

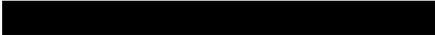
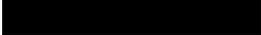


Ausarbeitung

Mobilität der Zukunft



Mobilität der Zukunft

Verfasserin: 
Aktenzeichen: WD 5 – 3000- 050/10
Abschluss der Arbeit: 30. Juni 2010
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Technologie; Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Tourismus
Telefon: 



Inhaltsverzeichnis

1.	Mobilität der Zukunft	4
2.	Einbeziehung der Verbraucher in die nachhaltige Mobilität	5
2.1.	Verbraucherparlament zur Mobilität der Zukunft	5
2.2.	Verbraucher fürs Klima	6
2.3.	Zero-Emission-Mobility Projekt	6
2.4.	Befragung der Verbraucher	6
3.	Projekte und Studien	7
3.1.	Projekt Mobilität 21	7
3.2.	FIS – Das Forschungs-Informations-System	7
3.3.	acatech-Studie	8
3.4.	Institut für Mobilitätsforschung (ifmo)	11
3.4.1.	ifmo 2020	12
3.4.2.	ifmo 2025	12
3.5.	Aktionsprogramm „effizient mobil“	12
3.6.	TERM 2009	13
3.7.	Internationale Energieagentur	13
4.	Alternativtreibstoffe und -antriebe	14
4.1.	Elektromobilität	16
4.2.	Wasserstoff	17
4.3.	Brennstoffzellen	19
4.4.	Hybridfahrzeuge	20
4.5.	Antriebs-Mix	20
4.6.	Energieeffizienz	21
4.7.	Lkw- bzw. Straßengüterverkehr	22
5.	Ausblick	25
5.1.	Masdar City, Stadt der Zukunft	25
5.2.	Fazit	26
6.	Literatur- und Quellenverzeichnis	27

1. Mobilität der Zukunft

Wie werden wir auch in Zukunft trotz schwindender fossiler Ressourcen, knapperen Rohstoffen und drohendem Klimawandel Mobilität weiter ermöglichen können?

Die in der Literatur beschriebenen Lösungsansätze gehen davon aus, dass durch die Entwicklung neuer Technologien und Kraftstoffe, durch Ressourcenschonung und Verkehrsleitsysteme, durch den Ausbau des öffentlichen Personenverkehrs sowie durch die Entwicklung fahrrad- und fußgängerfreundlicher Metropolen, unsere Mobilität erhalten bleibt. Die Mobilitätskosten werden jedoch steigen.

Die Mobilität der Zukunft liegt in vielen Händen. Die folgende Tabelle aus dem Jahr 2008 zeigt allein fünf für den Bereich „Mobilität und Verkehrstechnologien“ zuständige Ressorts.

Mobilität und Verkehrstechnologien		
Grobstruktur zur Darstellung der Verkehrsforschung des Bundes		
	Projekt-/Forschungsförderung	Ressort-Forschung
BMWi	<ul style="list-style-type: none"> Verkehrstechnologien und -systeme im bodengebundenen Verkehr (Logistik/Mobilität für Menschen im 21. Jahrhundert/Intelligente Infrastruktur) Institutionelle Forschungsförderung des DLR 	
BMVBS	<ul style="list-style-type: none"> Projekte aus FuE-Innovationsprogramm (Wasserstoff und Brennstoffzelle/Kraftstoffstrategie/umweltfreundliche Schiffsmotoren/Masterplan Güterverkehr und Logistik/e-ticketing/Metaplattform Verkehrs-information) Forschungsprogramm Stadtverkehr, Initiative Mobilität 21, Nationaler Radverkehrsplan Allgem. Ressortforschung (integrierte Verkehrspolitik, verkehrsträgerbezogene Forschungsthemen) 	
BMBF	<ul style="list-style-type: none"> Materialforschung IKT 2020 Mikrosysteme 	<ul style="list-style-type: none"> Molekulare Pflanzenforschung Zivile Sicherheitsforschung
BMU	<ul style="list-style-type: none"> Umweltforschung 	
BMELV	<ul style="list-style-type: none"> Biogene Kraft- und Werkstoffe 	
komplementäre Forschungsförderung der EU auf Beschluss der Mitgliedsstaaten		
EU	<ul style="list-style-type: none"> 7. Forschungsrahmenprogramm 	

Quelle: BMWi (2008). 3. Verkehrsforschungsprogramm¹

Des Weiteren gibt es derzeit diverse Forschungsprogramme zum Thema Elektromobilität und Speichertechniken sowie ein ressortübergreifendes Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff

¹ <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/verkehrsforschungsprogramm-mobilitaet-und-verkehrstechnologien.property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf>

und Brennstoffzellentechnologie (NIP)². Auch haben einzelne Bundesländer Förderprogramme zur Elektromobilität vor allem im Bereich Forschung und Entwicklung und zu Markteinführungsmaßnahmen aufgelegt.

In ihrem Gutachten zu Forschung, Innovation und Technischer Leistungsfähigkeit Deutschlands sieht die von der Bundesregierung bestellte **Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)** hierdurch mögliche Koordinierungsprobleme zwischen den Wissenschafts- und Wirtschaftsressorts, was die Verfolgung einer nationalen Innovationsstrategie erschwere.³

2. Einbeziehung der Verbraucher in die nachhaltige Mobilität

Der interessierte Verbraucher hat einige Möglichkeiten, um sich über nachhaltige Mobilität zu informieren und sie aktiv zu praktizieren.

2.1. Verbraucherparlament zur Mobilität der Zukunft

Am 11. Juni 2010 lud der „Verbraucherzentrale Bundesverband“ (vzbv) in Berlin zu einem **Verbraucherparlament zur Mobilität der Zukunft**⁴ ein, an dem 150 Bürger teilnahmen. Dies sind die Ergebnisse dieses Treffens über Verkehrskonzepte der Zukunft, elf Lösungen für nachhaltige Mobilität:

1. ÖPNV-Nutzung flexibler, einfacher und attraktiver machen: Haltestellen, Kleinbusmodell, Verbesserung der Taktzeiten
2. Einheitsabgabe (wie GEZ) und damit ÖPNV rund um die Uhr für alle
3. "Wahre Preise" und Kompensation für Klimafolgen einführen
4. Verkehr stärker für Nicht-Autofahrer planen (z.B. Busspuren, Fahrradstraßen, Fußgängerzonen, Stellplätze)
5. Mobilitätserziehung zu Nachhaltigkeit beispielsweise als Schulfach in Schulen, aber auch in anderen Institutionen
6. Verhaltensänderung durch Vorbilder (in der Politik, den Medien) und positive, klimabewusste Kommunikation in den Medien ("Weniger ist mehr.")
7. Klimaschädliche Subventionen (Regionalflughäfen, Auto ...) abbauen
8. Motorisierten Individualverkehr (mit Dienst- und Zweitwagen) teurer machen

2 <http://www.bmvbs.de/-,302.959574/Nationales-Innovationsprogramm.htm>

3 http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten/EFI_2010.pdf

4 <http://www.verbraucherfuersklima.de/cps/rde/xchg/projektlima/hs.xsl/5737.htm>

9. Bessere Anschlüsse für verschiedene Verkehrsmittel (Rad, Auto, Bahn)
10. Arbeitgeber unterstützen und planen Mobilität mit
11. Image und Kultur von klimafreundlichem Urlaub verbessern (Aktiv-Urlaub, Urlaubskultur inklusive Reisezeit).⁵

2.2. Verbraucher fürs Klima

Der Verkehrsclub Deutschland (VCD)⁶ bietet in Kooperation mit dem vzbv kostenfreie online-Informationen zur **klimaverträglichen Mobilität** für interessierte Verbraucher an.

