt möchte die BMW Group erste Erkenntnisse gewinnen, wie die Mobilität auf Grundlage rein elektrisch betriebener Fahrzeuge effizient gestaltbar ist", sagte BMW-Vorstandsvorsitzender Norbert Reithofer. ⁴²

Der BMW MINI E besitzt unter idealen Bedingungen eine maximale Reichweite von 250 km, bei normalen Fahrbedingungen allerdings lediglich geschätzte 160 km. Diese Reichweite ist jedoch für die Testphase inner-

⁴¹ Blank, Tobias | 2007 | S. 16

⁴² www.autobild.de | 2009



Smart ed | B12.

halb des urbanen Großstadtbereichs Berlin völlig ausreichend. Zielgruppen des Projektes sind Personen, die sich im innerstädtischen Bereich beispielsweise auf dem Weg zur Arbeit mit dem Auto bewegen und somit nur Kurzstrecken benötigen. Der Elektromotor des MINI E wird von Lithium-Ionen Batterien mit Energie versorgt und liefert Maximalgeschwindigkeiten bis zu 159 km/h. Die Ladezeit beträgt zum gegenwärtigen Stand 10 Stunden bei einer Ladung über herkömmliche Steckdosen (Schuko-Steckdose).

• *Smart ed*

Ein ähnliches Konzept wie BMW verfolgt die Daimler Tochter Smart mit dem Smart ed (electric drive). In London testet das Unternehmen in einem Pilotprojekt seit Ende 2007 mit ebenfalls hundert Testwagen das zukünftige Potenzial von Elektrofahrzeugen. Im Erfolgsfall soll das Projekt auf weitere europäische Großstädte ausgeweitet werden. Im Heck des Smart ed sitzt ein sogenannter Permanent-Magnetmotor, der mit 30 kW (41 PS) genau soviel leistet wie die Diesel-Variante. Bei zurückhaltender Fahrweise soll eine Reichweite von mindestens 100 Kilometern erzielt werden. Bei den in London eingesetzten Fahrzeugen kommt ein Akku auf Basis Natrium-Nickel-Chlorid zum Einsatz.

Bei 4 Stunden Aufladezeit sollen 80 Prozent der Kapazität erreicht sein - die volle Ladung benötigt 8 Stunden an der Steckdose. Ausgehend von heutigen Stromkosten kostet eine Akku-Ladung für 100 Kilometer Reichweite mindestens 4 Euro (20 kWh). Die verbauten Akkus haben je nach verwendetem Typ eine Kapazität zwischen 25 und 30 kWh.

Nachdem der Daimler Konzern in Kooperation mit dem Unternehmen Evonik vor einiger Zeit einen Durchbruch bei der Lithium-Ionen-Batterietechnik verkündet hat, soll nun eine vollelektrische Version des Smart Fortwo auf den Markt kommen. Dabei sollen auch Fahrzeuge basierend auf der derzeit aktuellen Baureihe als Batterie-Autos mit Lithium-Ionen-Akkus angeboten werden. Branchen-Insidern zufolge soll spätestens 2010 der erste Elektro-Smart ed auf dem deutschen Markt erhältlich sein.⁴³

Purpose Design

Unter Purpose-Design versteht man allgemein ein Fahrzeugkonzept, welches auf die Anforderungen eines BEV (Battery Electric Vehicle) oder PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) zugeschnitten ist.⁴⁴

⁴³ www.sueddeutsche.de | 2008

⁴⁴ www.lionsmart.de | 2009



B13. | TH!NK city

Diese Fahrzeuge werden folglich komplett neu konzipiert und der Aufbau des Fahrzeugs kann ideal auf die Verwendung eines Elektroantriebes angepasst werden. Dabei sind auch neue Antriebskonzepte wie zum Beispiel (der Antrieb) mittels Radnabenmotoren möglich. Für den Radnabenmotor wird in jeder Radnabe ein Elektromotor installiert, so dass sich neue Gestaltungsmöglichkeiten der Fahrgastzelle ergeben. Im Mittelpunkt dieser Entwicklungsstrategien von Elektrofahrzeugen kann demzufolge die zielgerichtete Neugestaltung der Karosserie sowie des Fahrzeuginnenraums stehen. Moderne Fahrzeuge wie beispielsweise das Schweizer Elektroauto "Mindset" werden zudem aus Verbundwerkstoffen konstruiert. Die Karosserie eines solchen Autos besitzt ein deutlich geringeres Gewicht als Fahrzeuge im Conversion-Design. Tobias Blank, der Autor der Studie "Elektrostraßenfahrzeuge" von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., äußert sich zu diesem Thema folgendermaßen: "Eine Markteinführung ist aufgrund der nötigen Neukonzeption kurzfristig nicht möglich. Neben der Entwicklung eines neuen Fahrzeuges müssen auch erweiterte Produktionskapazitäten geschaffen und die Zulieferer der Komponenten und Werkstoffe gesucht werden. Mit einer Serienfertigung kann daher vor 2015 nicht

gerechnet werden." ⁴⁵ Die Aussage ist zum Zeitpunkt des Erscheinens der Studie mit Sicherheit richtig. Inzwischen gibt es jedoch, wie am Beispiel des Mindset zu erkennen, erste Ansätze ein innovatives Elektroauto mit eigenem Konstruktionskonzept auf den Markt zu bringen. Gerade kleine, unabhängige Automobilfirmen treiben die Entwicklung schnell voran, während möglicherweise die etablierten Automobilhersteller noch einige Zeit benötigen werden, bis auch sie ein eigenes Elektroauto serienreif produzieren können.

Mittlerweile existiert eine Vielzahl von Elektrofahrzeugen auf dem internationalen Automobilmarkt. Für im Purpose Design konzipierte Fahrzeugtypen lassen sich beispielsweise der TH!NK city, der Mindset, der Tesla Roadster & Tesla Model S, der Elektro-Roadster Lampo der Schweizer Firma Protoscar, das Konzept-Auto Nissan Pivo 2, der Rinspeed iChange, das Elektromobil E3 des deutschen Energieversorgers EWE in Zusammenarbeit mit Karman oder der afrikanische Joule anführen. Gemeinsam ist diesen Fahrzeugen, dass sie alle speziell für die Verwendung eines Elektroantriebes konzipiert und angepasst wurden.

⁴⁵ Blank, Tobias | 2007 | S. 17



Tesla Roadster | B14.

• **THINK city**

Der THINK city ist ein reines Elektroauto und wurde als solches von Anfang an geplant und realisiert. Momentan ist das aus Norwegen stammende Elektrofahrzeug in Norwegen und den USA im Einsatz. Norwegen fördert das Projekt sehr intensiv über staatliche Subventionen. Neben Steuererleichterungen sowie besonderen Nutzungsrechten im Straßenverkehr (mit diesem Auto können die Fahrer beispielsweise Bus- und Taxifahrbahnen nutzen) wird der THINK mittels individueller wirtschaftlicher Modelle für den Kunden attraktiv.

Beim THINK kann der Käufer zwischen ZEBRA oder Lithium-Ionen Batterien wählen und so die für ihn beste Alternative wählen. Konzipiert ist das Fahrzeug vor allem für großstädtische Bereiche, in denen eine gut ausgebaute, flächendeckende Infrastruktur die Flexibilität dieses Geschäftsmodells ermöglichen kann.

• **Tesla**

Der Tesla Roadster ist eines der momentan populärsten Elektroautos, auch wenn es nur in einer kleinen Serie gefertigt wird. Das liegt zum einen daran, dass der Markt für serienreife Elektroautos noch nicht vollständig vorhanden ist, zum anderen - und das ist der wohl wesentlich schwerwiegendere Grund -

ist der Preis von ca. 118.000 für den Elektro-Sportwagen für den Massenmarkt zu hoch. Dennoch findet gerade der Tesla viel Beachtung, da er beweist, dass mit einem Elektroauto der gleiche Fahrspaß zu erreichen ist wie mit einem konventionellen Sportwagen. Dazu kommt, dass sich die solvente Kundenklientel mit dem ökologisch korrekten Sportwagen nicht mehr dem durch den Zeitgeist negativen Image eines spritfressenden Sportwagens ausgesetzt fühlen muss. Der Fahrer eines Tesla Roadster kann den Wagen dank 300 PS binnen 4 Sekunden auf 100 km/h beschleunigen, maximal fährt der Sportwagen 200 km/h. Die aktuelle Reichweite des Tesla liegt bei maximalen 350 km, für die Vollladung der Batterien werden je nach Stromstärke der Steckdose bis zu 16 Stunden benötigt.

Das Unternehmen Tesla plant für das Jahr 2011 zudem eine Elektro-Limousine, den Tesla Modell S. Dieser ebenfalls mit Lithium-Ionen Batterien ausgestattete Elektrowagen soll eine maximale Reichweite von bis zu 480 km ermöglichen und in den USA knapp 50.000 Dollar kosten. Ob der Preis und die Reichweite des Wagens wirklich zu realisieren sind, bleibt abzuwarten.

Hybridfahrzeuge

Interessanterweise haben die Vereinten Nationen eine eigene Definition für Hybridfahrzeuge entwickelt. Die von der UNO im Jahr 2003 vorgestellte Definition lautet wie folgt: "Ein „Hybridfahrzeug“ bezeichnet ein Fahrzeug, in dem mindestens zwei Energieumwandler und zwei Energiespeichersysteme (im Fahrzeug eingebaut) vorhanden sind, um das Fahrzeug anzutreiben. Als Hybrid-Elektro-Fahrzeuge (Hybrid Electric Vehicles, HEV) werden somit die Fahrzeuge bezeichnet, die neben einer anderen Antriebsart zusätzlich über einen elektrischen Antriebsstrang verfügen."⁴⁶

Hybridfahrzeuge lassen sich darüber hinaus in die folgenden Kategorien unterteilen, die sich nach dem jeweiligen technischen Konstruktionsprinzip unterscheiden.

Micro-Hybrid

Das Fahrzeug verfügt über eine Auto-Start-Stop-Funktion und Bremsenergierückgewinnung zum Laden der Batterie. Beispielsweise ist der 1er BMW (nur mit Schaltgetriebe) ab Modelljahr 2007 mit dieser Technik ausgestattet.

Mild-Hybrid

Beim Mild-Hybrid unterstützt der Elektroantriebs teil den Verbrennungsmotor zur Leistungssteigerung oder zur Effizienzsteigerung. Als Beispiel kann hier der Honda Civic Hybrid genannt werden, der seit Modelljahr 2006 nahezu Voll-Hybrid-Merkmale aufweist.

Voll-Hybrid

Beim Voll-Hybrid ist das Anfahren und Fahren ohne laufenden Verbrennungsmotor möglich, Elektro- und Verbrennungsmotor besitzen in diesem Fall vergleichbare Leistungen. Den bekanntesten Vertreter dieser Antriebsform stellt der Toyota Prius dar, der auch ohne Verbrennungsmotor ca. 50 km/h erreichen und so innerorts für kurze Strecken rein elektrisch betrieben werden kann.

Plug-In-Hybrid

Die wesentliche Eigenschaft von Plug-In-Hybrid-Elektro-Fahrzeugen (Plug-In Hybrid Electric Vehicles, PHEV) liegt darin, dass ihr elektrischer Speicher nicht nur durch den im Fahrzeug integrierten Verbrennungsmotor (Internal Combustion Engine, ICE) aufgeladen wird. Der Bezug der elektrischen Energie erfolgt in diesem Fall zum größten Teil aus dem Stromnetz.

⁴⁶ www.unece.org | 2009

Beim Plug-In-Hybrid wird davon ausgegangen, dass der Großteil der Fahrten elektrisch zurückgelegt wird. Der Verbrennungsmotor fungiert in diesem Fall nur als so genannter Range-Extender. Der bekannteste Vertreter dieser Bauart war der Audi Duo aus dem Jahr 1989. Dabei wurde das Serien-Fahrzeug um einen Elektromotor auf der Hinterachse erweitert, der aus Nickel- Cadmium-Batterien gespeist wurde.

Power-Hybrid

Der Power-Hybrid ist ein Voll-Hybrid, der einen Elektromotor mit einer Leistung von mehr als 50 kW hat. Dies ermöglicht auch rein elektrisch eine angemessene Fahrleistung. Auch wenn der Power-Hybrid an sich kein sparsames Fahren als Ziel hat, so kann durch ihn der Kraftstoffverbrauch um mindestens 20% gesenkt werden.

52 Elektrische Speichersysteme

Der Schlüssel für den Erfolg elektrisch angetriebener Fahrzeuge liegt in der effizienten und kostengünstigen Bereitstellung der nötigen elektrischen Energie im Fahrzeug. Folgende grundsätzliche Wege für die Deckung des Bedarfs sind denkbar:

- Direkte Speicherung in elektrochemischen Systemen (z.B. Batterien, SuperCaps)
- Indirekte Speicherung durch elektro-mechanische Komponenten (Schwungrad)
- Stromerzeugung on-board durch wasserstoffversorgte Brennstoffzellen
- Externe Stromzufuhr (Oberleitung, spurgebundene Systeme, Induktion etc.)

Im diesem Teil der Arbeit folgt ein kompakter Überblick über die aktuell verfügbaren und bereits in Elektro- und Hybridfahrzeugen verwendeten direkten Speichersysteme. Unter direkten Speichersystemen versteht man allgemein Batterie- und Kondensatorsysteme. Da Elektro- und Hybridfahrzeuge mit direkten

Speichersystemen zum gegenwärtigen Stand bereits verwendet werden, es im Gegensatz dazu jedoch noch kein serienreifes Produkt mit indirekter Speicherung, externer Stromzufuhr oder Stromerzeugung on-board mittels Brennstoffzelle gibt, wird im folgenden Teil der Arbeit nicht näher auf diese Systeme eingegangen.

Übersicht elektrischer Speichersysteme

Die folgenden wieder aufladbaren Batteriesysteme sind derzeit am stärksten verbreitet:

- Blei-Säure (Pb-Acid)
- Nickel-Cadmium (Ni-Cd)
- Nickel-Metallhydrid (Ni-MH)
- Lithium-Ionen (Li-Ion)
- Lithium-Polymer (Li-Poly)
- ZEBRA
(zero emission battery research activity)
- Doppelschichtkondensatoren / Supercaps

Blei-Säure-Akku

Dieser Speichertyp ist technisch völlig ausgereift, lässt sich kostengünstig herstellen und erfüllt bereits jetzt die Sicherheitsanforderungen für ein Elektrofahrzeug im Straßenverkehr. Dies beweist eindeutig die in Autos mit Verbrennungsmotor eingesetzte Starterbatterie. Die Leistungsdichte von Blei-Säure-Batterien ist zwar ausreichend, um Elektromobile im Straßenverkehr zu betreiben; sie ist jedoch allen anderen Batterietechniken leistungsmäßig wesentlich unterlegen und damit sind die spezifischen Betriebskosten im Fahrbetrieb relativ hoch. Zudem befähigt die geringe Energiedichte nur dazu, ein elektrisch betriebenes Fahrzeug im Kurzstreckenverkehr zu fahren.⁴⁷

Nickel-Cadmium-Akku

Diese Batterieart hat sich im Einsatz für elektrische Werkzeuge und für den Consumer-Bereich sehr bewährt. Die Nickel-Cadmium-Batterie zeichnet sich dadurch aus, dass sie weitestgehend wartungsfrei ist, eine lange Zyklenlebensdauer besitzt und technisch hohen Anforderungen genügt. Wirtschaftlich gesehen weist sie eine etwa gleich große Energiedichte wie eine Säure-Blei-Batterie auf. Unter ökologischen Aspekten wird der Einsatz von Cadmium kritisch gesehen.⁴⁸

Nickel-Metallhydrid-Akku

In vergleichbarer Funktionsweise wie die Nickel-Cadmium-Batterie besitzen die Nickel-Metallhydrid-Akkus jedoch eine sehr hohe Leistungsdichte. Daher eignen sie sich für eine Verwendung als Traktionsbatterien und erlauben aufgrund ihrer Energiedichte größere Aktionsradien als Nickel-Cadmium-Batterien bzw. Blei-Säure-Batterien. Unter Sicherheitsaspekten bestehen keinerlei Einwände, da dieser Typ bereits serienmäßig in Hybridfahrzeugen der Hersteller Toyota, Honda und Lexus eingesetzt wird. Ob dieser Batterietyp für den Einsatz von rein elektrisch betriebenen Fahrzeugen geeignet sein wird, hängt von der weiteren Steigerung der Energiedichte ab.⁴⁹

Lithium-Ionen-Akku

Wegen ihrer hohen Energiedichte erstreckt sich der Einsatz dieses Batterietyps im Wesentlichen auf mobile Anwendungen, bei denen ein geringes Raumvolumen mit hoher Leistung verlangt wird. Obwohl dieses Speichersystem relativ neu auf dem Markt ist, befindet es sich bereits in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstand mit der Perspektive, Energie- und Leistungsdichte noch erhöhen zu können. Derzeit stehen seinem Einsatz Sicherheitsaspekte entgegen, da die-

⁴⁷ Blank, Tobias | 2007 | S. 5 f.

⁴⁸ ebd. | 2007 | S. 6

⁴⁹ ebd. | 2007 | S. 6 f.

ser Batterietyp die so genannte Nagelprobe nicht bestanden hat und daher als leicht entzündlich gilt. Dies beinhaltet ein großes Risiko bei Unfallsituationen. Trotz der hohen Energiedichte, der unkomplizierten Schnellladefähigkeit, keines Memory-Effektes und eines großen nutzbaren Temperaturbereiches ist es ungewiss, ob dieser Typ wegen der Sicherheitsproblematik und hoher Kosten für einen Einsatz in reinen Elektrofahrzeugen in Betracht kommen wird.⁵⁰

ZEBRA

Bei dieser Batterieart werden die hohen Betriebstemperaturen im Energiespeicher als nachteilig angesehen. Die hohen Betriebstemperaturen sind notwendig, um einen Energiefluss erst zu ermöglichen. Im Übrigen gibt es keine nachteiligen Nebenreaktionen. Es besteht ein hoher Wirkungsgrad (100 % nach Coulomb) mit sehr großer energetischer Nutzung. Darüber hinaus altern diese Batterien in elektrochemischer Hinsicht praktisch kaum. Aus diesen Überlegungen wird diese Batterieart derzeit bei elektrischen Versuchsfahrzeugen, wie z. B. dem Smart Fortwo ed (electric drive), eingesetzt. Negativ muss jedoch angemerkt werden, dass bei langen Standzeiten des Fahrzeuges der Gesamtwirkungsgrad erheblich beeinträchtigt wird

durch die thermischen Verluste in der Hochtemperaturbatterie. ZEBRA-Batterien werden zurzeit nur von der Firma MES-DEA S.A. in der Schweiz hergestellt.⁵¹

Doppelschichtkondensator/Supercap

Doppelschichtkondensatoren (DLC) sind eine interessante Ergänzung zu herkömmlichen Batterien, da sie eine hohe Leistungsdichte aufweisen und über eine lange Lebensdauer verfügen. Für einen Einsatz in Elektrofahrzeugen wirkt sich die sehr geringe Energiedichte nachteilig aus. Daher kommt ein Einsatz nur als so genannter Puffer in einem mehrteiligen Speichersystem in Betracht, z. B. um die beim Bremsen zu gewinnende Energie zu reкупieren bzw. Beschleunigungsvorgänge zu unterstützen.⁵²

⁵⁰ Blank, Tobias | 2007 | S. 7 f.

⁵¹ www.isea.rwth-aachen.de | 2009

⁵² www.wima.com | 2009

Bewertung einzelner Speichersysteme

Die Zukunft von Elektrofahrzeugen wird wesentlich davon abhängen, dass dieser Fahrzeugtyp die wesentlichen fahrtechnischen Eigenschaften konventioneller Fahrzeuge wie Mobilität und Komfort besitzt. Dies wird hauptsächlich von der Qualität und Quantität der Energiesysteme abhängen. Die wesentlichen Parameter sind von der Deutschen Gesellschaft für Straßenfahrzeuge in der Publikation „Elektrofahrzeuge-Entwicklung und Perspektiven“ benannt worden. Dies sind in erster Linie die folgenden Punkte.⁵³

Energiedichte

Die Reichweite des Elektrofahrzeuges wird von der speziellen Energiedichte eines elektrischen Speichersystems bestimmt, denn das Fahrzeug setzt Höchstgrenzen für Größe und Gewicht der Speicherquelle. Die Gewichtsrelation zwischen Batterie und Fahrzeug beeinflusst die gewichtsbezogene Leistung. Forschung und Entwicklung zielen daher darauf ab, Batterien mit hoher Energiedichte zu entwickeln. Derartige Batteriesysteme haben im Vergleich eine viel geringere Energiedichte (Batterie: 35 – 155 Wh/kg, Benzin: 12.000 Wh/kg). Diese erheblichen Leistungsunterschiede können nicht einem direkten Vergleich beider

Antriebssysteme zugrundegelegt werden, da die Antriebsnutzungsgrade unterschiedlich sind und Elektrofahrzeuge Energie beim Bremsen rekupieren und in die Traktionsbatterie umleiten können. Zudem liegen der spezifische Energieverbrauch beider Antriebsarten weit auseinander: Benzin verbrauchendes Fahrzeug 60 kWh/100km und Elektrofahrzeug 20 kWh/kg.⁵⁴

Leistungsdichte

Die Leistung des Antriebsaggregates bestimmt wesentlich das Fahrverhalten eines Elektrofahrzeuges, so z. B. Beschleunigung und Geschwindigkeit. Außerdem beeinflusst die Leistung des Speichers die Ladegeschwindigkeit. Um die Leistungen von konventionellen Fahrzeugen erreichen zu können, ist bei einem Elektrofahrzeug eine Leistung zwischen 25 und 50 kW erforderlich.

