

#### 4.3.4. Verkehr<sup>1</sup>

##### 4.3.4.1. Vorbemerkung

(706) Der Bereich Verkehr trägt heute mit rund 22 % zu den energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland bei. Sein Anteil am Endenergieverbrauch lag 2000 bei 30 % und damit um 8 Prozentpunkte höher als 1980. Die CO<sub>2</sub>-Freisetzung stieg Anfang der 90er Jahre vereinigungsbedingt deutlich an und hat zwischen 1991 und 2000 um weitere 15 Mio. t oder 9 % zugenommen.

(707) Auch weltweit steigen die Energieverbräuche und die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs. Globale Wirtschaftsbeziehungen und globalisierte Lebensstile entstehen. In Verbindung damit ergeben sich für die Nachfrage nach Verkehrsleistungen in allen Teilbereichen Steigerungsimpulse: Im Luftverkehr, im internationalen Schiffsverkehr, im Straßengüterverkehr und auch im Pkw-Verkehr. Beim Güterverkehr sind erhebliche Verlagerungseffekte zum Lkw-Verkehr zu Lasten der (staatlichen) Eisenbahnen zu beobachten. Zugleich nehmen die Pkw-Bestände in den Schwellen- und Entwicklungsländern rapide zu. Gleichwohl weisen auch die bereits hochmotorisierten Regionen Nordamerika, Mitteleuropa und Japan noch Zuwachsraten im Straßenverkehr auf, wobei es allerdings hinsichtlich des spezifischen Energieverbrauches und der Pro-Kopf-Fahrleistung erhebliche Unterschiede gibt. Effizienzverbesserungen konnten die weltweiten Steigerungen im Energieverbrauch und bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen lediglich bremsen.

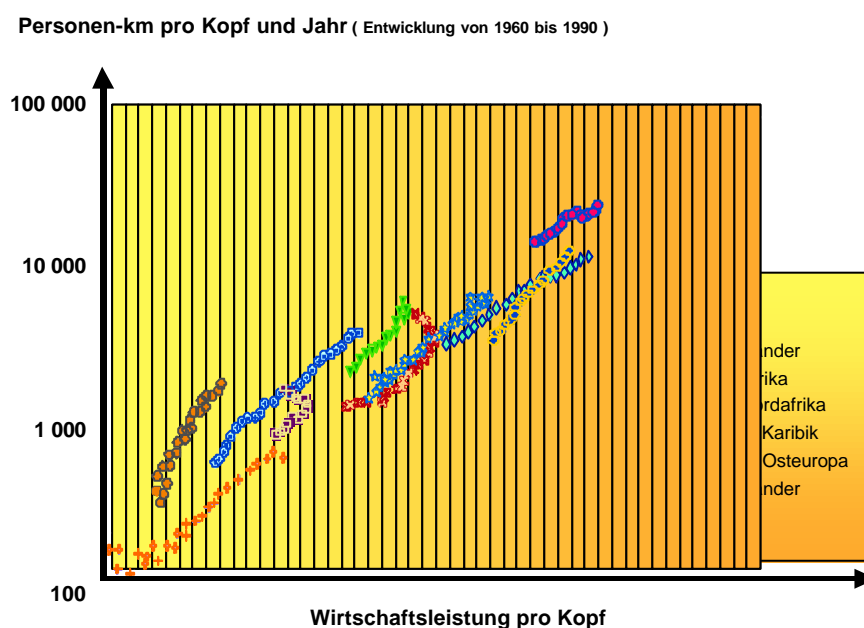
(708) Verkehr ist zugleich Folge und Voraussetzung wirtschaftlicher Entwicklung. Die bisherigen und die im Trend weiter erwarteten Zuwächse im Gesamtverkehrsaufkommen ergeben sich einerseits als Folge gesellschaftlicher sowie wirtschaftsstruktureller Veränderungen. Andererseits hängt der Umfang und die Struktur des Gesamtverkehrsaufkommens von den Rahmenbedingungen ab, die steuernd und regulierend auf das Verkehrssystem einwirken. Deutschland übertrifft beim Pro-Kopf-Energieverbrauch im Verkehr die meisten europäischen Nachbarländer. Im internationalen Vergleich sind die Energieverbräuche der USA und Kanadas im Verkehr allerdings wesentlich höher als in Europa, was gleichermaßen auf höhere Pro-Kopf-Fahrleistungen, höhere Pkw-Verbrauchswerte und höhere Flugfrequenzen zurückzuführen ist. Im Güterverkehr werden in Nordamerika erheblich mehr Tonnenkilometer je Einwohner und Jahr aufgewendet, was trotz des gegenüber Europa deutlich höheren

---

<sup>1</sup> Minderheitsvotum des Kommissionsmitglieds der Fraktion der PDS einschließlich des von ihr benannten Sachverständigen Prof. Dr. Jürgen Rochlitz zu Kapitel 4.3.4 siehe am Ende des Kapitels.

Schienenverkehrsanteiles den spezifischen Energieverbrauch auf ein höheres Niveau treibt. Bei unveränderten mobilitätsintensiven Wirtschaftsmodellen und Lebensstilen der USA sowie Europas und bei andauernder Orientierung der Schwellen- und Entwicklungsländer an einer nachholenden Entwicklung ist zu erwarten, dass der Energieverbrauch im Verkehr und die daraus resultierenden Treibhausgas-Emissionen weltweit erheblich zunehmen. Abbildung 4–26 zeigt für die Jahre 1960-1990 einen bislang signifikanten statistischen Zusammenhang zwischen steigendem Pro-Kopf-Einkommen und den Personen-km pro Kopf und Jahr. Um diesen Trend und den damit verbundenen Zuwachs an CO<sub>2</sub>-Emissionen zu stoppen sind weitreichende Maßnahmen in allen Ländern notwendig.

Abbildung 4–26: Zusammenhang von Wirtschaftsleistung und Verkehrsleistung



Quelle: Shell (2001)

(709) Auch in Deutschland sind umfangreiche Klimaschutzaktivitäten im Bereich Verkehr notwendig, wenn davon ausgegangen wird, dass der Verkehr in angemessenem Umfang zur Realisierung der angestrebten nationalen Klimaschutzziele beiträgt; hinzukommt, dass Industrieländer wie Deutschland eine Vorreiterrolle bei der Demonstration nachhaltiger Mobilitätskonzepte spielen sollten (vgl. auch Kapitel 6.3).

Dieses Kapitel beschränkt sich auf die Beschreibung der Möglichkeiten der CO<sub>2</sub>-Einsparung bei fahrzeugtechnischen Maßnahmen, bei der konventionellen Antriebstechnik sowie der Verwendung neuer Antriebe und Treibstoffe.

(710) Die wichtigsten Energieträger (Treibstoffe) im deutschen Verkehrssystem sind heute mit 45,1 % das Benzin (Normal- und Super-Benzin), Diesel mit 41,7 % und schließlich das ausschließlich im Flugverkehr eingesetzte Kerosin mit 10,8 %. Auf elektrischen Strom entfallen 2,1 % (vor allem Bahnstrom) und 0,2 % hält Biodiesel.

(711) Zwei Drittel des Energieeinsatzes im Verkehrsbereich sind (Stand 1999) auf den Personenverkehr zurückzuführen. Hiervon hält den Hauptanteil der motorisierte Individualverkehr (MIV). In den letzten Jahren stagnierte die hier umgesetzte Energiemenge auf hohem Niveau, auch die Fahrleistung der Pkw hat sich seit 1992 nur noch in geringem Umfang verändert. Daraus leitet sich die Prognose ab: Der durch den MIV bedingte Energieeinsatz wird sich innerhalb der nächsten Jahre bereits im Trend stabilisieren und allmählich langsam sinken, weil Verkehrsaufkommen und Fahrzeugkilometer sich nur noch gering verändern und Fahrzeuge mit höherer Treibstoffeffizienz zum Einsatz kommen werden.

(712) Der Güterverkehr hat während der letzten Dekade eine deutlich höhere Dynamik gezeigt. Eine Fortsetzung des überproportionalen Wachstums wird bei unveränderten Rahmenbedingungen auch für die Zukunft erwartet, allein bis 2020 eine Zunahme der Fahrleistungen um 40 % gegenüber dem Jahr 2000.<sup>1</sup>

(713) Im Luftverkehr ist eine Stabilisierung oder gar Minderung nicht absehbar, weil der grenzüberschreitende Verkehr weiter wachsen wird. Im Gegenteil lassen alle Prognosen kontinuierliche Zuwächse im Energieverbrauch erwarten.

#### **4.3.4.2. Determinanten der Verkehrsentwicklung**

(714) Die folgenden Faktoren bestimmen den Endenergieverbrauch des Verkehrs:

- Die Entwicklung des Verkehrsaufkommens in Personen- und Tonnenkilometern insgesamt,
- die Aufteilung des Verkehrsaufkommens auf die verschiedenen Verkehrsträger,
- die Auslastung der Fahrzeuge,
- das Verhalten der Fahrzeugführer,
- die technischen Merkmale der Fahrzeuge, die den Bedarf an Antriebsenergie für die Fahrzeugbewegung bestimmen, insbesondere Masse (inkl. rotierende Massen), Roll- und Luftwiderstand,

---

<sup>1</sup> Verkehrsstudie.

- der Wirkungsgrad der Fahrzeugantriebe,
- die Ausstattung der Fahrzeuge mit Nebenverbrauchern bzw. mit Energierückgewinnungseinrichtungen,
- der Zustand der Verkehrswege,
- die Organisation des Verkehrs (Direktheit der Verbindungen, Flüssigkeit des Verkehrs, einfache Möglichkeit zum Wechsel zwischen Verkehrsträgern etc.),
- die Qualität der Information für den Fahrzeugführer über optimale Wege, Verkehrsbehinderungen und andere den Verbrauch oder die Länge der zurückzulegenden Strecken bestimmende Faktoren.

(715) Der Verkehrssektor muss prinzipbedingt mit „edlen“ Endenergien arbeiten, die verlustbehaftet aus Primärenergien hergestellt werden. Daher müssen energie- und umweltentlastende Maßnahmen darauf gerichtet sein, die gesamte Prozesskette der Treibstoffherstellung zu optimieren und Systemlösungen zu finden.

