

TEXTE

05/2010

CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland

Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale

- Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes -

CO₂-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland

Mögliche Maßnahmen und ihre Minderungspotenziale

Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes

von

**Stefan Rodt, Birgit Georgi,
Burkhard Huckestein, Lars Mönch,
Reinhard Herbener, Helge Jahn,
Katharina Koppe, Jörn Lindmaier**

unter Mitarbeit von

**Axel Friedrich, Michael Bölke,
Christoph Erdmenger,
Gunnar Gohlisch, Wulf Hülsmann,
Martin Lambrecht, Marion Malow,
Gertrude Penn-Bressel, Ferry Quast,
Bernhard Specht, Roman Thierbach,
Hedwig Verron, Frank Wetzel**

Umweltbundesamt

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
[http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-
medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3773](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3773)
verfügbar. Hier finden Sie auch eine deutsche und eine englische
Kurzfassung.

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Email: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet I 3.2 Schadstoffminderung und Energieeinsparung im Verkehr
Katharina Koppe

Dessau-Roßlau, März 2010

Abkürzungen

ACEA	Europäischer Verband der Automobilhersteller
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobilclub
AO	außerorts
BAB	Bundesautobahn
BauGB	Baugesetzbuch
BMF	Bundesministerium für Finanzen
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (heute BMVBS)
BMWi	Bundeswirtschaftsministerium
BR	Bundesregierung
BtL	Biomass-to-Liquid
BVEP	Bundesverkehrsentwicklungsplan
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
BZ	Brennstoffzelle
CO	Kohlenstoffmonooxid
CO ₂	Kohlendioxid
DB AG	Deutsche Bahn AG
EBA	Eisenbahnbundesamt
EE	Erneuerbare Energie
EEG	Erneuerbare Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EEV	Enhanced Environmentally Friendly Vehicle - gegenwärtig anspruchsvollste europäische Abgasgesetzgebungsstufe für Busse und SNfz
EFRE	Europäische Fonds für regionale Entwicklung
EU	Europäische Union
ERMTS	europaweit interoperables Verkehrsmanagementsystem für die Bahn
EURO 1 - 5	Bezeichnung unterschiedlicher europäischer Abgasgesetzgebungsstufen für Pkw, INFz, sNFz und Busse
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FG	Fahrgemeinschaft
FKW	Fluor-Kohlenwasserstoffe
HC	Kohlenwasserstoff
HFKW	teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe
ICAO	Internationale zivile Luftfahrtorganisation
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung GmbH
JAMA	Japanischer Automobilverband
KAMA	Koreanischer Automobilverband
KBA	Kraftfahrtbundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
KV	Kombinierter Verkehr
KWK	Kraftwärmekopplung
Lkw	Lastkraftwagen
INFz	leichte Nutzfahrzeuge
MIV	motorisierter Individualverkehr
MZR	Motorisierte Zweiräder
NEFZ	Neuer Europäischen Fahrzyklus
Nfz	Nutzfahrzeug

NOx	Stickstoffoxid
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PM	Particulate Matter (Feinstaub)
Pkw	Personenkraftwagen
RL	Richtlinie
RME	Rapsölmethylester
ROG	Raumordnungsgesetz
SAE	Society of Automotives Engineers
sNfz	schweres Nutzfahrzeug
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
StVG	Straßenverkehrsgesetz
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
SUP	Strategische Umweltprüfung
SUV	Sport Utility Vehicle (Sportnutzfahrzeug)
SVA	Schwerverkehrsabgabe
TREMOT	Transport Emission Model; Modell zur Berechnung der Verkehrsemissionen
THG	Treibhausgas
VDA	Verband der Deutschen Automobilindustrie
VDIK	Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller
VCD	Verkehrsclub Deutschland e.V.
VES	Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie

1	Verkehr und Klimaschutz	9
1.1	Einleitung	9
1.2	Verkehrsentwicklung	10
1.3	Klimaschutzziel im Verkehr	11
1.4	Strategische Ansatzpunkte zur Minderung der CO ₂ -Emissionen im Verkehr	11
1.5	Grundlagen der Daten und Berechnungen	15
2	Maßnahmen und Instrumente	17
2.1	Verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung	17
2.1.1	Planungskonzept der „Stadt der kurzen Wege“	17
2.1.2	Integration von Verkehrs- und Siedlungsplanung	20
2.1.3	Minderungspotential der Maßnahmen zur Personenverkehrsvermeidung	21
2.1.4	Abkehr von verkehrsinduzierendem Straßenneubau	23
2.1.5	Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe	25
2.2	Förderung umweltgerechter Verkehrsträger	26
2.2.1	Schienenverkehr	26
2.2.2	Binnenschifffahrt	30
2.2.3	Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)	31
2.2.4	Fahrrad- und Fußgängerverkehr	33
2.2.5	Car Sharing	35
2.3	Ökonomische Maßnahmen	36
2.3.1	Marktorientierte Instrumente im Flugverkehr	36
2.3.2	Ausweitung und Weiterentwicklung der Lkw-Maut	38
2.3.3	Anpassung bestehender Steuern auf Fahrzeuge und Kraftstoffe	40
2.3.4	Abbau verkehrsinduzierender Steuervergünstigungen	43
2.4	Maßnahmen zur Verbesserung der Fahrzeug- und Flotteneffizienz	45
2.4.1	CO ₂ -Grenzwert-Gesetzgebung für Pkw	46
2.4.2	CO ₂ -Grenzwert-Gesetzgebung für Nutzfahrzeuge	49
2.4.3	Verwendung von Leichtlaufölen	50
2.4.4	Verwendung von Leichtlaufreifen bei Pkw, Nutzfahrzeugen und Bussen	51
2.4.5	Alternative Treibstoffe und Antriebe	52
2.4.6	Verbrauchsminderung bei Bahnen durch technische Maßnahmen und optimierten Betrieb	57
2.5	Verbraucherinformation und Fahrverhalten im Straßenverkehr	59
2.5.1	Verbraucherinformationen zur Fahrzeugbeschaffung	59
2.5.2	Kraftstoffsparendes Fahren	61
2.5.3	Geschwindigkeitsbeschränkungen	63
2.5.4	Fahrgemeinschaften	64
2.6	Langfristige Perspektiven im Verkehr bis 2050	66

3	Zusammenfassung	68
3.1	<i>Emissionen des Verkehrs nach TREND-Szenario</i>	68
3.2	<i>Emissionsminderungsziele der Bundesregierung</i>	69
3.3	<i>Überblick Einzelmaßnahmen</i>	69
3.4	<i>Kombination von Maßnahmen</i>	71
3.4.1	Grundsätzliches zum Kosten-Nutzen-Verhältnis	71
3.4.2	Zeithorizont der Maßnahmen	72
3.4.3	Kriterien für Maßnahmenpakete	74
3.4.4	CO ₂ -Emissionen UBA-Szenario	74
4	Schlussfolgerungen	76
5	Quellen- und Literaturverzeichnis	78