Die derzeit entwickelten Speichersysteme erbringen eine Leistungsdichte von 100 bis 850 W/kg. Ob mit diesen Werten das Leistungsgewicht konventioneller Fahrzeuge erreicht werden kann, ist abhängig von der Gesamtkonzeption des Antriebssystems.⁵⁵

⁵³ www.dges.de | 2009

⁵⁴ Blank, Tobias | 2007 | S. 9 f.

⁵⁵ ebd. | 2007 | S. 10

Sicherheit

Die Deutsche Gesellschaft für Straßenfahrzeuge fordert verschiedene Sicherheitskriterien, die beim Einsatz von Batterien in Fahrzeugen unbedingt erfüllt werden müssen. Die Sicherheit ist danach nur gewährleistet, wenn sowohl während des normalen Betriebes Schwierigkeiten mit Überladung, Kurzschluss usw. als auch bei einem Unfall ein erhebliches Gefahrenpotenzial wie z. B. Brand vermieden werden kann. Wesentliche Voraussetzung dafür ist die Nagelprobe. Bei diesem Test wird mit einem eingepressten Metallstift ein Kurzschluss in der Batterie herbeigeführt und diese darf nicht in Brand geraten bzw. explodieren.⁵⁶

Spezifische Batteriekosten

Für die Wirtschaftlichkeit eines Batterietyps sind die Kosten pro Kilometer Fahrleistung während der gesamten Batterielebensdauer äußerst wichtig. Diese Kosten errechnen sich aus den Investitionskosten, den Betriebskosten und der Zyklenlebensdauer der Batterie. Investitionskosten lassen sich nur schwer durch technische Weiterentwicklung senken. Umso wichtiger ist es, Speichersysteme mit geringen Betriebskosten und hoher Lebensdauer herzustellen. Die Lebensdauer wird stark von den Betriebsbedingungen wie Tem-

peraturen, mechanische Belastungen, Vibrationen und extreme Ladezustände beeinflusst. Häufige Tiefentladung bzw. Überladung verringern die zu erwartende Zyklenlebensdauer. Um diese Nachteile zu vermeiden, sollte die Batterie eine hohe Kapazität vorsorglich aufweisen, was jedoch höhere Investitionskosten zur Folge hätte.⁵⁷

Zyklenstabilität und hohe Lebensdauer

Ein wichtiger Gesichtspunkt beim Einsatz einer Batterie ist die Lebensdauer. Dabei wird zwischen der Zyklenlebensdauer und der kalendarischen Lebensdauer, der so genannten Zyklenstabilität, unterschieden. Diese Zyklenstabilität wird davon beeinflusst, dass die Gesamtbreite der Batteriekapazität nicht ständig voll ausgenutzt wird, da Tiefentladung sowie Überladung irreversible Prozesse in Gang setzen, die zu einer schnelleren Alterung führen. Diese lässt sich vermeiden, indem der elektrisch-chemische Speicher in einem unkritischen Zustand gehalten wird. Dieser liegt etwa zwischen 25 % bis 75 % der Ladekapazität. Wird danach verfahren, dann kann auch nur die halbe Kapazität des elektrischen Speichers genutzt werden, was sich wiederum positiv auf die Lebensdauer, aber nachteilig auf die Betriebskosten auswirkt.⁵⁸

⁵⁷ ebd. | 2007 | S. 10

⁵⁸ ebd. | 2007 | S. 10 f.

⁵⁶ Blank, Tobias | 2007 | S. 10

Im Gegensatz zum Auftanken mit Benzin bei verbrennungsmotorisch betriebenen Fahrzeugen erfolgt bei Elektrostraßenfahrzeugen ein Aufladen des elektrischen Speichers. Dies kann über verschiedene Arten erfolgen. Nachstehend sind unterschiedliche für Elektrostraßenfahrzeuge in Frage kommende Ladetechniken erläutert.⁵⁹

Ladung über Standard-Steckdose

Das Aufladen eines Elektrofahrzeugs mittels einer herkömmlichen Haushaltssteckdose (230 V / 16 A) hat den Vorteil, dass sie jederzeit von jedem Nutzer zu Hause durchgeführt werden kann. Es sind keine besonderen infrastrukturellen Installationen oder Umrüstungen notwendig. Eine entsprechende Zuleitung kann in das Auto integriert werden. Bei dieser Art des Aufladens erfolgt das Lademanagement bordseitig über einen integrierten Laderegler. Die Ladung der Batterien über die traditionelle "Schuko-Steckdose" beinhaltet

kein technisches Problem. Eine externe Einspeisung über das Stromnetz unterscheidet sich nicht wesentlich von einer Einspeisung durch Rekuperation, also Energierückgewinnung beispielsweise durch Bremsenergie-Rückgewinnung. Allerdings ist diese Ladeart auf eine Leistung von etwa 3 kW beschränkt. Dadurch dauert eine Ladung für 100 km Reichweite etwa 6 bis 7 Stunden. Das entspricht einer Ladegeschwindigkeit von ca. 15 km/h.⁶⁰

Der bereits im vorangegangenen Teil der Arbeit erwähnte THINK city kann sowohl an der herkömmlichen häuslichen Steckdose als auch an Hochleistungssteckdosen geladen werden. Insofern die für dieses Fahrzeug notwendige Infrastruktur vorhanden ist, gewährleistet dies ein besonders flexibles LadeNetzwerk. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind Elektrofahrzeuge, die ihre Energie über herkömmliche Steckdosen beziehen können, klar im Vorteil, da das Stromnetz überall vorhan-

⁵⁹ Blank, Tobias | 2007 | S. 11

⁶⁰ ebd. | 2007 | S. 11 f.



B15. | THINK Ladesystem

den ist und problemlos zur Verfügung steht. Unproblematisch ist diese Ladetechnik vor allem für die Personen, die entweder ein eigenes Haus mit Parkplatz haben oder aber über eine eigene Garage mit Stromquelle verfügen und gleichzeitig das Elektroauto für festgelegte Distanzen innerhalb des Energieradius benutzen. Diese Personen verfügen über ihre eigene Energie-Infrastruktur und sind unabhängig von öffentlichen Versorgungsengpässen. Problematisch wird es, wenn das Auto im öffentlichen Raum geladen werden muss, jedoch keine öffentlich zugängliche Steckdose bereit steht. Auch wenn das Stromnetz theoretisch überall zur Verfügung steht, ist dies in der Realität nicht der Fall. Im Allgemeinen ist in einem öffentlichen Parkhaus keine Steckdose zum Laden des Autos vorhanden.

Aus diesem Grund arbeiten Industrie und Politik fieberhaft an einheitlichen Ladesystemen, um zukünftig ein Netzwerk an Ladestationen aufbauen zu können. Derzeit gibt es kein einheitliches Konzept, wie so etwas in ein paar Jahren aussehen könnte. Derzeit befinden sich verschiedene Hersteller - wie bereits beschrieben - in Testphasen in einzelnen Städten und arbeiten dort mit jeweils unterschiedlich standardisierten Steckern zum Laden.

Hochleistungsanschluss

Eine Alternative zur Ladung über den gewöhnlichen 230 V-Anschluss zu Hause ist die Ladung an einem 16 A-Drehstromanschluss. Dieser ermöglicht eine Ladeleistung von etwa 15 kW. Eine Ladung für eine Reichweite von ca. 100 km dauert etwa 80 Minuten, das entspricht einer Ladegeschwindigkeit von 75 km/h. Dieses Beispiel zeigt, dass eine Nachladung um 10 km problemlos mit aktueller Technik unter 10 Minuten zu bewältigen ist. Ein Drehstromanschluss kann, soweit noch nicht vorhanden, prinzipiell problemlos in jedem Haushalt nachgerüstet werden. Wie bei der Ladung über die Standardsteckdose muss das Lademanagement Fahrzeug intern über einen integrierten Laderegler erfolgen. Über dieses technische Konstruktionsprinzip wird eine optimale Anpassung der Ladung auf das eingebaute Speichersystem gewährleistet. Darüber hinaus ermöglicht ein internes Lademanagement den Aufbau einer Lade-Infrastruktur, da lediglich der Anschluss vorgehalten werden muss.⁶¹

Für den Einsatz von Hochleistungsanschlüssen diskutieren und erarbeiten derzeit führende Automobilhersteller, Energieunternehmen und die Politik genormte Anschlusseinheiten für Elektrostraßenfahrzeuge. Für dieses kol-

⁶¹ Blank, Tobias | 2007 | S. 12

lektive Engagement seitens aller beteiligten Shareholder gibt es mehrere Gründe. Zum einen bedarf es nach Meinung vieler Experten für den Aufbau einer flächendeckenden Strom-Infrastruktur für den automobilen Bereich normierter Standards. Nur wenn die Betankung der unterschiedlichen Fahrzeuge aller Hersteller auf dem gleichen technischen Prinzip beruht, ist ein Betrieb von Elektromobilen großräumig realisierbar. Die Automobilhersteller sehen neben der nötigen Flächendeckung zudem die Notwendigkeit eines zeitlich schnellen Ladesystems. Hochleistungsanschlüsse verringern den zeitlichen Ladeprozess deutlich, eine der Grundvoraussetzungen für einen möglichen Markterfolg der Elektrofahrzeuge. Die Stromkonzerne haben ein ganz eigenes Interesse am möglichen Einheitssystem. Zum einen garantieren standardisierte Stecker, die vom normalen Schuko-System abweichen, dass über diese Infrastruktur eben nur Fahrzeuge Energie entnehmen können und folglich kein Strom für andere Zwecke entnommen werden kann. Zum anderen aber würde eine "verplombte" Bauweise den Energieunternehmen die Möglichkeit eröffnen einen separaten Stromtarif für Autos zu schaffen. Dies ist aus Sicht der Energieversorger natürlich verlockend, aus der Konsumentensicht, aus der Sicht der Po-

litik und der Automobilhersteller ist dieser Sachverhalt jedoch bedenklich, da der Strom für das Laden eines Elektroautomobils dann anderen Preisen unterliegt und möglicherweise teurer wäre als der herkömmliche Strom. Ein absolutes Paradoxon, da der Strom ein und derselbe bleibt, für die Verwendung eines unterschiedlichen Produktes die Energie trotz gleicher Produktionskosten jedoch preislich anders bewertet wird.

Elektro-Tankstellen/Ladesäulen

Eine Ladung über speziell eingerichtete Strom-Tankstellen bzw. Ladesäulen macht die Verwendung von einheitlichen Anschlusssystemen nahezu unverzichtbar. Der Trend geht hierbei in die Richtung der bereits genannten Hochleistungsladeanschlüsse. Der Ladestrom könnte bei Anschluss an das Drehstromsystem auch höher als 16 A sein. Strom-Tankstellen könnten im öffentlichen Raum beispielsweise konzentriert in Parkhäusern, auf Parkplätzen, bei privaten und gewerblichen Betreibern als auch auf Firmenparkplätzen installiert werden. Zukünftige Überlegungen bestehen darin, drahtlose oder automatisierte Ladesysteme zu entwickeln, um den technisch, logistischen Aufwand zum Nachladen für den Nutzer zu verringern.⁶²

⁶² Blank, Tobias | 2007 | S. 12



B16. | Stromtankstelle

Am Beispiel des MINI E wird ein solches System deutlich. Das in der derzeitigen Testphase befindliche Konzept beliefert seine MINI E Testkunden an fest installierten Strom-Tankstellen mit dem nötigen Strom aus regenerativen Energien.

Um zukünftig ein Elektroauto problemlos an allen verfügbaren Strom-Tankstellen aufladen zu können, haben sich führende Autohersteller und Energiekonzerne auf einen gemeinsamen Standard-Stecker für Elektroautos geeinigt. Der Stecker, mit dem Fahrzeugbesitzer weltweit die Batterien ihrer Elektroautos aufladen sollen, wurde auf der Industrieschau "Hannover Messe" von den beteiligten Firmen präsentiert.

Laut einer Sprecherin des Energiekonzerns RWE soll der Stecker dreiphasig sein. Seine Spannung liegt bei 400 Volt und die Stromstärke reiche bis zu 63 Ampere. Das reicht angeblich aus, um die Batterie eines Elektroautos in wenigen Minuten zu laden. Die Details zum neuen Industriestandard sollen für jeden Stromanbieter und Autobauer frei zugänglich sein.

Der Stecker ist laut RWE entscheidend für die Entwicklung der zukünftigen Elektroautos, demnach muss ein Auto in Italien genauso betankt werden können wie in Dänemark, Deutschland oder Frankreich. Erst wenn es europaweit einheitliche Anschlüsse gäbe, könnten die Autokonzerne Elektroautos in Serienproduktion herstellen. Probleme wie mit Rasierapparaten oder Laptops in fremden



Ländern müssten für den PKW-Vertrieb vorab gelöst werden.

Die Erwartungen an die neue Technologie werden von den Projektbeteiligten jedoch schnell gebremst. Nach Meinung von Bernd Bohr, Geschäftsführer des Autozulieferers Bosch, wird für die Entwicklung eines weltweiten Elektromobil-Marktes weiterhin Zeit benötigt. Es ist nicht zu erwarten, dass übermorgen jedes zweite Auto mit Strom fährt. Dennoch sei die Richtung, in die der Markt sich entwickelt, abzusehen und es wird erwartet, dass der Anteil an Elektrofahrzeugen zunehmen wird. Vor allem die hohen Kosten für den Elektroantrieb und die Batterien verhinderten bisher eine Produktion für den Massenmarkt.⁶³

Wechselbatterie-Stationen

Neben dem Konzept, Elektrofahrzeuge an privaten oder öffentlichen Stromtankstellen aufzuladen, wird in Industrie und Politik seit einiger Zeit eine wenn auch nicht neue, so doch interessante Alternative diskutiert. Entwickelt und analysiert werden Systeme, die darauf beruhen, die Speichereinheit an sich, also die gesamte Batterie, physikalisch zu tauschen. Dabei wird eine entladene Batterie aus einem Pkw durch eine voll aufgeladene Batterie ersetzt. Um solche Systeme etablieren zu können, ist es notwendig, sich auf wenige unterschiedliche Formfaktoren für Speicher zu verständigen. Dies vereinfacht die Logistik der Wechselbatteriestationen. Der Austausch der Speichereinheiten sollte so automatisiert wie möglich ablaufen. Das erfordert natürlich genormte Standards und Vorgaben für

⁶³ www.netzwelt.de | 2009

better place



B18. | Logo Better Place

62

Elektrostraßenfahrzeuge. Kritiker befürchten vielfältige Einschränkungen beim Fahrzeugdesign, Befürworter sehen in diesem Konzept jedoch große Entwicklungspotenziale sowohl im Bereich der Fahrzeugkonzepte als auch im Bereich der infrastrukturellen Energieversorgung.

Das Konzept des Batterietauschs wurde bereits um 1990 in Düsseldorf in einem Modellversuch mit Bussen getestet. Vor allem unter dem Aspekt der zukünftigen Nutzung der Batteriespeicher im Regelenenergiemarkt sollte die Machbarkeit von Wechselbatterie-Stations- Konzepten überlegt werden, da so zentrale Speichereinheiten an diesen Stationen entstehen können.⁶⁴

Better Place

Derzeit wird das Konzept des Batterietauschs mit dem Projekt des Unternehmens "Better Place" fortgesetzt. Das Projekt gilt als eines der zukunftssträchtesten im derzeitigen Bereich der infrastrukturellen mobilen Energie-Konzepte. Shai Agassi, ehemaliger Vorstand des Softwarekonzerns SAP, will mittels seines Unternehmens Better Place dem Elektroauto zum Durchbruch verhelfen. In Israel, Dänemark und Kanada soll ein Netz bestehend aus bis zu 500.000 Ladestationen die Versorgung

der Elektrofahrzeuge mit Energie jederzeit gewährleisten. Die Abhängigkeit vom Öl als primäre Energiequelle soll dadurch weitgehend überflüssig werden, getankt werden soll zukünftig per Stromkabel. "Ähnlich wie in der Mobilfunkbranche zahlen die Leute dafür eine Abogebühr", erläutert Agassi. "Und genau wie dort gibt es das Gerät umsonst dazu."⁶⁵

Neben einem flächendeckenden Netz aus öffentlichen Ladestationen soll ein Netz an Batterieaustauschstationen aufgebaut werden. Um dem Problem der derzeit ungenügenden Reichweiten von Elektromobilen entgegenzuwirken setzt das Unternehmen auf einen kompletten Austausch der Batterien im Fahrzeug. Der vollautomatisierte Austauschvorgang soll dabei nicht länger dauern als ein Tankvorgang an einer konventionellen Tankstelle.

Better Place arbeitet bei der Realisierung dieses ehrgeizigen Plans mit einem jeweiligen nationalen Energieversorger und der Politik zusammen. Nur wenn von diesen Projektbeteiligten besondere Konditionen für die Better Place-Kunden garantiert werden ist das Projekt wirtschaftlich tragbar. Die Energieunternehmen bekommen bei der Kooperation ein exklusives Vermarktungsrecht und können so zukünftig den Strommarkt im au-

⁶⁴ Blank, Tobias | 2007 | S. 12 f.

⁶⁵ www.spiegel.de | 2008



Better Place Batterie-Tauschsystem | B19.

tomobilen Sektor kontrollieren. Um den Kunden den Einstieg in den Elektroauto-Markt zu erleichtern, erhalten die Verbraucher von der Politik erhebliche Steuererleichterungen. Um das Projekt jedoch tatsächlich erfolgreich realisieren zu können, benötigt Better Place die Unterstützung der Automobilhersteller. Nur wenn diese in ausreichendem Maße geeignete Autos zur Verfügung stellen, werden Kunden das Konzept annehmen. Als erstes Unternehmen hat Renault-Nissan angekündigt ein Elektroauto für das Projekt Better Place zu konstruieren. Andere Hersteller sind momentan noch zurückhaltend, was eine enge Kooperation betrifft. Better Place will den Kunden die Autos zusammen mit einem Strom- und Batterieabo verkaufen. Den Wagen gibt es umsonst oder zu einem reduzierten Preis, dafür unterschreibt der Konsument einen mehrjährigen Vertrag. An den Ladestationen kann er seinen Akku aufladen, die Identifizierung des Fahrzeugs und die Abrechnung erfolgen automatisch per Software und Funkchip. Das System funktioniert im Prinzip wie bei einer Sim-Karte im Handy.

Ziel des Projektes ist eine weltweite Reduzierung des vom Autoverkehr verursachten CO₂-Gehalts zu erreichen. Darüber hinaus könnte ein Aufbrechen des Ölmonopols hohe

Gewinne versprechen. Allein der europäische Markt für Sprit hat ein Volumen von 500 Milliarden Euro im Jahr. Eine Umverteilung eines Bruchteils dieses Energiepotentials bedeutet viel Geld für die beteiligten Energieunternehmen.

Ende des Jahres starten in Israel die ersten Feldtests, bis 2011 soll Israels Elektroauto-Netz fertig sein. Einige Branchenexperten erwarten jedoch ein Scheitern des Projektes. "Das scheint mir ein Hirngespinnst zu sein", spottete etwa Akkuexperte Menahem Anderman von Total Battery Consulting in der "Business Week".