(716) Verkehrsstrukturen und die eingesetzten Fahrzeuge und Geräte sind heterogen. Es ist zudem notwendig, Prioritäten zu setzen. Deshalb konzentriert sich die Kommission im Folgenden auf drei Verkehrsbereiche, die jeweils mit hoch aggregierten Daten beschrieben werden:

- Entwicklung der Pkw-Kilometer auf dem deutschen Straßennetz und Angabe des Kraftstoffverbrauches je Fahrstrecke,
- Entwicklung der Tonnenkilometer im Straßengüterverkehr, im Schienengüterverkehr, in der Binnenschifffahrt und im Luftfrachtverkehr,
- Entwicklung der Zahl der Passagierkilometer in der Personenluftfahrt und Angabe des Kraftstoffverbrauches je Passagierkilometer.

(717) Damit sind auch die für den Energieverbrauch und für den Klimaschutz im Verkehr wesentlichen Bereiche benannt. Sie decken mehr als 95 % des heutigen Energieaufkommens im Verkehr ab.

(718) Wegen der Veränderungen in den Verkehrsstatistiken nach der Wiedervereinigung sind geschlossene Zahlenreihen erst ab 1991 verfügbar, daher wird im Folgenden dieses Jahr als Referenz herangezogen.

#### 4.3.4.3. Die wesentlichen Verkehrsentwicklungen im Überblick

(719) Der motorisierte Individualverkehr (MIV) bewältigte im Jahre 2000 rd. 740 Mrd. Personenkilometer (Pkm) gegenüber 714 Mrd. Pkm im Jahre 1991 – ein Anstieg von rd. 4 %. Motorisierte Zweiräder sind am MIV, gemessen an dem damit erledigten Verkehrsaufkommen (Personenkilometer), nur mit gut 2 % beteiligt. Im Weiteren wird daher vereinfachend MIV mit Pkw/Kombi gleichgesetzt.

(720) Die Entwicklung im Straßengüterverkehr ist durch erhebliche Zuwächse gekennzeichnet. Zwischen 1991 und 2000 stieg er von 246 Mrd. Tonnenkilometer (tkm) auf 347 Mrd. tkm. Dies ist ein Zuwachs von 41 %. Im selben Zeitraum verringerte sich das Verkehrsaufkommen im Schienenverkehr von 80 auf 76 Mrd. tkm, eine Abnahme um ca. 5 %.<sup>1</sup> In der Binnenschifffahrt wird eine Zunahme von 56 Mrd. tkm auf rd. 66,5 Mrd. tkm angegeben, also ein Anstieg um rd. 19 %.

(721) Nach dem Fall des „Eisernen Vorhangs“ verursachte der nach Osten erweiterte europäische Wirtschaftsraum einen erheblichen Zuwachs des Lkw-Verkehrs; Lkw-Unternehmen aus den zukünftigen Beitrittsländern erhielten Transportrechte in der EU, was die ohnehin gesunkenen Transportpreise zusätzlich unter Druck gesetzt hat. Die Bahn dagegen konnte sich keinen angemessenen Anteil am explodierenden Marktvolumen sichern, weder in Bezug auf die Qualität und Flexibilität ihrer Leistungsangebote noch hinsichtlich der Tarife; vielmehr ging die relative Bedeutung der Schiene im Güterverkehr fortlaufend zurück. Hierzu haben technische Hindernisse und organisatorische Mängel beigetragen.

(722) Dabei sind die infrastrukturellen Voraussetzungen der Schiene für eine stärkere Partizipation an dem vor allem in Ost-West-Richtung zunehmenden Verkehrsvolumen keineswegs ungünstig. Nicht Kapazitätsengpässe im Netz hemmen den Schienentransport in Ost-West-Richtung, vielmehr sind es die betrieblichen Schwierigkeiten, welche einem ähnlich harmonisierten Schienengüterverkehr wie in den USA über große Distanz entgegenstehen.

(723) Das Zusammenwachsen Europas zu einem einheitlichen Wirtschaftsraum begünstigt die Ausdehnung von Produkt- und Distributionsnetzen. Um die Herstellungskosten deutscher Produkte zu senken, werden in steigendem Maße Zulieferungen aus bzw. Teilfertigungen in Ländern mit geringeren Arbeitskosten genutzt. Die steigenden Transportdistanzen werden in dem Umfang akzeptiert, wie dies aus betriebswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft ist. Bei nicht kostendeckenden Preisen für die Transportleistungen (inkl. externer Kosten) kommt es unter

---

<sup>1</sup> BMVBW (2001/2002).

sonst gleichen Umständen aus volkswirtschaftlicher Sicht zu einer Fehlallokation von Ressourcen, d.h. zu einer transportintensiveren räumlichen Arbeitsteilung bei der Produktion (vgl. Kasten 4–6 „Externe Kosten“). Wenn die Transportpreise nicht verursachungsgerecht die Gesamtkosten (inkl. externer Kosten) widerspiegeln, werden sich in Branchen mit relativ hohem Transportkostenanteil Marktverzerrungen und eine volkswirtschaftlich ineffiziente Erweiterung der Distributionsradien ergeben. Gleichzeitig ergeben sich Anreize zum Abbau regionaler Produktions- und Distributionskreisläufe und volkswirtschaftlich ineffizientes verkehrsaufwendigeres Wirtschaften könnte sich leichter durchsetzen. Würde es dagegen gelingen, die volkswirtschaftlichen Kosten des Transportes in den Preisen abzubilden, könnte sich ein anderes, weniger verkehrsaufwendiges Mobilitätsmuster im Verkehrsmarkt einstellen. Dies betrifft sowohl die durchschnittlichen Transportdistanzen als auch die Verkehrsmittelwahl.

(724) Im Luftverkehr sind die nationalen Angaben von begrenztem Wert, weil sie ausschließlich die über deutschem Gebiet erbrachten Tonnenkilometer bzw. Passagierkilometer ausweisen (Territorialprinzip). In dieser Abgrenzung stieg von 1991 bis 1999 die Verkehrsleistung im Luftfrachtverkehr von 429 auf 763 Millionen tkm, was einem Anstieg um 78 % entspricht.

(725) Sicher ist jedoch: Der weitaus größte Teil des auf deutsche Flughäfen entfallenden Verkehrsaufkommens ist dem grenzüberschreitenden Luftverkehr zuzuordnen: Im Jahre 1995 sind laut einer aktuellen Studie<sup>1</sup> bei dem von deutschen Flugplätzen ausgehenden Verkehr 96,7 Mrd. Pkm dem grenzüberschreitenden Luftverkehr und nur 7,2 Mrd. Pkm dem innerdeutschen Luftverkehr zuzuordnen. Der aktuelle fachstatistische Bericht des Statistischen Bundesamtes<sup>2</sup> enthält nunmehr auch Einzelangaben für die hier relevanten Größen ab 1991. Danach ergeben sich für das Jahr 2000 (im Vergleich zu 1991) für:

- Binnenverkehr 9,5 Mrd. Pkm (+ 63 %),
- Grenzüberschreitender Verkehr Inland-Ausland 132,19 Mrd. Pkm (+ 104 %),
- Grenzüberschreitender Verkehr Ausland-Inland 132,98 Mrd. Pkm (+ 105 %),
- Zusammen, Verkehr über gesamte Teilstrecke 274,67 Mrd. Pkm (+ 102 %),

---

<sup>1</sup> TÜV Rheinland u. a. (1999).

<sup>2</sup> Statistisches Bundesamt (2001), S. 15.

- darunter Verkehr über Deutschland 42,73 Mrd. Pkm (+ 89 %). Diese Zahlen machen deutlich, dass der Begrenzung des Flugverkehrszuwachses in einer auf die Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen abzielenden Verkehrsstrategie eine hohe Priorität zukommt.

## Kasten 4–6: Externe Kosten

Die Entwicklung der Verkehrsnachfrage sowie der Verteilung auf die einzelnen Verkehrsträger wird von den einzelwirtschaftlichen Kosten beeinflusst, welche die Nutzer zu tragen haben. Die Preise für Fahrzeuge und Kraftstoffe, aber auch für Versicherungsprämien beeinflussen die aktuellen Fahrtentscheidungen (zum Beispiel im Freizeitverkehr), sie beeinflussen mittel- bis langfristig auch die räumlichen Orientierungen hinsichtlich der Wohnortwahl, der Einkaufsorte, der Freizeitziele. So haben sich bereits in der Vergangenheit die Benzin- und Dieselpreise direkt auf die jährlichen Fahrleistungen ausgewirkt. Im gewerblichen Bereich bestimmen die Gesteungskosten der Verkehrsangebote sowohl für Personen- als auch für Gütertransporte ebenfalls die Nachfrage mit. Vor allem die Tarife für Gütertransporte spielen für die Entwicklung der Produktions- und Distributionsnetze eine wichtige Rolle.

In mehreren aktuellen volkswirtschaftlichen Studien wurde nachgewiesen, dass im motorisierten Verkehr ökologische und soziale Kosten in erheblichem Umfang externalisiert werden. Kostendifferenzen in den Studien können sich daraus ergeben, dass z.B. in der Externe E-Studie<sup>1</sup> nur die energiebezogenen externen Effekte erfasst werden, während in der umfassenderen Studie von INFRAS/IWW<sup>2</sup> auch weitere externe Kosten (wie z.B. durch Unfälle, Lärm, Landschaftsauswirkungen verursacht) einbezogen werden. INFRAS berechnet mit dem Basisjahr 1995 die externen Kosten im Verkehr in 17 europäischen Ländern (EU, Norwegen, Schweiz). Es wurde auch eine Trendprojektion für 2010 durchgeführt. Unter den ermittelten externen Kosten für den Personenverkehr sind die Werte von 87 € je 1000 Pkm für den MIV sowie von 48 € je 1000 Pkm für den Luftverkehr herausragend, im Güterverkehr wurden externe Kosten von 88 € je 1000 tkm im Straßengüterverkehr und von sogar 205 € je 1000 tkm bei der Luftfracht ermittelt.