Der VCD setzt auf nachhaltige Mobilität durch intelligentes Kombinieren aller Arten von Fortbewegungsangeboten: ein gutes Bus- und Bahnangebot, mehr Platz für Fahrräder, Sprit sparende Autos sowie mehr Sicherheit für Kinder.⁷

2.3. Zero-Emission-Mobility Projekt

Im Oktober 2008 startete das "Zero-Emission-Mobility" Projekt (ZEM) des BMU, eine für zwei Jahre angelegte bundeseinheitliche **Medienkampagne für die Kommunen**. ZEM fördert die emissionsfreie Mobilität im Nahbereich durch Verbraucherinformation und medial unterstützte Imageförderung. Menschen sollen animiert werden, sich öfter emissionsfrei per Fuß und Fahrrad fortzubewegen. Die Durchführung des Projektes erfolgt im Rahmen der Klimaschutzinitiative der Bundesregierung.⁸

2.4. Befragung der Verbraucher

Eine Online-Untersuchung der PROGNOSE AG im September 2009 im Auftrag des vzbv ergab eine „große Bereitschaft der Verbraucher zu klimafreundlicher Mobilität“⁹ mit folgenden Erwartungen:

- Optimierung und Ausbau **öffentlicher Verkehrsmittel** und deren Infrastruktur
- Förderung von Elektrofahrrädern und Ausbau der **Fahrradinfrastruktur**

⁵ http://www.verbraucherfuersklima.de/cps/rde/xchg/projektklima/hs.xsl/verbraucherparlament_ergebnispapier.htm

⁶ http://www.verbraucherfuersklima.de/cps/rde/xchg/projektklima/hs.xsl/onlineberatung_mobilitaet.htm

⁷ http://www.verbraucherfuersklima.de/cps/rde/xchg/projektklima/hs.xsl/vcd_klimavertraegliche_mobilitaet.htm

⁸ http://www.bmu.de/verkehr/rad_fussverkehr/zero_emission_mobility/doc/42533.php

⁹ http://www.vzbv.de/mediapics/mobilitaetsstudie_erwartungen_11_09_09.pdf

- Vertrauenswürdige Informationen zur **Klimawirkung einzelner Verkehrsmittel**.

3. Projekte und Studien

Einige markante Projekte und Studien zur Mobilität der Zukunft werden im Folgenden skizziert:

3.1. Projekt Mobilität 21

Das Projekt **Mobilität 21** ist ein Online-Portal für innovative Verkehrslösungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) zur nachhaltigen Gestaltung der urbanen Mobilität im 21. Jahrhundert. Es werden innovative Fahrzeugtechniken beschrieben und insbesondere Ergebnisse öffentlich geförderter Forschungsvorhaben und Projekte des BMVBS dargestellt und laufend aktualisiert:

- Das Projekt Mobilität 21 begleitet Programme wie das **Forschungsprogramm Stadtverkehr** (FoPS). FoPS soll durch die Erarbeitung anwendungsorientierter wissenschaftlicher und praktischer Erkenntnisse zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in den Gemeinden beitragen.
- Es erweitert und aktualisiert laufend die 11 Gewinnerkonzepte für innovative Verkehrslösungen des Förderwettbewerbs „**Mobilität 21 – Beispiele für innovative Verkehrslösungen**“¹⁰.
- Des Weiteren wird die **Förderinitiative e-Ticket**, die Einführung und der Aufbau eines elektronischen bundesweiten Fahrgeldmanagements für den öffentlichen Personenverkehr vorangetrieben.¹¹

3.2. FIS – Das Forschungs-Informations-System

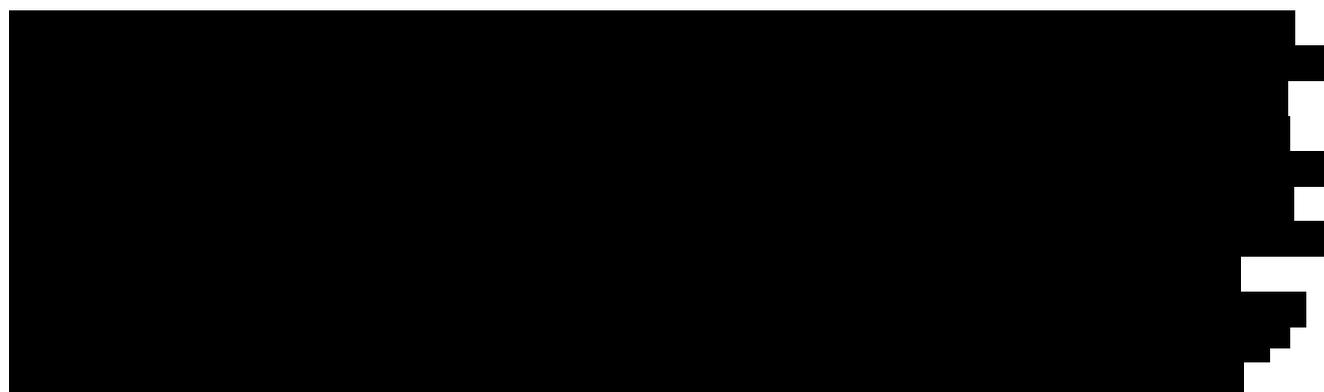
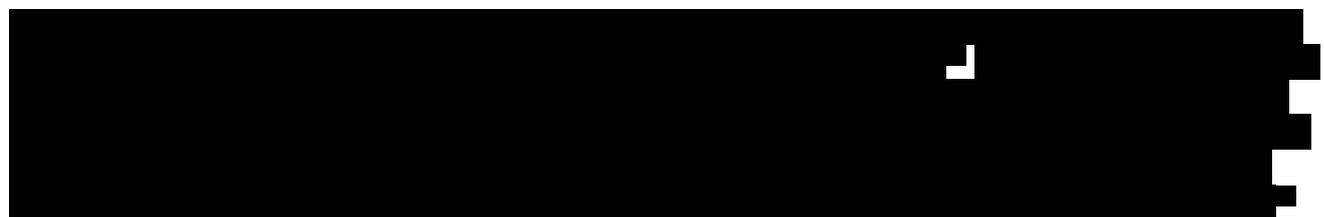
Das Forschungs-Informations-System für Mobilität, Verkehr und Stadtentwicklung, **FIS**¹², wird ebenfalls vom BMVBS gefördert. 12 Forschungseinrichtungen bieten laufend aktualisierte wissenschaftliche Informationen zu Themengebieten an, die Mobilität, Verkehr, Raumplanung und Stadtentwicklung betreffen:

10 <http://www.mobilitaet21.de/mobilitaet21-innovative-verkehrsloesungen.html>

11 <http://www.mobilitaet21.de/einfuehrung-eticket.html>

12 Für die Nutzung des Forschungs- Informations-Systems (FIS) ist die Beantragung einer Benutzerkennung erforderlich.

13



3.3. acatech-Studie¹⁷

Die **acatech-Studie** des Konvents für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V. aus dem Jahr 2006 befasst sich mit dem infrastrukturellen Aspekt der Mobilität auf Straße und Schiene. Die Studie bezieht sich auf die Angaben des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) des Jahres 2003, der bereits die Infrastrukturmaßnahmen bis 2015 enthält. Es werden jedoch abweichend vom BVWP stagnierende Bevölkerungszahlen zugrunde gelegt. Die Studie stellt selbst bei Umsetzung aller im BVWP beschlossenen Maßnahmen „deutliche Engpässe bei der Infrastruktur“ fest. Das acatech Verkehrsszenario 2020 geht von einem Anstieg des **Straßenverkehrs** in den kommenden Jahren aus und dies mit erheblichen regionalen Unter-

[lung_2050_Schlussbericht.pdf?command=downloadContent&filename=FE_70_757_2004_FOPS_Szenarien_Mobilitaetsentwicklung_2050_Schlussbericht.pdf](#); der Link funktioniert erst nach Beantragung einer Benutzererkennung

14 „Auszug aus dem Forschungs- Informations-System (FIS) gefördert durch das BMVBS“:<http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/219962/>; der Link funktioniert erst nach Beantragung einer Benutzererkennung

15 „Auszug aus dem Forschungs- Informations-System (FIS) gefördert durch das BMVBS“:<http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/219962/>; der Link funktioniert erst nach Beantragung einer Benutzererkennung

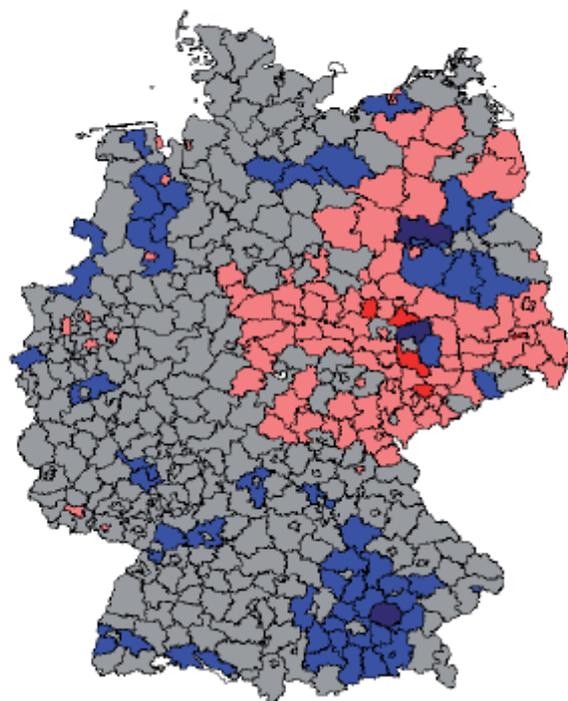
16 "Auszug aus dem Forschungs- Informations-System (FIS) gefördert durch das BMVBS":<http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/219962/>; der Link funktioniert erst nach Beantragung einer Benutzererkennung