Tomi Engel, Elektroauto-Experte der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS), hält dagegen, die Akkus würden stetig besser. "Das Problem ist nicht die Technik. Das Problem ist, dass es bisher kein tragfähiges Geschäftsmodell gibt." Ohne ein Netz von Ladestationen seien Elektroautos für Konsumenten uninteressant. "Die Autohersteller interessieren sich aber nicht für die Infrastruktur. Das ist ein klassisches Henne-Ei-Problem". Das Projekt Better Place hält Engel für "einzigartig, weil hier alles gebündelt wird". Darüber hinaus ist laut Engel die Unterstützung des Projekts durch die Politik der springende Punkt. Technische und finanzielle Fragen seien nachrangig.⁶⁶

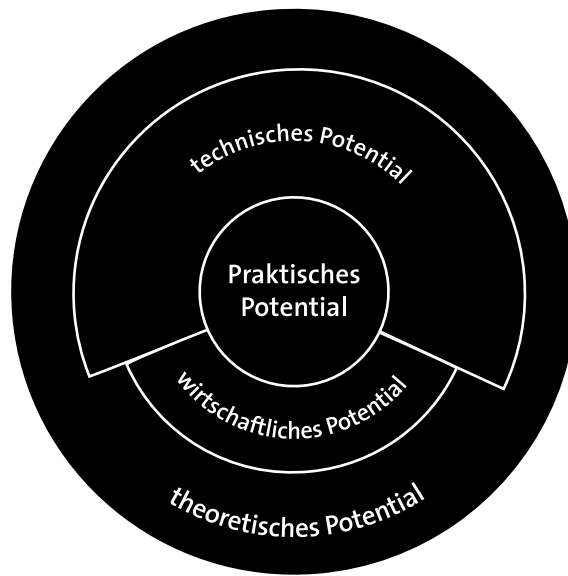


Abb. 5 | Potenzialbegriffe

64 Potential Elektromobilität

Ein wesentliches Kriterium für die Effizienz einer neuen Technologie oder Maßnahme ist deren Umsetzungspotenzial. Hierbei kann man zwischen dem theoretischen, technischen, wirtschaftlichen und dem praktischen Potenzial unterscheiden. Die einzelnen Teilpotenziale sind jedoch nicht unabhängig voneinander zu betrachten, sondern sie sind untereinander verknüpft. Jede Teilmenge eines Potenzials enthält immer die Teilmenge eines anderen Potenzials.⁷⁷

Theoretisches Potential

Als theoretisches Potenzial wird die maximal mögliche Umsetzung einer Technologie verstanden, die sich aus dem gesamten Angebot oder der gesamten Nachfrage ergibt. Die theoretischen Potenziale können aufgrund technischer und wirtschaftlicher Einschränkungen nur zum kleinen Teil genutzt werden.

Technisches Potential

Das technische Potenzial ergibt sich aus dem theoretischen Potenzial unter Berücksichtigung technischer, ökologischer, infrastruktureller und anderer Belange. Technische Rahmenbedingungen und ökologische Forderungen können das nutzbare Potenzial erheblich einschränken.

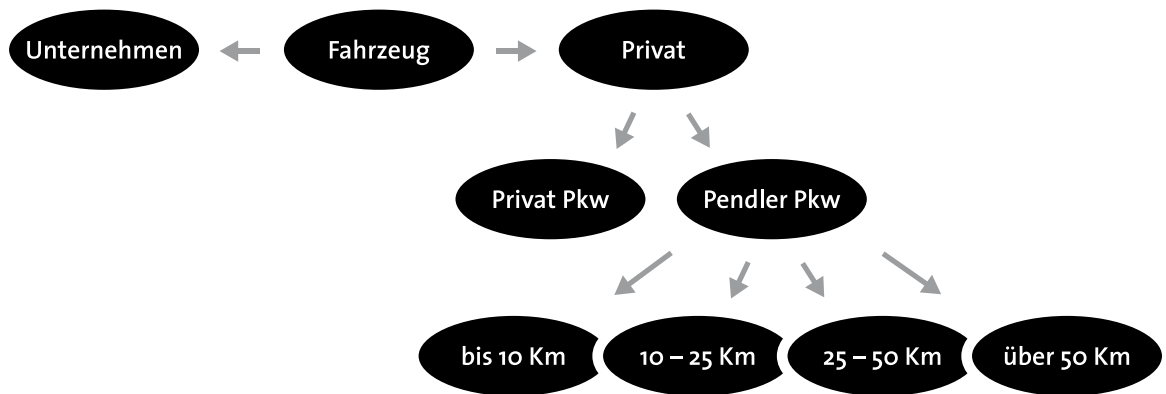
Wirtschaftliches Potential

Das wirtschaftlich nutzbare bzw. ausbaufähige Potenzial entspricht dem Anteil des technischen Potenzials, der wirtschaftlich im Vergleich zu anderen Energieformen genutzt werden kann. Als Kriterium dafür wird die Amortisation des investierten Kapitals innerhalb der Nutzungsdauer herangezogen.

Praktisches Potential

Das praktische Potenzial beschreibt die zu erwartende tatsächliche Anzahl an Fahrzeugen. Es ist in der Regel geringer als das wirtschaftliche Potenzial, da es im Allgemeinen nicht

⁷⁷ Wagner, Rudolph | 1997



Einteilung in die Nutzungsklassen | Abb. 6

sofort, sondern allenfalls innerhalb eines längeren Zeitraumes vollständig erschließbar ist. Dies liegt unter anderem in den nur begrenzten Kapazitäten für die Herstellung der Fahrzeuge und deren Komponenten, der noch gegebenen Funktionsfähigkeit vorhandener Fahrzeuge sowie einer Vielzahl sonstiger Hemmnisse (u.a. Akzeptanzprobleme, mangelnde Information) begründet, die selbst einer wirtschaftlichen Nutzung entgegenstehen. Das praktische Potenzial kann aber auch größer als das wirtschaftliche Potenzial sein, wenn z. B. eine staatliche Förderung gewährt wird.

Ermittlung des technischen Potentials

Basierend auf Daten der Studie "Verkehr in Zahlen 2006/2007" (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Straßenentwicklung) lässt sich laut dem Verfasser der Studie "Elektrostraßenfahrzeuge" Tobias Blank, die an der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. entstand, die Anzahl der auf deutschen Straßen existierenden Personenkraftfahrzeuge und deren zurückgelegten Gesamtkilometern ermitteln. Mit Hilfe dieser Statistiken ist es möglich das technische Potenzial der elektrisch substituierbaren Verkehrsleistungen

und den daraus resultierenden Energiebedarf zu bestimmen. Dazu werden die Fahrzeuge sechs Nutzungsklassen zugeordnet. Die Einteilung ist in dargestellten Abbildung zu sehen.⁷⁸

Zur Ermittlung des möglichen Potenzials von Elektroautos werden die Fahrzeuge unterteilt in Fahrzeuge, die auf ein Unternehmen oder eine Privatperson zugelassen sind. Bei Privatwagen unterscheidet man weiterhin zwischen den Einsatzbereichen der Fahrzeuge. Interessant ist, ob die Fahrzeuge hauptsächlich zum Pendeln zur Arbeit oder für Privatfahrten genutzt werden. Man kann also zwischen Geschäftsfahrzeugen, Privatfahrzeugen und Pendlerfahrzeugen unterscheiden. Für den Gebrauch eines Elektroautos oder Hybridautos sind die Pendlerfahrzeuge wegen der Planbarkeit und regelmäßig wiederkehrender Fahrten besonders interessant. Auf Grund der gleichbleibenden Strecken werden diese nach der einfach zurückzulegenden Strecke zum Arbeitsplatz in vier Entfernungsklassen eingeteilt:

- bis 10 km, Durchschnitt: 4 km
- 10 bis 25 km, Durchschnitt: 14 km
- 25 bis 50 km, Durchschnitt: 35 km
- über 50 km, Durchschnitt: 60 km

⁷⁸ Blank, Tobias | 2007 | S. 21

Darüber hinaus ist bei den Pendlerfahrzeugen ein weiteres Merkmal maßgeblich für deren effektiver Energienutzung. Pendlerfahrzeuge werden teilweise von mehreren Personen (Mitfahrer) genutzt, in Deutschland ist die durchschnittliche Personenzahl größer eins.

Jahresfahrleistung von Pendlern

Für die vier Entfernungsklassen bei Pendlern kann die Jahresfahrleistung für das Pendeln mittels der durchschnittlich zurückgelegten Strecke bis zum Arbeitsplatz ermittelt werden. Jeder Entfernungsklasse wird eine mittlere Entfernung zum Arbeitsplatz zugeordnet. Die Herleitung soll anhand der Entfernungsklasse bis 10 km erläutert werden. Gewichtet man die mittlere Strecke der Entfernungsklasse mit dem Nutzungsanteil, so erhält man sowohl für die Berufspendler als auch für die Pkw-Fahrer eine durchschnittliche Strecke von 4 km, für die Entfernungsklasse bis 10 km. Auf dieser Herleitung basierend wird für die Pendler der zweiten Entfernungsklasse von 10 bis 25 km die durchschnittliche Strecke auf 14 km festgelegt. Dieser Wert liegt unterhalb der Klassenmitte von 17,5 km, da davon ausgegangen wird, dass ein Großteil innerorts pendelt und dadurch eine Strecke geringer 17,5 km zurücklegt. Die durchschnittliche We-

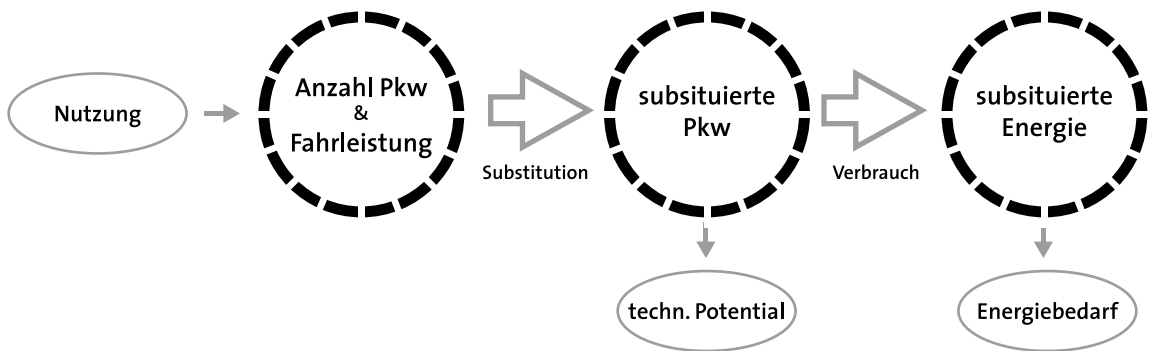
glänge für Pendler mit einer Entfernung zwischen 25 und 50 Kilometern zum Arbeitsplatz wird auf 35 km festgelegt. Pendlern, die eine Strecke länger als 50 Kilometer zum Arbeitsplatz zurücklegen, wird eine durchschnittliche Weglänge von 60 Kilometern zugeordnet. Es wird davon ausgegangen, dass die Länge der Pendlerstrecken die untere Klassengrenze von 50 Kilometern nicht stark überschreitet. Denn ist die Entfernung zum Arbeitsplatz deutlich größer, so wird davon ausgegangen, dass ein Pendler einen Umzug in Erwägung zieht.

Bei der Angabe der durchschnittlichen Weglänge handelt es sich um die einfache Entfernung; Pendler legen diese Strecke also zweimal an 220 Arbeitstagen im Jahr zurück.

Des Weiteren muss bei den Pendlerfahrzeugen berücksichtigt werden, dass sie nicht ausschließlich dem Zweck des Pendelns dienen, sondern auch privat genutzt werden. Die Jahresfahrleistung dieser Fahrzeuge setzt sich also aus der Jahresfahrleistung zum Pendeln und der privat zurückgelegten Strecken zusammen.

Geschäftsfahrzeugen

Geschäftsfahrzeuge werden laut Angaben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und



Ermittlung des technischen Potenzials und des Energiebedarfs | Abb. 7

Straßenentwicklung in den Statistiken nur nach deren geschäftlicher Nutzung erfasst, jegliche private Nutzung dieser Fahrzeuge wird nicht gewertet. Über die Jahresfahrleistung der geschäftlich genutzten Fahrzeuge liegen keine Statistiken vor. Die gefahrenen Jahreskilometer mit solchen Autos entspricht demnach den gefahrenen Personen-Kilometern. Die Anzahl der Personen in diesen Fahrzeugen wird der der Pendlerfahrzeuge entsprechend gewertet.

Jahresfahrleistung von privat Pkw

Werden die Fahrleistungen der Pendler- und Geschäftsfahrzeuge von den Gesamtkilometern abgezogen so erhält man die auf privat genutzte Pkw entfallenden Kilometer. In der oben dargestellten Abbildung ist die Vorgehensweise zur Ermittlung des technischen Potenzials und des Energiebedarfs aller vorher Beschriebenen dargestellt.

Mittels eines solchen Analyse-Prozesses kann für jede Nutzungsklasse bestimmt werden, wie viele Pkw mit konventionellen Antrieben durch Elektrostraßenfahrzeuge ersetzbar sind. Da es sich bei solchen Betrachtungen um Prognosen zur technischen und wirtschaftlichen Entwicklung der im Straßenverkehr existierenden Fahrzeuge handelt, ist es

sinnvoll dies an Hand von zwei Szenarien zu untersuchen: das pessimistische und das optimistische Szenario.

Szenario

Pessimistisches Szenario

Für das pessimistische Szenario wird die Annahme aufgestellt, dass es zukünftig vor allem im Bereich der urbanen Ballungsräume vermehrt zu Fahrverboten kommen könnte. Mit der Einführung der Umweltzonen in einigen deutschen Großstädten und den damit verbundenen Zufahrtsberechtigungen mittels der grünen Plakette startete die Politik bereits vor einiger Zeit den Versuch, die Emissionen bestimmter Fahrzeugtypen einzuschränken. Auch die europäischen Richtlinien zur Feinstaub-Belastung könnte in den nächsten Jahren dazu führen, dass zu bestimmten Zeiten innerstädtische Bereiche für Autos nur noch eingeschränkt zu erreichen sind. Ziel ist Emissionen, Immissionen, sowie Verkehrsbelastung gering zu halten.

In den drei größten Städten Deutschlands Berlin, Hamburg und München sind zusammen ca. 2,5 Mio. PKW zugelassen. Das bedeutet, dass die Summe aller in den Innenbereichen zugelassenen Fahrzeuge (inkl. aller

Pendlerfahrzeuge und der nötigen Liefer- und Servicefahrzeuge) für diese Bereiche etwa bei 1,5 Mio. Fahrzeugen liegt. Für das pessimistische Szenario wird davon ausgegangen, dass ungefähr die Hälfte dieser von wahrscheinlich auftretenden Fahrverboten betroffenen Fahrzeugen elektrisch substituiert wird.

Die Größenordnung dieser Zahlen entspricht in etwa den Zielen, die von der Bundestagsfraktion Bündnis 90, Die Grünen in ihrem Konzept "Energie 2.0 - Die grünen Maßnahmen bis 2020" veröffentlicht wurden.⁷⁹

"Dieses Konzept sieht vor, dass bis zum Jahr 2020 1 Mio. Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen eingesetzt werden. Bei diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass dieses Ziel auch mit regem politischem Interesse verfolgt wird und somit, notfalls auch mit Subventionsmitteln, erreicht wird."⁸⁰

Die Verteilung der elektrisch gefahrenen Fahrleistungen gliedert sich nach Annahmen aus dem pessimistischen Szenario in folgender Weise:

- 10 % Kleinwagen, vorwiegend Lieferfahrzeuge, da davon ausgegangen wird, dass sich Elektrofahrzeuge mit ZEBRA-Batterie in Privathaushalten nicht durchsetzen werden.

- 70 % Kompaktklasse, der Großteil der Elektrofahrzeuge werden Fahrzeuge der Kompaktklasse sein, da die Realisierung eines Elektrofahrzeugs im Conversion-Design zunächst in einer Fahrzeugklasse erwartet wird, die den Massenmarkt bedient.

- 20 % Plug-In-Hybrid, Fahrzeughalter, die auf die Sicherheit, notfalls höhere Reichweiten zurücklegen zu können, nicht verzichten können oder wollen, verwenden Plug-In-Hybridfahrzeuge.

Optimistisches Szenario

Für dieses Szenario werden neben Gesetzen, die zur Erreichung der politisch gesetzten Mindestziele führen sollen, zusätzliche Förderinitiativen existieren, die über die gesetzlichen Ziele hinausgehen. Schon zum gegenwärtigen Stand gibt es in unterschiedlichen Kommunen, Ländern oder auch internationalen Staaten verschiedene Gesetze und Anordnungen, die die Attraktivität von Hybrid- und Elektrofahrzeugen erhöhen. Zielsetzung dieser Initiativen ist immer eine Senkung der Emissionen in den betroffenen Gebieten. Die folgenden Beispiele dokumentieren diesen Sachverhalt:

⁷⁹ Bundestagsfraktion Bündnis 90, Die Grünen | 2007

⁸⁰ Blank, Tobias | 2007 | S. 30

- In den USA gibt es seit Januar 2006 Steuererleichterungen für Hybrid-Fahrzeuge. Durch den Kauf eines Hybrid-Fahrzeugs können die zu zahlenden Einkommensteuern reduziert werden. In einigen Staaten wie z.B. Kalifornien dürfen Hybrid- und Elektrofahrzeuge sowie Fahrzeuge mit alternativen Antrieben auf speziellen Fahrbahns Spuren fahren (High-occupancy vehicle lane, normalerweise nur für Fahrzeuge mit mehr als zwei Personen/Bus- und Taxifahrbahnen).
- Zusätzlich dürfen Hybridfahrzeuge kostenlos auf manchen mautpflichtigen Straßen fahren.
- In einigen amerikanischen Städten dürfen Hybrid- und Elektrofahrzeuge seit 2004 an allen kostenpflichtigen Parkplätzen und Parkhäusern kostenlos parken.
- In Deutschland gelten reduzierte Sätze für die Kfz-Steuer und günstige Versicherungstarife für Hybrid- und Elektrofahrzeuge.
- In London sind Elektrofahrzeuge im Innenstadtbereich von der Congestion-Charge (City-Maut) befreit.

Nach Angaben des Innovations Report wurden auf der "Nationalen Strategiekonferenz Elektromobilität" von der Bundesregierung und führenden Wirtschaftsunternehmen neben staatlichen Förderinitiativen, Marktanreizprogramme seitens der Industrie für denkbar erklärt. Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge werden hinsichtlich eines optimistischen Szenarios verstärkt diskutiert. Für diese Fahrzeugtypen besteht die theoretische Möglichkeit für den Zeitraum, in dem diese Fahrzeuge über das Stromnetz geladen werden, als "virtuelles Kraftwerk" zu fungieren und somit Energieversorgern zur Bereitstellung von Regelleistung im Netz zur Verfügung zu stehen.⁸¹

Wesentlicher Einflussfaktor für die Entwicklung der Elektroautos und deren seriemäßiger Markteintritt ist der technische Fortschritt vor allem im Bereich der Speichertechnologie. Höhere Reichweiten bei gleich bleibendem Fahrzeuggewicht bzw. ein geringeres Fahrzeuggewicht bei gleich bleibender Reichweite ermöglichen zukünftig einen verstärkten Kaufanreiz der Elektroautos. Neben sinkenden Produktions- und Betriebskosten von Elektromobilen bewirkt der zukünftig steigende Ölpreis in ökonomischer Hinsicht die Förderung von Elektrostraßenfahrzeugen (einige Experten prognostizieren einen

⁸¹ www.innovations-report.de | 2008

Ölpreis von ca. 3 pro Liter für das Jahr 2020).

Gleiches gilt auch für die möglicherweise zukünftig eingeführten CO₂-Emissions-Steuerungen von Kraftfahrzeugen. Mit einem stetig zunehmenden Umweltbewusstsein könnte auch das Elektrostraßenfahrzeug vor der Garage zu einem nachhaltigen, verantwortlichen Image beitragen.

In diesem Szenario wird von folgender Verteilung der elektrisch gefahrenen Fahrleistungen ausgegangen:

- 30 % Kleinwagen, es wird davon ausgegangen, dass in diesen Fahrzeugen zukünftig Speichersysteme eingesetzt werden, die die Verwendung dieser Elektroautos in Privathaushalten vereinfachen und somit dieses Fahrzeug zum vollwertigen Pendlerfahrzeug machen.
- 60 % Kompaktklasse, der Großteil der Elektroautos werden weiterhin Fahrzeuge der Kompaktklasse sein, da die Realisierung eines Elektroautos im Purpose-Design auch zunächst in der Kompaktklasse erwartet wird.

- 10 % Plug-In-Hybrid, auf Grund der Tatsache, dass zukünftig höhere Reichweiten elektrisch zurückgelegt werden können, sinkt die Notwendigkeit, statt einem reinen Elektroauto ein Plug-In-Hybrid-Fahrzeug zu verwenden.

Substitutionspotential Elektromobilität

In Deutschland waren im Jahr 2004 nach Angaben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Straßenentwicklung 46 Millionen Fahrzeuge zugelassen, die eine Strecke von insgesamt 590 Mrd. km zurücklegten. Dabei handelt es sich um 4,9 Millionen Unternehmens-Fahrzeuge und 41,3 Mio. Fahrzeuge aus dem privaten Sektor. Für den Pendelverkehr zur Arbeit verwendet der Großteil der Erwerbstätigen den privaten Pkw, dies entspricht rund 18,5 Mio. Fahrzeugen.