Für die zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage wird es von hoher Bedeutung sein, in welchem Umfang und mit welchen Strategien eine Kosteninternalisierung realisiert wird. Eine Internalisierung von ökologischen und sozialen Kosten durch höhere Steuern und Abgaben würde zu höheren betriebswirtschaftlichen Kosten der Verkehrsnachfrager führen, die daraufhin Verkehrsentscheidungen in dem Umfang revidieren würden, wie dies zur Erzielung eines neuen betriebswirtschaftlichen Kostenminimums notwendig wird.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht empfiehlt die Kommission eine möglichst vollständige Internalisierung der externen Kosten durch Steuern und Abgaben, um einer gesamtwirtschaftlich ineffizienten Übernutzung des Faktors Verkehr entgegenzuwirken (Tabellen 4–49 und 4–50). Dabei ist die bereits abgeführte Mineralölsteuer zu berücksichtigen. Einen Hinweis, um welche finanzielle Größenordnung es sich hierbei handelt, kann der Zahlenvergleich für 1995 liefern: Damals erbrachte die Mineralölsteuer insgesamt 28,6 Mrd. €<sup>3</sup>, demgegenüber werden die Externkosten des Verkehrs in Deutschland bei INFRAS/IWW mit 132,5 Mrd. € ermittelt<sup>4</sup>.

Quelle: INFRAS/IWW 2000

<sup>1</sup> Friedrich, Bickel (1997).

<sup>2</sup> INFRAS/IWW (2000).

<sup>3</sup> BMVBW (2001/2002), S. 270.

<sup>4</sup> INFRAS/IWW (2000), S. 61.



**Tabelle 4-49: Externkosten des Güterverkehrs**

	EUR/1.000 tkm	
	Deutschland	EUR 17 (*)
Leichte LKW	569	505
Schwere LKW	88	72
LKW gesamt	96	88
Schiene	28	19
Luft	199	205
Schiff	20	17
(*) EU plus Schweiz und Norwegen		

Quelle: INFRAS/IWW (2000)

**Tabelle 4-50: Externkosten des Personenverkehrs**

	EUR/1.000 Pkm	
	Deutschland	EUR 17 (*)
Pkw	113	87
mot. Zweiräder	360	298
Busse	38	38
Straße gesamt	110	85
Schiene	25	20
Luft	48	48
(*) EU plus Schweiz und Norwegen		

Quelle: INFRAS/IWW (2000)

(726) Die im nachfolgenden Abschnitt diskutierten Entwicklungsperspektiven gelten unter Trendbedingungen, das heißt sie gehen noch nicht von einer Internalisierung der externen Kosten und damit von deutlich steigenden Preisen für Verkehrsleistungen aus. Derartige Strategien werden im Teil Kapitel 6.3.4.5 behandelt.

#### 4.3.4.4. Determinanten der Trendentwicklung

(727) Zu den einleitend aufgeführten Einflussfaktoren auf den Energieverbrauch im Verkehr werden nachfolgend einige für den Energieverbrauch relevante Entwicklungen diskutiert. Die Anmerkungen konzentrieren sich auf die drei wichtigsten Bereiche Pkw-Verkehr, Lkw-Verkehr und Luftverkehr. Analoge Argumente gelten jedoch auch für die anderen Verkehrssektoren, darunter auch die Bahn.

##### 4.3.4.4.1 Pkw-Verkehr

(728) Maßgeblich für die Entwicklung des Pkw-Verkehrs ist die Zunahme der Zahl der Führerscheinbesitzer, die verbunden mit dem Zuwachs an verfügbarem Einkommen auf das Wachstum des Pkw-Bestandes einwirkt. Zwischen den Jahren 1991 und 2000 hat der Pkw-Bestand von ca. 37 Mio. auf ca. 43 Mio. Einheiten zugenommen, bis zum Jahre 2020 weisen Prognosen einen Bestand zwischen 48 und 55 Mio. Pkw aus.<sup>1</sup> Bei leicht rückläufigen Jahresfahrleistungen pro Auto – rd. 12 000 Kilometer im Jahre 2000, rd. 11 000 Kilometer im Jahre 2020 – wird sich die Gesamtfahrleistung zwischen 2000 und 2020 laut Shell<sup>2</sup> je nach Randbedingungen von 528 Mrd. auf eine Zahl zwischen 494 und 591 Mrd. Kilometer entwickeln. Die untere Angabe setzt allerdings hohe Abgaben auf das Autofahren voraus.<sup>3</sup>

(729) Die spezifischen Verbrauchswerte des Fahrzeugbestandes haben zwischen 1991 und 2000 bei Pkw mit Otto-Motor von 9,5 auf 8,8 l/100 km abgenommen und bei Diesel-Pkw von 7,7 auf 7,4 l/100 km. Der Verbrauchsvorteil der Diesel-Pkw relativiert sich allerdings dadurch, dass pro Liter Diesel-Kraftstoff etwa 13 % mehr Energie enthalten sind und mehr CO<sub>2</sub> emittiert wird als pro Liter Otto-Kraftstoff. Die Angabe für Otto- und Diesel-Pkw zusammen ist daher nur beschränkt aussagekräftig; danach wäre der spezifische Verbrauch aller Pkw von 1991 bis 2000 von 9,2 auf 8,5 l/100 km gesunken. Bis zum Jahr 2020 prognostiziert Shell einen Durchschnittsverbrauch um 6 l/100 km im Bestand – mithin einen Rückgang von 30 bis 40 %.

(730) Die vorstehenden aggregierten Werte der Fahrleistungsentwicklung und des Kraftstoffverbrauchs unterstellen eine Fortsetzung des derzeitigen Trends, d.h. nicht nur der heutigen verkehrsverursachenden sozialen und räumlichen Entwicklungen, sondern auch

---

<sup>1</sup> Shell (2001): 48 Mio. bis 52 Mio., aufgrund der bisher systematischen Unterschätzung der Entwicklung durch die Shell-Studien dürfte nach eigenen Abschätzungen jedoch von einer Überschreitung der oberen Bandbreite und damit bis zu 55 Mio. Pkw auszugehen sein.

<sup>2</sup> Shell (2001).

<sup>3</sup> Verkehrsstudie.

der Nutzerpräferenzen und der Pkw-Technik. Dies ist insbesondere von Bedeutung für den Autobahnverkehr. Ausweislich einer Analyse für das Jahr 1995<sup>1</sup> werden rund 60 % der Pkw-Kilometer auf Autobahnen in unbehindertem Verkehr ohne Tempolimit zurückgelegt, was bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 130 km/h zu ca. 20 % höherem Kraftstoffverbrauch pro Kilometer führt als auf Strecken mit Tempolimit und einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 110 km/h. Mehr als 40 % höhere Verbräuche treten auf im Vergleich zu gebundenem Autobahnverkehr mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 85 km/h.

#### **4.3.4.4.2 Lkw-Verkehr**

(731) Das zwischen 1991 und 2000 aufgetretene Wachstum der auf der Straße transportierten Güter dürfte sich im Prognosezeitraum bis 2020 etwas abgeschwächt fortsetzen.

(732) Im vergangenen Jahrzehnt sind die Fahrleistungen der Lkw (einschl. Sattelzugmaschinen) um rd. 45 % angestiegen, von 51,7 auf 74,8 Mrd. Fahrzeugkilometer (Fz-km). Dies liegt daran, dass sowohl bei den großen Lkw die Beförderungsweiten gestiegen als auch bei den kleinen „Lieferwagen“ besondere Zuwächse eingetreten sind. In diesem Zeitraum haben sich die flexiblen Lieferdienste, die typischerweise mit gering ausgelasteten kleinen bis mittelgroßen Fahrzeugen bedient werden, stark ausgeweitet. Ob der Kleingüterverkehr (zusammengefasst als sog. KEP-Dienste bezeichnet: Kurier-, Express- und Paketdienste) ein weiteres erhebliches Wachstum durch E-Commerce erfahren wird, ist umstritten.

#### **4.3.4.4.3 Luftverkehr**

(733) Die zu erwartende Nachfrageentwicklung wird zu einem erheblichen Anstieg des Energieverbrauchs führen, da die absehbaren Effizienzgewinne demgegenüber zurückstehen. Nach vorliegenden Untersuchungen<sup>2</sup> sind Verbrauchssenkungen bei den Antrieben um bis zu 25 % absehbar. Hinzukommen Verbrauchsminderungen durch Reduzierung des Eigengewichts der Zelle sowie des Luftwiderstandes um 15 bis 20 %. Jedoch dürften diese Verbesserungen bis 2020 nicht in der Flotte signifikant wirksam werden.

(734) Unter Trendbedingungen ergibt sich in der Gesamtbewertung nach dem sogenannten Standortprinzip – wenn alle von Deutschland abgehenden nationalen und internationalen

---

<sup>1</sup> WI (1999b).

<sup>2</sup> TÜV Rheinland u.a.(1999).

Flüge gezählt werden – eine Verbesserung von 6,6 l/100 Pkm (1995) auf 5,2 l/100 Pkm (2020).<sup>1</sup> Dieser spezifischen Senkung stehen das um den Faktor 2,7 erhöhte Verkehrsaufkommen und der um den Faktor 2,25 ansteigende Umfang der Flugzeugkilometer gegenüber. Aus diesen gegenläufigen Tendenzen resultiert ein deutlicher Anstieg des Kraftstoffverbrauchs von 5,9 Mio. t im Jahre 1995 auf 12,8 Mio. t im Jahre 2020 sowie ein proportionaler Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen.<sup>2</sup>

(735) Die dieser Untersuchung zugrunde gelegten, auf DLR-Angaben beruhenden Wachstumserwartungen für den Luftverkehr erscheinen allerdings aus heutiger Sicht – trotz der nach den Terroranschlägen vom 11. September 2001 erfolgten Einbrüche in der Nachfrage – eher unplausibel niedrig. Die dort vorausgesetzte Wachstumsrate im grenzüberschreitenden Luftverkehr in Höhe von 3,5 %/a für den Zeitraum 1995 – 2020 würde bedeuten, dass gegenüber einer bereits realisierten Wachstumsrate von + 7,4 %/a im Zeitraum 1991 – 2000 für die Folgeperiode 2000 – 2020 nur mehr eine durchschnittliche Wachstumsrate von 2,9 % realisiert werden kann. Ein Ansatz mit 5 %/a führt dagegen im grenzüberschreitenden Verkehr (gesamte Teilstrecken) zu über 700 Mrd. Pkm im Jahr 2020, etwa 50 % über dem in der Studie zugrunde gelegten Niveau. Damit würde im Jahr 2020 eine Verkehrsleistung im Flugverkehr erreicht, die nur noch leicht unterhalb der heutigen Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs liegt.

(736) Zumeist wird davon ausgegangen, dass in allen drei Verkehrssegmenten – Pkw-Verkehr, Lkw-Verkehr, Luftverkehr – bis zum Jahre 2020 im Trend kein wesentlicher Einsatz sog. alternativer Energieträger stattfindet.