17

http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/Mobilitaet_2020_web.pdf.pdf

schieden, das heißt: Steigerung der Verkehrsbelastung in den Ballungsräumen und Reduzierung des Verkehrsaufkommens im ländlichen Raum. Auch auf der **Schiene** wird es zu gewissen Überlastungen kommen und zwar „vor allem auf der Nord-Süd-Achse zwischen Hamburg und Hannover bzw. Karlsruhe und Basel“. Entlastung wird auch hier in strukturschwachen Gebieten zu verzeichnen sein. Die folgende Darstellung zeigt die Bevölkerungsentwicklung für die Jahre 2002 bis 2020, differenziert nach Kreisen.

Einwohnerentwicklung 2002 – 2020



■	25%	bis	37%
■	10%	bis	25%
■	-10%	bis	10%
■	-25%	bis	-10%
■	-39,7%	bis	-25%

Achatech empfiehlt: Erhaltungsmaßnahmen und Engpassbeseitigung bei der Straße, Ausbau der Systeme des öffentlichen Verkehrs nach ökonomischer Wirkungsprüfung, Steigerung von Effizienz und Sicherheit im Straßenverkehr durch Verkehrsmanagement und Fahrzeugtechnik, Ein-

richtung einer staatlich autorisierten Verkehrsmanagementorganisation (VMO) zur Institutionalisierung des Verkehrsmanagements auf allen Ebenen im gesamten Bundesgebiet. Des Weiteren macht acatech zwei Vorschläge für die Finanzierung der Fernstraßeninfrastruktur. Vorschlag 1 beinhaltet den teilweisen Ersatz der Kraftstoff- und Fahrzeugsteuern durch Nutzungsgebühren analog zur LKW-Maut; Vorschlag 2 „basiert im Wesentlichen auf der Beibehaltung der staatlichen Finanzierung der Straßenverkehrsinfrastrukturprojekte aus der Kraftstoffsteuer und fordert die Festwidmung eines ausreichenden Teils dieser Steuereinnahmen für die Infrastruktur“.¹⁹ Die folgende Abbildung zeigt in orange (hell) die Forderungen an die Verkehrsverwaltungen und in blau (dunkel) die Forderungen an die Industrie:



20

19

http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/Mobilitaet_2020_web.pdf.pdf

20

http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/Mobilitaet_2020_web.pdf.pdf; S. 50

3.4. Institut für Mobilitätsforschung (ifmo)

Das **Institut für Mobilitätsforschung** (ifmo), eine Forschungseinrichtung der BMW Group, hat unter dem Titel „Mobilität 2025. Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demografie“²¹ eine Studie des Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) herausgegeben. Die Studie analysiert „wesentliche Zusammenhänge zwischen sozio-ökonomischen Einflussgrößen und der Mobilität privater Haushalte (...), um auf dieser Basis eine wahrscheinliche Entwicklung der Mobilität bis zum Jahr 2025 abzuschätzen.“²²

Die Autoren der Studie gehen von folgenden **Rahmenbedingungen für das Jahr 2025** aus:

- Die Bevölkerungszahl nimmt leicht ab.
- Die Zahl der Haushalte nimmt leicht zu.
- Die Alterung der Gesellschaft setzt sich fort.
- Das Bildungsniveau der Bevölkerung steigt.
- Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft wird erhalten und ausgebaut.
- Es gibt eine höhere Erwerbsbeteiligung aufgrund verstärkter Beteiligung von Frauen am Arbeitsmarkt.
- Die Wirtschaft wächst durchschnittlich um 1,8 Prozent p. a. bis 2025.
- Die Mobilitätskosten im motorisierten Individualverkehr steigen um gut 10 Prozent und im öffentlichen Verkehr aufgrund des zu erwartenden Subventionsabbaus um ca. 40 Prozent.

Sie kommen zu dem Ergebnis, dass eine starke Korrelation zwischen Einkommen und Mobilität bestehe, und dass die Motorisierung aufgrund von Einkommenszuwächsen weiter ansteige. Es sei ein **Trend zur Mehrfachmotorisierung** zu verzeichnen, eine **Zunahme des Führerscheinbesitzes** und dies insbesondere bei Frauen. Es sei ein **Anstieg der Wege im Berufsverkehr** in Anzahl und Länge aufgrund gestiegener Erwerbsbeteiligung und dies wiederum bei Frauen zu erwarten. Die Alterung der Bevölkerung führe zu strukturellen Verschiebungen in der Verkehrsnachfrage, was sich dämpfend auf die Gesamtmobilität auswirke. Durch einen aktiveren Lebensstil der Älteren würden in Zukunft jedoch mehr und längere Wege zurückgelegt. Der Rückgang der Schülerzahlen werde zu einer Abnahme im Öffentlichen Personenverkehr für diese Gruppe führen. Trotz geringerer Kinderzahl seien Kinder weiterhin treibende Kraft für Mobilität. Es werde eine leichte Steigerung der Verkehrsausgaben erwartet, sodass sie nach den Ausgaben fürs Wohnen auch 2025 den zweitgrößten Ausgabenposten bilden werden. Bei Haushalten mit höherer Kaufkraft werde mit einer überproportionalen Steigerung der Mobilitätsausgaben gerechnet.²³

21 http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2008/Schlussbericht_Mobilitaet_und_Einkommen_2025_april.pdf

22 http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2008/Schlussbericht_Mobilitaet_und_Einkommen_2025_april.pdf; S. 83

23 http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2008/Schlussbericht_Mobilitaet_und_Einkommen_2025_april.pdf

3.4.1. ifmo 2020

Eine weitere Studie des Instituts für Mobilitätsforschung aus dem Jahr 2002 beschäftigt sich mit der „Zukunft der Mobilität. Szenarien für das Jahr 2020“. In diesem Beitrag wird konstatiert, dass neben dem **demografischen Wandel** auch das „dominierende **Mobilitätsleitbild** der Bevölkerung“ für die weitere Entwicklung von Verkehr und Mobilität ein schwer zu beeinflussender Faktor sei. Diese Aspekte könnten nur durch geänderte Rahmenbedingungen sehr indirekt und langfristig beeinflusst und geändert werden. Das Fazit lautet, dass „wir nur mit adäquaten Bedingungen für Mobilität und Verkehr wirtschaftlich und gesellschaftlich überleben können.“²⁴ Ebenfalls bedeutsam sei die Abstimmung zwischen den unterschiedlichen Fachdisziplinen und den verschiedenen Akteuren des Verkehrsgeschehens.

3.4.2. ifmo 2025

Die erste Fortschreibung der Studie „Zukunft der Mobilität“ entwickelt Szenarien für das Jahr 2025²⁵. Es wird festgestellt, dass sich Straßen- und Schienenverkehr sowie Luft- und Schifffahrt organisatorisch und rechtlich auf unterschiedlichen Entwicklungsstufen befinden. Für alle Fortbewegungsarten sei eines jedoch gleich, die steigende Nachfrage bei knappen öffentlichen Finanzen. „Angesichts dieser Lage gibt es nur eine sinnvolle Lösung: Eine Steigerung der Effizienz im Verkehrssystem, die mit der **Vernetzung auch zwischen den einzelnen Teilsystemen** einhergehen muss.“ Und dies unter Berücksichtigung ökologischer, sozialer und ökonomischer Aspekte.

3.5. Aktionsprogramm „effizient mobil“²⁶

Das **Aktionsprogramm für Mobilitätsmanagement** „effizient mobil“, vom BMU gefördert und von der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) geleitet, wurde im Juni 2008 gestartet: In bundesweit 15 Modellregionen wurden regionale Netzwerke aufgebaut, Mobilitätsmanagementexperten als Koordinatoren vor Ort eingesetzt, Beratungen in Betrieben durchgeführt und Mobilitätsmanagement-Grobkonzepte erstellt. Die Evaluation des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung (ILS) und des Instituts für Stadtbauwesen der RWTH Aachen (ISB) ergab, dass aufgrund der Beratungen pro Standort 212 t CO₂ pro Jahr eingespart werden.