Von diesen 18,5 Mio. Autos wiederum wird von 7,4 Mio. Pkw eine Strecke von weniger als 10 Kilometer zur Arbeitsstätte zurückgelegt, 7,0 Mio. Pendler legen eine Strecke zwischen 10 und 25 Kilometer zurück. Lediglich 2,9 Mio. Pendler sind zwischen 25 und 50 Kilometern und nur 1,2 Mio. Fahrer sind länger als 50 Kilometer zum Arbeitsplatz unterwegs. In diesen 18,5 Mio. Fahrzeugen werden neben den Fah-

ern zusätzlich noch ca. 1 Mio. Mitfahrer zur Arbeit befördert, so dass die durchschnittliche Anzahl an Pendlern bei ca. 1,05 Personen pro Fahrzeug liegt.⁸²

Neben der Anzahl der im Verkehrsnetz vorhandenen Autos spielt bei theoretischen Strategien, Autos mit Verbrennungsmotoren durch alternative Antriebstechniken zu ersetzen auch die jährliche Gesamtfahrleistung der Fahrzeuge eine tragende Rolle. Die Jahresfahrleistung fürs Pendeln kann aus der durchschnittlichen Weglänge ermittelt werden (Beispiel: Pendlerverkehr bis 10 Kilometer). 7,4 Mio. Pkw legen an 220 Arbeitstagen im Jahr zweimal die Strecke von 4 Kilometern zurück. Es ergibt sich eine Jahresfahrleistung fürs Pendeln von 14,5 Mrd. km, 1.941 km pro Pkw. Kombiniert mit privaten Strecken aus der Freizeit ergibt sich eine Jahresfahrleistung für Pendler bis 10 km von 6.816 km pro Pkw und 50,7 Mrd. km insgesamt. Analog hierzu lässt sich für alle anderen Verkehrsaufkommen die Jahresfahrleistung bestimmen.

Pessimistisches Szenario

Im vorangegangenen Teil der Arbeit wurde das pessimistische Szenario erläutert. In diesem wird nur ein geringer Teil der Fahrzeuge elektrisch substituiert, da sich durch das

Conversion-Design des Fahrzeuges starke technische Einschränkungen in der Nutzung ergeben. Den deutlichsten Substitutionsgrad besitzen nach Ansicht von Energieexperten der Forschungsstelle für Energiewirtschaft in diesem Szenario mit 10 % die geschäftlich genutzten Fahrzeuge. Auf Grund einer prognostizierten nur geringen Akzeptanz von Elektroautos im Markt werden in diesem Szenario zukünftig lediglich knapp 1 Mio. Fahrzeuge elektrisch ersetzt. Mehr als die Hälfte dieser Fahrzeuge (490.000 Fahrzeuge) werden geschäftlich genutzt, die übrigen 350.000 entfallen auf die Pendler.

Insgesamt werden im pessimistischen Szenario nach der Substitution 16,3 Mrd. km elektrisch zurückgelegt. Auch hier entfällt der Großteil der Jahresfahrleistung mit 10,9 Mrd. km auf die Nutzungsklasse der geschäftlich genutzten Pkw. Die Pendler legen die restlichen 5,4 Mrd. km zurück. Somit werden nach der Substitution insgesamt 3 % der Jahresfahrleistung elektrisch zurückgelegt.

Für Elektroautos lässt sich ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 20 kWh auf 100 Kilometer festlegen. Bezüglich der in diesem Szenario zu erwartenden Anzahl an Elektromobilen bedeutet das, dass pro Jahr eine

⁸² Blank, Tobias | 2007 | S. 42

Energiemenge von 3,3 GWh durch die Elektrostraßenfahrzeuge nachgefragt werden könnte (Pendlerfahrzeuge: 1,1 GWh, geschäftliche Elektroautos: 2,2 GWh).

Optimistisches Szenario

Betrachtet man dieses Szenario, so ist laut Analyse der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. die Möglichkeit konventionelle Antriebstechnologien durch Elektroautomobile zu substituieren deutlich größer. Durch das in diesem Szenario vorgesehene Konstruktionskonzept (Purpose Design), können in allen Pkw-Klassen Elektroautos ersetzt werden. Dies liegt an den wegfallenden technischen Restriktionen bei Fahrzeugen, die von Beginn an für den Einsatz von Elektromotoren entwickelt wurden. Technische Weiterentwicklungen ermöglichen zukünftig ansteigende Reichweiten, diese ermöglichen sowohl Pendlern aller Entfernungsklassen, als auch Privatpersonen ein Elektrostraßenfahrzeug zu nutzen.

Die Substitutionsgrade reichen in diesem Szenario von 10 % für Pendler mit einer Entfernung bis zu 10 Kilometern zum Arbeitsplatz bis zu 50 % bei Pendlern von 25 bis 50 Kilometern. Die Ergebnisse der Substitution sind in der Tabelle dargestellt. Aufgrund einer

deutlich höheren Marktdurchdringung werden insgesamt 8,4 Mio. konventionelle Autos elektrisch ersetzt. Der größte Teil entfällt mit 4,6 Mio. Autos auf die Pendler.

Insgesamt werden im optimistischen Szenario nach der Substitution von insgesamt 14,5 Mio. Fahrzeugen jährlich 206 Mrd. km elektrisch zurückgelegt. Auch hier entfällt der Großteil der Jahresfahrleistung mit 100 Mrd. km auf die Nutzungsklasse der Pendler. 55 Mrd. km werden von den 2,4 Mio. geschäftlichen Fahrzeugen zurückgelegt und 51 Mrd. km von den privat genutzten Pkw. Insgesamt werden in diesem Szenario von 18 % der Fahrzeuge also 22 % der Jahresfahrleistung aller Pkw zurückgelegt.

Für die Bestimmung des Energiebedarfs von Elektroautos im optimistischen Szenario lässt sich ebenfalls ein durchschnittlicher Energieverbrauch von 20 kWh auf 100 km festlegen. Durch die deutlich größere Anzahl der substituierten Pkw und der daraus resultierenden größeren Jahresfahrleistung, die elektrisch zurückgelegt wird, ist auch der Energiebedarf dieses Szenarios fast acht mal so groß wie der des zuvor betrachteten Szenarios und beträgt 25,5 GWh. Mit 13,8 GWh wird mehr als die Hälfte der Energie von den Pendlerfahr-

zeugen verbraucht. 6,6 GWh entfallen auf die geschäftlich genutzten, 5,1 GWh auf die privat genutzten Pkw.

Vergleichsergebnisse

Stellt man die Anzahl der substituierbaren Autos gegenüber so fällt auf, dass im optimistischen Szenario insgesamt fast zehnmal so viele Pkw ersetzt werden können wie im pessimistischen. Dies liegt vor allem an den ersetzten privaten Pkw, diese bilden den größten Anteil der substituierten Pkw im zweiten Szenario.

Im Vergleich zum pessimistischen Szenario verzehnfacht sich der Grad der Substitution beim optimistischen Szenario im Bereich der Pendlerautos. Deutlich wird das Potenzial, wenn man bedenkt, dass in beiden Szenarien der gleiche Pkw Bestand existiert.

Im pessimistischen Szenario werden nach der Substitution lediglich 16 Mrd. km elektrisch zurückgelegt werden, im optimistischen sind es hingegen 100 Mrd. km mehr, somit liegt eine Verachtfachung der substituierten Jahresfahrleistung vor. Dass nicht wie bei der Anzahl der Pkw eine Verzehnfachung vorliegt, beruht auf den unterschiedlichen Jahresfahrleistungen der Fahrzeugklassen. Im pessimis-

tischen Szenario wird der Großteil der Pkw in der Nutzungsklasse der Geschäftsfahrzeuge ersetzt. Diese Nutzungsklasse weist mit Abstand die größte Jahresfahrleistung auf. Im optimistischen Szenario hingegen werden mehr Pkw ersetzt, die eine geringe Jahresfahrleistung pro Pkw aufweisen. Deshalb werden im pessimistischen Szenario pro Pkw mehr Kilometer zurückgelegt als im optimistischen.

Für den durchschnittlichen Energieverbrauch liegt ebenfalls eine Verachtfachung des Energiebedarfs vom pessimistischen zum optimistischen Szenario vor. Das Verhältnis der beiden Energiewerte ist gleich dem Verhältnis der Jahresfahrleistungen.



Erkenntnisse der Recherche

76 Erkenntnisse der Recherche

Im folgenden Teil der Arbeit werden die oben formulierten Erkenntnisse der Recherche zusammengefasst. Diese Inhalte bilden die Grundlagen für das spätere Konzept dieser Arbeit. An Hand des optimistischen und pessimistischen Szenarios für eine mögliche zukünftige Entwicklung der Elektroautos wird deutlich, dass es zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur schwer auszurechnen ist, wie genau sich die Aufteilung von konventionellen und alternativen Antriebskonzepten gestalten wird.

Sowohl für das pessimistische als auch das optimistische Szenario findet man Kommentare, Quellen und Analysen von Experten, die ihren jeweiligen Standpunkt zur Entwicklung der Elektroautos fundiert beschreiben. Unbestritten ist, dass in den nächsten Jahren die Anzahl an Elektroautos nicht nur auf deutschen Straßen, sondern in vielen europäischen Ländern, den USA und vor allem in Asien, zunehmen wird. Unklar bleibt jedoch

die Anzahl dieser Fahrzeuge. Kritiker der elektromobilen Zukunft wie zum Beispiel der Redakteur der WirtschaftsWoche Franz Rother sehen die technischen Probleme nach wie vor eher als Hemmnis denn als Herausforderung und glauben nicht daran, dass diese Fahrzeugkonzepte jemals einen wesentlichen Faktor im automobilen Individualverkehr ausmachen.⁸³

Als hauptsächliche Ursachen für ein mögliches Scheitern der Elektromobile sieht er die nach wie vor bestehenden Probleme der Speichertechnik sowie fehlende aussagekräftige Studien aus praxisnahen Feldversuchen. Auch wenn in einigen Städten einige Hundert Elektroautos getestet werden, überwiegen nach Ansicht vieler Kritiker wirtschaftliche und technische Problemfelder. "Der Eindruck könnte da leicht entstehen, dass schon morgen alle auf Elektromobile umsteigen können, dass die Autoindustrie alles im Griff hat, dass die CO₂-Emissionen aus dem Straßenverkehr in den nächsten Jahren drastisch sin-

⁸³ www.wiwo.de | 2008

ken werden, da jene Stromer keinen Auspuff haben. Wer dies tatsächlich glauben sollte, ist erneut den Werbestrategen auf den Leim gegangen." ⁸⁴

Elektroautos mit der derzeitigen Steuerungs- und Speicherungstechnik sowie Lithium-Ionen-Batterie mit Reichweiten bis zu 200 Kilometer sind in den Augen der Kritiker in dieser Form nicht großserientauglich.

Dennoch steigt das allgemeine Bewusstsein für das Elektroauto in der Öffentlichkeit. Dem zu Grunde liegen vielerlei Faktoren. Zum einen wird der zunehmende Klimawandel durch eine stärkere Präsenz in den Medien deutlicher diskutiert, zum anderen werden mögliche zukünftige wirtschaftliche Einschränkungen wie zum Beispiel der steigende Benzinpreis oder zusätzliche Abgaben für CO₂ Emissionen dazu führen, dass die Bevölkerung alternativen Energiekonzepten aufgeschlossen gegenüber steht. Von einigen Experten wird beispielsweise ein Benzinpreis von ca. 3 Euro pro Liter für das Jahr 2020 prognostiziert. Problematisch ist jedoch der derzeitige Preis von Elektroautos. Bedingt durch teure Speicherkosten, höhere Produktionskosten von Elektroautos sowie deren ungewisse Zukunftsaussichten sind Kaufanreize für viele Käuferschichten nicht vorhanden. Die

Marktdominanz serienreifer Autos mit Verbrennungsmotoren wird sicherlich für einige Jahre ungebrochen bleiben. Dennoch bleibt nach Ansicht der Befürworter zu beachten, dass sich der Preis für ein Elektroauto rechnen kann, da elektrische Energie/ km langfristig billiger wird als Öl/ km. Nach Angaben des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung haben viele Verbraucher große Sorgen bezüglich der prognostizierten, steigenden Energiekosten, das betrifft ebenso die Preisentwicklungen im Strommarkt wie die Energiekosten für Öl. ⁸⁵

Auf Grund der begrenzten Vorräte an fossilen Energien wird der Ölpreis jedoch deutlicher betroffen sein. Steigende fossile Preise und der Klimawandel begünstigen die Notwendigkeit von alternativen Energie- & Mobilitätskonzepten deutlich. Auch wenn die momentane Weltwirtschaftskrise Investitionen erschwert, fördert die Bundesregierung und die Europäische Kommission innovative Energieprojekte in hohem Maße. Li-Tec, ein Gemeinschaftsunternehmen von Evonik Industries und Daimler, wird bei der Entwicklung von neuartigen Lithium-Ionen-Batterien, wie sie in Elektrofahrzeugen zum Einsatz kommen, mit Geldern des Bundesumweltministeriums unterstützt. "Die Bundesregierung unterstützt diese Entwicklung nach Kräften

⁸⁴ www.wiwo.de | 2008

⁸⁵ www.bmvbs.de | 2009



B20. | O-Bus der Solinger Stadtwerke

- allein im zweiten Konjunkturpaket sind 500 Millionen Euro für die Förderung von innovativen Antriebstechnologien vorgesehen", sagte Bundesumweltminister Sigmar Gabriel. „Das Bundesumweltministerium wird davon 100 Millionen Euro eigenständig in Zukunftsprojekte investieren.“⁸⁶

Nach Ansicht des Automobildesigners Murat Günak (Designer des Elektroauto Mindset) kann die Revolution der elektrischen Automobile jedoch nicht aus den Reihen der etablierten Hersteller kommen. Seiner Meinung nach bedarf es innovativer Konzepte von Unternehmen, die bisher nicht im automobilen Weltmarkt etabliert sind und somit ohne Berücksichtigung wirtschaftlicher Interessen frei entwickeln können. "Autohersteller sind gefangen in ihrer eigenen Welt, schauen immer durch die gleiche Brille in die gleiche Richtung", glaubt er.⁸⁷

Auch wenn im vorangegangenen Teil der Arbeit der inhaltliche Fokus, vor allem im technischen Bereich, auf Elektroautos gelegt wurde, so soll nicht der Eindruck entstehen, dass Autos die einzigen Verkehrsmittel sind, für die der Einsatz einer zunehmenden Elektrifizierung erforscht wird. Schon seit Jahrzehnten prägen elektrisch betriebene Busse

beispielsweise in Solingen das Stadtbild. Allgemein findet man in allen Formen (Bahn, Bus, Autos, Fahrräder, Behinderten- & Krankenfahrstühle, Scooter, Roller) der Mobilität elektrische Varianten. Da der durchschnittliche Weg eines Menschen heutzutage ca. 50 Kilometer pro Tag beträgt, wäre es schon zum derzeitigen Stand der Technik problemlos möglich, diesen Tagesbedarf mit einem Elektroauto zu gewährleisten. Diese wäre nach Ansicht vieler Experten auch ohne Einschränkungen in der individuellen Mobilität vor allem im urbanen Bereich möglich. Fraglich ist hier jedoch ob Nutzer von Elektroautos sich ohne flächendeckende Infrastruktur in gleicher Art unbegrenzt bewegen könnten wie mit konventionellen Antrieben. Solange sämtliche Fahrten mit dem Elektroauto genau geplant sein müssen um nicht zu riskieren, ohne Stromtankstelle liegen zu bleiben wird das Elektroauto nicht volle Akzeptanz im Wettbewerb erhalten. Nur Besitzer eines eigenen Hauses oder einer separaten Garage sind dann als Zielgruppen denkbar.

Die Elektro-Autos stehen ganz offensichtlich vor einem Energieschub. Große Konzerne wie RWE, Evonik und Daimler bilden Allianzen, um der Batterietechnologie zum Durchbruch zu verhelfen. Die NRW-Landesregierung hat die

⁸⁶ www.bmu.de | 2009

⁸⁷ www.spiegel.de | 2008

Elektro-Mobilität als Impuls für den Standort NRW erkannt. Landeswirtschaftsministerin Christa Thoben will in NRW einen „Masterplan Elektromobilität“ und eine Modellregion für Elektroautos aufbauen, beteiligt an diesem Projekt sind Energie-Unternehmen sowie Hersteller von Autos, Komponenten und Batterien. Ziel ist der Aufbau einer Infrastruktur aus Ladestationen, die Erprobung verschiedener technischer Varianten sowie einem Netzwerk der E-Mobil-Unternehmen. Der Ballungsraum Ruhrgebiet ist ideal für einen Pilotversuch, da die derzeitigen Reichweiten der Batterien bei 80 Kilometern liegen. Für serienreife Elektroautos, deren Ziel nicht nur die urbanen Ballungszentren sind, sondern auch weiter entfernte Ziele, ist die Entwicklung der wiederaufladbaren Akkumulatoren entscheidend. Reichweiten von Elektroautos und vernetzte Ladeinfrastrukturen sind grundlegend mit der Entwicklung der Batterietechnik verbunden. Nur wenn in den nächsten Jahren technisch ausgereifte Batterien zur Verfügung stehen, wird das Elektroauto Marktchancen haben. Nach Angaben von Evonik hat das Unternehmen 80 Millionen Euro in die Entwicklung einer Keramik-Membran für Batterien, die großer Hitze standhält, gesteckt. Diese neuen Batterien sind grundlegend für technische Sicher-

heitsstandards in Elektroautos. Auch der Eon-Konzern kündigt für dieses Jahr eine Initiative in Sachen Elektroauto an. Eon-Chef Wulf Bernotat gibt sich denn auch überzeugt von der Speichertechnologie: „Ob wir eines Tages elektrisch betriebene Autos fahren werden, ist längst nicht mehr die Frage – sondern nur noch: wann.“⁸⁸

Um den Elektroautos zum Durchbruch auf deutschen Straßen zu verhelfen schließen sich die Beteiligten aus Wirtschaft und Politik zusammen. Ausgearbeitet wurden in den letzten Monaten beispielsweise Standards für Stecker, mit denen zukünftig alle Elektroautos geladen werden können. Das ist nach Ansicht der Wirtschaft notwendig um über normierte Produktlösungen ein engmaschiges Netz einer elektrischen Ladeinfrastruktur gewährleisten zu können. Ein Ladevorgang über den neu entwickelten Stecker birgt möglicherweise für die Energie- und Automobil-Unternehmen Vorteile, für den Verbraucher bedeutet ein gesondert abgerechneter Stromtarif differenzierte Stromkosten. Diese können je nach Geschäftsmodell zukünftig jedoch auch positive Anreize für den Kunden beinhalten. Über ein intelligentes Interface zur Stromabrechnung wäre es beispielsweise denkbar, dass ein parkendes Elektroauto Strom nicht

⁸⁸ www.derwesten.de | 2009

nur laden, sondern ihn auch wieder ins Netz einspeisen kann. Solche Gedankenspiele werden derzeit mit großem Interesse von der Energiewirtschaft verfolgt, da eine umfangreiche Anzahl an Elektroautos tatsächlich in der Lage sein könnte Lastspitzen in der Energieversorgung aufzufangen. Überkapazität aus regenerativen Energien würden so nicht mehr verschwendet und könnten bei tatsächlichem Bedarf von der Fahrzeugflotte ins Netz gespeist werden. Bei einem solchen Modell würde der Fahrzeughalter gleichzeitig Geld verdienen. Die Stromabrechnung im Auto erfolgt dann mittels automatisierter Identifizierung und einer Abrechnung per Software & Funkchip.

Wie bereits beschrieben wird Elektromobilität im urbanen Umfeld auf unterschiedlichen Ebenen erforscht. Einige Unternehmen wie BMW und Daimler testen in Ballungsräumen und erkennen dort das Potenzial. Better Place hingegen verfolgt eine globale Gesamtstrategie. Das Car-Sharing-Konzept car2go aus Ulm bietet interessante Ansätze auch für eine Lösung mit Elektromobilität. Das Projekt erfreut sich einer sehr großen, stetig wachsenden Nachfrage, es ist einfach zu nutzen und bietet flexible Mobilität mittels ständiger Verfügbarkeit. Das Konzept von car2go ist denkbar einfach: in der Stadt stehen 200 Smart frei

verteilt, die nach einmaliger Registrierung jederzeit zur Verfügung stehen. Über einen Chip wird das Auto geöffnet, jede gefahrene Minute kostet den Nutzer 19 Cent. Innerhalb der Stadt kann das Auto an jedem Ort einfach wieder abgestellt werden. Nach Ansicht einiger Experten sind es genau diese einfachen Konzepte, in denen Elektroautos zukünftig ihr Potenzial ausspielen können. Car-Sharing als Geschäftsmodell bedeutet letztlich nichts anderes, als dass sich unterschiedliche Menschen die Ressource Mobilität teilen. Ähnlich denkbar sind Sharing-Systeme, in denen die Ressource Energie oder Strom geteilt wird. Darüber hinaus müssen sich Kunden darauf einstellen von Strom-Prepaid-Systemen, wie wir es allgemein aus der Mobilfunk-Branche kennen, Gebrauch machen zu können. Strom und Batterien für Elektroautos werden dann als Abonnement vertrieben. Damit sich diese Geschäftsmodelle durchsetzen können, sind neben der Akzeptanz durch den Verbraucher auch günstige und leistungsfähige Batterien notwendig. Bis die Batterietechniken den Marktanforderungen entsprechen, setzt Daimler für die nächsten Jahre mit seinem Kooperationspartner Evonik in der Übergangsphase auf Hybridautos (alle Daimler Pkw optional als Hybrid ab dem Jahr 2012). Hybridautos oder Elektroautos mit Range-Ex-

tender ermöglichen schon heute einen nachhaltigeren Umgang mit der eigenen Mobilität ohne an die derzeit technischen Grenzen zu stoßen.