(737) Eine Zusammenfassung bekannter Untersuchungen in Deutschland (Abbildung 4–27) zeigt für den gesamten Verkehrssektor je nach Annahmen von 1997 bis 2020 eine Spannweite der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von – 16,1 % bis + 10,2 %.<sup>3</sup> Im Vergleich zum Basisjahr 1997 errechnet das WI<sup>4</sup> Änderungsraten bis 2020 von – 3,1 % bei Pkw, + 32,7 % beim Straßengüterverkehr und von + 21,9 % insgesamt<sup>5</sup>.

---

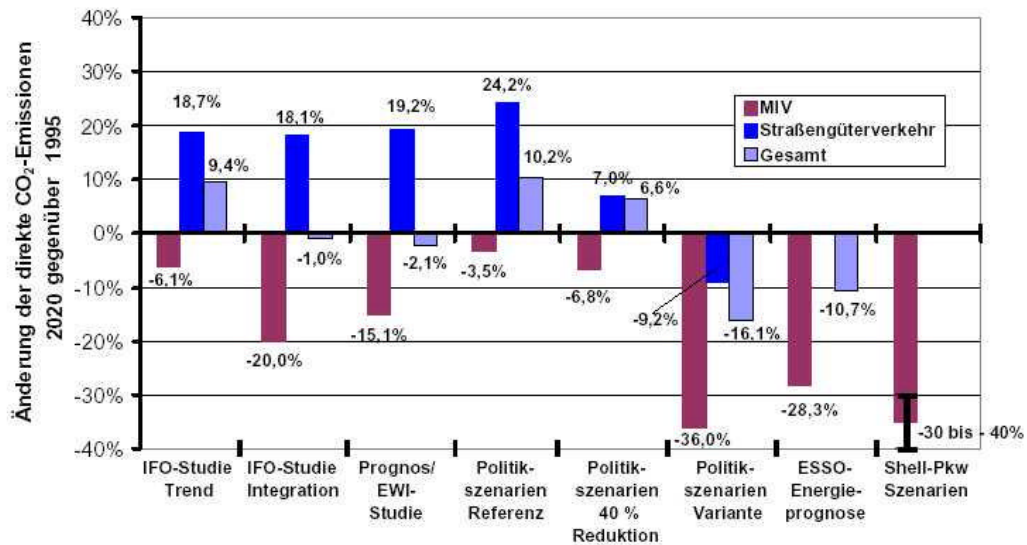
<sup>1</sup> TÜV Rheinland u.a. (1999).

<sup>2</sup> TÜV Rheinland u.a. (1999).

<sup>3</sup> Verkehrsstudie.

<sup>4</sup> WI (1999b).

<sup>5</sup> persönliche Mitteilung Karl Otto Schallaböck, Mai 2002.

Abbildung 4–27: Änderung der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen 1995 gegenüber 2020

Kasten 4–7: Die verkehrlichen Auswirkungen der Informations- und Kommunikationstechnologien

Die Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) haben einen neuen und wachsenden globalen Markt für neue Güter und Dienstleistungen kreiert. Das Internet ist dabei die wichtigste Innovation des Informationszeitalters.<sup>1</sup> Zur Zeit nutzen 515/550<sup>2</sup> Mio. Menschen weltweit das Internet. 2005 werden es voraussichtlich eine Milliarde Menschen sein. Das Internet wird aufgrund seiner weltweiten Ausbreitung die traditionellen Kommunikationswege sowohl im Unternehmensbereich als auch im privaten Haushaltsbereich und im öffentlichen Sektor wesentlich verändern. Auch wirtschaftliche Prozesse und Verhaltensweisen wie auch Wertschöpfungsketten und private Einkaufsformen werden sich durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK) und vor allem des Internets erheblich wandeln.

Diese Veränderungen können beträchtliche Auswirkungen auf das zukünftige Verkehrsaufkommen und die Verkehrsstruktur haben.

<sup>1</sup> Booz, Allen & Hamilton (2000).

<sup>2</sup> Zeitschrift CT vom 17.6., <http://www.glrach.com/globstat> (Global Reach) bzw. <http://www.nua.ie/surveys>.

Kasten 4–8: Typologie von verkehrsrelevanten Internetnutzungen

Business-to-Business (B2B)	Das Internet wird für den Handel von Gütern und Dienstleistungen zwischen Unternehmen eingesetzt.
Business-to-Consumer (B2C)	Das Internet wird auf der Nachfrageseite von privaten Verbrauchern zur Bestellung von Waren und Dienstleistungen genutzt. Auf der Angebotsseite stellen Unternehmen ihre Produkte und Dienste für den Endverbraucher im Internet dar.
Mobile Commerce (M-commerce)	Sonderform B2C. Die Geschäfte werden mobil vorgenommen.
E-Government	Angebots- und Bieterverfahren der öffentlichen Hand werden elektronisch mit Hilfe des Internets durchgeführt. Dienstleistungen der öffentlichen Hand (virtuelles Rathaus).
Telearbeit	Arbeitnehmer/innen erbringen ihre Leistung vorwiegend von zu Hause aus. Sie nutzen dabei – auch unabhängig vom Internet – die Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK).

(739) Der verstärkte Einsatz von IuK in Wirtschaft und Gesellschaft beschleunigt Veränderungen von Beschaffungs- und Produktionsprozessen ebenso wie die Modifikation von Arbeitsmethoden und des Kaufverhaltens (vgl. Kasten 4–7). Inwiefern hierdurch bei Berücksichtigung von Rück- und Wechselwirkungen netto und langfristig physische Mobilität durch Datentransporte und Dematerialisierungsprozesse substituiert wird, ist eine noch weitgehend offene Forschungsfrage. Dies gilt insbesondere auch deshalb, weil viele mit dem Internet verbundene Entwicklungsprozesse noch nicht abgeschlossen sind. Begrenzte Abschätzung der Auswirkungen von IuK-Technologien auf den Verkehr sind gleichwohl möglich und liegen in einigen Studien vor<sup>1</sup> (vgl. Kasten 4–8). Dabei handelt es sich jedoch noch nicht um eine szenariengestützte Gesamtanalyse der denkbaren mittel- und langfristigen Nettoeffekte (Saldierung von verkehrserzeugenden bzw. verkehrsersetzenden Datentransfers), wobei insbesondere auch die Verkehrseffekte im Rahmen der Globalisierung einzubeziehen wären. Im Zusammenhang mit der Empfehlung der Enquete-

<sup>1</sup> BMVBW (2001); Schnorr-Bäcker (2001); Prognos (1999b). Das TAB untersucht im Rahmen eines Forschungsprogramms zum E-Commerce auch in einer branchenspezifischen Fallstudie die verkehrlichen Wirkungen des E-Commerce. Die Ergebnisse werden voraussichtlich im Frühjahr 2002 veröffentlicht.

Kommission, vor allem die systemaren Effekte einer nachhaltigen Entwicklung von Mobilität in einer Nachfolge-Enquete-Kommission näher zu untersuchen (vgl. Kapitel 4.4 und Kapitel 7) sollten daher auch den verkehrsrelevanten Auswirkungen der IuK-Technologien besondere Beachtung geschenkt werden.

#### **4.3.4.5 Übersicht über verkehrsrelevante Effizienztechniken**

##### ***4.3.4.5.1 Kategorisierung der Maßnahmen***

(740) Zur Minderung der verkehrsbedingten Emissionen können am einzelnen Fahrzeug bzw. Fluggerät Maßnahmen aus den folgenden Kategorien einzeln oder in Kombination eingesetzt werden:

- Verminderung aller Betriebswiderstände (z. B. Gewicht, Roll- und Luftwiderstand),
- Energiemanagement im Fahrzeug (z.B. Abwärmenutzung, Bremsenergierückgewinnung, Management der Nebenverbraucher),
- Effizienzverbesserung an konventionellen Antrieben (Erhöhung des Wirkungsgrades bei der Umsetzung des Treibstoffes in Bewegungsenergie des Fahrzeuges),
- Verwendung neuer Antriebe (z.B. Brennstoffzellen, Elektromotor),
- Einsatz alternativer Treibstoffe mit geringerem Gehalt an fossilem Kohlenstoff (z.B. Methanol, Wasserstoff; dabei muss die Bereitstellungskette mit betrachtet werden),<sup>I</sup>
- Unterstützung des Fahrers bei der energieeffizienten Nutzung eines Fahrzeuges durch Verhaltenstraining und Fahrerassistenzsysteme.

(741) Eine Reduzierung des Energiebedarfes durch Optimierung der Fahrzeugtechnik ist für den flächendeckenden Einsatz alternativer Treibstoffe wegen deren begrenzter klimaverträglichen bzw. kostengünstigen Verfügbarkeit und der hohen Verluste in den vorgelagerten Prozessketten zweckmäßig.

---

<sup>I</sup> Nach IPCC (1999) ist davon auszugehen, dass beim Einsatz herkömmlicher Kohlenwasserstoffe (Kerosin) als Treibstoff die Wirkung auf den Treibhauseffekt durch die luftverkehrsbedingten Emissionen um den Faktor 2 bis 4 größer ist als durch das emittierte Kohlendioxid allein. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass in den üblichen Flughöhen auch die Stickoxid- und Wasserdampfemissionen sehr maßgeblich zum Treibhauseffekt beitragen. Aufgrund der hohen Klimawirksamkeit der Wasserdampfemissionen ist der Einsatz von reinem Wasserstoff als Treibstoff im Luftverkehr problematisch. Es entsteht zwar dann kein Kohlendioxid, aber deutlich mehr Wasserdampf.

#### ***4.3.4.5.2 Verbesserung durch Fahrzeugtechnik und konventionelle Antriebe***

(742) In den für den Energieverbrauch des Verkehrs wesentlichen Segmenten sind vorstehend bereits einige Hinweise zu der absehbaren Technikentwicklung gegeben worden. Die dort getroffenen Trendaussagen basieren auf der Kenntnis des derzeitigen Entwicklungsstandes und einer Abschätzung der unter Trendbedingungen absehbaren Entwicklungsperspektiven. Nachfolgend werden die Technikaspekte zusammengefasst.