Im Juni 2010 wurden erste zentrale Befunde zur beschleunigten Etablierung des Mobilitätsmanagements vorgestellt: Bezüglich der rechtlichen Rahmenbedingungen wurde jedoch ermittelt, dass es derzeit „keine eindeutige Definition und rechtliche Absicherung und Anerkennung von Mobilitätsmanagement“ gebe, und dass „Mobilitätsmanagement-Maßnahmen bislang kein gleichwertiges Handlungsfeld neben der Infrastrukturplanung oder der Verkehrssteuerung“ darstellen, auch werde Mobilitätsmanagement weder in der Bauleitplanung noch bei der Baugenehmigung berücksichtigt.²⁷

24 http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2002/Zukunft_der_Mobilitaet_Szenarien_2020.pdf

25 http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2005/Zukunft_der_Mobilitaet_Szenarien_2025.pdf

26 <http://www.effizient-mobil.de/index.php?id=aktionsprogramm>

27 http://www.effizient-mobil.de/fileadmin/user_upload/effizient_mobil/Download/Zwei_Jahre_Mobilitaetsmanagement_Rumpke.pdf

3.6. TERM 2009

TERM wird jährlich von der Europäischen Umweltagentur, der European Environment Agency (**EEA**), herausgegeben und ist die Abkürzung für „**T**ransport and **E**nvironment **R**eporting **M**echanism“ (Mechanismus für die Berichterstattung über Verkehr und Umwelt). Gestützt auf die Analyse von Langzeittrends fordert der Bericht eine klare Zukunftsvision für die weitere Gestaltung eines emissionsarmen europäischen Verkehrssystems bis zum Jahr 2050. Eine der Hauptaussagen des Berichts ist folgende: **Der Transportsektor ändert sich nicht schlagartig.**

Trends und Ergebnisse von TERM 2009 sind folgende:

- „Der Straßen- und Luftgüterverkehr verzeichnete den größten Anstieg in der EU-27 (43 % bzw. 35 % zwischen 1997 und 2007). Im selben Zeitraum nahm der Anteil des Schienen- und Binnenschiffsverkehrs am gesamten Güterverkehrsvolumen ab.
- Verringerung des Verkehrsvolumens aufgrund der derzeitigen schwachen Konjunktur.
- Weiterer Anstieg des Personenverkehrs; stärkstes Wachstum bei Flugreisen innerhalb der EU, mit einem Anstieg um 48 % zwischen 1997 und 2007. Der Pkw ist immer noch das bevorzugte Verkehrsmittel mit einem Anteil von 72 % an den Gesamtpersonenkilometern in der EU-27.
- Anstieg der Treibhausgasemissionen, die auf den Verkehrssektor (ohne den internationalen Flug- und Seeverkehr) zurückzuführen sind, in den Mitgliedsländern der EEA²⁸ zwischen 1990 und 2007 um 28 % an und machen heute 19 % der Gesamtemissionen aus.
- Auch wenn die Luftschadstoffemissionen in letzter Zeit gesenkt werden konnten, war der Straßenverkehr im Jahr 2007 der größte Verursacher von Stickoxiden und die zweitgrößte Quelle von Schadstoffen, die zur Bildung von Feinstaub führen.
- Von den 32 Mitgliedsländern der EEA sind derzeit lediglich Deutschland und Schweden auf einem guten Weg, ihr jeweiliges nationales Richtziel für die Verwendung von Biokraftstoffen im Jahr 2010 zu erreichen.
- Der Straßenverkehr ist immer noch Hauptverursacher der Verkehrslärmbelastung.“²⁹

Der Bericht stellt fest, dass energieeffiziente Fahrzeuge zwar zu einer Verringerung der Energie- und Transportkosten beitragen, dass dies jedoch zu einem „**rebound effekt**“ führen könne, also zu mehr Verkehr, da nun auch Transporte, die vorher zu teuer waren, preisgünstig ausgeführt werden könnten.

3.7. Internationale Energieagentur

Im Juli 2010 wird die Internationale Energieagentur (**IEA**), die International Energy Agency, eine Studie mit dem Titel: „Energy Technology Perspectives 2010. Scenarios & Strategies to 2050“

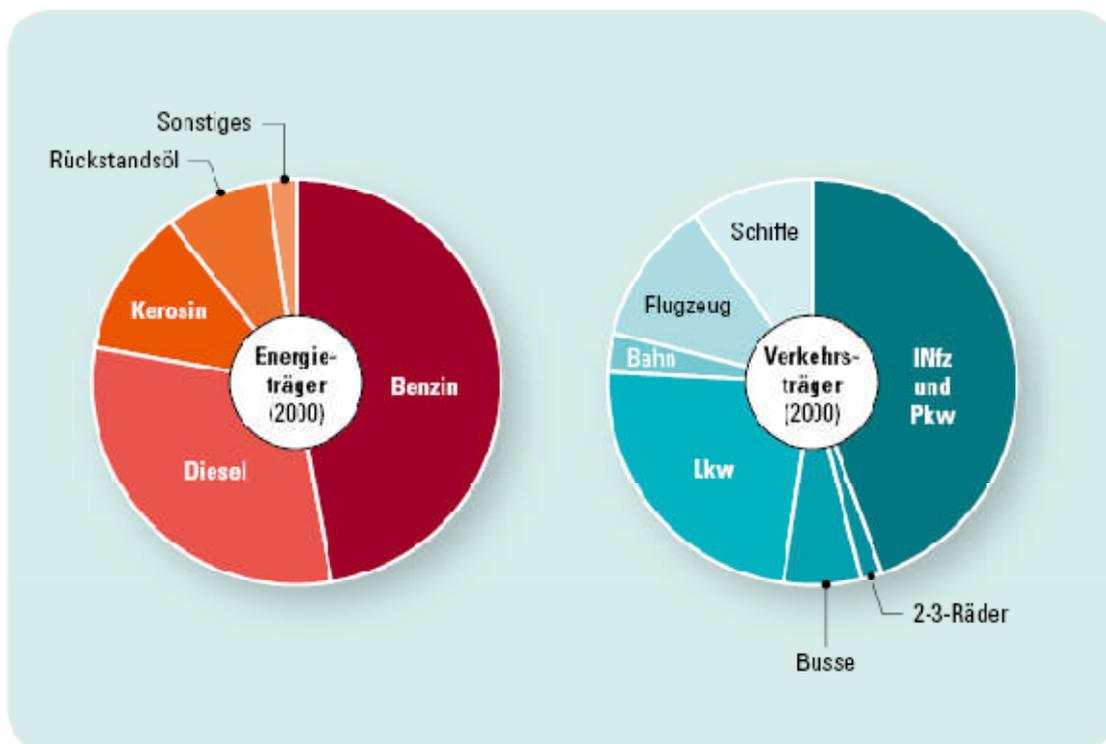
28 EEA-Mitgliedsländer sind neben der EU-27 die Türkei, Island, Liechtenstein, Norwegen und die Schweiz.

29 gekürzt siehe: <http://www.eea.europa.eu/de/pressroom/newsreleases/ein-umweltfreundlicher-europaeischer-verkehrssektor-2013>

herausgeben. Die letzte Studie aus dem Jahr 2008 beantwortete im Wesentlichen folgende Fragen: Welche technischen Optionen haben wir, um die CO₂-Emissionen in den nächsten 50 Jahren zu reduzieren? Wie viel wird es kosten? Welche Politik benötigen wir hierfür? Die Studie 2010 beschäftigt sich mit aktualisierten Szenarien für bestimmte Regionen, also **welche neuen Technologien für welche Regionen** bedeutend sein werden, dabei richtet die IEA den Hauptaugenmerk auf: Energiesicherheit, wirtschaftliche Entwicklung und Umweltschutz.