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Vergleich der spezifischen CO ₂ -Emissionen im Personenverkehr, Bezugsjahr 2005	12
Tabelle 2: Vergleich der spezifischen CO ₂ -Emissionen im Güterverkehr, Bezugsjahr 2005	12
Tabelle 3: Mögliche Verkehrsmaßnahmen und deren Wirkungen	14
Tabelle 4: Verkehrsaufwand und Fahrleistungen im Basisszenario	16
Tabelle 5: Zusammengefasstes Minderungspotenzial von Maßnahmen einer verkehrsvermeidenden Siedlungs- und Verkehrsplanung auf die Minderung des land-gebundenen motorisierten Verkehrsaufwands im Personenverkehr und der CO ₂ -Emissionen für 2020 und 2030	23
Tabelle 6: Minderungspotenzial des Verkehrsaufwands im landgebundenen Güterverkehr durch die Orientierung der Bundesverkehrswegeplanung auf den Kapazitätserhalt und die entsprechende CO ₂ -Emissionsminderung für 2020 und 2030	24
Tabelle 7: Minderungspotenzial des Verkehrsaufwands im landgebundenen Güterverkehr durch Maßnahmen zur Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe und die entsprechende CO ₂ -Emissionsminderung für 2020 und 2030	26
Tabelle 8: Verlagerung des Straßengüterverkehrs durch Fördermaßnahmen im Bahnsektor und CO ₂ -Sparpotenzial 2020 und 2030	29
Tabelle 9: Erhöhung des Schienenpersonenverkehrsanteils am Modal Split und CO ₂ -Sparpotenzial für die Jahre 2020 und 2030	30
Tabelle 10: CO ₂ -Emissionsminderungspotenzial durch Verlagerung des innerörtlichen Pkw-Verkehrs auf den ÖPNV und CO ₂ -Sparpotenzial für die Jahre 2020 und 2030	33
Tabelle 11: CO ₂ -Minderungspotenzial durch Verlagerung von Pkw-Fahrten kleiner 5 km auf den Rad- und Fußverkehr für die Jahre 2020 und 2030	35
Tabelle 12: Minderung der Flugverkehrsemissionen des von deutschen Flughäfen abgehenden Flugverkehrs bis zur ersten Landung durch die Einführung von Abgaben für die Jahre 2020 und 2030	38
Tabelle 13: Emissionsminderung durch Ausweitung und Weiterentwicklung der Lkw-Maut gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	40
Tabelle 14: Anhebung der Energiesteuersätze in den Jahren 2020 und 2030	40

Tabelle 15:	Erhöhung der Energiesteuer und CO ₂ -Emissionsminderung für den motorisierten Straßenverkehr gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	41
Tabelle 16:	CO ₂ -Sparpotenziale für Pkw durch Einführung einer „reinen“ CO ₂ -bezogenen Kfz-Steuer gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	43
Tabelle 17:	CO ₂ -Sparpotenziale aus der Abschaffung der Entfernungspauschale gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	44
Tabelle 18:	CO ₂ -Sparpotenziale aus der CO ₂ -abhängigen Gestaltung der Besteuerung der privaten Nutzung von Dienstwagen gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	45
Tabelle 19:	Vorgesehener EU-Ratsbeschluss zum „Flotten-Phase-in“ und Abgabesätze für den Hersteller oder Herstellerpool wegen Emissionsüberschreitung	47
Tabelle 20:	CO ₂ -Sparpotenziale durch Einführung von CO ₂ -Grenzwerten für Pkw gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	49
Tabelle 21:	CO ₂ -Sparpotenziale durch die Einführung von CO ₂ -Grenzwerten für Nutzfahrzeuge ab 2012 gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	50
Tabelle 22:	CO ₂ -Sparpotenziale durch Verwendung von Leichtlaufölen bei Kraftfahrzeugen gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	51
Tabelle 23:	CO ₂ -Sparpotenziale durch Verwendung von Leichtlaufreifen bei Kfz gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	52
Tabelle 24:	CO ₂ -Sparpotenzial durch optimierten Fahrbetrieb und technische Verbesserungen im Schienenverkehr gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030	59
Tabelle 25:	CO ₂ -Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch die Einführung einer verbrauchergerechten CO ₂ -Kennzeichnung für Pkw für die Jahre 2020 und 2030	61
Tabelle 26:	CO ₂ -Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch kraftstoffsparende Fahrweise im Pkw-Bereich für die Jahre 2020 und 2030	62
Tabelle 27:	CO ₂ -Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch kraftstoffsparende Fahrweise im Nfz-Bereich für die Jahre 2020 und 2030	62
Tabelle 28:	CO ₂ -Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch Tempolimit 120 km/h auf Autobahnen für die Jahre 2020 und 2030	64
Tabelle 29:	CO ₂ -Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr für die Jahre 2020 und 2030	66
Tabelle 30:	Entwicklung des Verkehrsaufwands bis 2050 gegenüber 1990 in (%) bei einer Minderung der CO ₂ -Emissionen um 80%	67
Tabelle 31:	CO ₂ -Emissionen nach TREMOD-Trend unterteilt nach Verkehrsbereichen für die Jahre 2005, 2020 und 2030	68
Tabelle 32:	CO ₂ -Emissionen des Verkehrssektors nach dem Kyoto-Prinzip für die Jahre 2005, 2020 und 2030	69
Tabelle 33:	Zusammenfassende Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen und deren CO ₂ -Sparpotenzial für die Jahre 2020 und 2030	70
Tabelle 34:	CO ₂ -Minderungspotenzial durch Maßnahmen im Vergleich zum TREMOD-Trend für 2020 und 2030 (Zusammenfassung)	74
Tabelle 35:	CO ₂ -Minderungspotenzial nach Abgrenzung des Kyoto-Protokolls durch Maßnahmen im Vergleich zum Jahr 2005 (Zusammenfassung)	75

Abbildungsverzeichnis

Seite

Abbildung 1: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen des Verkehrs in Deutschland von 1990 bis 2007 (Quelle: UBA/TREMODO 4.17, 2006)	9
Abbildung 2: Globale Entwicklung der CO ₂ -Emissionen verschiedener Verkehrsträger	10
Abbildung 3: Entwicklung der spezifischen mittleren CO ₂ Emissionen neu zugelassener Pkw in Deutschland unterschieden nach Otto- und Diesel-Pkw von 1998 bis 2008 (Quelle: KBA, 2009)	46
Abbildung 4: Vergleich der Entwicklung der CO ₂ -Emissionen im Flottenmittel der Neuzulassungen in Deutschland in den zwei Szenarien: Szenario Trend-Deutschland, Szenario Richtlinie 443/2009, (Quelle: UBA-eigene Berechnungen mit TREMOD 4.17)	48
Abbildung 5: BMWi-Entwurf der CO ₂ -Kennzeichnung für Pkw	60