##### *4.3.4.5.2.1 Wirkungsgrad der Fahrzeugantriebe*

(743) Dieselmotoren sind heute die energetisch effizientesten Antriebsmaschinen für Land- und Seefahrzeuge. Weitere Verbesserungen sind von noch differenzierter steuerbaren Einspritzanlagen, geregelten Abgasrückführungen und vielen anderen Detailverbesserungen zu erwarten. Bisher hat der Diesel im Vergleich zum Ottomotor noch den Nachteil wesentlich höherer Partikelemissionen. Durch weitere innermotorische Verbesserungen in Verbindung mit besseren (vor allem schwefelärmeren Kraftstoffen) oder durch den Einsatz von Partikelfiltern wird diese Problematik innerhalb der nächsten fünf Jahre entschärft werden; allerdings müssen dazu Zugeständnisse beim Kraftstoffverbrauch gemacht werden. Bei schweren Nutzfahrzeugen werden zur Erfüllung der Abgasminderungsstufe Euro 4 wahrscheinlich NO<sub>x</sub>-reduzierende Katalysatoren erforderlich.

(744) Bei Ottomotoren bestehen ähnlich große Effizienzpotenziale, wie sie in der Dieselenwicklung realisiert worden sind. Die wichtigsten Ansätze sind:

- Vollvariable Sauganlagen,
- Aufladung ggf. kombiniert mit einer Verkleinerung des Hubraums,
- Zylinderabschaltung,
- Variable Verdichtung.

(745) Voraussetzung für die Nutzung einiger dieser Potenziale (bei Direkteinspeisung und Magerbetrieb) ist die flächendeckende Verfügbarkeit von sehr schwefelarmen Kraftstoffen (weniger als 10 ppm Schwefelgehalt), da nur so die Verwendung von DeNO<sub>x</sub>-Katalysatoren zur Einhaltung der Schadstoffgrenzwerte in weiten Kennfeldbereichen möglich wird.

(746) In der Summe werden beim Ottomotor Verbesserungen der spezifischen Verbräuche um bis zu 35 % für grundsätzlich möglich gehalten. Allerdings sind noch erhebliche Entwicklungsanstrengungen erforderlich, um die an Labormustern erprobten Einzeltechnologien als großserientaugliche Gebrauchsgüter mit langfristig garantierbarer Funktion umzusetzen. Die Durchdringung der industriellen Produktion mit diesen neuen



Technologien dürfte gegenüber der jetzt festzustellenden Geschwindigkeit von ca. 2–3 % Verbesserung pro Jahr kaum dauerhaft zu steigern sein.

(747) Bezüglich der lufthygienisch relevanten Emissionen an Schadstoffen – CO, NO<sub>x</sub>, unverbrannte Kohlwasserstoffe, Partikel, SO<sub>2</sub>, Schwermetalle – besteht nach Ansicht des UBA mit Ausnahme der Feinststaub-Problematik (Abgaspartikel mit sehr kleinen Durchmessern) aus heutiger Sicht praktisch kein Handlungsdruck mehr; mit den eingeleiteten Verschärfungen der Abgasgrenzwerte (Stufe Euro 4 und 5) dürften die lufthygienisch erforderlichen Umweltqualitäten gesichert werden.<sup>1</sup>

(748) Im Vergleich der Konzepte werden sich Fahrzeuge mit Diesel- und Ottomotoren sowohl hinsichtlich ihrer Schadstoffemissionen als auch bezüglich ihrer Verbrauchskennwerte weiter annähern. Die derzeitigen Unterschiede in der Behandlung durch den Gesetzgeber bei Kfz-Steuer, Mineralölsteuer und Abgasgrenzwerten verlieren damit ihre Berechtigung.

(749) Neue Brennverfahren, die den Unterschied zwischen Benzin- und Dieselmotor weitgehend aufheben könnten, befinden sich im Forschungsstadium. Sie bieten theoretisch nochmals ein beträchtliches Potenzial zur Verbrauchsminderung, ihre praktische Umsetzbarkeit ist aber noch nicht sicher einschätzbar.

(750) Einige Maßnahmen sind nicht an das gewählte Verbrennungsverfahren gekoppelt. Einige davon sind:

- Übergang auf ein 42 V-Bordnetz mit vielfältigen Möglichkeiten zur Verminderung der Energieaufnahme von Nebenverbrauchern,
- Schwung-Nutz-Automatik,
- Kennfeldgesteuerte oder geregelte Kühlung.

(751) Auch bei Flugzeug- und Schiffsantrieben sind wie beim Pkw weitere technische Innovationen möglich.

#### *4.3.4.5.2.2 Reduzierung des Antriebs-Energiebedarfes*

(752) Die bisher aufgeführten Maßnahmen betreffen im Wesentlichen die Verbesserung der Bereitstellung der benötigten Energie in einem Fahrzeug. Korrespondierend dazu sind

---

<sup>1</sup> Friedrich, A. (2001).

zahlreiche Maßnahmen möglich, die den Energiebedarf für den Betrieb eines Fahrzeugs wesentlich reduzieren können:

- Reduzierung der Rollwiderstände,
- Reduzierung des Luftwiderstandes,
- Reduzierung des Beschleunigungswiderstandes.

(753) Der Rollwiderstand kann über die Eigenschaften der Reifen (auch der Fahrbahn) gemindert werden. Verbesserungen stehen hier aber in einem latenten Widerspruch zu anderen Eigenschaften wie z.B. der Haftung bei Kälte oder Nässe oder der Haltbarkeit. Dennoch sind für Neureifen Verbesserungen in der Größenordnung von ca. 20 % im nächsten Jahrzehnt vorstellbar.<sup>1</sup> Eine weitere Maßnahme zur Minderung des Rollwiderstandes ist die Reduzierung des Fahrzeuggewichtes (s.u.).

(754) Der Luftwiderstand bestimmt sich durch die Querschnittfläche des Fahrzeugs und den  $c_x$ -Wert, der die aerodynamische Qualität der Fahrzeugform beschreibt. Die Querschnittfläche wird durch die Funktion des Fahrzeugs festgelegt und kann für übliche Pkw ohne Komforteinbuße kaum unter  $1,9 \text{ m}^2$  gesenkt werden. Beim  $c_x$ -Wert erscheint eine Reduktion um weitere 10 – 20 % nicht ausgeschlossen.<sup>2</sup>

(755) Der Beschleunigungswiderstand hängt –wie der Rollwiderstand – wesentlich vom Gewicht des Fahrzeugs (und von dessen rotierenden Massen) ab. In den vergangenen Jahren wurden daher bereits erhebliche Anstrengungen unternommen, leichtere Konstruktionen zu entwickeln. Die entsprechenden Fortschritte wurden aber im Wesentlichen durch den Trend zu höheren Standards bei aktiver und passiver Sicherheit, zu verminderter Anfälligkeit bei Bagatellunfällen, zu Komfortverbesserungen usw. kompensiert. Die dennoch zu beobachtenden Verbrauchssenkungen gehen also überwiegend auf Verbesserungen am  $c_x$ -Wert, am Rollwiderstand und vor allem am Antriebsstrang zurück.

(756) Die Bemühungen der Fahrzeughersteller zum Leichtbau dürften auch in Zukunft fortgesetzt werden. Wenn auf dem Gebiet der Ausstattungen eine gewisse Sättigung bei gewichtstreibenden Komponenten erreicht ist, könnten zukünftig die Gesamtgewichte fallen (unter sonst gleichen Umständen, d.h. kein weiteres Wachstum der mittleren Fahrzeuggröße unterstellt). Der Bereich der Technologien zur Senkung der Fahrzeugmasse ist außerordentlich breit und geht von der Verwendung neuartiger hoch- und höchstfester Stähle

---

<sup>1</sup> Basis  $f_R=0,09$ .

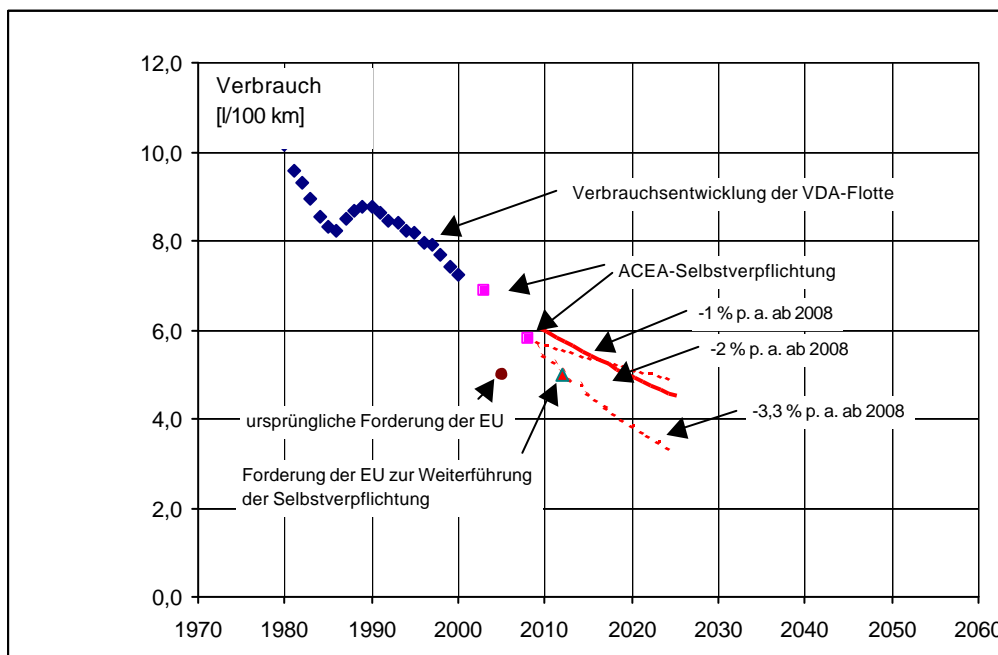
<sup>2</sup> Basis  $C_x=0,3$ .

in speziell angepassten Konstruktionen über die Substitution durch Leichtbaumaterialien (z.B. Magnesium) bis zur Reduktion von Leitungsquerschnitten, ermöglicht durch die 42 V-Technik.

(757) Bereits heute wäre es mit höheren Kosten technisch möglich, durch den Einsatz von Aluminium oder durch Verbundwerkstoffe die Masse eines Fahrzeuges der unteren Mittelklasse von ca. 1.200 auf 1.000 kg zu reduzieren (siehe auch A2 von Audi). Weitere Verbesserungen und eine Kostensenkung erscheinen jedoch zukünftig möglich, wobei über die mittelfristigen Kostenperspektiven keine zuverlässigen Aussagen getroffen werden können.