4. Alternativtreibstoffe und -antriebe

Die folgende Abbildung, die den weltweiten Energieverbrauch des Jahres 2000 aufgeschlüsselt nach Energie- und Verkehrsträgern zeigt, macht deutlich, wie bedeutend Öl als Kraftstoff immer noch ist. Hauptnutzer von Benzin und Diesel sind Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (INfz), Busse und Lkw:



Quelle: Wuppertal Institut, S. 30

Mobilität, derzeit noch stark abhängig vom Öl, einer Ressource, die sich dem Ende zuneigt und deren Verbrennung zum Klimawandel beiträgt, benötigt Alternativkraftstoffe. Alternative Kraftstoffe, die sowohl für Otto- als auch für Dieselmotoren verfügbar sind, und die aus Mineralöl hergestellte Kraftstoffe im Verkehr bis zu einem gewissen Umfang ersetzen können sind vor allem:

[REDACTED]

[REDACTED]

Die **Kraftstoffe der Zukunft** müssen folgende Kriterien erfüllen:

- eine gute Klimabilanz aufweisen,
- ein hohes Mengenpotenzial besitzen,
- Chancen zur Marktdurchdringung erfüllen
- und geringe Herstellungskosten verursachen.³²

Das größte Potenzial, um den Verbrauch fossiler Kraftstoffe **derzeit** zu mindern, bieten laut Kraftstoffstrategie der Bundesregierung folgende Alternativen:

- Effizienzsteigerung bei Benzin- und Dieselmotoren,
- synthetische Kraftstoffe aus Biomasse (BTL),
- kombinierte Antriebe (Hybrid),
- Wasserstoff (Motor und Brennstoffzelle).³³

Langfristig werden CO₂-neutrale Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien in Kombination mit elektromobilen Fahrzeugen mit Batterien oder mit Brennstoffzellen und Wasserstoff (H₂) angestrebt, wie die umseitige Darstellung der „Kraftstoffstrategie der Bundesregierung“ zeigt:

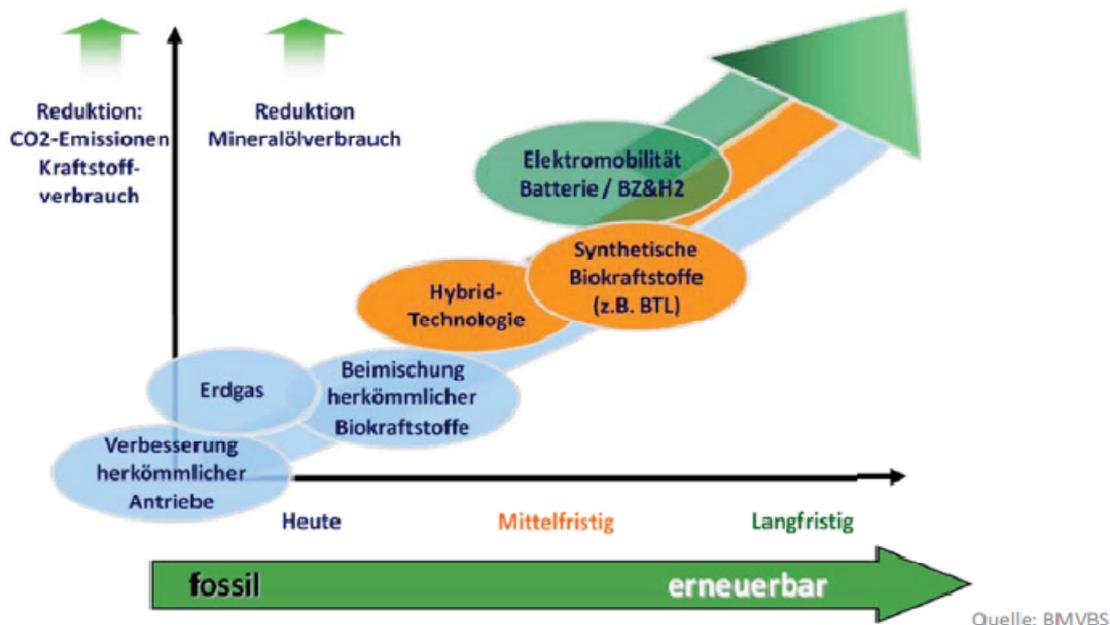
30 aus dem FIS, erstellt von der Technischen Universität Berlin und von der Verfasserin ergänzt; Stand: 10. Juni 2010.

31 aus dem FIS, erstellt von der Technischen Universität Berlin; Stand: 10. Juni 2010.

32 http://www.bmvbs.de/Anlage/original_22303/Die-Kraftstoffstrategie-der-Bundesregierung.pdf

33 http://www.bmvbs.de/Anlage/original_22303/Die-Kraftstoffstrategie-der-Bundesregierung.pdf

Die „Kraftstoffstrategie der Bundesregierung“



Elektromobilität mit Batterie und Brennstoffzelle spielt künftig eine bedeutende Rolle.

Quelle: Thorsten Herbert, NOW³⁴, Forschungskonferenz Urbane Mobilität

4.1. Elektromobilität

Unter Elektromobilität wird „die Nutzung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen, insbesondere von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen, aber auch elektrisch angetriebenen Zweirädern und Leichtfahrzeugen sowie die damit verbundene technische und ökonomische Infrastruktur“³⁵ verstanden.

Elektrofahrzeuge sind CO₂-neutral, jedoch nur wenn der Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt.

Im folgenden Schaubild sind die einzelnen Fahrzeugtypen, die zum Bereich Elektromobilität gezählt werden, charakterisiert. Beim **Hybridfahrzeug** wird keine Anbindung an das Stromnetz benötigt. Durch die Bremsenergie wird die Batterie aufgeladen. Beim **Plug-in-Hybridfahrzeug** ist – wie der Name sagt: einstecken, einstöpseln („plug-in“) - eine teilweise Stromnetzanbindung

34 NOW. Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH; NOW ist die Bundesgesellschaft zur Umsetzung und Steuerung des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP).

35 http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten/EFI_2010.pdf

erforderlich. Das **Elektrofahrzeug** braucht eine hundertprozentige Netzanbindung. Das **Brennstofffahrzeug** kommt ohne Stromnetz aus.

Fahrzeugtypen Elektromobilität

Fahrzeugtyp	Nutzung des Stromnetzes	Zentrale Charakteristika
Hybridfahrzeug <i>HEV – hybrid electric vehicle</i>	keine Netzanbindung	Verbrennungsmotor plus Elektromotor, Nutzung der Bremsenergie zur Ladung einer Batterie
Plug-in-Hybridfahrzeug <i>PHEV – plug-in hybrid electric vehicle</i>	teilweise Netzanbindung	Verbrennungsmotor plus Elektromotor, am Netz aufladbare Batterie
Elektrofahrzeug <i>BEV – battery electric vehicle</i>	hundertprozentige Netzanbindung	Elektromotor, am Netz aufladbare Batterie, Nutzung der Bremsenergie zur Ladung einer Batterie
Brennstoffzellenfahrzeug <i>FCEV – fuel cell hybrid electric vehicle</i>	keine Netzanbindung	Brennstoffzelle, Elektromotor

36

Das **Wuppertal Institut** gab am 27. Januar 2010 im nordrhein-westfälischen Landtag eine Stellungnahme³⁷ zum Antrag "Elektromobilität: Landesregierung muss Weichen richtig stellen" ab. Danach sei eine **kurzfristige Marktreife** in Elektro-Pkw-Marktsegmenten mit hohen Verkaufszahlen **nicht absehbar**. Vergleichsweise **hohe Kosten** und eine **geringe Reichweite** erzeugten einen noch über längere Frist gegebenen hohen Förderbedarf für Elektroautos. Eine Reihe von Autoren seien jedoch der Ansicht, dass sich durch die Verbreitung von Elektroautos die Voraussetzungen für Multimodalität, also der Wechsel zwischen den Verkehrsmitteln, zu Gunsten des ÖPNV entscheidend verbessere.³⁸

4.2. Wasserstoff

Wasserstoff (H₂) kann sowohl aus fossilen Quellen als auch aus Biomasse gewonnen werden. Bei der Gewinnung von Wasserstoff aus fossilen Quellen wird CO₂ freigesetzt. CO₂-neutral ist Wasserstoff aus Biomasse, doch Biomasse allein wird den erwarteten Wasserstoffbedarf bei weitem nicht decken können.