1 Verkehr und Klimaschutz

1.1 Einleitung

Der Klimawandel hat weltweit bereits begonnen und verläuft dynamischer als noch vor wenigen Jahren erwartet. Im Wesentlichen als Folge des Ausstoßes von Treibhausgasen ist die Temperatur im vergangenen Jahrhundert um durchschnittlich $0,7^{\circ}\text{C}$ gestiegen. Es sind unter anderem häufigere Wetterextreme – beispielsweise Hitzewellen – und ein drastischer Rückgang der Gebirgsgletscher zu beobachten. Bei ungebretem Ausstoß der Treibhausgase ist mit einer weiteren Erwärmung um $1,4$ bis $5,8^{\circ}\text{C}$ bis zum Jahr 2100 zu rechnen – verbunden mit ernststen Folgen für Menschen und die übrige Natur, z.B. mit einem Anstieg des Meeresspiegels. Es ist dringend erforderlich, den Ausstoß an Treibhausgasen zu senken. Sollen im Rahmen einer globalen Klimaschutzstrategie die wirtschaftlich hoch entwickelten Länder einen sozial gerechten Beitrag zur CO_2 -Emissionsminderung übernehmen, so müssen die Industriestaaten ihre CO_2 -Emissionen bis 2050 überproportional um 80 % gegenüber dem Niveau von 1990 verringern [UBA, 2005a].

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der CO_2 -Emissionen des Verkehrs in Deutschland von 1990 bis 2007 in der Abgrenzung des Berichtes (Kapitel 1.5). Hiernach stiegen die Emissionen von 1990 bis 2007 um mehr als 12 %.

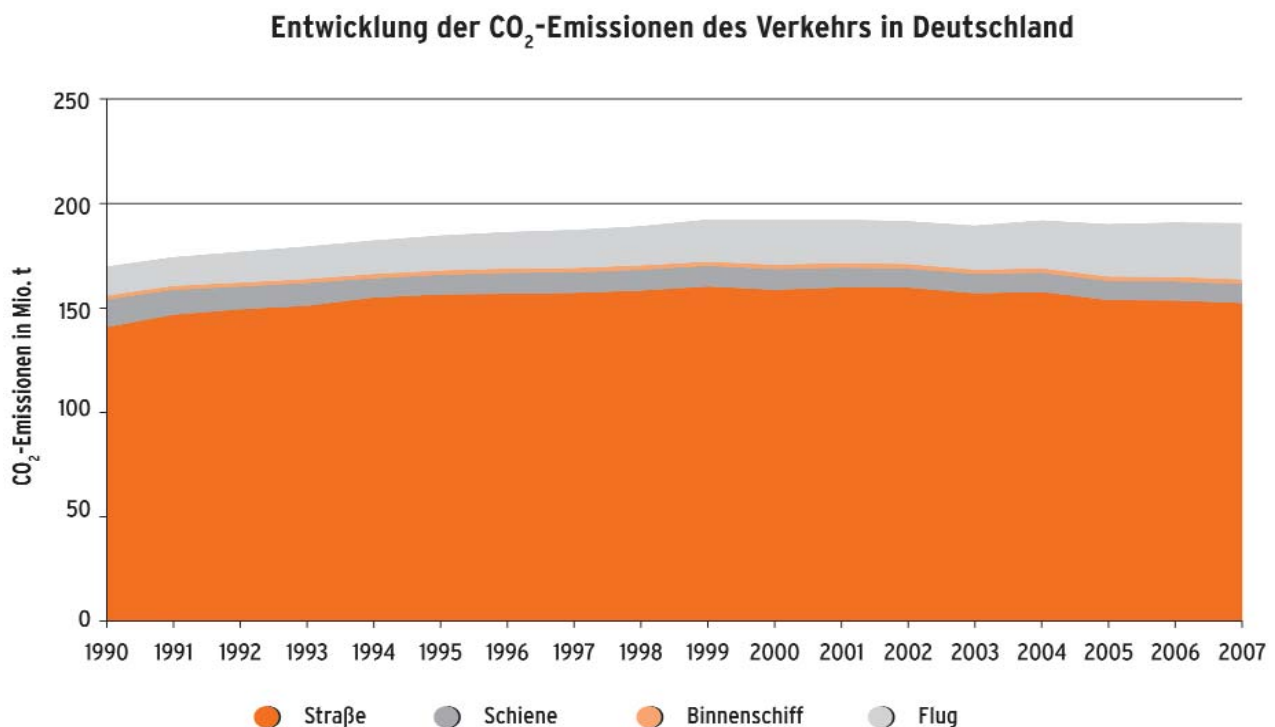


Abbildung 1: Entwicklung der CO_2 -Emissionen des Verkehrs in Deutschland von 1990 bis 2007 (Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006)

Dieser Bericht stellt eine Fortschreibung und Aktualisierung des gleichnamigen Berichts des UBA vom September 2003 dar. Die Zahl und die Vielfalt der betrachteten technischen und nichttechnischen Maßnahmen ist nun größer, der betrachtete Zeithorizont auf die Jahre 2020 und 2030 ausgedehnt. Auch die Berechnungsgrundlagen wurden aktualisiert, um die Potenziale der Maßnahmen für die Zukunft möglichst realistisch angeben zu können.

Dieser Bericht steht in engem Zusammenhang mit dem Bericht des UBA zur Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr [UBA, 2009].

Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Emissionen des Treibhausgases CO_2 , da dieses beim Verkehr das mit Abstand bedeutendste Klimagas ist. Dennoch müssen auch weitere Klimagase (HFKW) und die sonstigen Klimawirkungen des stark steigenden Flugverkehrs in zukünftigen Strategien und Maßnahmen berücksichtigt werden.

1.2 Verkehrsentwicklung

Die Ursache für den bisher geringen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs liegt in erster Linie im Anstieg des Verkehrsaufwands¹, der das Produkt von transportierter Masse und Fahrleistung im Güterverkehr bzw. von transportierten Personen und Fahrleistung im Personenverkehr darstellt. Zwischen 1991 und 2007 erhöhte sich dieser im Güterverkehr – gemessen in Tonnenkilometern – um 66 % und im Personenverkehr – gemessen in Personenkilometern – um 26 % [BMVBS, 2008].

Der starke Infrastrukturausbau – von 1991 bis 2006 nahm die Länge öffentlicher Straßen um 2,3 % und die der Bundesautobahnen um 14,4 % zu; wohingegen die Länge der Schienentrassen um 6,3 % abnahm – förderte die Verschiebung des Modal Splits der Verkehrsträger zugunsten der Straße. Gleichzeitig nutzten die Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer einen Großteil des durch die bessere Erreichbarkeit realisierbaren Zeitgewinns dazu, längere Strecken zurückzulegen [ebd.]. 15 bis 20 % des Verkehrswachstums gehen auf den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur zurück [UBA, 2005b].