(758) In der Summe aller Maßnahmen bedeutet der durch die Selbstverpflichtung des ACEA vorgegebene Trend eine jährliche Verbesserung des Verbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge um ca. 3,3 %. Es erscheint zweifelhaft, ob diese Verbesserungsgeschwindigkeit beibehalten werden kann. Historisch lagen die Verbesserungen trotz scharfen Wettbewerbs eher bei 2 % p.a. Das bedeutet eine Verbesserung von einer Fahrzeuggeneration zur nächsten um rund 15 %. Damit wäre 2025 bei Neuwagen ein Verbrauchsniveau von 4,0 – 4,5 l/100 km zu erreichen. Wenn der durch die Selbstverpflichtung des ACEA begonnene Trend über 2008 hinaus fortgesetzt würde, ergäbe sich 2025 ein mittlerer Verbrauch von Neufahrzeugen von ca. 3,3 l/100 km (Abbildung 4–28).

Abbildung 4–28: Mittlerer Verbrauch der pro Jahr in Deutschland neu zugelassenen Pkw- und Kombi in l/100 km gemessen im NEFZ-Fahrzyklus, Trendannahmen



#### 4.3.4.5.2.3 Weitergehende Technikpotenziale

(759) Die vorstehenden Überlegungen bezogen sich auf technische Entwicklungstrends unter der Annahme, dass die bestehenden energie- und verkehrspolitischen Rahmenbedingungen im Wesentlichen stabil bleiben. Weitergehende Technikpotenziale könnten jedoch ggf. unter der Prämisse erschlossen werden, dass durch forcierte Verbrauchsstandards und/oder wesentlich erhöhte Kraftstoffpreise der Faktor Energieverbrauch aus Hersteller- und aus Kundensicht erheblich stärker gewichtet wird, als dies heute der Fall ist. Derartige Perspektiven sind vor allem für Pkw entwickelt worden. Für Nutzfahrzeuge sind die Potenziale aufgrund der höheren Massenanteile der Nutzlast pro Fahrzeug erheblich geringer. Geschlossene Darstellungen für Flugzeuge, Schienenfahrzeuge und Schiffe liegen nicht vor.

(760) Konzeptstudien für Pkw mit erheblich reduziertem Energieverbrauch sind zunächst von Lovins<sup>1</sup> vorgestellt worden, in jüngster Zeit aber u.a. auch von VW.<sup>2</sup> Darin wird argumentiert, dass ein konsequenter Einsatz von kohlefaserverstärkten Werkstoffen beispielsweise die Masse von amerikanischen Mittelklassefahrzeugen von heute 1.500 bis 1.600 kg auf unter 600 kg reduzieren könne. Unter weiteren ambitionierten Annahmen hinsichtlich der Verbesserung des Luftwiderstandes und des Rollwiderstandes sowie der Rückspeisung von Bremsenergie mit einem Wirkungsgrad von 70 % in den Hybridantrieb geht Lovins von einer Verbesserung des Kraftstoffverbrauches um etwa den Faktor 10 aus. Dabei setzt er den US-Stadtfahrtzyklus voraus. Ein praktischer Nachweis für diese theoretischen Ergebnisse z.B. durch serienfähige Prototypen konnte allerdings noch nicht erbracht werden.

(761) Ähnliche Ansätze in der Schweiz haben zu sehr interessanten Prototypen geführt, aber – überwiegend aus fertigungstechnischen Gründen – ebenfalls keinen Weg in die Serienproduktion gefunden. Dabei muss es gegenwärtig offen bleiben, ob über die Herstellungskosten und die generellen Innovationskosten hinaus, prinzipielle Zweifel an der Machbarkeit des Konzeptes begründet sind. Eine aktuelle Untersuchung<sup>3</sup> kommt diesbezüglich zu grundsätzlich positiven Befunden. Auch in der Life-Cycle-Bewertung über die gesamte Kette Herstellung–Nutzung–Recycling zeigte sich, dass eine Karosserie aus faserverstärkten Kunststoffen prinzipiell Vorteile in der Gesamtenergiebilanz gegenüber der Stahlbauweise aufweist.

---

<sup>1</sup> Lovins (1996).

<sup>2</sup> VW (2002).

<sup>3</sup> Dauensteiner (2002).

(762) Die US-Regierung hat 1993 ein groß angelegtes „Programme for a New Generation of Vehicles“ initiiert, das allerdings bei weitem nicht so anspruchsvolle Ziele anstrebte – es wurde im Februar 2002 abgebrochen (vgl. auch unten Kasten 4–9).

(763) In der Automobilindustrie wurden und werden Ansätze zu „radikalem“ Leichtbau seit längerem verfolgt. Neben extremen Sportwagen ist hier vor allem der Bus „Neoplan Metroliner“ zu nennen, der erstmalig fast vollständig aus Kunststoffverbundmaterialien hergestellt wurde; die Produktion wurde inzwischen eingestellt. Von BMW und VW ist bekannt, dass intensiv an der serientauglichen Umsetzung von CFK-Strukturen gearbeitet wird. VW hat am 15. April 2002 ein „1-Liter-Auto“<sup>1</sup> vorgestellt, das alle Möglichkeiten des Leichtbaus nutzt. Es handelt sich um einen Zweisitzer in Tandemanordnung.

(764) Auch bei Lkw setzt sich im Trend die Motorelektronik zur Steuerung von Einspritzzeitpunkt, Einspritzdrücken, Abgasrückführung, Getriebe etc. breit durch. Sie wird im Zusammenhang mit der Abgasnachbehandlung nochmals an Umfang und Bedeutung gewinnen. In Teilsegmenten wie dem städtischen Lieferverkehr (und bei Bussen) wäre der Einsatz von Hybridantrieben und regenerativer Rückspeisung von Bremsenergie ähnlich wie bei den entsprechenden Pkw-Konzepten grundsätzlich möglich. Auch durch Leichtbautechnologien können Verbesserungen erzielt werden.

#### ***4.3.4.6 Neue Antriebe und neue Treibstoffe***

##### *4.3.4.6.1 Die klassischen Kraftstoffe*

(765) Neben einer Verbesserung der Effizienz der Fahrzeuge können auch Umstellungen in der Treibstoffversorgung zu einer Verminderung der THG-Emissionen beitragen. Viele der Innovationen bei konventionellen Diesel- und Ottomotoren können nur mit weiter verbesserten Kraftstoffen umgesetzt werden. Im Rahmen von großen gemeinsamen Forschungsprogrammen (Auto Oil I und II) haben die Automobilindustrie und die Mineralölwirtschaft die Grundlagen für diese Entwicklung geschaffen.<sup>2</sup> Noch weitergehende Forderungen wurden seitens der Fahrzeugindustrie in der World Fuel Charta definiert. Der Verkehrsbereich ist heute nahezu vollständig abhängig von nur einem Rohstoff, dem Mineralöl. Es gestattet mit sehr geringem Aufwand die Gewinnung der Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel. Eine physische Verknappung des Rohöls ist derzeit auf mittlere Sicht nicht absehbar, politisch verursachte Lieferprobleme sind jedoch durchaus zeitweilig –

---

<sup>1</sup> vgl. Volkswagen, [www.volkswagen-umwelt.de/live](http://www.volkswagen-umwelt.de/live) .

<sup>2</sup> Für nahezu schwefelfreie Kraftstoffe ist eine europaweit flächendeckende Verfügbarkeit ab 2005 vorgeschrieben; in Deutschland wird eine frühere Einführung steuerlich gefördert.

für Monate – möglich; zudem sind Preisrisiken nicht auszuschließen und Preisvolatilitäten sind beim Rohöl relativ wahrscheinlich, die allerdings wegen der Steuer beim Tankstellenpreis erheblich abgeschwächt werden.

(766) Trotz der heute vollständigen Abhängigkeit vom Erdöl stehen prinzipiell vielfältige andere Primärenergieträger bzw. Quellen des genutzten Kohlenstoffs zur Auswahl, aus denen wiederum die bekannten Endenergieträger Kerosin, Benzin und Diesel synthetisiert werden können. Mögliche Optionen sind Kohle, Erdgas, Biomasse, regenerative oder Kernenergie in Verbindung mit wasser- und kohlenstoffhaltigen Materialien.<sup>1</sup> Synthetische Kraftstoffe können zudem qualitativ so verbessert werden, dass weitere Optimierungsspielräume bei der Motorenentwicklung entstehen.

(767) Auch die CO<sub>2</sub>-Problematik kann – zumindest grundsätzlich – gelöst werden, wenn auf erneuerbaren Kohlenstoff umgestellt wird. Die so erzeugten Kraftstoffe unterscheiden sich grundsätzlich nicht von denen, die aus Erdöl hergestellt werden.<sup>2</sup> Ein solches Vorgehen gestattet es daher, ohne Systembruch mit frei wählbarer Geschwindigkeit von einer rein auf Erdöl basierenden Kraftstoffversorgung auf eine davon völlig unabhängige überzugehen.

#### 4.3.4.6.2 Alternative Kraftstoffe

(768) Neben den konventionellen Kraftstoffen kommt eine große Zahl alternativer Kraftstoffe in Frage. Zur Auswahl stehen z.B. Methanol, Erdgas, LPG (Liquified Petroleum Gas), Pflanzenölester, Ethanol und Wasserstoff.

(769) Die Eignung als Kraftstoff für Ottomotoren ist für Methanol in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen worden (u.a. Großversuch in Berlin, gefördert durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT)).

(770) Methanol kann relativ einfach aus Synthesegas erzeugt werden, das seinerseits aus einer Vielzahl von Rohstoffen gewonnen wird. Unter anderem sind großtechnische Prozesse für Kohle, Rohöl, Erdgas und verschiedene Formen von Biomasse realisiert worden. Die Umweltbelastung hängt vom gewählten Weg ab; nur Biomasse erlaubt eine nahezu THG-freie Herstellung.<sup>3</sup> Die Kosten für Methanol liegen in der Regel deutlich über denen für

---

<sup>1</sup> Schindler (1997).

<sup>2</sup> Auf die Probleme der Wasserstoffnutzung bei Flugzeugen muss jedoch erneut hingewiesen werden.