Die Gründe für die Nutzung von Wasserstoff als Kraftstoff werden im Abschlussbericht einer vom BMVBS geförderten Studie benannt:

36 http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten/EFI_2010.pdf

37 <http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMST14-3135.pdf>

38 http://www.wupperinst.org/info/entwd/index.html?beitrag_id=1282&bid=164

Ziele für die Mobilität von Morgen**Warum Wasserstoff?**

Die Emissionen aus dem Verkehr senken	→ Wasserstoff (H ₂) selbst ist ein kohlenstofffreier Energieträger
Die Abhängigkeit vom Erdöl verringern	→ Wasserstoff ist aus allen Energiequellen herstellbar
Die Energieeffizienz steigern	→ H ₂ ermöglicht die Nutzung der hoch-effizienten Brennstoffzelle (BZ)
Den Anteil erneuerbarer Energien steigern	→ Wasserstoff ist ein Energiespeicher für erneuerbare Energien
Die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie stärken	→ H ₂ und BZ haben als Schlüsseltechnologien ein großes Potenzial für Wertschöpfung

39

Bei der Nutzung des Wasserstoffs mit Brennstoffzellen entstehen nur Strom, Wärme und Wasser(dampf). Es ist jedoch noch ungeklärt, ob und in welchem Umfang durch große Mengen an Wasserstoff ökologische Folgeschäden in der Atmosphäre zu erwarten sind.

Nach der Eröffnung der ersten öffentlichen Wasserstoff-Tankstelle in München im November 2004 erklärten die Automobilkonzerne BMW und DaimlerChrysler (heute Daimler AG) marktreife Fahrzeuge ab dem Jahr 2020 anbieten zu wollen. Mazda und BMW bieten seit kurzem Fahrzeuge mit einem Wasserstoffverbrennungsmotor an.

Im Bereich Nutzfahrzeuge gibt es zurzeit nur wenige Fahrzeuge, wie z. B. Flughafenbusse in München mit Wasserstoffantrieb:



Quelle: Shell-Studie

4.3. Brennstoffzellen

„Eine Brennstoffzelle ist eine galvanische Zelle, welche die chemische Reaktionsenergie eines kontinuierlich zugeführten Brennstoffes und eines Oxidationsmittels in elektrische Energie wandelt. Diese Wandlung erfolgt direkt, also nicht über den Zwischenschritt der Gewinnung thermischer Energie. Bisher erzielte Wirkungsgrade übersteigen den von Otto- und Dieselmotoren (...). Häufige Bauart ist die Wasserstoff-Sauerstoff-Brennstoffzelle.“⁴⁰ Im Gegensatz zur Batterie ist die Brennstoffzelle aber kein Energiespeicher, sondern ein **Energiewandler**.⁴¹

Das Zentrum für Brennstoffzellen Technik ZBT GmbH gab im Mai 2010 folgende Auskunft: „Brennstoffzellenfahrzeuge mit einem 700 bar Wasserstofftank fahren derzeit ca. 400 km weit und tanken wie Erdgas in Minuten, Batteriefahrzeuge hingegen haben eine Reichweite von 50 - 100 km und brauchen Stunden durch das Aufladen des Stroms aus der Steckdose. Sie sind also nicht für Überlandfahrten geeignet.“ Für alle Antriebstechniken gilt allerdings die Notwendigkeit einer flächendeckenden Tankstelleninfrastruktur. Bei Benzin und Diesel ist sie vorhanden, bei Strom gibt es bislang begrenzte Möglichkeiten, die ausgebaut werden müssen. Bei Wasserstoff sind die ersten Pilotregionen Berlin und Hamburg. Materialien werden in Zukunft knapper und teurer werden, bei der Brennstoffzelle ist derzeit ein platinhaltiger Katalysator Stand der Technik. Die Platinmenge möchte man soweit drücken, dass es der Menge im Autoabgaskatalysator entspricht, der ebenfalls teure Edelmetalle benötigt.

40 http://www.e-fi.de/fileadmin/Gutachten/EFI_2010.pdf

41 FIS: <http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/298351/?clsId0=0&clsId1=0&clsId2=0&clsId3=0>

4.4. Hybridfahrzeuge

Was ist ein Hybridfahrzeug? Das griechische Wort "Hybrid" bedeutet "gemischt, von zweierlei Herkunft". Ein Hybridfahrzeug ist ein Fahrzeug mit zweierlei Energiearten bzw. Antrieben. Die am weitesten verbreitete Hybridvariante ist die Kombination aus Verbrennungsmotor betrieben mit Diesel oder Benzin als Hauptenergiequelle und elektrischer Maschine mit einem elektrischen Speicher in Form einer Batterie, Brennstoffzelle oder SuperCaps.⁴²

Das folgende Schaubild gibt nähere Informationen zu Hybrid- und Elektronutzfahrzeugen:



Quelle: Shell-Studie

Einen Überblick über die Hybridautos der diverser Fahrzeughersteller bietet der „Link“:
<http://www.hybrid-autos.info/Wasserstoff-Autos-Ueberblick.html>

4.5. Antriebs-Mix

Daimler sieht die größten Zukunftschancen für eine nachhaltige Mobilität im bedarfsgerechten Einsatz intelligenter, modularer Technologien und geht von einem **Antriebs-Mix** aus, der folgende drei Elemente umfasst:

1. **Modernisierung der Verbrennungsmotoren** - durch Downsizing, Hochaufladung, Direkt-einspritzung und BLUETEC sowie durch gezielte Maßnahmen am Fahrzeug.
2. Weitere Effizienzsteigerung durch bedarfsgerechte **Hybridisierung** in unterschiedlichen Ausbaustufen - von der Start-Stopp-Funktion bis hin zum vollelektrischen Fahren. (...)

42 <http://www.hybrid-autos.info/Technik.html>

3. Emissionsfreies Fahren mit **Brennstoffzellen- und Batteriefahrzeugen**. Daimler ist derzeit der Hersteller mit der weltweit größten Brennstoffzellenflotte in Kundenhand sowie der größten Batteriefahrzeugflotte in London.

Im Hinblick auf saubere Kraftstoffe für den Verbrennungsmotor sieht Daimler das größte Potenzial bei Biokraftstoffen der zweiten Generation BTL (Biomass to Liquid/SunDiesel).⁴³