Fachleute erwarten, dass sich die Reichweite der Batterien alle drei Jahre um 100 Kilometer erhöht. Damit verbundene sinkende Preise für Batterien würden Elektrofahrzeuge wettbewerbsfähig nicht nur gegenüber Hybridautos sondern langfristig auch gegenüber konventionellen Autos machen und eine serienreife Produktion ermöglichen.⁸⁹

Fortschritte in der technischen Entwicklung der Mobilität und der damit zusammenhängende Preis entwickeln sich interessanterweise ähnlich wie die technische Entwicklung im Bereich der Kommunikation, entlang einer abfallenden Kurve. Das heißt, mit zunehmendem technischen Fortschritt sinken die Preise und steigen die Chancen auf dem Massenmarkt. Die nachfolgenden statistischen Aspekte enthalten durchaus auch Potenzial für einen elektrisierten Individualverkehr:

- Autos verursachen in Deutschland 20 % der CO₂ Emissionen, weltweit sind es 25 %.
- Der Verkehr der Zukunft konzentriert sich zu 80% in Städten und Ballungsräumen, Kurzstrecken sind dabei die Regel.
- Die Entwicklung des elektrischen Kilometers folgt dem Moorschen-Gesetz, das heißt Strom wird in der Zukunft günstiger und somit der Preis pro km.
- Das MIT prognostiziert in einer Studie 1 Millionen Hybridautos, 10 Millionen Elektroautos, global 500 Millionen für das Jahr 2016.
- 4t CO₂ Ausstoß pro Auto und Jahr
- Die Durchschnittsgeschwindigkeit mit einem Auto in der Stadt beträgt 16 - 24 km/h.
- Die Durchschnittsgeschwindigkeit auf der Autobahn beträgt 117 km/h.
- Pendlerverkehr: durchschnittlich pendeln Autofahrer 2 x 45 Min. täglich, dabei sind es 17% mehr Männer als Frauen.
- In einer Umfrage zum Thema Elektromobilität antworteten 67% von 1800 Befragten, dass sie an Elektroautos interessiert sind und gerne eines hätten oder diese Form der Mobilität befürworten.
- Das Auto bleibt auch im Zuge des weltweiten Klimawandels das primär geforderte Verkehrsmittel.

⁸⁹ www.derwesten.de | 2009



five

Design Konzept

Hintergrund

Elektromobilität ist seit einiger Zeit ständiges Thema in allen zugänglichen Medien. Bedingt durch stark ansteigende CO₂-Emissionen und den weltweiten Klimawandel steigt das Interesse der Politik und der beteiligten Wirtschaftsunternehmen an der Elektrifizierung des mobilen Alltags, es besteht jedoch vor allem in der Öffentlichkeit nach wie vor ein mangelndes Wissen über die Chance, Potenziale Strategien aber auch Risiken der Elektromobilität. Zur Zeit arbeiten die Unternehmen aus Energie- und Automobilbranche zwar verstärkt an der Entwicklung alternativer Antriebe, zum gegenwärtigen Stand ist es jedoch schwer vorherzusagen wie die automobile Zukunft konkret aussehen wird. Der Anteil an alternativen Antriebskonzepten wird höchst wahrscheinlich deutlich zunehmen, eine vollständige Verdrängung der Autos mit Verbrennungsmotoren und deren bisherige ungebrochene Marktdominanz ist nicht zu erwarten. Eine Zunahme der Autos mit alternativen Antriebskonzepten auf dem

internationalen Markt bewirkt nach Ansicht vieler Verkehrsexperten in den nächsten 15 Jahren allerhöchstens einen vielfältigen Mix aus konventionellen Autos, Hybrid- und Elektromobilen.

Auf Grund der sich verändernden gesellschaftlichen Anforderungen gibt es einen dringenden Bedarf die derzeitigen Mobilitätsstrukturen zu verändern und den zukünftigen Marktanforderungen anzupassen. Elektromobilität eröffnet allen Gesellschaftsteilen neue Marktpotenziale. Diese sind gegenwärtig noch unzureichend zugänglich. Das liegt an der Tatsache, dass derzeit nur wenige Elektroautos in serienreifer Produktion zur Verfügung stehen. Wie bereits beschrieben testen die großen Automobilhersteller in eigenen lokalen Bereichen ihre Konzepte. Eine große Rolle spielt dabei, dass die Verbraucher auch zugunsten geringerer CO₂ Emissionen nicht bereit sind Einschränkungen in der individuellen Mobilität zu akzeptieren. Langfristig

werden demnach nur Mobilitätskonzepte akzeptiert, die Vorteile für den Verbraucher beinhalten. An Hand der gesellschaftlichen Diskussion über Elektromobilität ist zu erkennen, dass Strom als hochtechnisierte Form der Mobilität zwar gefordert und gewünscht wird, die Shareholder jedoch auf Grund von technischen und wirtschaftlichen ungeklärten Fragestellungen noch kein bedingungsloses Vertrauen in die Elektromobilität haben.

Allgemeine Vorbehalte gegenüber der potentiellen Technik lassen erkennen, dass neben aussagekräftigen Erfahrungen mit dieser Form von Mobilität auch noch unterschiedliche lobbyistische Interessen existieren, die dem Thema auf Grund divergierender Markteressen kritisch gegenüber stehen. Technische und damit auch wirtschaftlich verbundene Probleme (Beispiel Batterietechnik) legen nahe, automobile Konzepte vorerst in aller Ruhe bis zur problemlosen Marktreife weiter zu entwickeln. Bedenken, die Bevölkerung habe kein Interesse an Elektroautos, sind jedoch nicht richtig. Nach Angaben des ZDF gaben 67% von 1800 Befragten in einer Umfrage des TV-Senders an, durchaus Interesse an Elektroautos zu haben. Die Befragten gaben weiter an, dass aus ihrer Sicht die der-

zeitigen drei großen Problemfelder hohe Anschaffungskosten, lange Ladezeiten und geringe Reichweiten sind. Nach Ansicht von Experten der Automobilhersteller lassen sich diese technischen Probleme in naher Zukunft über technische Entwicklungen beheben.⁹⁰

Zur Entwicklung des Konzepts für den zukünftigen Umgang mit potentiellen elektromobilen Verkehrsmitteln wird die folgende Prozesskette aufgestellt und die daraus resultierenden Inhalte in das finale Konzept übertragen:

- **Einsichten**
- **Schlüsseleinsichten**
- **Design Prinzipien**
- **Möglichkeiten & Rahmenbedingungen.**

⁹⁰ www.zdf.de | 2009

Konzeptentwicklung

Einsichten

- „Ob wir eines Tages elektrisch betriebene Autos fahren werden, ist längst nicht mehr die Frage, sondern nur noch wann.“
- "Traditionelle Autos werden für einige Jahre Marktführer bleiben."
- "Es gibt bisher keine zuverlässigen Markteintrittsdaten von Elektroautos."
- "Elektromobile Konzepte befinden sich häufig in Testphasen, nur wenige Verbraucher können Erfahrungen sammeln."
- "Reichweiten von 180 bis 200 Kilometern sollen Kunden in Ballungszentren überzeugen."
- "Benötigt wird ein infrastrukturelles Netz aus Ladestationen, Energieversorgung und Autos."
- "Das Elektroauto darf nicht weniger Auto sein, es darf anders sein und so einen Mehrwert enthalten."
- "Solange man Fahrten mit einem Elektroauto planen muss wird das Elektroauto nicht akzeptiert."
- "Elektroautos mit Reichweiten bis zu 200 Kilometer reichen nicht aus."
- "Elektroautos sind mit bis zu 30.000 Euro Mehrkosten zu teuer."
- "Für viele Verbraucher bestehen auf Grund der derzeitigen Preise von Elektroautos sowie deren ungewisse Zukunftsaussichten keine Kaufanreize."
- "Elektroautos sind nicht alltagstauglich."

-
- "Einige Menschen befürchten wirtschaftliche Einschränkungen durch steigende Energiekosten oder Emissions-Abgaben."
 - "Menschen wollen Mobilität überall, jederzeit, extrem flexibel."
 - "Für die meisten Menschen ist individuelle Mobilität gleichbedeutend mit Freiheit und Unabhängigkeit."
 - "Einige Menschen befürchten Einschränkungen ihrer persönlichen Mobilität in Verbindung mit Elektroautos."
 - "Viele Menschen sind interessiert an Elektromobilität."
 - "Autos verursachen in Deutschland 20 Prozent der CO₂ Emissionen, pro Auto sind das 4t jährlich."
 - "Elektroautos sind nur dann nachhaltig, wenn der Strom zum Laden regenerativ erzeugt wird."
 - "Elektroautos sind ökologisch korrekt, nahezu keine Emissionen."
 - "Auf Grund der Klimadebatten rückt das Elektroauto stärker ins Bewusstsein der Menschen."
 - "Teure Autos oder "Spritfresser" sind nicht mehr zeitgemäß und sexy."
 - "Elektroautos sind "Müsli-Autos", also nur etwas für Ökoaktivisten."
 - "Die Revolution der elektrischen Automobile kann nicht aus den Reihen der etablierten Hersteller kommen."
 - "Individualisten wollen ungewöhnliche Autos."

Schlüsseleinsichten

urbane Strukturen

"Infrastrukturelle Netzwerke zur Energieversorgung, sowie innovative Automobilkonzepte sollten einen expliziten Mehrwert beinhalten um nicht nur für Individualisten attraktiv zu sein."

innovativer Wettbewerb

"Bei der Entwicklung des Nischenproduktes Elektroauto müssen die etablierten Hersteller berücksichtigt werden. Innovationen liefern häufig andere Shareholder."

Erfahrungen

"Verbraucher müssen mit den zukünftigen elektrischen Mobilitätskonzepten frühzeitig Erfahrungen sammeln können."

technische Bedenken

"Geringe Reichweiten erfordern exakte Planungen für elektrisierte Fahrten und schaffen wenig Akzeptanz und Kaufanreize."

individuelle Bedürfnisse

"Der Wunsch nach flexibler, ständig verfügbarer Mobilität steigert auch das Interesse an elektrischen Verkehrskonzepten."

soziale Grenzen

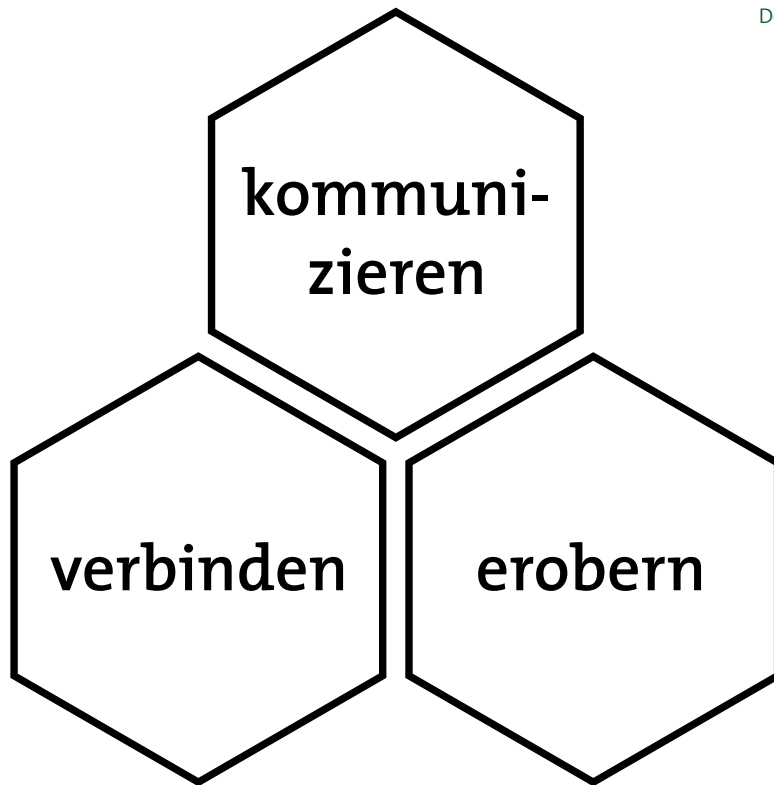
"Elektromobilität darf keine Einschränkungen im Bereich der individuellen Mobilität beinhalten."

soziales Bewusstsein

"Elektromobilität enthält Potenziale für einen ökologisch nachhaltigen Umgang mit regenerativen Energien zur Senkung der CO₂ Emissionen."

Kommunikation / Image

"Elektromobilität ermöglicht einen nachhaltigen Umgang mit Energieressourcen, dies lässt sich zeitgemäß kommunizieren."



Design Prinzipien

- nicht restriktiv agieren
- Möglichkeiten kommunizieren
- Mehrwerte generieren
- Komplexität vermeiden

Möglichkeiten & Rahmenbedingungen

- **kommunizieren**
Einstellungen, Werte, Verhalten, Bedürfnisse
- **verbinden**
Bedürfnisse, Verbrauch, Mobilität, Shareholder
- **erobern**
Bewusstsein, Kommunikation, Energien, neue Märkte

Konzeptziele

Grundlegend lässt sich feststellen, dass zum aktuellen Zeitpunkt die Erschließung der urbanen Ballungsräume über Elektroautos nur schwer vorauszusagen ist. Auch wenn die Beteiligten aus Politik und Wirtschaft intensiv an der Einführung von Elektroautos und der notwendigen Infrastruktur arbeiten, haben die Verbraucher nur sehr begrenzten Zugang zu dieser Technik. Die Gründe hierfür wurden im vorangegangenen Teil ausführlich erläutert. Die zunehmende mediale Berichterstattung bewirkt jedoch, dass das Interesse in der Bevölkerung merklich zunimmt. Trotzdem besteht auf Grund fehlender Praxiserfahrung bei vielen Menschen Unsicherheit bezüglich der Chancen, die Elektromobilität eröffnet. Lutz Fügener, Professor für Transportation Design an der Fachhochschule Pforzheim, nimmt in einem Interview mit der Zeitschrift Form in folgender Weise Stellung: "Das Elektroauto muss in die Köpfe der Nutzer bevor es die Straße erreicht." Diese Aussage beschreibt präzise die Problematik, die mit Elektromobili-

tät derzeit verbunden ist. Um fehlende Wahrnehmung und Partizipation zu beheben, ist es sicherlich sinnvoll frühzeitig ein System zu gestalten, mit dem der Verbraucher Erfahrungen sammeln kann und diese gegebenenfalls an die Entwickler zurückführen kann.

Auf Grund der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Teilen, den daraus resultierenden Design Prinzipien und Rahmenbedingungen ergeben sich die folgenden grundlegenden Anforderungen für die Konzeptentwicklung:

- alle Shareholder der Elektromobilität sind zu berücksichtigen (nicht zwingend gleich gewichtet)
- Shareholder sind: Energieversorger, Automobilhersteller, Politik (Stadt, Kommune, Land, Bund), Verbraucher
- Das Konzept soll über Elektromobilität aufklären.

-
- Gleichzeitig sollen sich Verhalten und Bewusstsein der Shareholder verändern.
 - Das bedeutet, Ziel ist ein Paradigmenwechsel bezüglich Mobilität.
 - visualisiert und verdeutlicht werden soll ein möglicher Wandel der Mobilitätschancen.
 - Eine Werte-Diskussion soll angeregt werden.
 - In der konkreten Anwendung soll Strom erfahrbar gestaltet werden.
 - Menschen müssen Erfahrungen sammeln können um technische Skepsis zu überwinden.
 - Strom als Energiekonzept für Mobilität näher bringen.
 - Der individuelle Verbrauch an Energie muss ins Bewusstsein geführt werden.
 - Das Konzept sollte typische menschliche Handlungen und Produktanwendungen aufgreifen.
 - Das Konzept oder Produkt muss "banal" sein, das heißt einfach sein in Bedienung, Steuerung, Gebrauch.
 - Es sollte niemanden ausschließen oder bestrafen.
 - Die an das Konzept gekoppelten Aktionen dürfen nicht restriktiv oder bestrafend sein.
 - Im Idealfall beinhaltet das Konzept Mehrwerte für alle Beteiligten.



MEEMO

MEEMO ist ein Projekt auf Initiative eines lokalen Energieversorgers, das potentiellen Benutzern von Elektroautos die Möglichkeit gibt, schon vorab Erfahrungen mit dieser zukünftigen Art der Mobilität zu sammeln. Die primären Shareholder des Projektes sind das lokale Energieunternehmen als Anbieter, das ÖPNV-Unternehmen und die Nutzer. Als sekundäre Shareholder werden Automobilhersteller und Mineralölhersteller in das Projekt eingebunden. Zentrales Element des Projektes ist eine portable Software-Applikation für GPS-fähige Mobilfunkgeräte, die Autofahrern vom Energieunternehmen zur Verfügung gestellt wird. Mittels dieser plattformunabhängigen Software sind Autofahrer in der Lage, den eigenen Energieverbrauch im Bezug zu ihrem individuellen Mobilitätsverhalten aufzuzeichnen. Das Ziel der portablen Mobilfunk-Applikation besteht darin, dass die Autofahrer auf das zukünftige Potenzial von Elektromobilität aufmerksam werden sollen. Die Software ermöglicht allen am Projekt

beteiligten Shareholdern aussagekräftige Ergebnisse und Einblicke in das zukünftige Potenzial und Nutzungsverhalten elektrischer Individual-Mobilität.

Die Visualisierung des Energieverbrauchs soll Denkanstöße liefern, wie wir zukünftig mit unseren Energieressourcen umgehen können. Gleichzeitig sollen nicht nur für Unternehmen, sondern auch für den Verbraucher wirtschaftliche und ideelle Mehrwerte generiert werden. Um eine Werte Diskussion anregen zu können, ist es wichtig, Strom zu visualisieren und die Bedeutung einer aufgewendeten Menge an Energie erfahrbar zu gestalten. Von hoher Bedeutung ist außerdem, dass die Teilnahme an MEEMO freiwillig ist und die daran gekoppelten Aktionen zu keinerlei negativen Konsequenzen für die Nutzer führen. Im Gegenteil bekommt der Nutzer die Möglichkeit, sein Energieverhalten in Form von Energie-Bonuspunkten geltend zu machen und daraus Nutzen zu ziehen. Das gesamte System

muss in Bedienung, Steuerung und Gebrauch so einfach wie möglich sein, damit Nutzungs-Frustrationen vermieden werden.

Die wichtigsten Leitlinien der Gestaltung und Entwicklung

- 1. Einfache Handhabung durch Reduktion auf das Notwendigste.
- 2. Leichte Verständlichkeit durch verständliche Symbolsprache.
- 3. unkomplizierte Nutzung, Eingabe und Verwaltung mittels intelligentem Interface

Anforderungen

Um die Software nutzen und an dem Projekt teilzunehmen zu können, sind einige technische Rahmenbedingungen notwendig. Die Software funktioniert nur auf GPS-fähigen Mobilfunkgeräten, zusätzlich müssen diese Geräte einen RFID Chip integriert haben. Beide technischen Elemente sind nötig, um das Tracking des Energieverbrauchs zu ermöglichen. Mobilfunkgeräte der neuesten

Generation besitzen diese technischen Komponenten, besonders die mehr und mehr verbreiteten Smartphones (iPhone, BlackBerry, gPhone, etc.) verbinden bereits diverse Applikationen mit diesen Techniken. GPS-fähige Mobilfunkgeräte als Voraussetzung zur Nutzung der Software bewirken zwar einerseits, dass einige Benutzer älterer Handys nicht teilnehmen können, andererseits sind die technischen Elemente Grundvoraussetzung der Realisierbarkeit und mit zukünftiger Entwicklung der Telekommunikations-Standards zu vernachlässigen.

Funktionsweise

Das System umfasst zwei Arten der Mobilität, Bewegungen mit dem Auto und Fahrten mit dem lokalen ÖPNV (U-Bahn und Straßenbahn). Die Bewegungen werden mittels der auf den Mobilfunkgeräten installierten Software aufgezeichnet. Im Bereich der automobilen Fortbewegung wird dies via GPS erreicht, im Fall einer Fahrt mit der U-Bahn wird die Fahrtstrecke über RFID Chips dokumentiert. Aus der Ermittlung der Fahrleistung wird der individuelle Energieverbrauch berechnet und nach Übertragung der Daten auf einen Computer an ein Webinterface übermittelt und verwaltet. Die exakte Funktionsweise wird im folgenden Teil beschrieben.