<sup>3</sup> Auch die Gewinnung von CO<sub>2</sub> aus der Luft zur Gewinnung von Methanol wäre möglich; dabei handelt es sich jedoch um eine Laborkuriosität, die nur einen grundsätzlichen Gedanken

Benzin; Ausnahmen sind dort möglich, wo sonst unverkäufliches Erdgas als Rohstoff dienen kann.

(771) Der Aufbau einer Methanol-Infrastruktur erscheint relativ einfach möglich. Allerdings ist es giftig. Zudem bestehen Grundwasserrisiken.

(772) Erdgas (und LPG) ist ebenfalls ein ausgezeichnete Ottokraftstoff, der ein erhebliches Potenzial für Verbrauchsoptimierungen bietet (Oktanzahl ROZ 130). Es findet heute schon als Treibstoff Verwendung. Dazu werden Benzinmotoren umgerüstet. Auf Erdgas optimierte Motoren sind aufwändiger, erlauben aber langfristig eine Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Auspuff um bis zu 40 %. Gleichzeitig ist die Einhaltung extrem geringer Abgaswerte möglich.

(773) Allerdings stellt sich das Problem der Speicherung im Fahrzeug und der noch mangelnden Tankinfrastruktur. Als Stoff mit edelgasähnlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften benötigt Erdgas – ähnlich wie Wasserstoff – Tieftemperatur (-161° C) oder Hochdrucktanks. Das an der Tankstelle verkaufte Erdgas wird heute direkt aus dem Verteilnetz entnommen und komprimiert. Die Investitionskosten sind mehrfach höher als bei Tankanlagen für Flüssigkraftstoffe, das Energieaufkommen für die Kompression vor der Druckbetankung ist ebenfalls erheblich und muss bei vergleichenden Bilanzen berücksichtigt werden.

(774) Zusammen mit der Automobilindustrie und verschiedenen großen Mineralölunternehmen (z.B. BP) hat die Gaswirtschaft Ende des Jahres 2001 eine „Erdgas Mobil“ Offensive gestartet, über die in wenigen Jahren mehr als 1.000 Tankstellen in Deutschland mit Erdgaszapfsäulen ausgestattet werden sollen. Eine ausreichende Tankstellendichte wird damit noch nicht erreicht werden; die Verwendung wird sich auf spezielle Fälle konzentrieren. Die Markteinführung von Erdgas wird durch die bis zum Jahr 2009 befristete Vergünstigung bei der Mineralölsteuer (bis auf 20 % des vergleichbaren Satzes für Benzin) unterstützt.

#### 4.3.4.6.3 Biogene Kraftstoffe

(775) Ethanol (Trinkalkohol in wasserfreier Form) ist ebenfalls ein ausgezeichnete Ottokraftstoff. Es wird in den USA und in Brasilien in großem Umfang dem Benzin beigemischt bzw. in nahezu reiner Form (E 95) verwendet. Ethanol wird aus Getreide,

Zuckerrüben oder Zuckerrohr gewonnen. Die Produktion ist energieintensiv und in Europa teurer als die Methanolherstellung.

(776) Pflanzenöle – in Europa überwiegend Rapsöl – können nur ganz bedingt, die Methylester von Pflanzenölen – RME (Rapsöl-Methylester) – mit geringen Einschränkungen als Dieselmotorenstoffe verwendet werden, wenn sie der Norm gerecht werden. Besondere Vorteile bietet die Verwendung von RME und ggfs auch reiner Pflanzenöle in Arbeitsmaschinen, die in der „freien Natur“ eingesetzt werden (Ackerschlepper, Baumaschinen, aber auch Binnenschiffe); allerdings wird gerade diese Anwendung durch die gegenwärtige Besteuerung entmutigt.

(777) Für Biodiesel sprechen zumindest grundsätzlich die Unabhängigkeit vom Mineralölimport und die günstige CO<sub>2</sub>-Bilanz. Allerdings kann in Deutschland nur ein Anteil in Höhe von rd. 6 % des deutschen Dieselmotorenstoffverbrauches gewonnen werden. Beim herkömmlichen Anbau entstehen durch die Düngung erhebliche Mengen an klimarelevantem Lachgas. In einer Gesamtklimabilanz hat damit RME allenfalls geringfügige Vorteile im Vergleich zu Diesel.

(778) Die EU-Kommission<sup>1</sup> hat mit einem Richtlinienentwurf vom November 2001 die Absicht bekundet, Mindestanteile von Bio-Kraftstoffen an den Benzin- und Dieselmengen zu fordern. Es werden Quoten von 2 % im Jahre 2005 und 5,75 % im Jahre 2010 vorgeschlagen; Ziel ist ein Anteil von 20 % im Jahr 2020. Ein Richtlinienentwurf zur Besteuerung von Bio-Kraftstoffen hebt grundsätzlich auf einen Steuersatz von 50 % des Mineralölsatzes ab. Für diejenigen Länder, in denen heute Steuerpräferenzen bestehen, soll es aber vielfache Anpassungsmöglichkeiten bis zur Beantragung weiterer völliger Freistellung geben. Den Mitgliedsländern soll grundsätzlich freigestellt werden, ob die Quoten durch Beimischung oder reine Biokraftstoff-Flotten erreicht werden.

#### ***4.3.4.6.4 Wasserstoff als Kraftstoff in Verbrennungsmotoren und Brennstoffzellen***

(779) Die Verwendung von Wasserstoff als Kraftstoff wird vielfach diskutiert. Wasserstoff ist ein sehr guter, extrem sauber verbrennender Ottokraftstoff und der derzeit einzige praktikable Energieträger für mobile Brennstoffzellen (BZ).<sup>2</sup> Der Wasserstoff muss entweder im Fahrzeug mitgeführt werden (Speicherung mit akzeptablen Energiedichten nur tiefkalt bei – 253° C, 20 K° über dem absoluten Nullpunkt oder bei sehr hohen Drücken – 300 bar oder mehr; 700 bar werden angestrebt) oder an Bord aus wasserstoffhaltigen Stoffen erzeugt



werden. Beide Gruppen von Techniken sind komplex und bisher nicht serientauglich entwickelt.

(780) Für die Bewertung der erdgebundenen mobilen Nutzung von Wasserstoff aus Sicht der THG-Emissionen ist die Bereitstellung entscheidend. Grundsätzlich sind folgende Wege praktikabel:<sup>3</sup>

- Elektrolyse von Wasser und
- Vergasung von Kohlenwasserstoffen.

(781) In beiden Fällen hängt die Bilanz der THG davon ab, aus welcher Primärenergie der Strom hergestellt wird bzw. welche Kohlenwasserstoffe vergast werden. Die heute kostengünstigsten Verfahren beruhen auf der Vergasung von Öl bzw. Erdgas; diese setzen also CO<sub>2</sub> frei. Elektrolyseverfahren benötigen viel Strom.

(782) Für den flächendeckenden Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor wäre der Aufbau einer vollständig neuen Betankungs- und Versorgungsinfrastruktur notwendig. Bei Verwendung automatischer Betankungsanlagen stellen sich keine unlösbaren technischen Probleme, es entstehen jedoch erhebliche Kostenbelastungen.

(783) Die Brennstoffzelle (BZ) als neue Antriebsmöglichkeit für Fahrzeuge wird seit einigen Jahren diskutiert. Bislang sind jedoch lediglich Demonstrationsfahrzeuge in Betrieb; erste Kleinst-Serienproduktionen sind von verschiedenen Herstellern angekündigt. BZ bieten grundsätzlich das Potenzial, auf lange Sicht niedrigere Verbräuche zu realisieren als es heute mit konventionellen Motoren möglich ist (vgl. Kasten 4–9 Exkurs „Freedom CAR Project“).

(784) Das Umweltbundesamt hat jedoch ermittelt, dass BZ-Fahrzeuge unter Berücksichtigung der Vorleistungskette unter vielen Annahmen gegenüber optimierten herkömmlichen Fahrzeugen keine Vorteile hinsichtlich des Primärenergieverbrauchs

---

<sup>1</sup> Europäische Union (2001a) (KOM(2001)54).

<sup>2</sup> An der Direkt-Methanol-BZ wird gearbeitet; eine Umsetzung in Muster, die für den Betrieb eines Autos geeignet wäre, ist offenbar noch nicht gelungen. (Schindler 1997; 2001).

<sup>3</sup> Grundsätzlich gibt es eine große Zahl weiterer Prozesse, die aber aus praktischen oder politischen Gründen in Deutschland nicht in Betracht kommen. So beruhen thermochemische Verfahren auf der Nutzung von nuklearer Hochtemperaturwärme. Biologische Verfahren haben viel zu kleine Ausbeuten; es ist unklar, ob sie sich z.B. durch Genmanipulation geeigneter Organismen ausreichend steigern lassen (für Details siehe Schindler, 1997).

aufweisen. Vorteile wären hingegen – je nach genutzten Primär- und Endenergieträgern – bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erreichen.<sup>1</sup>

#### 4.3.4.6.5 Die Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES)

(785) Aufgrund der Komplexität des Themas und der weitreichenden Bedeutung entsprechender Entscheidungen haben Automobilindustrie und Energieunternehmen gemeinsam mit der Bundesregierung 1999 mit der VES eine Gruppe gebildet, die sich der Identifizierung und Bewertung von Treibstoffoptionen systematisch annimmt. Von den zunächst 70 betrachteten Energieträgern hat die VES letztlich neben den klassischen Treibstoffen Benzin und Diesel vor allem drei Optionen ausgewählt. Neben Erdgas als Option für eine Übergangsphase sind dies Wasserstoff und Methanol. In ihnen wird das Potenzial gesehen, einen wesentlichen Anteil des Treibstoffbedarfs der Zukunft zu decken. Langfristig habe Wasserstoff die besten Chancen sofern es gelinge, ihn auf der Basis erneuerbarer Energien bereitzustellen und eine entsprechende Infrastruktur aufzubauen. Methanol werden Vorteile bei den Nutzfahrzeugen zugeschrieben.

(786) Bei Betrachtung des Gesamtsystems erscheint es auf längere Sicht jedoch sinnvoller, den regenerativ erzeugten Strom direkt einzusetzen, da hiermit keine neuen anwendungstechnischen Probleme verbunden sind und zudem eine größere CO<sub>2</sub>-Minderungswirkung erzielt werden kann. Dieser Strom würde flüssige Kohlenwasserstoffe in stationären Anwendungen substituieren und sie damit für den mobilen Sektor verfügbar machen.