Die Zunahme des Personenverkehrsaufwands stand in Deutschland in unmittelbarer Verbindung mit der Siedlungsentwicklung. Begünstigt durch sinkende Kosten der Pkw-Nutzung (Anschaffung und Kraftstoffe – relativ zur Kaufkraft), massiven Ausbau des Straßennetzes, günstigere Grundstückspreise im Umland und steuerliche Rahmenbedingungen (z.B. niedrigere Gewerbesteuer-Hebesätze in den Umlandgemeinden, Pendlerpauschale, Eigenheimzulage) siedelten sich seit den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts erst Wohnungen und Gewerbe, später auch großflächiger Einzelhandel und Dienstleistungen zunehmend im Stadtumland an. Dadurch entstand eine weitläufige und teilweise monofunktionale Siedlungsstruktur. Dies führt zu längeren und schwieriger koordinierbaren Wegen, die deshalb vor allem mit dem Auto zurückgelegt werden, da der ÖPNV und der nichtmotorisierte Verkehr eine solche Siedlungsstruktur nicht gleichwertig erschließen können. Zwischen 1982 und 2002 stieg beispielsweise die Länge aller Einkaufswege um circa 50 % und die Länge aller Berufswege um mehr als 55 % [INFAS, DIW, 2004].

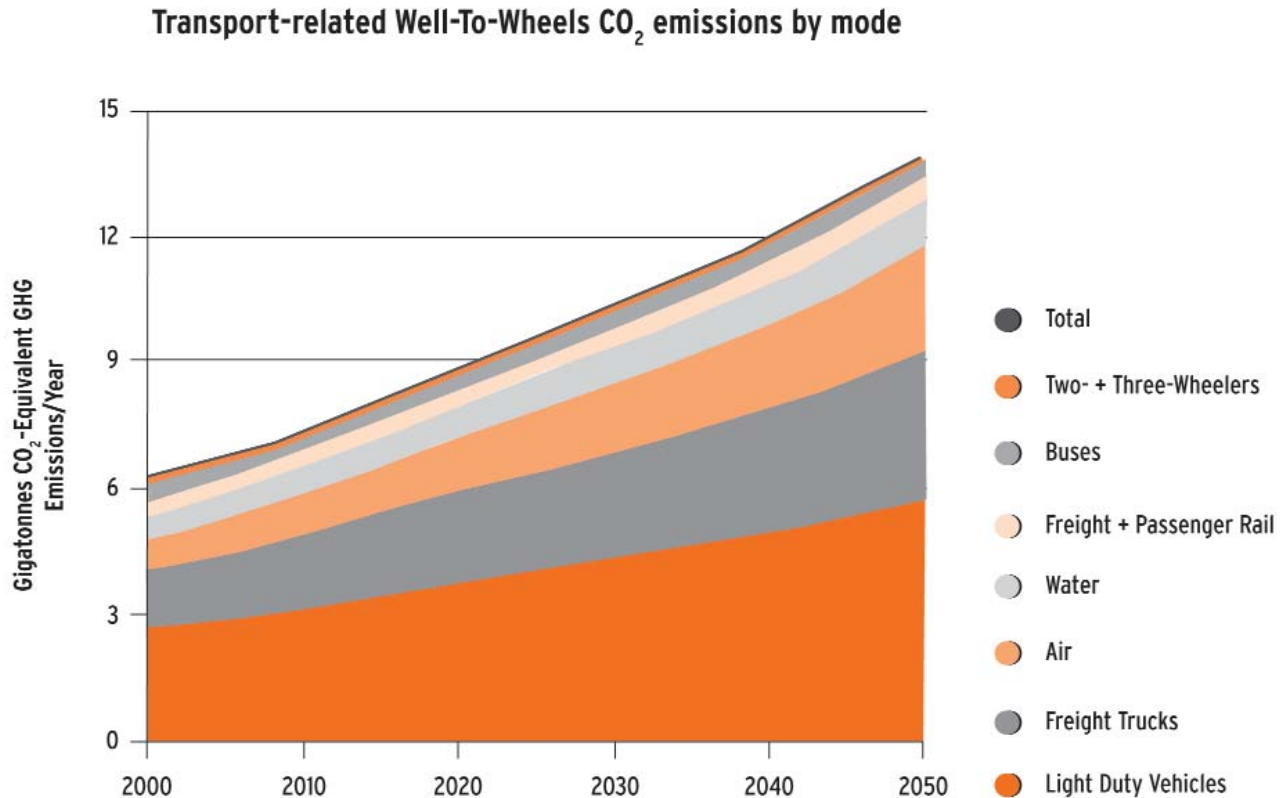


Abbildung 2: Globale Entwicklung der CO₂-Emissionen verschiedener Verkehrsträger (Quelle: Sustainable Mobility Project calculations)

¹ In der Verkehrsstatistik ist hierfür auch der Begriff Verkehrsleistung gebräuchlich.

Durch die zunehmenden globalen Handelsverflechtungen seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts nahm der Warenverkehr mehr als dreimal so schnell zu wie das Weltsozialprodukt, was sich in einem stark gestiegenen Güterverkehr widerspiegelte [OECD, 2003]. Hier spielt der internationale Seeverkehr eine bedeutende Rolle. 90 % des gesamten Import- und Exportvolumens gelangt per Seeschiff in die EG. Die internationale Handelsflotte war 2007 für rund 2,7 % (circa 870 Mio. t CO₂) des weltweiten CO₂-Ausstoßes verantwortlich. Dies entspricht etwa den gesamten CO₂-Emissionen Deutschlands in 2001 von 850 Mio. t [MEPC, 2009; ICCT, 2007].

Abbildung 2 zeigt die globale Entwicklung der CO₂-Emissionen verschiedener Verkehrsträger bis zum Jahr 2050.

1.3 Klimaschutzziel im Verkehr

Nach neuesten Erkenntnissen führt bereits die aktuelle Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre zu einer Erwärmung von 2°C. Um das Zwei-Grad-Ziel einzuhalten, muss die Menschheit den Anstieg der jährlichen, globalen Treibhausgasemissionen spätestens im Zeitraum 2015 bis 2020 stoppen und anschließend ohne Verzögerung um jährlich 5 % senken. Bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts muss sie die jährlichen, globalen Emissionen mindestens auf die Hälfte der Emissionen des Jahres 1990 zurückführen und danach weiter reduzieren.

Die einzelstaatlichen Emissionsminderungsziele für Treibhausgase müssen vom übergeordneten Ziel abgeleitet werden. Der IPCC sieht deshalb für die Industrieländer bis 2050 eine Emissionsminderung von 80 bis 95 % im Vergleich zu 1990 als erforderlich an².