Tracking Auto

Um Autofahrer über die Potenziale der Elektromobilität aufklären zu können und den Energieverbrauch für Mobilität bewusst zu machen mit dem Ziel, das Mobilitäts-Verhalten zu beeinflussen, ist es notwendig, den individuellen Bedarf und den tatsächlichen Verbrauch an Energie zu dokumentieren. Autofahrer können ihren individuellen Verbrauch jederzeit an Hand der getankten Benzinmenge erkennen, allerdings wird dieser Wert in keinerlei Relation zu Vergleichswerten gesetzt. Hinzu kommt, dass Autofahrer

sich nicht im Klaren darüber sind, wie ihr Verkehrsverhalten den Verbrauch beeinflussen kann und dass alternative Energien den gleichen Grad an Mobilität beinhalten.

Steigt ein Nutzer des Systems in sein Auto, so aktiviert er vor Fahrtbeginn die MEEMO Software auf seinem Mobilfunkgerät. Diese ermittelt dann via GPS die aktuelle Position des Fahrzeugs und speichert den Fahrtverlauf. Am Ende einer Fahrt beendet der Fahrer über das Interface das Tracking und die Software speichert die über GPS ermittelte Wegstrecke. Um den Energieverbrauch ermitteln zu können, benötigt die Software allerdings neben der gefahrenen Strecke zusätzlich die Tankmenge. Für diese Problematik entstehen zwei unterschiedliche Szenarien.

mit Beteiligung der Mineralölhersteller:

Eine Möglichkeit besteht darin, die Tankstellen im geographischen Einzugsbereich in das Projekt mit einzubinden. Tankt ein Autofahrer, kann er an der Kasse dann die getankte Menge Benzin wieder per RFID Chip auf sein Mobiltelefon übertragen lassen. Die Software kann somit problemlos den exakten Verbrauch jeder Fahrt ermitteln. Nimmt eine Tankstelle nicht am Projekt teil, so tritt der nachfolgende Fall in Kraft.

ohne Beteiligung der Mineralölhersteller:

Die zweite Möglichkeit ist, dass nach jedem Tanken der Nutzer die getankte Menge an Benzin über das Interface der Software manuell eingeben muss. Sollte ein Nutzer dies einmal vergessen, so registriert die Software eventuelle Verbrauchsabweichungen und übernimmt den zuletzt ermittelten Durchschnittsverbrauch.

Tracking ÖPNV, U-Bahn

Neben der Ermittlung des Energieverbrauchs beim Autofahren eignet sich das System auch dazu, den Energieverbrauch, der bei der Benutzung von U-Bahnen entsteht, zu dokumentieren. Zur Ermittlung der verbrauchten Energie im ÖPNV wird die RFID-Technik verwendet. RFID Chips können in Nahbereichen elektronische Informationen empfangen und speichern. Wenn ein Fahrgast in eine U-Bahn einsteigt, erkennt ein Sensor an der Tür das Mobilfunkgerät und beschreibt den RFID Chip des Nutzers mit der Information zur jeweiligen Haltestelle. Steigt der Fahrgast wieder aus, so wird der Chip abermals beschrieben und so erhält die Software Daten über die Anzahl der gefahrenen Stationen, über die zurückgelegte Wegstrecke und somit auch über die dafür benötigte Energie. Da U-Bahnen mehrere Personen gleichzeitig befördern

können, kann in diesem Fall nicht der exakte Energieverbrauch eines einzelnen ermittelt werden. Es wird nur ein Durchschnittswert für jede Person berechnet.

Nutzung

Wie vorab beschrieben, besteht die multimediale Software MEEMO aus zwei Teilen. Zum einen aus der portablen Software, die das Tracking des Energiebedarfs übernimmt, zum anderen aus einem Webinterface zur Verwaltung und Darstellung des Energiebedarfs sowie zur Berechnung und Verwaltung des Energie-Punktesystems.

Aus verkehrstechnischen Sicherheitsaspekten zeigt das MEEMO Interface auf den Mobilfunkgeräten während der Fahrt keinerlei Informationen zum aktuellen Energieverbrauch an. Erst nach Beendigung der Fahrt kann der Nutzer sich über seinen benötigten Energiebedarf informieren. Es ist auch nicht unbedingt sinnvoll, kleinste Veränderungen ständig zu visualisieren. Nach Fahrtende erhält der Nutzer dann beispielsweise die Information, wie sich sein Fahrverhalten in Relation zum definierten Durchschnittsverbrauch verhält.

Aus diesem Quotienten ergeben sich die Energie-Punkte, die ein Fahrer durch sein Mobilitätsverhalten sammeln kann.

Überträgt ein MEEMO Nutzer seine Daten vom Mobiltelefon auf seinen Computer, so kann er sich über eine Softwareschnittstelle mit der MEEMO Webseite verbinden. Dort werden die gespeicherten Daten des Nutzers ausgewertet und in Energiepunkte umgewandelt.

Energiepunkte sammeln

Jeder MEEMO User kann Energiepunkte, so genannte "E's" sammeln. Diese Energiepunkte sammelt jeder User automatisch, wenn er sein individuelles Energieprofil erstellt, in dem er seine Wege und die damit verbundene Energie trackt. Um Anreize für einen bewussten Umgang mit Energie zu schaffen, sammelt ein User nicht immer die gleiche Anzahl an Punkten. Je energieeffizienter ein User seine Wege zurücklegt, desto mehr Punkte kann er sammeln. Die "E's" entsprechen einer virtuellen Energiewährung und können von MEEMO Usern über das Webportal gegen verschiedene Leistungen eingetauscht werden. MEEMO ermöglicht jedem User Punkte zu sammeln, das bedeutet, dass auch Autofahrer mit einem hohen Energieverbrauch

Punkte sammeln können. Dies ist notwendig, um kein restriktives System zu konzipieren. Bestrafungen (beispielsweise Punktabzüge) würden bewirken, dass Nutzer nicht am Projekt teilnehmen. Ein kalkulierbarer Quotient bewirkt, dass effizienter Energieverbrauch belohnt wird, in dem prozentual mehr Punkte pro gefahrener Strecke gesammelt werden und so Anreize für die Nutzer generiert werden. Diese Anreize sind natürlich an die einzutauschenden Leistungen der Unternehmen gebunden. Nur wenn diese dem Kunden einen Mehrwert ermöglichen, sind diese gewillt ihr Verhalten zu optimieren.

Energiepunkte mit dem Auto sammeln:

Energiepunkte, die ein MEEMO Nutzer mit dem Auto sammeln kann, richten sich nach der aufgewendeten Energie (Treibstoff) und den damit verbundenen CO₂ Emissionen. Im Folgenden wird beispielhaft an Hand eines Golf der Prozess des Sammelns von Energiepunkten aufgezeigt.

Zunächst ist es wichtig zu wissen, welchen Wagen ein Nutzer fährt. Beim Erstellen eines Accounts auf der Webseite müssen MEEMO Nutzer neben ihren persönlichen Daten auch Angaben zum Fahrzeugtyp machen. Die Software erkennt den Modelltyp und kann

diesem Fahrzeug herstellerspezifische Werte zuweisen. Ein Golf der neusten Generation verbraucht nach Angaben des Herstellers durchschnittlich 8,5 l in der Stadt, 5,1 l auf der Autobahn und in der Kombination beider Strecken 6,4 l. Der kombinierte CO₂ Ausstoß liegt bei 149 g/km.⁹¹

Diese Angaben entsprechen in der Regel Verbrauchsdaten, die unter idealen Voraussetzungen ermittelt wurden und sind häufig nicht in realen Nutzungssituationen zu erreichen. Dennoch ermöglichen diese Werte einen Richtwert für die MEEMO Software. Für dieses Beispiel wird angenommen, dass der Fahrer des Golfs durchschnittlich 7 l verbraucht. Das bedeutet, er liegt 9 Prozent über dem vom Hersteller angegebenen durchschnittlichen kombinierten Verbrauch.

MEEMO Energiepunkte richten sich beim Auto nach dem Verhältnis von individuellem Energieverbrauch zum angegebenen Energieverbrauch des Herstellers. Je näher der Fahrer des Golfs an den Richtwert (Durchschnittsverbrauch) kommt, desto mehr Punkte bekommt er. Schafft er es den Wert zu unterbieten, so bekommt er exponentiell mehr Punkte. Bei deckungsgleichem Verbrauch bekommt ein MEEMO Nutzer eine definierte Anzahl Ener-

giepunkte (20 E's). Die Anzahl der gesammelten Punkte verringert sich um jeweils 3 Punkte für jeweils 5 Prozent erhöhten Energieverbrauch. Die Anzahl der Energiepunkte erhöht sich bei einer jeweiligen Energieoptimierung um 5 Prozent. Das entspricht im Falle des Golfers einer Senkung des Benzinverbrauchs um 0,5 Liter. Da der Golf Fahrer mit 9 Prozent über dem Richtwert liegt, bekommt er nur noch 14 E's. Für jede gefahrene Strecke bekommt ein Nutzer jedoch immer mindestens 1 Punkt gutgeschrieben.

Um zu gewährleisten, dass MEEMO Nutzer, die viele Fahrten pro Tag absolvieren, nicht wesentlich mehr Punkte sammeln als Fahrer, die nur wenig fahren, wird nicht jede Strecke getrennt berechnet, sondern alle absolvierten Fahrten pro Zeiteinheit (Tag). Pro Tag und gefahrener Strecke werden Nutzern unabhängig vom Energieverhalten jedoch immer mindestens 2 Punkte gutgeschrieben.

Energiepunkte mit Bahn/ Bus sammeln:

Für Fahrten mit dem ÖPNV ist die Berechnung des Energiebedarfs wesentlich einfacher. Da U-Bahnen und Busse für eine unterschiedliche Anzahl an Personen gleichzeitig zur Verfügung stehen, ist es nicht möglich, den individuellen Energieverbrauch zu ermit-

⁹¹ www.volkswagen.de | 2009

teln. Fahrten mit dem ÖPNV werden daher nach der Anzahl der gefahrenen Haltestellen berechnet. Pro Haltestelle kann ein Nutzer 1 Punkt sammeln. Pro Tag können maximal 10 Punkte gesammelt werden.

Nutzen für die Projektbeteiligten

Kernpunkt von MEEMO ist, dass allen Projektbeteiligten neben einem ideellen auch ein wirtschaftlicher Nutzen ermöglicht wird. Das Konzept beinhaltet also für alle Beteiligten Mehrwerte.

Verbraucher:

Für Nutzer des MEEMO Systems entstehen Mehrwerte in zwei unterschiedlichen Dimensionen. Zum einen entsteht ein idealisierter Nutzen für den Anwender, in dem er sich seines Mobilitätsverhaltens bewusst wird. Indem er aktiv versucht seinen Energiebedarf zu senken, ohne gleichzeitig Einschränkungen befürchten zu müssen, hilft jeder Einzelne, mit der Ressource Energie nachhaltig umzugehen. Zusätzliche Punkte sammeln MEEMO Anwender mit Elektroautos, indem die Software virtuelle Vergleichswerte zu Nutzungsmöglichkeiten von Elektroautos liefert.

Die zweite Dimension betrifft tatsächliche wirtschaftliche Vorteile, die sich MEEMO-Nutzer erarbeiten können. Durch einen bewussten Umgang mit dem individuellen Energieverbrauch senkt jeder Verbraucher automatisch seine eigenen Energiekosten (z.B. Benzinkosten). Wesentlich interessanter sind jedoch die Möglichkeiten, die sich dem Verbraucher durch das Sammeln der Energiepunkte eröffnen. Diese gesammelten Punkte des Energiekontos können Nutzer über das Webinterface geltend machen und unterschiedliche Vergünstigungen oder Zusatzleistungen erhalten. Energie-Bonuspunkte können Nutzer beispielsweise für folgende Leistungen der beteiligten Unternehmen eintauschen:

- Das Energieunternehmen verpflichtet sich, urbane Strominfrastrukturen für Elektromobilität aufzubauen.
- Verteilung von Stromtankstellen in der Stadt (Parkplätze und Räume) definieren.
- Vergünstigungen für häuslichen Öko-Strom.
- Testfahrt mit realem Elektroauto eines Automobilherstellers (Nürburgring).

- Mineralölhersteller verpflichten sich, den Tankanteil prozentual in die Entwicklung von Biofuel zu investieren.
- ÖPNV Unternehmen verpflichten sich, Energie für U-Bahnen prozentual aus regenerativen Energien zu verwenden.
- Rabat auf Ticketpreis im ÖPNV.

Energieunternehmen:

MEEMO nutzt dem Energieunternehmen, indem es aus den Angaben und Wünschen der Nutzer Informationen erhält, wie sich deren Sicht zur infrastrukturellen Entwicklung der Energieversorgung im urbanen Bereich gestaltet. Durch Erkenntnisse aus dem Mobilitätsverhalten der Teilnehmer erhält das Energieunternehmen statistische Daten über den zukünftigen Bedarf an regenerativen Energien, die das Unternehmen zukünftig bereitstellen und aufbauen muss. Zusätzlich kann das Energieunternehmen schon frühzeitig Kunden binden, indem es Ökostrom nicht nur für den mobilen Bereich anbietet, sondern den Bedarf an dieser Energieform in den privaten Haushalt überträgt. Mit dem Aufbau der Infrastruktur sichert sich das Energieunternehmen langfristig den Zugang zu Absatzmärkten im Bereich der infrastru-

turellen Versorgung von Elektroautos. Gefördert werden solche Projekte derzeit durch die Bundesregierung und die Europäische Union. Für das Energieunternehmen ergibt sich aus diesem Projekt ein Image-Gewinn, da besonders Energieunternehmen in der öffentlichen Wahrnehmung mit der Problematik der CO₂ Emissionen von Kohlekraftwerken und den Gefahren der Kernkraftwerke zu kämpfen haben. Der Ausbau der eigenen regenerativen Projekte ermöglicht dem Energieunternehmen, sich gegenüber Marktkonkurrenten deutlich abzusetzen.

ÖPNV:

Der Nutzen, den der Anbieter des lokalen ÖPNV aus dem Projekt MEEMO ziehen kann, beinhaltet die folgenden Aspekte. Zum einen kann das Unternehmen sein Image steigern, indem es für den Transport seiner Kunden regenerative Energien aufwendet. Die Zusammenarbeit mit dem lokalen Energieversorger ermöglicht dem Unternehmen beim Einkauf dieser Energiemenge besondere Konditionen. Über das Engagement und die freiwillige Selbstverpflichtung zum Einsatz von nachhaltiger Energie kann das Unternehmen langfristig Kunden binden, die Wert darauf legen, umweltschonende Mobilitätsformen zu nutzen.

Mineralölhersteller:

Auch die beteiligten Mineralölhersteller profitieren von einem Image-Gewinn. Durch den verstärkten Ausbau an Biofuel bekommen Kunden der Mineralölhersteller die Möglichkeit, nachhaltigeren Kraftstoff zu tanken. Umweltschonende Energieen werden zunehmend stärker wahrgenommen und gekauft, somit können Mineralölhersteller Kunden gewinnen oder binden. Darüber hinaus werden Biofuel-Projekte durch öffentliche Mittel gefördert. Langfristig ist das Ziel von MEEMO, Elektroautos auf den Markt zu bringen. Diese könnten den Mineralölherstellern zwar potentielle Marktanteile entziehen, jedoch ist nicht zu erwarten, dass Elektroautos den Untergang der Verbrennungsmotoren bewirken. Im Übrigen sind die Mineralölvorräte begrenzt und daher müssten sich die Mineralölgesellschaften schon aus diesem Grunde nach neuen Betätigungsfeldern im Energiebereich umsehen, um am Einsatz des zukünftigen Elektromobils zu partizipieren.

Automobilhersteller:

Automobilhersteller, die als Kooperationspartner an dem Projekt teilnehmen, können auf der Webseite ihre Fahrzeugkonzepte darstellen und potenzielle Kunden werben. Die von den Herstellern zu Testfahrten angebote-

nen Elektrofahrzeuge ermöglichen den Kunden Erfahrungen mit diesen Autos zu gewinnen, gleichzeitig bekommen die Hersteller ein direktes Feedback der Kunden und von deren Bedürfnissen und Wünschen. Automobilhersteller bekommen über die Darstellung und das Nutzungsangebot ihrer Elektroautos die Möglichkeit, das Image der Elektroautos positiv zu gestalten. Lange Zeit galten Elektroautos als "Müslis- oder Ökoautos". Über MEEMO können moderne Werte der Elektroautos kommuniziert werden (sportlich, kraftvoll, dynamisch, leise, effizient).

Darüber hinaus können Automobilhersteller den Aufbau der Infrastruktur in urbanen Ballungsbereichen mitgestalten, indem sie sich im Unternehmensverbund einbringen. Auch das eröffnet den Herstellern zukünftige Absatzpotenziale. Eng mit einem solchen Engagement verbunden ist natürlich der nicht zu vernachlässigende Aspekt des Image-Gewinns für die Automobilhersteller.

Zielgruppen

Als potenzielle Zielgruppen werden alle Autofahrer gesehen, die im innerstädtischen, urbanen Ballungsraum des Energieversorgers wohnen, oder Menschen, die in Randgebieten der Stadt wohnen und zum Pendeln in die Stadt das Auto benutzen.

Zugang

Die Teilnahme am Projekt wird über eine Software ermöglicht, die zum kostenfreien Download auf den Webseiten des Energieversorgers oder der Projektpartner zur Verfügung steht. Diese Software wird per Datenschnittstelle (USB, Bluetooth, etc.) auf das Mobilfunkgerät übertragen.

die Nutzungsart der Mobilität (Auto, Bahn), diese vom Kunden zur Verfügung gestellten Angaben sind jedoch freiwillig, da niemand zur Teilnahme am Projekt verpflichtet ist. Zudem erhält der Kunde eine Gegenleistung für die Bereitstellung seiner Daten. Die Kundendaten jedes Einzelnen müssen in einer solchen Software selbstverständlich vertraulich behandelt werden und dürfen nicht öffentlich zugänglich sein oder an Dritte weitergereicht werden.

Schutz der Privatsphäre

Um den Schutz der Privatsphäre zu gewährleisten, werden die getrackten Daten jedes einzelnen Teilnehmers nicht an den Unternehmensverbund übertragen, sondern lediglich die gesammelten Fahrleistungen. Es ist also nicht möglich zu überprüfen, wann und wo sich eine Person aufgehalten hat. Selbstverständlich übermittelt der Kunde Daten über



MEEMO Logo

Name & Logo

Der Name soll sowohl als Projektname als auch für das virtuelle Mobilitäts-Währungssystem (elektromobile Punkte) verwendet werden können. Aus diesem Grund ist es nötig einen einfachen, kurzen Namen in Form eines Akronyms oder einer inhaltlichen Verknappung von Wörtern zu entwickeln. Der Name soll darüber hinaus einprägsam genug sein, dass er sich für die Verwendung einer multimedialen Applikation eignet.

den eigenen Energieverbrauch zu dokumentieren, quasi aufzuzeichnen oder zu notieren. Unter einem Memo (Memorandum) versteht man unter anderem eine Stellungnahme oder einfach eine Notiz zu etwas Denkwürdigem. Der lateinische Ursprung des Wortes bedeutet beispielsweise "das zu Erinnernde".

MEEMO

Die Wortmarke "MEEMO" besteht aus einer Kombination der Wörter "Meine", "Energie" und "Elektro-Mobilität". Die Anfangsbuchstaben dieser Wörter bilden das Akronym für das Projekt. MEEMO kann ebenfalls englisch ausgesprochen werden, was dann die Wörter "Me" & "Mobility" beinhaltet. Darüber hinaus beinhaltet die Wortmarke einen spielerischen Verweis auf die Funktionalität der Software,

Funktion & Visualisierung

105

Smartphone Applikation

Um die Funktionsweise der MEEMO Software zu erläutern, wird die Software im Folgenden als iPhone Applikation dargestellt. Generell gilt jedoch, dass die Software für alle gängigen Smartphones kompatibel aufgebaut wird. Es ist nicht das Ziel des Projektes, iPhone Nutzer und damit Kunden nur eines Mobilfunk-anbieters exklusiv zu bedienen, sondern eine breite Abdeckung in der Anwendung zu erreichen. Da das iPhone die technischen Voraussetzungen (GPS, RFID, Computer-Schnittstelle.) zur Anwendung der Applikation bietet, eignet es sich gut für die demonstrative Umsetzung. In der Darstellung ist unten rechts das MEEMO App Icon zu erkennen. Berührt ein Nutzer das Icon über das Touch Interface des iPhones, so startet die Anwendung.