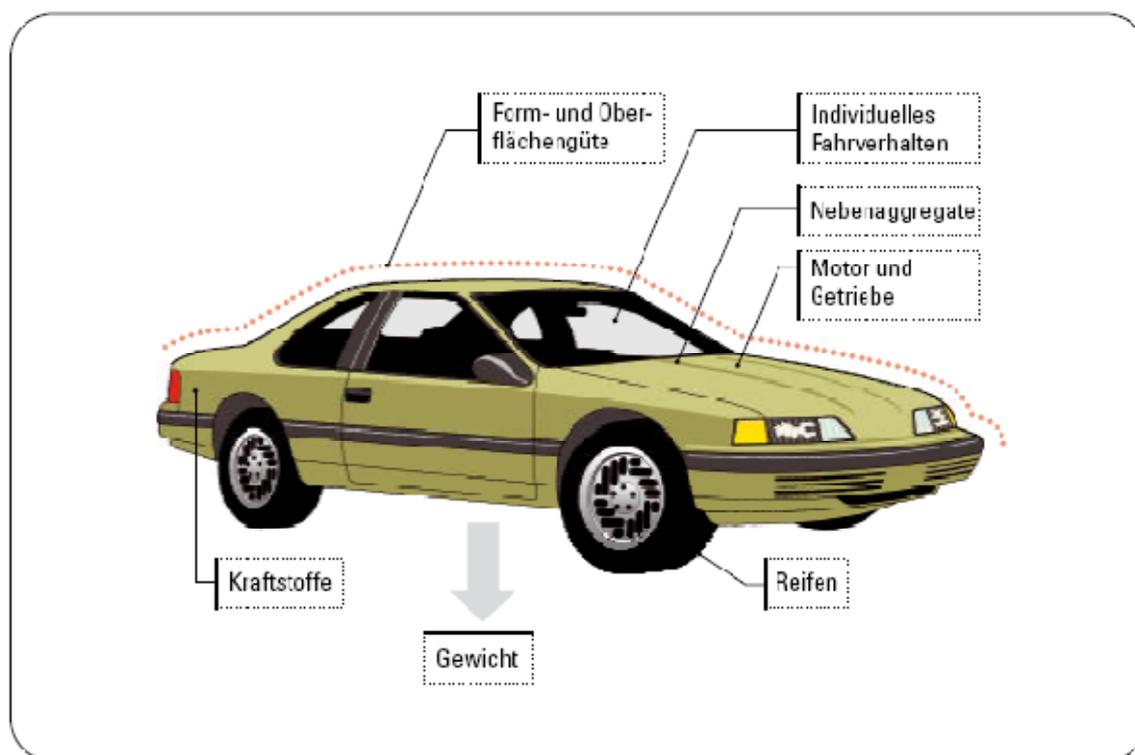
4.6. Energieeffizienz

Die Forschungsgruppe I "Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen" des Wuppertal Instituts für Klima, Energie und Umwelt erarbeitet Zukunftskonzepte zur Energieeffizienz und Mobilitätsstrukturen. Eine Studie des Wuppertal Instituts⁴⁴ aus dem Jahr 2006 kommt zu dem Ergebnis, dass das **technische Optimierungspotenzial** heutiger PKW im Hinblick auf den Kraftstoffverbrauch und den CO₂-Ausstoß bei mehr als 50 Prozent liege. Hinzu kämen Optimierungsmöglichkeiten durch das individuelle **Fahrverhalten**, sei es mittels Fahrtraining oder durch automatische Assistenzsysteme. Technisches Optimierungspotenzial liege in der **Größe**, dem **Gewicht**, der **Gestaltung des gesamten Fahrzeugs und des Motors**. Es sei eine „ganzheitliche“ Fahrzeugoptimierung anzustreben: Es sei abzuwägen, was günstiger sei, eine flachere Windschutzscheibe einzubauen, die den Luftwiderstand verringere, den Wärmeeintrag jedoch so erhöhe, dass der Einbau einer Klimaanlage notwendig würde; umgekehrt sei auch zu beobachten, dass durch die Klimaanlage der Luftwiderstand des Autos stärker abgesenkt werden könne.

Die folgende Abbildung bezeichnet die relevanten technischen Einflussfaktoren auf den Kraftstoffverbrauch und die Treibhausgas-Emissionen eines Kraftfahrzeuges:

43 <http://ar2008.daimler.com/reports/daimler/annual/2008/gb/German/502020/roadmap-zur-nachhaltigen-mobilitaet.html>

44 Wuppertal Institut S. 76



Quelle: Wuppertal Institut

4.7. Lkw- bzw. Straßengüterverkehr

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) und hier insbesondere das DLR-Institut für Verkehrsforschung hat mit Shell Deutschland und unter Mitarbeit des Hamburgischen WeltWirtschaftsinstituts (HWWI) die erste Shell **Lkw-Studie**⁴⁵ erstellt. Sie wurde am 29. April 2010 vorgestellt.

Die Studie enthält Fakten, Trends und Perspektiven für den Straßengüterverkehr bis 2030.⁴⁶ Die drei zentralen Ergebnisse der Studie sind:

1. Der Straßenfernverkehr wird sauberer, jedoch nur langsam. Abgasreinigungssysteme machten die Lkw teurer und erhöhten den Energieverbrauch.

45 http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/portal_news/newsarchiv2010_3/Shell_Lkw_Studie_FIN_17042010.pdf;
Seit 50 Jahren veröffentlicht Shell Studien zum PKW-Verkehr.

46 http://www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-12/114_read-24030/

2. Diesel dominiert. Der Lkw des Jahres 2030 wird voraussichtlich verbesserte Dieselsechnologie nutzen, Hybridtechnik einsetzen sowie Biokraftstoffe und optimierte Fahrzeugtechnologie kombinieren.
3. Die CO₂-Emissionen werden aufgrund des verstärkten Lkw-Einsatzes steigen. Der heutige Anteil liegt bei 5 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen. Aufgrund nachhaltiger Pkw-Technologie wird das CO₂-Aufkommen für den Zeitraum 2005 bis 2030 stabil bleiben, eventuell sogar sinken.

Die Shell-Studie analysiert die Anwendungsbereiche, die CO₂-Ersparnis, die Marktdurchdringung und die Kosten von Dieselantrieb und Dieseldieselkraftstoff und kommt zu dem Ergebnis, dass die weiter optimierte Dieselsechnologie die mit Abstand wichtigste Antriebsart bei Sattelzugmaschinen und Lkw sein wird. Siehe folgende Darstellung:



Quelle: Shell-Studie

Bei Biokraftstoffen kommt die Studie zu dem Fazit, dass Biokraftstoffe heute hauptsächlich als Zumischungen genutzt werden. Mittelfristig dürfte Biodiesel, auch als Fettsäuremethylester oder kurz Englisch FAME bezeichnet, auch weiterhin die wichtigste biogene Kraftstoffalternative sein:

BIOKRAFTSTOFFE		
STECKBRIEF	MARKTDURCHDRINGUNG	KOSTEN
2009 wurden in Deutschland ca. 2,6 Mio. Tonnen Biokraftstoffe abgesetzt, 2,3 Mio. Tonnen davon Biodiesel. Markt wird dominiert von Zumischungen; in der Regel werden Diesel heute bis zu 7% Biodiesel beigemischt. Biogene Reinkraftstoffe haben nur noch geringen Marktanteil; Bioanteil am Dieselsonsum in Deutschland zurzeit bei 8%.		Biodiesel (B100) ist im Großhandel heute ca. 50% teurer, an der Tankstelle meist etwas billiger als normaler Diesel. Wegen etwas geringerer Energiedichte ist auch der Verbrauch etwas höher. Zusätzlich zu reinen Betriebskosten müssen beim Einsatz von Biodiesel und Pflanzenöl – vor allem in Reinform – erhöhte Wartungs- und Instandhaltungskosten einkalkuliert werden.
ANWENDUNGSBEREICHE		FAZIT
Flächendeckender Einsatz bei allen Nutzfahrzeugen.		Biokraftstoffe verbreitern den Kraftstoffmix schon heute. Mittelfristig dürfte Biodiesel oder FAME auch weiterhin die wichtigste biogene Kraftstoffalternative sein. Neue Biokraftstoffe zweiter Generation befinden sich noch in Entwicklung. Nachhaltige Biokraftstoffe sind ein Element für eine verbesserte Klimaperformance des Straßen-güterverkehrs.
CO₂-ERSPARNIS		
Biokraftstoffe unterscheiden sich vor allem bei ihrer Herstellung; ihre Treibhausgasemissionen schwanken sehr stark. Die EU geht davon aus, dass Biodiesel aus Raps heute zu Treibhausgaseinsparungen von etwa 40% gegenüber konventionellem Diesel führt.		

Quelle: Shell-Studie

CNG, steht für Compressed Natural Gas, also für komprimiertes Erdgas als Kraftstoff. CNG wird in Druckbehältern mitgeführt und in modifizierten Verbrennungsmotoren verbrannt. CNG-Antriebe sind nicht so effizient wie Dieselmotoren und erreichen bislang nur eine geringe Reichweite:

CNG-LKW		
STECKBRIEF	MARKTDURCHDRINGUNG	KOSTEN
14.000 CNG-Nutzfahrzeuge in Deutschland (0,8% aller leichten Nutzfahrzeuge); zusätzlich wenige hundert Lkw mit über 2 Tonnen Nutzlast.		Anschaffungskosten: 10 bis 30% mehr als ein Dieselfahrzeug. Kraftstoffkosten pro km um ca. 5 bis 25% niedriger als beim Diesel, abhängig vom Einsatz; jedoch keine einheitliche Preispositionierung. Die Mineralölsteuermäßigung wird zum 1.1.2019 deutlich gekürzt. Wirtschaftlich nur bei hohen Fahrleistungen, späte Amortisation.
ANWENDUNGSBEREICHE		FAZIT
Städtischer Bereich, Nahverkehr oder in festen Relationen.		CNG-Antriebe sind ausgereifte, alternative Antriebe für Nutzfahrzeuge. Derzeit nicht so effizient wie Dieselmotoren. Wird das Effizienzpotenzial aktiviert, können Wirtschaftlichkeit und CO ₂ -Ausstoß verbessert werden. Zusätzliches CO ₂ -Minderungspotenzial bietet Betrieb mit Biogas. Wegen der geringen Reichweite wird aus heutiger Sicht der CNG-Antrieb im Fernverkehr keine Rolle spielen können. Fahrzeughersteller bieten im Nutzfahrzeugbereich bereits einzelne Serienmodelle als CNG-Fahrzeuge an.
CO₂-ERSPARNIS		
Unterschiedlich – von keine über bis zu 15% bis hin zu 25% im Vergleich zu Euro-V-Dieselantrieb.		