Bezüglich des Zeitraums bis 2020 hat die Bundesregierung bei verschiedenen Anlässen erklärt, seine CO₂-Emissionen im Rahmen einer internationalen Klimavereinbarung bis 2020 gegenüber 1990 um 40 % senken zu wollen. Daran muss sich ein sektorspezifisches Minderungsziel messen, dass von den Emissionsminderungsbeiträgen in anderen Sektoren abhängt.

Die Studie „Klimaschutz in Deutschland: 40 %-Senkung der CO₂-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990“³ gibt für den Verkehrssektor lt. UBA-Szenario eine Minderung von 30 Mio. t CO₂ bis 2020 gegenüber 2005 an. Mittlerweile hat sich gezeigt, dass die Minderungen, die in diesem Szenario für den Umwandlungssektor vorgesehen waren aufgrund Änderungen im realen Kraftwerkspark nur noch erreicht werden können, wenn Kraftwerke kostenaufwendig gedrosselt werden⁴. Um diese ineffiziente Lösung zu verhindern und das Ziel einer 40 %igen Minderung mit einer Sicherheitsmarge von 5 % erreichen zu können ist im Verkehr bis 2020 eine Treibhausgas-Emissionsminderung von mindestens 40 Mio. t notwendig.

1.4 Strategische Ansatzpunkte zur Minderung der CO₂-Emissionen im Verkehr

Damit der Verkehr auf lange Sicht zur CO₂-Minderung und zum Klimaschutz beiträgt, ist es erforderlich, eine Mobilität mit weniger verkehrsbedingten CO₂-Emissionen zu ermöglichen und ein Bündel zusätzlicher Maßnahmen und Instrumente zur CO₂-Emissionsminderung der Fahrzeuge selbst zu ergreifen und einzusetzen. Scheinbaren Gesetzmäßigkeiten, wie die Verknüpfung von Verkehrszunahme und Wirtschaftswachstum, oder dem Trend, effizientere Fahrzeugantriebe vor allem für höhere Motorleistung, Komfort- und Sicherheitsansprüche zu nutzen, gilt es entgegenzuwirken.

Um die CO₂-Emissionen erfolgreich und dauerhaft zu mindern, müssen auch die Faktoren einfließen, durch die Verkehr entsteht. Das Bedürfnis nach Mobilität entsteht durch verschiedene andere Bedürfnisse – nach Arbeit, Versorgung, Wohnen, sozialen Kontakten, Freizeitaktivitäten usw. Je nachdem, wie die Orte, an denen diese Bedürfnisse Befriedigung finden, räumlich zueinander angeordnet sind und auf

² Die Spannbreite der erforderlichen Minderungen gelten für ein Stabilisierungsniveau von 450 ppm CO₂-Äquivalente. Vgl. IPCC (2007): Climate Change 2007 - Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, Kapitel 13.

³ [UBA, 2007a]: Klimaschutz in Deutschland: 40%-Senkung der CO₂-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990. - Climate Change 05/07, Dessau-Roßlau.

⁴ [UBA, 2008a]: Atomausstieg und Versorgungssicherheit. Dessau-Roßlau.

welche Weise sie zu erreichen sind, entsteht mehr oder weniger Verkehr mit geringeren oder stärkeren Umweltwirkungen.

Diese Zusammenhänge und die Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigen, dass technische Verbesserungen an den Fahrzeugen nicht ausreichen, um die CO₂-Emissionen in erforderlichem Umfang zu mindern. Das Umweltbundesamt setzt daher auf verschiedene, gleichzeitig ineinander greifende Maßnahmen:

- ▶ den Bedarf nach Verkehr zu beeinflussen und die Wegstrecken zu verkürzen: **Verkehrsvermeidung**,
- ▶ den Verkehr auf umweltverträglichere Verkehrsträger zu verlagern: **Verkehrsverlagerung**,
- ▶ die bestehenden Kapazitäten im Verkehr besser auszulasten: **Verkehrsoptimierung**
- ▶ **ökonomische Maßnahmen** und
- ▶ die spezifischen Emissionen der Fahrzeuge zu verringern: **Emissionsminderung**.

Verkehrsvermeidung

Verkehr, der nicht stattfindet, erzeugt auch keine CO₂-Emissionen. Um Verkehr zu vermeiden, müssen Maßnahmen an den Ursachen der Verkehrsentstehung ansetzen. Die über Jahrzehnte entwickelte Siedlungs-, Produktions- und Infrastruktur führte zu immer größeren Entfernungen zwischen dem Ausgangspunkt und dem Ziel von Wegen. Durch eine geänderte Raumordnungsstrategie zur Verminderung induzierter Verkehrsbedürfnisse lässt sich der Verkehrsaufwand reduzieren. Dies ist Voraussetzung für eine nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, in der individuelle Mobilität und arbeitsteilige Produktion auch mit geringerem Verkehrsaufwand möglich sind. Auch die Schaffung von Siedlungsstrukturen und Wohnumfeldbedingungen, die kurze Wege und damit weniger Verkehr erfordern, sowie die Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe reduzieren die Verkehrsnachfrage (Kapitel 2.1).

Verkehrsverlagerung

Die verschiedenen Verkehrsträger – Straße, Schiene, Wasser und Luft – weisen streckenbezogen unterschiedliche CO₂-Emissionen pro transportierter Person oder Tonne auf.

Tabelle 1: Vergleich der spezifischen CO₂-Emissionen im Personenverkehr, Bezugsjahr 2005

	Flugzeug	Pkw	Eisenbahn Nahverkehr	Linienbus	Metro/Tram	Eisenbahn Fernverkehr	Reisebus
Auslastung	73 %	1,5 Pers.	21 %	21 %	20 %	44 %	60 %
CO₂ (g/Personen-km)	369*	144	95	75	72	52	32

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

- * Unter Berücksichtigung aller klimawirksamen Effekte des Flugverkehrs (Radiative Forcing Index) Emissionen zur Erzeugung der Energieträger (Strom, Kerosin, Diesel) sind berücksichtigt.

Tabelle 2: Vergleich der spezifischen CO₂-Emissionen im Güterverkehr, Bezugsjahr 2005

	Lkw	Bahn	Binnenschiff	Flugzeug
CO₂ (g/Tonnen-km)	104	31	35	2.039*

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

- * Unter Berücksichtigung aller klimawirksamen Effekte des Flugverkehrs (Radiative Forcing Index) Emissionen zur Erzeugung der Energieträger (Strom, Kerosin, Diesel) sind berücksichtigt.