Hauptmenü

Über das Hauptmenü können Nutzer die Ermittlung des individuellen Energieverbrauchs starten, den aktuellen Energiestatus ablesen, im Falle eines Tankvorgangs die Kraftstoffmenge registrieren und die persönlichen Energiewerte auf den Computer übertragen. Jede ausgeführte Aktion führt den Nutzer zu einem folgenden Interface, über das die jeweiligen Informationen angezeigt oder Aktionen ausgeführt werden.

Energie Tracking

Beginnt der Nutzer eine Fahrt mit einem der möglichen Verkehrsmittel (Auto, U-Bahn, Bus) so wählt er im Hauptmenü das jeweilige Icon und startet dadurch die Aufzeichnung der Wegstrecke. In der Abbildung ist das Tracking der gefahrenen Wegstrecke mit einem Auto zu sehen. Ist der Nutzer an seinem Ziel angekommen, beendet er die Aufzeichnung und gelangt zur Auswertung der Fahrtstrecke. Für den Fall, dass der Nutzer zwischendurch tanken muss, kann er die Aufzeichnung anhalten und die Tankmenge erfassen. Die Erfassung erfolgt im Falle einer am Projektverbund teilnehmenden Tankstelle über RFID-Übertragung. Ist dies nicht der Fall, so kann die Menge manuell eingegeben werden. Anschließend wird die Aufzeichnung wieder gestartet.



Tracking Auto | MEEMO Interface



Tracking Ende

Am Ende jeder Fahrtstrecke erhält der Nutzer eine Auswertung seiner gefahrenen Strecke und den damit zusammenhängenden CO₂ Emissionen. Um zu zeigen wie viel verbrauchte Energie eine jeweilige Wegstrecke beinhaltet, wird das Gewicht des ausgestoßenen CO₂ anhand von alltäglichen Gebrauchsgegenständen visualisiert. 1 kg CO₂ ist für die meisten Menschen eine nicht greifbare Größe, da es schwierig ist, sich diesen Wert vor Augen zu führen. Aber ein Tetrapack Milch ist für jeden Nutzer eine bekannte Größe.

Tank-Registrierung

Wie bereits in der Konzeptbeschreibung erwähnt, ist es notwendig die Tankmenge zu registrieren, um die verbrauchte Menge an Energie berechnen zu können. Aus diesem Grund ist es notwendig, dass MEEMO Nutzer die getankte Menge an Kraftstoff an der Tankstelle registrieren lassen. Wenn ein Nutzer sein Benzin an einer Tankstelle eines im Verbund beteiligten Mineralölherstellers bezieht, so kann er die Menge digital an der Kasse erfassen lassen. Hierzu aktiviert er die Funktion "Menge per Funk erfassen" und die Daten werden auf den RFID-Chip des Smartphones übertragen. Ist die Menge übertragen, muss sie vom Nutzer bestätigt werden.



Tank-Registrierung via RFID | MEEMO Interface



manuelle Tank-Registrierung

Für den Fall, dass eine Tankstelle nicht am Verbund beteiligt ist, kann der Nutzer die getankte Menge Kraftstoff über das Interface unkompliziert selber eingeben. Auch diese Variante dauert nur unwesentlich länger. Einziger Unterschied besteht darin, dass die getankte Menge nicht direkt an den Mineralölhersteller übertragen werden kann (dieser müsste die Menge prozentual in Biofuel investieren).

Abgebildet ist hier die eingeblendete Tastatur des iPhones, um die Menge einzugeben.

Ist die Menge über das Zahlenfeld eingegeben, übernimmt die Software den Wert und der Nutzer kann die getankte Menge bestätigen. Anschließend gelangt der Nutzer zurück zum vorherigen Interface (Hauptmenü oder Tracking).

Beschließt ein Nutzer die Tankmenge bewusst nicht einzugeben, um den Energieverbrauch zu manipulieren, erkennt die Software beim Synchronisieren mit dem Computer Schwankungen im Energieverbrauch, die nicht zu erzielen sind. Anhand der zurückgelegten Strecke können etwaige Abweichungen ermittelt werden, der Energieverbrauch wird über einen definierten, erhöhten Wert ermittelt. Dadurch ergeben sich für den Nutzer keinerlei Vorteile.



manuelle Tank-Registrierung | MEEMO Interface



Energie-Optimierung

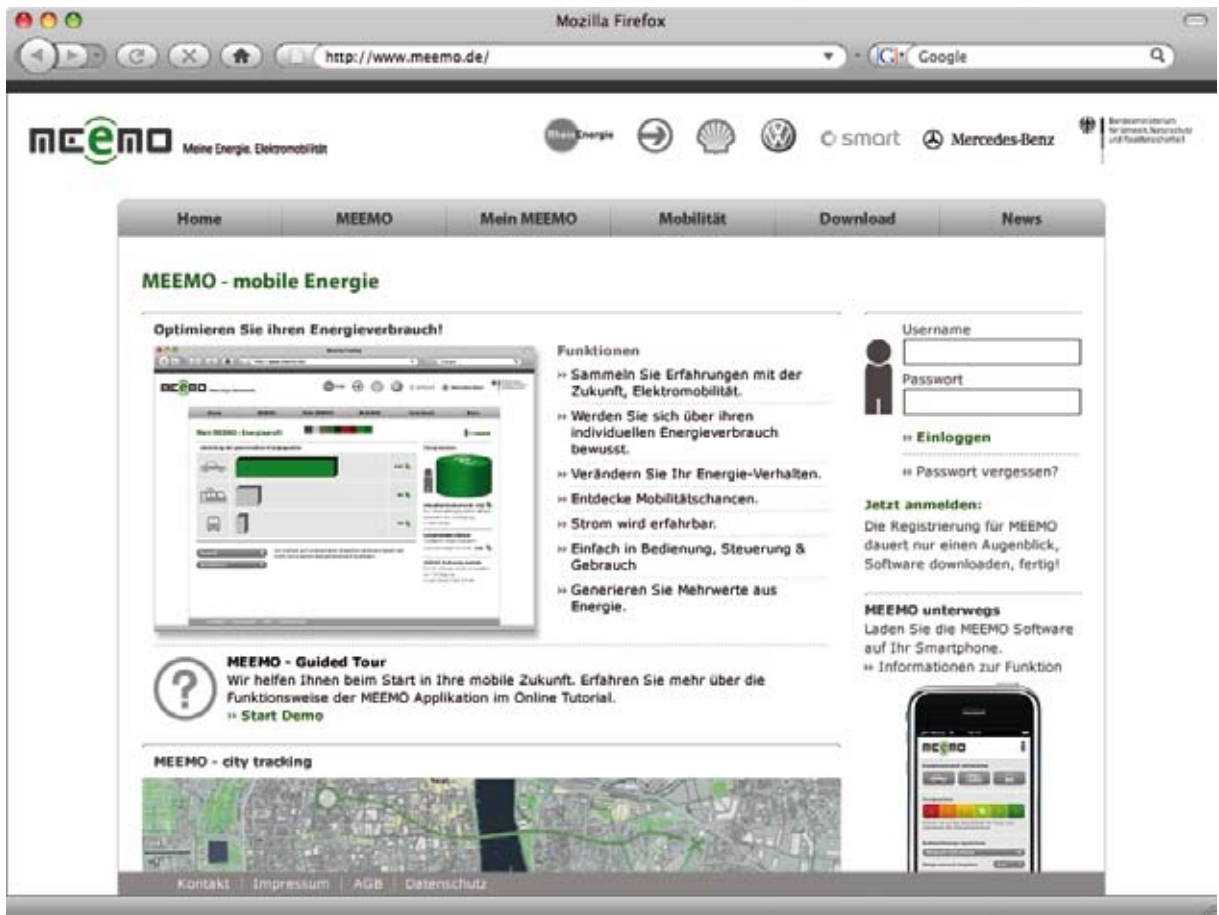
Über das Hauptmenü und am Ende jeder gefahrenen Wegstrecke erhält der Nutzer Informationen zu seinem aktuellen Energiestatus. Durch Anklicken gelangt er zum abgebildeten Interface. Hier kann der Nutzer sich Tipps und Informationen aneignen, wie er sein Verbrauchsverhalten und seine Energiebilanz verbessern kann. Letztendlich erfährt der Nutzer hier auch, wie er finanzielle Einsparungen erreichen kann ohne Mobilitätsverluste akzeptieren zu müssen.

Daten Übertragung

Über dieses Interface können MEEMO Nutzer ihre aufgezeichneten Energiedaten auf ihren Computer übertragen. Dies ist notwendig, um die individuellen Verbrauchswerte in Energiepunkte umzuwandeln. Diese kann der Nutzer auf der MEEMO Webseite verwalten und gegen diverse Aktionen einlösen. Das Interface ermöglicht die Steuerung des Übertragungsvorgangs vom Smartphone aus. Der Status wird protokolliert und anschließend gelangt der Nutzer zurück zum Hauptmenü.



113

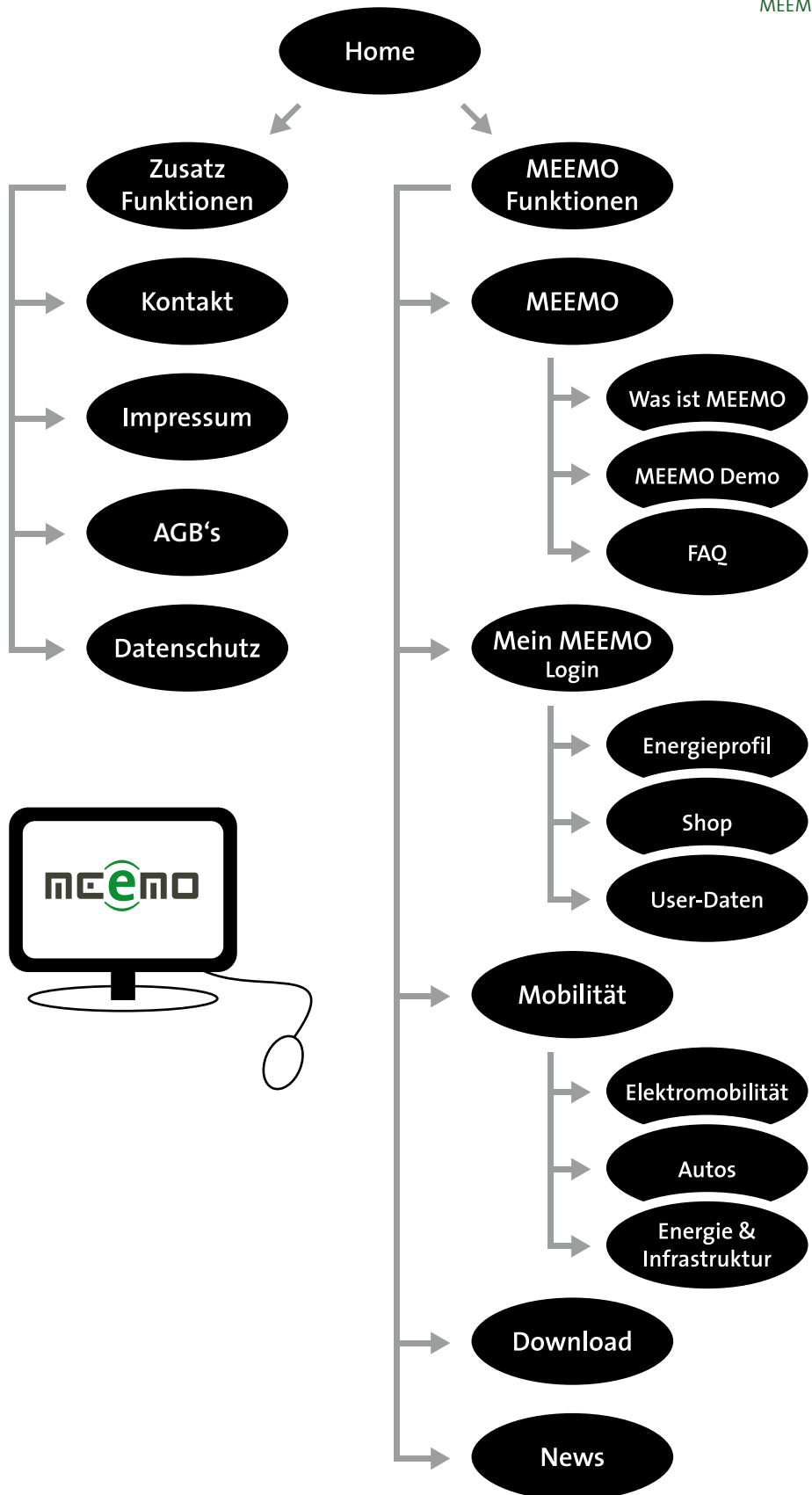


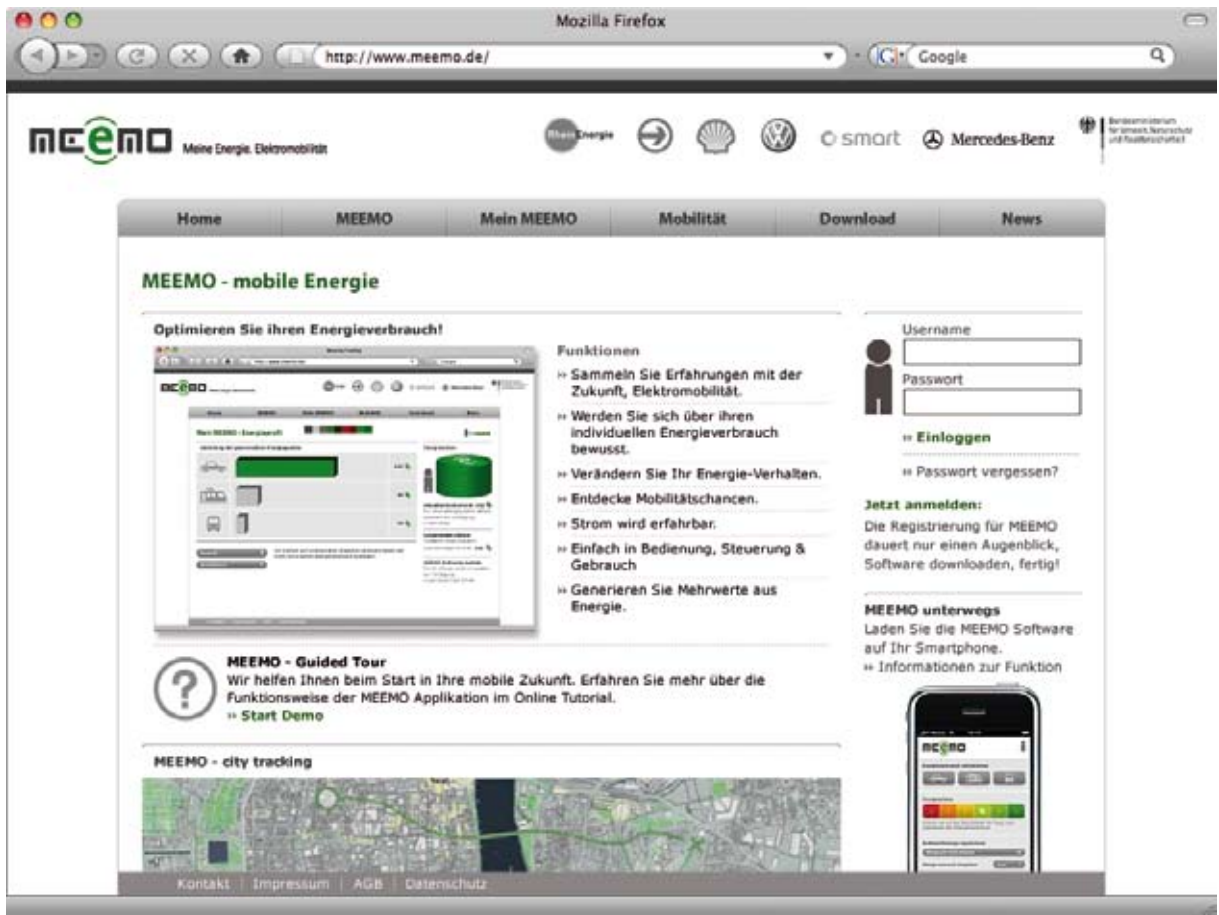
MEEMO Web-Interface | Portalseite

Webseite

Bei MEEMO bildet die Webseite das zentrale Element zur Verwaltung der individuellen Energiedaten und Steuerung aller Funktionen. Die Verwaltung der persönlichen Nutzerdaten sowie der ermittelten Energiedaten über die Webseite ist notwendig, da MEEMO als Mobilfunkapplikation plattformunabhängig sein muss, um auf möglichst vielen Smartphones steuerbar zu sein. Um dies zu gewährleisten, sind die Funktionen der mobilen Applikation auf ein Minimum beschränkt. Alle mobilen Funktionen dienen ausschließlich zur Steuerung des mobilen Verhaltens. Eine intensive Auseinandersetzung mit ihren Energiewerten sollen die Nutzer in aller Ruhe vornehmen. Das MEEMO Angebot ist mitunter recht umfangreich, aus diesem Grund bietet ein Webinterface mehr Platzangebot, um

die Inhalte im Sinne der Nutzerfreundlichkeit und Zugänglichkeit für jedermann gleich darstellen zu können. Zusätzlich gilt zu beachten, dass kontinuierlich veränderte Inhalte, die ein Nutzer im Verlauf einer Fahrt ablesen könnte, das Verkehrsgeschehen beeinträchtigen könnten. Derzeit sind Autofahrer schon mit vielfältigen Informationen beim Fahren konfrontiert. Zusätzliche Informationen, die nicht unmittelbar für das Verkehrsgeschehen benötigt werden, sind zu vermeiden. Auf den folgenden Seiten sind zum Verständnis der Funktionen einige Inhalte des Webangebots visualisiert.





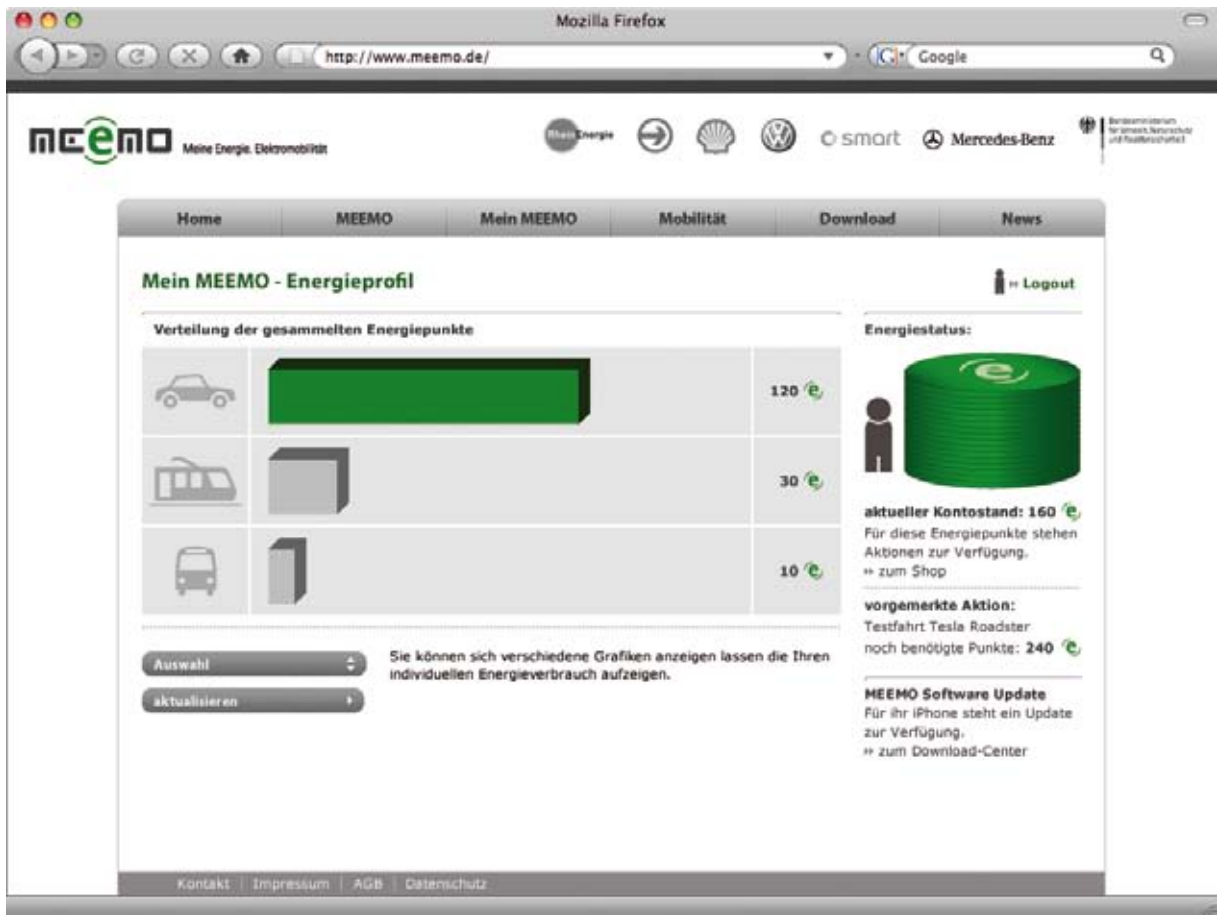
MEEMO Web-Interface | Portalseite

Portalseite

Über die Portalseite können sich bereits registrierte Nutzer von MEEMO einloggen und werden dann direkt zu ihrem individuellen Energieprofil weitergeleitet.