(787) Im Ergebnis erscheinen die hier diskutierten Varianten von Energiespartechniken und alternativen Antriebs-/Treibstoffkonzepten bei Pkw angesichts der im Trend bereits zu erwartenden Rückgänge des Energiebedarfs nur mittel- bis langfristig (bis 2050) energie- und klimapolitisch bedeutsam. Von wesentlich größerer Bedeutung ist kurz- und mittelfristig das Wachstum im Güterverkehr und im Luftverkehr.

Kasten 4–9: FreedomCAR Projekt

Die Bush-Administration hat die Fördermittel für die Entwicklung energieeffizienter Autos gestrichen und damit das während der Clinton-Regierung initiierte Programm „Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV)“

---

<sup>1</sup> Kolke (1999).

beendet.<sup>1</sup> Dieses Programm sah vor, in Zusammenarbeit mit USCAR [United States Council for Automotive Research, (Ford, GM, DaimlerChrysler)] bis zum Jahre 2004 ein 3L-Familien-Auto zu bauen.

Energieminister Abraham erklärte am 9. Januar 2002 anlässlich der Detroit Auto Show: „In keeping with the President's National Energy Plan, I am pleased to announce a new public-private partnership between the department and the nation's automobile manufacturers to promote the development of hydrogen as a primary fuel of cars and trucks, as part of our effort to reduce American dependence on foreign oil. Under this new programme, which we call Freedom CAR (Cooperative Automotive Research), the government and the private sector will fund research into advanced, efficient fuel cell technology which uses hydrogen to power automobiles without creating any pollution. The long-term results of this cooperative effort will be cars and trucks that are more efficient, cheaper to operate, pollution-free and competitive in the showroom.“<sup>2</sup>

Die Bush-Administration hat das PNGV-Programm eingestellt,<sup>3</sup> obwohl es den drei größten Autoherstellern (Daimler-Chrysler, Ford, GM) in technischer Hinsicht gelungen ist, ein familienfreundliches 3-Liter-Auto herzustellen.<sup>4</sup> Allerdings bestand unter den derzeitigen Rahmenbedingungen (z.B. bei der auf geringe Benzinpreise gerichteten Politik der US-Regierung) keine Chance, diese Fahrzeuge auf einem Markt, der maßgeblich von den SUV-Cars (Sport Utility Vehicles) dominiert wird, wirtschaftlich zu positionieren. Die Attraktivität der SUVs trotz ihres hohen Benzinverbrauchs hat dazu geführt, dass sich verbrauchsarme Fahrzeuge auf dem amerikanischen Automobilmarkt nicht durchsetzen konnten. Deshalb favorisiert die Administration die Brennstoffzelle und den Wasserstoff als neuen Brennstoff im Verkehrsbereich. Dies würde nach Meinung der Regierung die Öl-Abhängigkeit der USA reduzieren und Energieversorgungssicherheit erhöhen und darüber hinaus auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen der USA deutlich senken. Ein Vorteil für die Autoindustrie könnte beim FreedomCAR Projekt darin liegen, dass sie ihre Forschungsanstrengungen auf eine einzige Zukunftstechnologie konzentrieren kann.

Das Department of Energy hat für das Haushaltsjahr 2003 150 Mill. US\$ zur Unterstützung des FreedomCAR Projektes beantragt. Das Büro für Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE) hat ebenfalls Forschungsmittel in Höhe von 50 Mill. US\$ für die Entwicklung der Brennstoffzelle gefordert. Die US-Regierung will 2003 somit ca. 44 Mill. US\$ mehr für die Forschung auf dem Gebiet der Brennstoffzelle ausgeben als 2002. Die Verkündung des FreedomCAR-Projektes durch das Department of Energy hat dazu geführt, dass einzelne Autohersteller (z.B: GM, Nissan, Toyota, Volkswagen, Hyundai/Kia) neue Brennstoffzellenkonzepte vorstellten bzw. erklärten, dass sie in diesen Bereich verstärkt investieren wollen.

Namhafte Hersteller gehen davon aus (vgl. DaimlerChrysler<sup>5</sup>), dass Brennstoffzellenfahrzeuge (Busse in kleinen Stückzahlen) bis 2002 Marktreife erreichen können. Die Schnelligkeit der Marktdurchdringung wird davon abhängig sein, inwieweit weitere staatliche Forschungsmittel für den mobilen Einsatz der Brennstoffzellen zur Verfügung gestellt werden. Des Weiteren muss noch geklärt werden, wie die notwendige Wasserstoff-

<sup>1</sup> NY Times, 9.1.02.

<sup>2</sup> Presseerklärung [http://www.energy.gov/HQPress/releases02/janpr/pr02001\\_v.htm](http://www.energy.gov/HQPress/releases02/janpr/pr02001_v.htm) .

<sup>3</sup> NY Times, 9.1.02 und <http://www.energy.gov>.

<sup>4</sup> McClure in Feature „Are We On the Road to Energy Independence?“ vom 14.03.2002 unter <http://www.todaysengineer.org/policyperspectives/feb02pp/feb02features/HEV.html> .

<sup>5</sup> DaimlerChrysler-Meldung vom 06.04.2000, <http://www.DaimlerChrysler.de> .

Infrastruktur finanziert wird. Der serienmäßige mobile Einsatz der Brennstoffzelle setzt vor allem eine erhebliche Kostensenkung voraus. Dies würde für die Wasserstoffökonomie auch im dezentralen stationären Bereich die Marktchancen erheblich verbessern.

#### 4.3.4.7 Nachfrageorientierte Effizienzpotenziale im Verkehr

(788) Die Technikentwicklung im Verkehrsbereich bis 2020 ist recht gut zu übersehen: Die unter gegebenen politischen Rahmenbedingungen erzielbaren Effizienzgewinne fallen hinter das 40 %-CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel weit zurück. Mit den absehbaren Technikpotenzialen allein kann weder in der Zeitskala bis 2020 noch bis 2050 plausibel gemacht werden, dass die Zielsetzungen bezüglich der Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes um 40 % bzw. 80 % im Verkehrssektor erreicht werden können. Hierzu wird es unumgänglich, die Nachfrageentwicklung (Verkehrsvermeidung auch durch neue Siedlungsstrukturen) und die Verkehrsmittelwahl (Änderung des Modal Split) zu thematisieren bzw. zum Gegenstand von Minderungsüberlegungen zu machen. Aufgrund der Trägheit des Mobilitätsystems selbst und der darauf einwirkenden verkehrserzeugenden Strukturen ergeben sich erhebliche Vorlaufzeiten, bis technische Potenziale in tatsächliche Minderungen umgesetzt sind. Dagegen wäre es nicht ausgeschlossen, im Pkw-Subsektor Rückgänge in der Nachfrage insbesondere im Freizeitverkehr zu erzielen, die das Ziel zusammen mit der Technikentwicklung erreichbar werden lassen.

(789) Im Luftverkehr ergeben sich die Probleme weniger aus dem beachtlichen hier bereits erreichten Umfang der abgedeckten Transportleistungen, sondern deutlich mehr aus den für die Zukunft zu erwartenden Zuwächsen. Die entsprechende nachfrageseitige Strategie bestünde demnach weniger in einer Senkung der Nachfrage als in einer Dämpfung von deren Zuwachs. Auch hier gäbe es im Segment Freizeit/Urlaub theoretische Potenziale. Im Straßengüterverkehr sind die Transportaufwände an die Produktions- und Distributionsnetze und Konsumentenpräferenzen geknüpft. Auch dort wäre es theoretisch denkbar, Nachfragerückgänge zu bewirken.

(790) Im Kapitel 6 wird auf einige herausgehobene Instrumente<sup>1</sup> der Verkehrspolitik zur Nachfragesteuerung genauer eingegangen.

---

<sup>1</sup> Eine detaillierte Beschäftigung mit Maßnahmen und Instrumenten erfolgt in Kapitel 6.

(791) An dieser Stelle soll nur abschließend betont werden: Um die Aspekte Energieeffizienz und Klimaverträglichkeit bei verkehrlichen Entscheidungen der privaten Haushalte und der Verantwortlichen in Betrieben zu verankern, bedarf es einer die Bedeutung der Kriterien betonenden Kommunikation. Wesentlich für die Glaubwürdigkeit ist die Übereinstimmung von formulierten Politikbotschaften auf der einen Seite und dem Verhalten der Entscheidungsträger bzw. Repräsentanten auf der anderen Seite.

(792) Die Vermittlungsprobleme können nicht nur in der Diskrepanz von politischer Botschaft und divergierendem individuellem Handeln von Entscheidungsträgern, sondern auch in der unklaren Positionierung der Energie- und Umweltaspekte relativ zu anderen Politikzielen liegen. So werden z.B. die Politikziele „Arbeitsplätze schaffen“, „Erleichterung der Urlaubsflüge“ und „Wettbewerbsfähigkeit erhöhen“ sehr hoch bewertet, ohne dass jeweils die energiepolitischen und ökologischen Ziele sichtbar integriert werden.

(793) Die formulierten Klimaziele von 50 % Reduktion bis zum Jahre 2020 und 80 % bis zum Jahre 2050 sind für den Verkehrsbereich so ersichtlich mit der verkehrspolitischen Realität inkompatibel, dass für eine ernsthafte Diskussion – z.B. der Rolle der Bahnen oder auch der Modellpolitik der Autohersteller – die Bezugspunkte fehlen. Nur mit realistischen Messlaten und Meilensteinen ist es aber möglich, einen öffentlichen Diskurs um den Beitrag der verschiedenen nichtstaatlichen Akteure zu führen. Indem diese Bezugsgrößen der Öffentlichkeit vorenthalten werden, zerstreut sich die Aufmerksamkeit auch des interessierten Teils der Öffentlichkeit und macht sich punktuell an Teilaspekten fest. Diese werden dann ohne Bezug zu den quantitativen Klimazielen erörtert. Das Angebot an einzelnen Drei-Liter-Modellen wird diskutiert, ohne dass deren Rolle in einem Klimaschutzszenario zu fassen wäre. Die Phantasie macht sich an alternativen Energieträgern und Antrieben fest, ohne dass eine quantitative Relevanz erkennbar wäre und ohne dass Orientierung für eigene Entscheidungen gegeben würde. Die Integration effizienter Verkehrsstrategien in energiebezogene Langfristszenarien ist deshalb überfällig.

**Leerseite (technisch bedingt).**