Eine Reduzierung der CO₂-Emissionen des Gesamtverkehrs lässt sich daher auch erreichen, indem man Verkehr von höher emittierenden Verkehrsmitteln (Lkw, Pkw, Flugzeug) auf andere Verkehrsmittel (Bahn, Schiff, Bus, Rad und Laufen) verlagert. Eine wichtige Rahmenbedingung ist hierfür die Beseitigung direkter und indirekter Subventionen des Straßen- und Luftverkehrs und die Förderung der umweltgerechteren Verkehrsträger durch Vorhalten einer bedarfsgerechten, attraktiven Infrastruktur, ökonomische Anreize, ordnungsrechtliche Maßnahmen sowie Bildungs- und Imagekampagnen (Kapitel 2.2). Gleichzeitig bedarf es der stetigen Verbesserung der Umweltbilanz der umweltgerechteren Verkehrsträger durch technische Effizienz und hohe Auslastung, um ihren Umweltvorteil gegenüber den weniger umweltgerechten Verkehrsträgern, wie dem Straßen- und Luftverkehr, die ebenfalls einer technischen Weiterentwicklung unterliegen, zu erhalten (Kapitel 2.4).

Verkehrsoptimierung

Ein Teil der Fahrleistung und der damit verbundenen Umweltbelastungen lässt sich bei besserer Auslastung der Fahrzeuge vermeiden. So können z.B. mit einer effizienten Routenplanung oder Bündelung der Verkehrsnachfrage Leerfahrten vermieden oder der bestehende Fahrzeugpark besser an die Transportbedürfnisse angepasst und somit die gleiche Gütermenge mit einer geringeren Fahrleistung transportiert werden. Allerdings bewirkt diese Strategie nicht in jedem Fall dauerhafte CO₂-Emissionsminderungen. Führt z.B. eine höhere Auslastung der Lkw-Flotte dazu, dass ein Spediteur seine Frachttarife senkt, kann dies zusätzliche Transportnachfrage induzieren oder Gütertransporte von der Schiene auf die Straße verlagern. Eine Strategie, die über effizientere Kapazitätsauslastung CO₂-Emissionen reduzieren soll, muss daher auch Rückwirkungen auf die Verkehrsnachfrage im Blick haben und darf nicht auf die weniger umweltverträglichen Verkehrsmittel beschränkt bleiben.

Ökonomische Maßnahmen

Neben der direkten Förderung verkehrsvermeidender Strukturen tragen auch die verursachergerechtere Anlastung der Transportkosten, beispielsweise durch die Lkw-Maut und die Ökosteuer, oder der Abbau steuerlicher Anreize wie die Entfernungspauschale dazu bei, unnötige Fahrten zu vermeiden und notwendige Fahrten effizienter zu gestalten.

Um den Anreiz für die Käuferinnen und Käufer sowie Nutzerinnen und Nutzer von Kraftfahrzeugen zu erhöhen, CO₂-Emissionen zu vermindern, stehen darüber hinaus Maßnahmen zur Verfügung, wie Erhöhung der Energiesteuer, CO₂-bezogene Kraftfahrzeugsteuer und Energiesteuer auf Basis des Kohlenstoffgehalts der Kraftstoffe (Kapitel 2.3.3).

Emissionsminderung

CO₂-Emissionen lassen sich durch Verkehrsmittel mit einer technisch höheren Effizienz und einem geringeren spezifischen CO₂-Ausstoß sowie durch ein effizienteres individuelles Fahrverhalten verringern. Ordnungsrechtliche Vorgaben, beispielsweise in Form verbindlicher CO₂-Grenzwerte (Kapitel 2.4.1) lassen sich durch ökonomische Anreize (Kapitel 2.3) und bessere Informationen (Kapitel 2.5) ergänzen.

Die Möglichkeiten, allein durch die Fahrweise Kraftstoff zu sparen, sollten weiter bekannt gemacht und durch Fahrerschulungen unterstützt werden (Kapitel 2.5.2). Die umweltverträglichere Gestaltung des bestehenden Verkehrs durch technische und nicht technische Maßnahmen führt bereits kurzfristig zu einer Minderung der spezifischen CO₂-Emissionen.

Maßnahmen und deren Wirkung

Im Kapitel 2 beschreibt das Umweltbundesamt die unterschiedlichen Maßnahmen und Maßnahmenpakete. Die Maßnahmen haben dabei häufig mehrere der beschriebenen Wirkungsbereiche und sind nur im Ausnahmefall lediglich einem davon zuzuordnen (Tabelle 3).

Tabelle 3: Mögliche Verkehrsmaßnahmen und deren Wirkungen

Maßnahme	Wirkung auf			
	Verkehrs- vermeidung	Verkehrs- verlage- rung	Verkehrs- optimie- rung	spez. Emissions- minderung
<i>Verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung (Kapitel 2.1)</i>				
Planungskonzept „Stadt der kurzen Wege“	X	X	X	
Integration von Verkehrs- und Siedlungsplanung	X	X		
Abkehr vom Straßenneubau	X	X		
Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe	X			
<i>Förderung umweltgerechter Verkehrsträger (Kapitel 2.2)</i>				
Schienenverkehr		X	X	X
Binnenschifffahrt		X	X	X
ÖPNV		X	X	X
Fahrrad- und Fußverkehr		X		
Car Sharing		X	X	X
<i>Abgaben und ökonomische Maßnahmen (Kapitel 2.3)</i>				
Abgaben auf den Flugverkehr	X	X	X	X
Ausweitung und Weiterentwicklung der Lkw-Maut	X	X	X	
Anpassung bestehender Steuern auf Fahrzeuge und Kraftstoffe	X	X		X
Abbau verkehrsinduzierender Steuervergünstigungen	X	X	X	
<i>Maßnahmen zur Verbesserung der Fahrzeug- und Flotteneffizienz (Kapitel 2.4)</i>				
CO ₂ -Grenzwert-Gesetzgebung für Pkw				X
CO ₂ -Grenzwert-Gesetzgebung für Nutzfahrzeuge				X
Verwendung von Leichtlaufölen bei Pkw				X
Einsatz von Leichtlaufreifen				X
alternative Treibstoffe und Antriebe				X
Verbrauchsreduzierung bei Bussen durch technische Maßnahmen und verbessertes Fahrverhalten			X	X
<i>Verbraucher- und Fahrverhalten im Straßenverkehr (Kapitel 2.5)</i>				
Verbraucherinformationen zur Fahrzeugbeschaffung				X
kraftstoffsparendes Fahren				X
Geschwindigkeitsbeschränkungen				X
Fahrgemeinschaften		X	X	X

1.5 Grundlagen der Daten und Berechnungen

TREMOD

Sofern nicht anders angegeben, basieren die Emissionsdaten, Modellrechnungen und Schätzungen für die Minderungspotenziale der folgenden Maßnahmen auf dem Emissionsberechnungsmodell TREMOD 4.17, 2006 (Transport Emission Model). Es bildet den motorisierten Straßen-, Schienen-, Schiffs- und Flugverkehr in Deutschland hinsichtlich seines Verkehrsaufwands, seiner Fahrleistungen, dem Energieverbrauch und den zugehörigen Luftschadstoffemissionen für den Zeitraum 1960 bis 2030 ab. Das IFEU-Institut entwickelte das Modell im Auftrag des Umweltbundesamtes. TREMOD wird seit mehreren Jahren kontinuierlich fortgeschrieben. Es ist eine in Deutschland allgemein akzeptierte Datengrundlage für Energie- und Emissionsdaten aus dem Bereich Verkehr. Das Umweltbundesamt sowie verschiedene Bundesministerien, Organisationen, Unternehmen und Verbände verwenden TREMOD für die Umweltberichterstattung, die Vorbereitung von Gesetzesvorlagen und politischen Entscheidungen.