Für Neukunden oder Interessierte bietet das Portal einen Zugang zum MEEMO Projekt. Es stehen alle Arten von Informationen zur Verfügung, die potenzielle Nutzer benötigen. Ein kurzes Demo ermöglicht einen schnellen Einblick in die Funktionalität von MEEMO auch ohne notwendige Registrierung. Zusätzlich können alle Besucher der Webseite Informationen rund um das Thema Elektromobilität erhalten. Die genaue Zugangsstruktur ist auf vorangegangener Seite illustriert.

Wichtige Inhalte wie die Erstellung eines Accounts, der Download der portablen Software oder Hintergrundinformationen über das MEEMO Projekt und dessen Ziele sind von der Portalseite als Schnellzugriff verlinkt.



Portalseite | MEEMO Web-Interface

Energiekonto

Nach dem Login werden MEEMO Nutzer automatisch auf diese Seite verlinkt. Hier finden Nutzer Informationen zu ihrem aktuellen Energiepunktestand. Anhand der Graphik wird die Verteilung ersichtlich, wie viele Energiepunkte ein Nutzer mit welchem Verkehrsmittel gesammelt hat. Diese Punkte ermöglichen dem Nutzer, Aktionen aus dem MEEMO Shop zu erwerben. Zur Verfügung stehen MEEMO Nutzern weitere Informationen über das individuelle Energieverhalten. Die unterschiedlichen Informationen sind über das Drop-Down-Menü unter der Graphik schnell anzusteuern.

In der Marginalspalte sind für den Nutzer jederzeit wichtige Informationen zu seinem persönlichen Profil aufgelistet. Dazu gehören

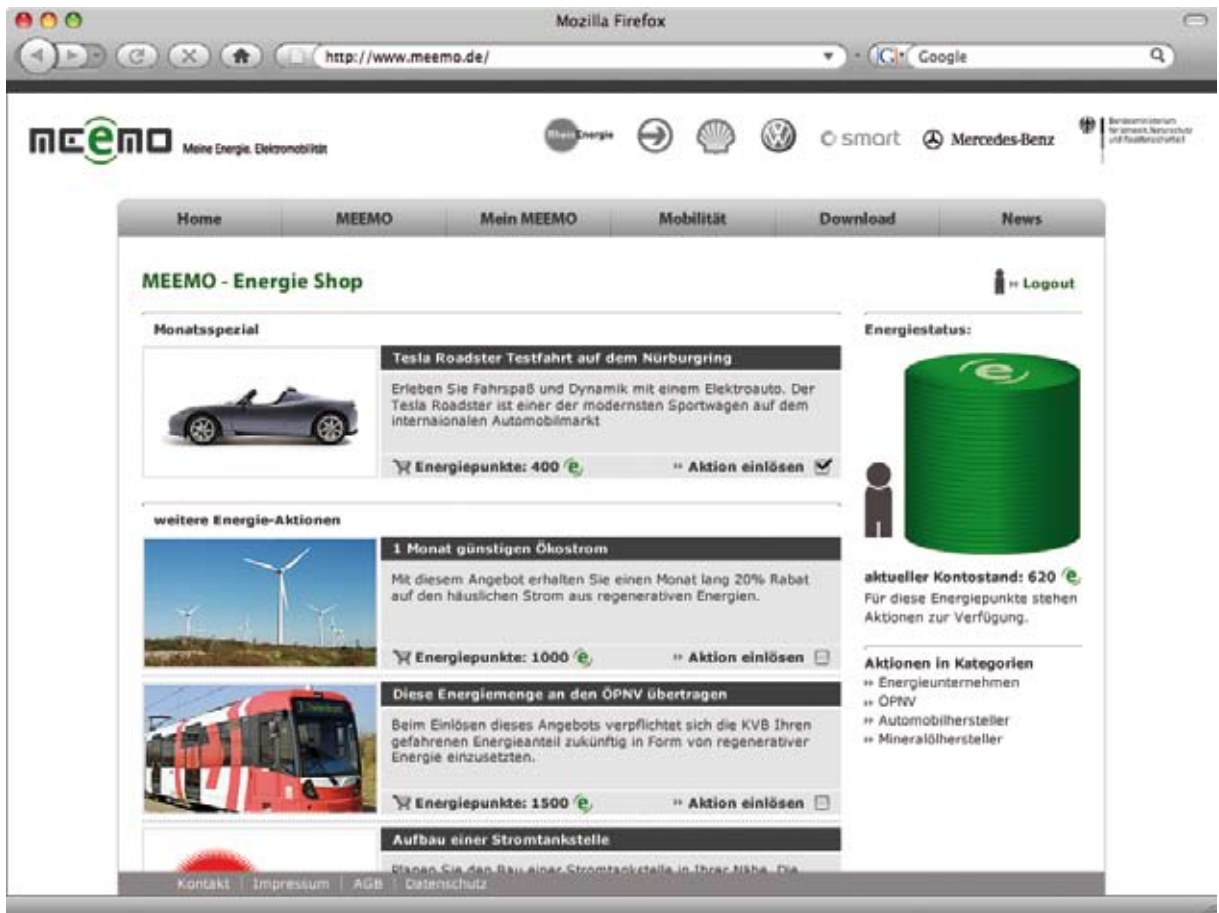
der Punktestand sowie verfügbare Updates und vorgemerkte Aktionen aus dem Shop, die der Nutzer erwerben möchte.



MEEMO Web-Interface | Portalseite

Energieprofil

Diese Seite zeigt eine weitere Anwendung aus dem individuellen Energieprofil eines MEEMO Nutzers. Dargestellt werden in dieser Graphik die zeitlichen Entwicklungen der CO₂ Emissionen eines Nutzers. Anhand dieser Graphik kann ein Nutzer erkennen, wie sich sein Verhalten auf seine Energiebilanz auswirkt. Jeder Balken der Informations-Graphik visualisiert den Energieverbrauch einer definierten Zeiteinheit. Balken im roten Bereich bedeuten schlechte Verbrauchswerte, für Balken im grünen Bereich werden mehr Energiepunkte gesammelt.



Portalseite | MEEMO Web-Interface

Webshop

Im Webshop können MEEMO Nutzer ihre gesammelten Energiepunkte gegen Aktionen und Angebote der teilnehmenden Unternehmen eintauschen. Vorgesehen ist immer ein Monats-Spezial, welches vor allem durch Angebote aus dem Bereich der Elektroautomobile gefüllt werden soll. Hierdurch können Nutzer schnell Zugang zu praxisnahen Probefahrten bekommen. Interesse an Elektromobilität soll über die zu erwerbenden Leistungen vermittelt werden.



Fazit

Ziel von MEEMO ist, dass die Anwender sich ihres mobilen Energieverbrauchs bewusst werden und diesen im Sinne eines nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen optimieren. Darüber hinaus werden dem Kunden zahlreiche Möglichkeiten gegeben, Erfahrungen mit der Energie-Ressource Strom zu sammeln. Im Idealfall nehmen Nutzer die Aktionsangebote der Automobilhersteller wahr und testen Elektroautos in der Praxis. Langfristiges Ziel ist, Menschen, die in urbanen Ballungszentren wohnen, für die zukünftige Mobilitätsform Elektroautos zu sensibilisieren und so die Markteintritts-Chancen der Elektroautos zu erhöhen.

Die Unternehmen, die sich über MEEMO darstellen, können öffentlichkeitswirksam ihre Ziele und Visionen zum Thema Elektromobilität kommunizieren und vermarkten. Wichtig ist, dass den Unternehmen ein Rahmen gegeben wird, in dem sie Impulse für die Zukunft setzen können und in Form von diversen Teilschritten infrastrukturelle Veränderungen im

urbanen Bereich erarbeitet werden.

Der explorative Teil dieser Arbeit hat gezeigt, dass Elektromobilität von allen beteiligten Interessengruppen ein großes Innovationspotenzial zugesprochen wird. Aus dem Bedarf an alternativen Antriebskonzepten und zukünftigen Formen an Mobilität nicht nur im urbanen Bereich resultiert ein dringender Handlungsrahmen. Neben Automobilherstellern, die seit einiger Zeit verstärkt an der Einführung serienreifer Automobile arbeiten, ist Elektromobilität auch für Energieversorger und andere Wirtschaftsunternehmen interessant geworden. Dies liegt an der Tatsache, dass dem Bereich der elektrischen Mobilität zukünftig zur erwartende finanzielle Gewinne zugesprochen werden. Gegenwärtig existiert jedoch immer noch eine gewisse Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis, es bleibt also abzuwarten, welche Konzepte sich als alltagstauglich genug erweisen, um vom Verbraucher angenommen zu werden.

Im Rahmen der Recherche zu dieser Arbeit wurde schnell die große Fülle an Informationen zu diesem Thema deutlich. Es ist schwer abzuschätzen, welche der veröffentlichten Konzepte und Produkte realisierbar sind oder als Zukunftsinnovationen noch einige Jahrzehnte auf ihre Umsetzungsfähigkeit überprüft werden müssen. Technische Standards werden zwar derzeit erarbeitet, diese sind zum Teil jedoch recht gegensätzlich, da unterschiedliche Unternehmenskooperationen eigene Interessen und Ansätze verfolgen. Am Beispiel von Better Place sieht man, dass Widerstände zu erwarten sind. Nicht alle Länder können oder wollen dieses Konzept aufgreifen und realisieren. Einen pluralistischen Zugang zur infrastrukturellen Energieversorgung ermöglicht Better Place mit Sicherheit nicht. Darüber hinaus bleibt abzuwarten, ob alle Automobilhersteller gewillt sind, die Konstruktion der Fahrzeuge auf einen Standard auszulegen. Grundlegend wird sich die Gesellschaft durch Elektromobilität nicht verändern. Trotzdem wird es vor allem im Bereich der Fahrzeugkonstruktionen Neuerungen geben, die erst durch den Einsatz der elektrischen Antriebskonzepte ermöglicht werden. So kann sich zukünftig beispielsweise der Fahrzeuginnenraum gänzlich anders gestalten, da elektrische Antriebe als Rad-

nabenmotoren Freiräume im Auto schaffen, die vorher nicht verfügbar waren. Zusätzlich wird es in Zukunft gänzlich andere Vertriebskonzepte für Automobile geben. Denkbar ist durchaus, dass Verbraucher zukünftig ihr Auto oder die Batterie eines Elektroautos bei einem Lebensmitteldiscounter leasen. Klassische Eigentumsverhältnisse vermischen sich möglicherweise in Zukunft mit Sharingkonzepten. Um die Verbraucher auf die Veränderungen im Bereich der automobilen Mobilität vorzubereiten und Potenziale sorgfältig auszuloten, ist es wichtig, dass Elektromobilität zuerst in den Köpfen der Menschen ankommt, bevor sie die Straße erreicht.

Literatur

Appel, Hermann (Hrsg.) | Stadtauto - Mobilität, Ökologie, Ökonomie, Sicherheit
(= Fortschritt der Fahrzeugtechnik, Band 13) | Braunschweig, Wiesbaden | Vieweg | 1995

Berger, Peter A. (Hrsg.) | Alte Ungleichheiten, neue Spaltungen | Opladen | Leske und Budrich | 1998

Brunner, Marc | Strategisches Nachhaltigkeits-Management in der Automobilindustrie -
Eine empirische Untersuchung | Wiesbaden | GWV Fachverlage | 2006

Canzler, Weert; Knie, Andreas | Möglichkeitsräume - Grundriss einer modernen Mobilitäts- und
Verkehrspolitik | Wien | Böhlau | 1998

Edelmann, Thomas | Mobilität | In: Erlhoff, Michael; Marshall, Tim (Hg.) | Design Wörterbuch |
Basel | Birkhauser | 2008

Edelmann, Thomas | Transportation Design | In: Erlhoff, Michael; Marshall, Tim (Hg.) | Design
Wörterbuch | Basel | Birkhauser | 2008

Franz, Peter | Soziologie der räumlichen Mobilität - Eine Einführung | Frankfurt a. M./
New York | Campus | 1984

Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid (Hrsg.) | Bedingungen und Wirkungsfaktoren zukunftsfähiger Mobilität | Düsseldorf | VDI Verlag | 2001

Hesse, Markus | Verkehrswirtschaft auf neuen Wegen? - Unternehmenspolitik vor der ökologischen Herausforderung | Marburg | Metropolis-Verlag | 1992

Petersen, Rudolf; Schallaböck, Karl Otto | Mobilität für morgen | Basel | Birkhäuser | 1995

Sauberzweig, Dieter | Die Stadt der Zukunft - Folgerungen für die Mobilität | In: Appel, Hermann (Hrsg.) | Stadtauto - Mobilität, Ökologie, Ökonomie, Sicherheit (= Fortschritt der Fahrzeugtechnik, Band 13 | Braunschweig, Wiesbaden | Vieweg | 1995

Tully, Claus J.; Baier, Dirk | Mobiler Alltag - Mobilität zwischen Option und Zwang | 1. Aufl. | Wiesbaden | VS Verlag | 2006

Vogt, Walter | Zukunft des Straßenverkehrs - Perspektivwechsel in der Verkehrsplanung? | In: Jessen J.; Roos, H.J.; Vogt, W. (Hrsg.) | Stadt - Mobilität - Logistik. Perspektiven, Konzepte und Modelle. | Reihe Stadtforschung aktuell | Bd. 63 | Basel | Birkhäuser | 1997

Internet

http://www.chroniknet.de/tml1_de.o.html?article=268871 | Stand: 20.05.09

<http://www.elektroauto-tipp.de/modules.php?file=eaug2&name=Eautogeschichte> | Stand: 20.05.09

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_11_01_mobile_anwendungen_geschichte_1.htm | Stand: 20.05.09

<http://www.lionsmart.de/glossar/c> | Stand: 22.05.09

<http://www.lionsmart.de/glossar/p/purpose-design> | Stand: 22.05.09

<http://www.ika.rwth-aachen.de/forschung/veroeffentlichung/indexantrieb.php> | Stand 30.10.2007

<http://www.unece.org/trans/doc/2001/wp29grpe/TRANS-WP29-GRPE-42-info3.doc> | Stand: 29.05.2009

<http://www.isea.rwth-aachen.de/eess/technology/high-temperature> | Stand: 20.05.2009

http://www.wima.com/DE/article_supercap.htm | Stand: 22.05.2009

<http://www.dges.de> | Stand: 18.05.2009

<http://www.rinspeed.com/pages/cars/e2/prd-e2.htm> | Stand: 18.05.2009

http://www.autobild.de/artikel/bmw-testet-elektroantrieb_737516.html | Stand: 26.05.2009

<http://www.sueddeutsche.de/automobil/946/308888/text> | Stand: 04.09.2008

<http://www.netzwelt.de/news/79772-elektroautos-standard-stecker-beschlossen.html> | Stand: 20.04.2009

<http://www.spiegel.de/wirtschaft/o,1518,534411,00.html> | Stand: 15.02.2008

<http://www.zdf.de/ZDFmediathek/content/723492?inPopup=true> | Stand: 01.06.2009

http://www.innovations-report.de/html/berichte/veranstaltungen/deutschland_leitmarkt_elektromobilitaet_123091.html | Stand: 26.11.2008

<http://www.wiwo.de/technik/mogelpackung-beim-elektroauto-379180/> | Stand: 26.11.2008

http://www.bmu.de/pressemitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/pm/43615.php | 31.03.2009

<http://www.spiegel.de/auto/aktuell/o,1518,595000,00.html> | Stand: 10.12.2008

<http://www.derwesten.de/nachrichten/waz/wirtschaft/2009/1/21/news-106597578/detail.html> | Stand: 21.01.2009

http://www.volkswagen.de/vwcms/master_public/virtualmaster/de3/modelle/golf/golf/zahlen___fakten/daten.html | Stand: 30.05.2009

Studien

Blank, Tobias | Elektrostraßenfahrzeuge - Elektrizitätswirtschaftliche Einbindung von Elektrostraßenfahrzeugen | FFE Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. | Dezember 2007

Wagner, Rudolph | Begriffe der Versorgungswirtschaft Teil D - Energie Heft 1: Energiewirtschaftliche Grundbegriffe, 1. Ausgabe | Frankfurt am Main | VWEV-Verlag | 1997

Bundestagsfraktion Bündnis 90, Die Grünen | Energie 2.0 - Die grünen Maßnahmen bis 2020 | 2007 |

http://www.gruene-bundestag.de/cms/publikationen/dokbin/187/187655.energie_2_o_die_gruenen_massnahmen_bis_2.pdf

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung | Elektromobilität | http://www.bmvbs.de/Klima_Umwelt-Energie/Mobilitaet-Verkehr_2987/Technologien-Energie.htm | Stand: 26.05.2009

Abbildungen

Abb. 1 Forschungsmodell Verbundprojekt Mobilität
Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid | 2001 | S. 19

Abb. 2 SOWT-Analyse
Blank, Tobias | 2007 | S. 4

Abb. 3 Mobilitäts-Prozess

Henning, Klaus; Isenhardt, Ingrid | 2001 | S. 3

Abb. 4 Mobilität und Kommunikation

Sauberzweig, Dieter | 1995 | S. 4

Abb. 5 Potenzialbegriffe

Blank, Tobias | 2007 | S. 41

Abb. 6 Einteilung in die Nutzungsklassen

Blank, Tobias | 2007 | S. 21

Abb. 7 Ermittlung des technischen Potenzials und des Energiebedarfs

Blank, Tobias | 2007 | S. 23

Bilder

B1. Elektromobil von Ayrton Perry

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_fotos_ok/elektromobile/001_elektromobil_von_ayrton_perry.jpg

B2. Electric Runabout

<http://www.econogics.com/ev/edison.jpg>

B3. Baker Runabout

http://www.buch-der-synergie.de/c_neu_html/c_fotos_ok/elektromobile/oo3_baker_runabout_varta_1893.jpg

B4. Lohner Porsche

http://lh4.ggpht.com/_DLEXnxJxiho/SXxQsC5flxI/AAAAAAAAAB1A/KSGthHU2qRo/img+o14.jpg

B5. NAFA

http://www.emercedesbenz.com/Images/Novo7/26_Mercedes_Benz_Research_Cars/23_Mercedes_Research_Cars_2/517514_909055_4724_4770_a2004f5537.jpg

B6. BMW E1

<http://images.marken.auto-motor-und-sport.de/media/mdb/58251.jpg>

B7. EV1

http://getmsm.com/ev/EV1/2003_0726_115526AA.JPG

B8. TWIKE

http://www.twikeklub.ch/archiv/images/tw_you_a.jpg

B9. Corbin Sparrow

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/o/oc/CorbinSparrow.jpg>

B10. Honda Insight

http://www.hyts.hu/autok/honda/insight/honda_insight_r5.jpg

B11. MINI E

<http://ifakaraphilosophy.files.wordpress.com/2009/04/mini-e.jpg>

B12. Smart ed

<http://blogs.edmunds.com/greencaradvisor/smartED.jpg>

B13. TH!NK city

<http://www.think.no/think/Press-Pictures/Picture-gallery/Photos/TH!NK-i-city-i/Think-city-27>

B14. Tesla Roadster

<http://gainsaid.files.wordpress.com/2008/06/tesla-roadster.jpg>

B15. TH!NK Ladesystem

http://api.ning.com/files/KLSP7-B-T3NL8Ff3wOjwbh2eqUn8H5BOo9oXkiaDSTDDeoHxXk-tBEB9o46gP*eXo7cHEuu28zz9XuoXWA1fj3dLqS856UQZG/VlotteDrEvelineSteinbergerAustria.jpg

B16. Stromtankstelle

http://www.bmu.de/files/bilder/allgemein/image/jpeg/mini_e_oss_dl.jpg

B17. Standard-Stecker für Elektroautos

http://www.rwe-mobility.com/resize=false_select=EoE3Eo_~image_484.jpg

B18. Logo Better Place

<http://www.nicholas.duke.edu/cleanenergy/graphics/BPL9156-BetterPlaceLogo.jpg>

B19. Better Place Batterie-Tauschsystem

- <http://www.autoversicherung-online.info/autoblog/wp-content/images/better-place-switch.jpg>

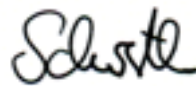
B20. O-Bus der Solinger Stadtwerke

- <http://web40.cologne146.serverspot.de/Forum/20090311-21.jpg>

132	
-----	--

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt habe und keine anderen als die angegebenen und bei Zitaten kenntlich gemachten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Köln, 02.07.2009

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Schwertle'.

Timo Schwertle