Quelle: Shell-Studie

LPG, Liquefied Petroleum Gas, auch als Autogas bekannt, ist ein Flüssiggasgemisch aus Butan und Propan, das z. B. als Nebenprodukt von Raffinerieprozessen anfällt. Es wird in Ottomotoren und neuerdings auch in Dieselmotoren verwendet. Dem CNG-Antrieb vergleichbar wird LPG allerdings weniger stark vermarktet:

LPG-LKW		KOSTEN	
STECKBRIEF	MARKTDURCHDRINGUNG	<p>Nachrüstkosten für leichte Nutzfahrzeuge mit Ottomotor ähnlich wie bei Pkw bei ca. 3.000 €, Diesel sind technisch nachrüstbar (Bi-Fuel oder komplette Umrüstung), doch bisher nur wenige Beispiele, sodass Kosten stark schwanken.</p> <p>Kraftstoffkosten: pro km bis zu 15-25 % niedriger als beim Diesel in Abhängigkeit vom LPG-Preis.</p> <p>Wirtschaftlich bereits nach wenigen Jahren.</p>	
4.600 LPG-Nutzfahrzeuge in Deutschland; davon wenige schwere Nutzfahrzeuge.			
ANWENDUNGSBEREICHE		<p>LPG-Antrieb wird als Umrüstung für Fahrzeuge mit Otto- und Dieselmotoren angeboten. Ist mit dem CNG-Antrieb vergleichbar; allerdings wird LPG anders als CNG nicht vergleichbar stark vermarktet. LPG-Antrieb bleibt voraussichtlich auch weiterhin eine Nische.</p>	
Einsatzmöglichkeit in allen Nutzfahrzeugsegmenten.			
CO₂-ERSPARNIS		FAZIT	
Anbieter von Umrüstungen werben mit Einsparungen von 15 %, wobei keine Angaben von Nutzern dies bestätigen.			

5. Ausblick

Nach neuesten Schätzungen werden bereits Mitte dieses Jahrhunderts weltweit mehr als zwei Drittel aller Menschen in Städten leben. Es ist eine Herausforderung an die Stadtplaner, „das Verhalten der Bewohner durch clevere Stadtplanung in die richtige Richtung zu lenken.“⁴⁷ Die richtige Richtung bedeutet hier, dass Wohnen und Arbeiten stärker verknüpft werden müssen und dies in einer Stadt, „die attraktiv gestaltet ist, so dass Laufen und Fahrradfahren auch Spaß machen. Das zentrale Rezept, um die Leute aus dem Auto zu bringen, heißt "Walkability!"⁴⁸ Die Stadt der Zukunft ist die „Stadt der kurzen Wege“.

5.1. Masdar City, Stadt der Zukunft

Das arabische Wort „masdar“ bedeutet "Quelle" oder "Ursprung". Masdar City⁴⁹, was wohl so viel bedeuten soll wie „zurück zu den Ursprüngen“, entsteht im ölreichen Emirat Abu Dhabi. Der Architekt Sir Norman Foster „wird die Häuser so bauen lassen, dass sie die öffentlichen Wege beschatten und sich auch gegenseitig Schatten spenden - was bewirken soll, dass die durchschnittliche Temperatur in Masdar City um 20 Grad Celsius niedriger ist als außerhalb. Zur Klimatisierung der Häuser wird außerdem die Kühle aus tieferen Erdschichten genutzt, und aufbereitetes Brauchwasser dient zur Bewässerung von öffentlichem Grün und Äckern. Als Alternative zum Privatauto ist in Masdar City eine elektrische Kabinenbahn geplant. Die Kabinen sollen Platz

47 http://www.br-online.de/bayern2/iq-wissenschaft-und-forschung/iq-stadtplanung-martin-schramm-ID1270135883850.xml?_requestid=123866

48 http://www.br-online.de/bayern2/iq-wissenschaft-und-forschung/iq-stadtplanung-martin-schramm-ID1270135883850.xml?_requestid=123866

49 Link auf die Homepage von Masdar City: <http://www.masdar.ae/en/home/index.aspx>

für sechs Personen bieten und auf 1500 verschiedene Ziele programmiert werden können, die sie automatisch ansteuern.“⁵⁰

Im 21. Juni 2009 unterzeichneten die Fraunhofer-Gesellschaft und die Abu Dhabi Future Energy Company ein Kooperationsabkommen über eine strategische Partnerschaft. Ziel der Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer, der größten europäischen Einrichtung für angewandte Forschung, und der ökologischen Zukunftsstadt Masdar City im Emirat Abu Dhabi ist zunächst die Gründung einer gemeinsamen Projektgruppe.“⁵¹

5.2. Fazit

Auf der Suche nach dem Kraftstoff der Zukunft und bahnbrechenden Technologien müssen Forschung und Entwicklung stärker koordiniert und gefördert werden. Schon heute sollten Infrastrukturmaßnahmen für eine begehbare Stadt ergriffen werden und auch ein Umdenken bei Statussymbolen bedarf einer Vorbereitung.



50 <http://www.geo.de/GEO/technik/58619.html>

51 http://www.iao.fraunhofer.de/index.php?option=com_content&view=article&id=245&lang=de

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

acatech – Konvent für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e. V. (2006). Mobilität 2020. Perspektiven für den Verkehr von morgen. Schwerpunkt: Straßen- und Schienenverkehr.

http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/Mobilitaet_2020_web.pdf

BMWi (2010). Politikbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Energietechnologien 2050. <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/politikbericht-energietechnologien-2050,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> (Der Politikbericht beschreibt Energietechnologien, klammert jedoch neue Antriebssysteme im Verkehrssektor aus.)

BMVBS (2004). Die Kraftstoffstrategie – Alternative Kraftstoffe und innovative Antriebe. Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung.

http://www.bmvbs.de/Anlage/original_22303/Die-Kraftstoffstrategie-der-Bundesregierung.pdf

BMVBS (2006). Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Forschungsvorhaben des BMVBS unter der FE-Nr. 070.757/2004 (FOPS). Abschlussbericht. Magdeburg 2006.

http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/214436/FE_70_757_2004_FOPS_Szenarien_Mobilitaetsentwicklung_2050_Schlussbericht.pdf?command=downloadContent&filename=FE_70_757_2004_FOPS_Szenarien_Mobilitaetsentwicklung_2050_Schlussbericht.pdf

BMVBS (2009). Studie zur Frage: „Woher kommt der Wasserstoff in Deutschland bis 2050“; http://www.germanhy.de/page/fileadmin/germanhy/media/090826_germanHy_Abschlussbericht.pdf

BT-Drs 17/877. Antwort der Bundesregierung vom 2. März 2010 auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN. Zukunftsfähige Mobilität.

Doll, Claus; Eichhammer, Wolfgang et al (2008) Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des integrierten Energie- und Klimaprogramms Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes; Umweltbundesamt (Hrsg.) 14/08; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3517.pdf>

European Environment Agency (2010). TERM 2009. Towards a resource-efficient transport system. Kopenhagen 2010. Der TERM-Bericht der European Environment Agency (EEA) erscheint jährlich seit dem Jahr 2000. (TERM=Transport and Environment Reporting Mechanism).

<http://www.eea.europa.eu/publications/towards-a-resource-efficient-transport-system>

Kunert et al.; DIW-Berlin (2008). Mobilität 2025. Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demografie; ifmo-studien. Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.).

Hell, Walter et al. (2002). Zukunft der Mobilität. ifmo-studien. Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.). http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2002/Zukunft_der_Mobilitaet_Szenarien_20.pdf

Hell, Walter et al. (2002). Zukunft der Mobilität 2020. ifmo-studien. Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.);
http://www.ifmo.de/basif/pdf/publikationen/2002/Zukunft_der_Mobilitaet_Szenarien_2020.pdf

Infas. Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH; DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. - Institut für Verkehrsforschung (2008). Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends. Im Auftrag des BMVBS.

Schallaböck, K. O.; Fishedick M. et al. (2006). Klimawirksame Emissionen des PKW-Verkehrs und Bewertung von Minderungsstrategien. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie GmbH.

Shell-LKW-Studie (2010);

http://www.dlr.de/Portaldata/1/Resources/portal_news/newsarchiv2010_3/Shell_Lkw_Studie_FI_N_17042010.pdf

Umweltbundesamt (2005). Qualitätsziele und Indikatoren für eine nachhaltige Mobilität.

Luhmann, Jochen; Schallaböck, K. O.; Wilke, Georg (2010). Stellungnahme des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH zum Antrag der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN im Landtag NRW am 27. Januar 2010. Elektromobilität: Landesregierung muss Wichen richtig stellen (Drucksache 14/9422).

<http://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMST14-3135.pdf>