Im vorliegenden Bericht findet überwiegend das beschriebene TREMOD Trendszenario als Basisszenario Verwendung. Dieses geht von einer kurz- und mittelfristigen Zunahme des Verkehrsaufwands im landgebundenen motorisierten Personenverkehr aus; langfristig von einem leichten Rückgang. Sowohl die aktuellen Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung (82,8 Mio. in 2020 und 81,2 Mio. in 2030), als auch eine fortdauernde Tendenz zur Zersiedlung fließen ein. Der Flugverkehr behielte das konstante Wachstum über den gesamten Zeitraum bei.

Die Entwicklung des Güterverkehrsaufwands übernimmt das Umweltbundesamt für diesen Bericht aus der Studie „Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025“, erstellt für das BMVBS [ITP, BVU, 2007]. In dieser Prognose werden alle Projekte des Vordringlichen Bedarfs des Bundesverkehrswegeplans BVWP 2003 als realisiert unterstellt.

Annahmen zu den Kraftstoffkosten fließen in dem TREMOD-Trend in erster Linie über die Daten des BMVBS zum Verkehrsaufwand ein. In dieser Prognose erhöhen sich die Kraftstoffkosten und damit auch die Nutzerkosten des Individualverkehrs, deren größte Komponente die Kraftstoffkosten bilden, gegenüber 2005 real um 1% pro Jahr. Dabei sind nach Angaben der Gutachter sinkende Durchschnittsverbräuche der Pkw berücksichtigt.

Zur Berechnung der Emissionen im Trendszenario sind die Daten zum künftigen Güterverkehrsaufwand nach der „Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025“ mit den Emissionsfaktoren der Verkehrsträger nach TREMOD verknüpft. Im Folgenden bezeichnet das Umweltbundesamt diese Berechnungen vereinfacht als TREMOD-Trend.

Die wesentlichen Annahmen, die in den TREMOD-Trend einfließen, sind in Tabelle 4 dargestellt.

Für die Faktoren für des Kraftstoffverbrauchs von Lkw wurden abweichend von TREMOD 4.17 neue Werte auf der Basis von Testdaten aus der Praxis entwickelt. Die aktuelle Entwicklung der Technik ist somit realitätsnäher widerspiegelt. Dabei wurde die Kraftstoffeinsparung der Lkw mit der Schadstoffklasse EURO V gegenüber der Lkw mit EURO III und IV ermittelt [UBA, 2007f].

Das in TREMOD 4.17 enthaltene Trendszenario bis zum Jahr 2030 berücksichtigt bereits emissionsmindernde Maßnahmen, z.B. die Wirkung der Einführung schwefelfreier Kraftstoffe und den Einsatz von Biodiesel (9,5 % in 2020 und 10 % in 2030) und Bioethanol (4,7 % in 2020 und 5,4 % in 2030). Bei den Kraftfahrzeugen und im übrigen Verkehr sind leichte Rückgänge des durchschnittlichen Energieverbrauchs unterstellt.

Bezüglich einer detaillierten Darstellung der zugrunde liegenden Annahmen verweist das Umweltbundesamt auf [IFEU, 2006].

Die folgenden Kapitel enthalten nach einer Einführung jeweils die vorgeschlagenen Maßnahmen und die daraus abgeleiteten Minderungspotenziale einschließlich der zugehörigen Annahmen.

Tabelle 4: Verkehrsaufwand und Fahrleistungen im Basisszenario

	2005	2020	2030
<i>Personenverkehrsaufwand (in Mrd. Pkm)</i>			
Straße	963	1.063	1.055
Schiene	90	104	104
Flugverkehr	168	270	355
<i>Güterverkehrsaufwand (in Mrd. tkm)</i>			
Straße	403	637	772
Schiene	95	141	163
Binnenschifffahrt	64	75	85
Flugverkehr	10	20	30
<i>Fahrleistungen (in Mrd. km)</i>			
Straße - Pkw	579	661	671
Straße - MZR	17	25	25
Straße - Bus	4	4	4
Straße - INfz	37	42	46
Straße - sNfz	55	62	66
Straße - sonstige	8	11	11

Anmerkungen: Straßenverkehr: Verkehr auf öffentlichen Straßen im Inland, ohne Landwirtschaft und Militär; Schienenverkehr: Öffentlicher Verkehr und Werkverkehr auf Schienen im Inland; Binnenschifffahrt: Güterverkehr von Binnenschiffen auf inländischen Gewässern; Flugverkehr: Inlandsverkehr und von deutschen Flughäfen abgehender Flugverkehr bis zur ersten Zwischenlandung

Die zahlenmäßige Darstellung erfolgt zur Erleichterung eines Vergleichs verschiedener Maßnahmen weitgehend einheitlich in Tabellen mit folgender Struktur:

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emission (oder Kenngröße) entsprechend TREMOD-Trend			
CO ₂ -Emission (oder Kenngröße) nach Maßnahme			
CO ₂ -Emissionsminderung gegenüber dem TREMOD-Trend (%)			
CO ₂ -Emissionsminderung gegenüber dem TREMOD-Trend (Mio. t)			

Abgrenzung „Verkehr“

Die Emissionsberechnungen im Bericht erfolgten alle nach dem Inlandsprinzip. Beim Straßen-, Flug- und Schiffsverkehr sind in den Tabellen jeweils die direkten Emissionen ausgewiesen. Die Emissionen der Vorkette (Förderung, Umwandlung, Transport der Energieträger) wurden ggf. extra angegeben und nur bei Maßnahmen der Verkehrsverlagerung auf den Schienenverkehr mit in die Berechnungen einbezogen, da beim Schienenverkehr der größte Teil der Emissionen in der Vorkette entsteht. Beim Flugverkehr wurden die Emissionen nationaler Flüge und die Emissionen von Deutschland abgehender Flüge bis zur ersten Landung einbezogen. Emissionen des „übrigen Verkehrs“ (bau- und landwirtschaftlicher Verkehr) wurden nicht berücksichtigt, da die aufgezeigten Maßnahmen zur Senkung der CO₂-Emissionen nicht oder nur sehr begrenzt auf diesen wirken.

Die hier angewandte maßnahmenorientierte Betrachtung verkehrlicher Emissionen wurde aufgrund der Zielstellung, die CO₂-Emissionen des Verkehrs in Deutschland zu senken, gewählt. Die ausgewiesenen Emissionen des Verkehrs unterscheiden sich damit etwas von denen der nationalen Emissionsberichterstattung (Kyoto-Prinzip).

2 Maßnahmen und Instrumente

2.1 Verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung

Verkehr, der nicht stattfindet, erzeugt auch keine CO₂-Emissionen. Um Verkehr zu vermeiden – genauer gesagt: motorisierten Verkehrsaufwand zu reduzieren ohne die Mobilität einzuschränken – müssen Maßnahmen an den Ursachen der Verkehrsentstehung ansetzen. In den letzten Jahrzehnten entwickelten sich jedoch Siedlungs-, Produktions- und Infrastrukturen so, dass immer größere Entfernungen zwischen dem Ausgangspunkt und dem Ziel von Wegen liegen.

Es entstanden monofunktionale Siedlungsschwerpunkte: Trabantenstädte, Bankenviertel, großflächige Einkaufsgebiete und Freizeitanlagen auf der „grünen Wiese“ – während in den Städten Baulücken und Brachflächen ungenutzt blieben. Die Flächeninanspruchnahme pro Kopf nahm stetig zu. Diese Entwicklung wurde auch durch monetäre Rahmenbedingungen unterstützt. Beispielsweise begünstigen die Entfernungspauschale sowie die undifferenzierte Gestaltung der Grundsteuer und der Grunderwerbssteuer den Kauf kostengünstigen Baugrunds am Stadtrand gegenüber einem Grundstück im Stadtzentrum. Dieser Trend zur Suburbanisierung setzt sich derzeit ungebremsst fort.

Den dadurch stetig zunehmenden Wegelängen sollten Bund, Länder und Kommunen mit einer geänderten Strategie in der Raumplanung zur Verminderung induzierter Verkehrsbedürfnisse begegnen. Hierzu zählen insbesondere das Planungskonzept der „Stadt der kurzen Wege“, die Abkehr vom verkehrsinduzierenden Straßenbau und die Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe.

Der Wettbewerb der Kommunen um Neuansiedlungen von Gewerbe und Haushalten erschwert jedoch häufig eine Strategie der verkehrsarmen Siedlungsentwicklung. So weisen Kommunen bisher oft Siedlungsflächen ohne Bedarfsnachweis aus und überbieten sich gegenseitig in einem harten Subventionswettbewerb, um möglichst viele Einwohnerinnen und Einwohner sowie Unternehmen zu binden. Vor diesem Hintergrund erscheint die übergeordnete Perspektive der Landes- und Regionalplanung⁵ in besonderem Maße geeignet, Belange der Verkehrsreduzierung aufzugreifen und in kommunal wirksame Vorgaben umzusetzen.

2.1.1 Planungskonzept der „Stadt der kurzen Wege“

Ein wesentlicher Beitrag zur Verkehrsvermeidung ist die Schaffung einer verkehrsarmen Siedlungsstruktur, der so genannten „Stadt der kurzen Wege“. Kompakte Gebäudestrukturen, eine wohnungsnahe Ausstattung mit Versorgungs-, Dienstleistungs- und Erholungsangeboten und die Nähe von Wohnen und Arbeiten ermöglichen kurze tägliche Wege. Diese lassen sich zudem oftmals am besten zu Fuß oder mit dem Fahrrad bewältigen, während weitläufige, monofunktionale Siedlungsstrukturen das Autofahren fördern. In der „Stadt der kurzen Wege“ hat die Erschließung durch den Umweltverbund (ÖPNV, Bahn, Rad- und Fußverkehr) Vorrang vor dem motorisierten Individualverkehr (MIV).

Um dieses Planungskonzept umzusetzen, sollte von Bund, Ländern und Kommunen eine Doppelstrategie verfolgt werden:

1. Der Nutzung vorhandener Flächen im Siedlungsbestand ist Vorrang vor der Inanspruchnahme bisher unbebauter Flächen im Außenbereich oder am Stadtrand einzuräumen (Innenentwicklung).
2. Auch ist es notwendig, Wohn- und Stadtquartiere städtebaulich und in ihrer Umweltqualität so aufzuwerten, dass ein Wohnen und Leben in der Stadt attraktiv ist. Dies schließt auch Angebote an neuen Wohnformen⁶ ein, die mit dem frei stehenden Einfamilienhaus im Stadtumland konkurrieren können.

Wesentliche Handlungsfelder zur Siedlungssteuerung sind Konzepte der Raumplanung, bau- und planungsrechtliche Regelungen sowie Instrumente der siedlungsbezogenen Finanzpolitik. Im Umland der Städte ist das Wachstum der Siedlungsflächen durch die Regionalplanung einzudämmen. In Regionen, wo wegen anhaltendem Bevölkerungswachstum eine weitere Siedlungsentwicklung erforderlich ist, sind Siedlungsschwerpunkte zu definieren, auf die die Entwicklung zu konzentrieren ist.

⁵ Trägerschaft und Inhalte der Regionalplanung weisen in den Bundesländern erhebliche Unterschiede auf. Das Spektrum reicht von staatlicher Trägerschaft über Mischformen bis zur kommunalisierten Regionalplanung.

⁶ z.B. Grundrissneustrukturierungen im Bestand, moderne Stadthäuser, autofreie Siedlungen, gemeinschaftliche Wohnformen, alten- und behindertengerechte Wohnungen, etc.

Maßnahmen in der Raumplanung

► Zentren- und schienenorientierte Siedlungsplanung

Um den Neubau auf den bestehenden Siedlungsbereich und nicht auf die „grüne Wiese“ zu lenken, sind in der Raumplanung die im Baugesetzbuch (BauGB) und Raumordnungsgesetz (ROG) bereits vorgesehenen Maßnahmen zur Innenentwicklung, wie die Wiedernutzbarmachung von Flächen und die Nachverdichtung, konsequent umzusetzen. Bei zu groß bemessenen Neubaugebiets-Ausweisungen ist seitens der Gemeinde beispielsweise auch die – rechtlich zulässige – Rücknahme von Baurechten als Option verstärkt anzuwenden. Zur effizienteren Nutzung des leerstehenden Gebäudebestands sollten die Städte ein kommunales Leerstands- und Umzugsmanagement einführen [UBA, 2003a].

Siedlungsneubau sollte entlang der Trassen des öffentlichen Verkehrs entstehen, um einen kurzen Zugang zum ÖPNV zu ermöglichen. Die Baustruktur sollte zudem um die Haltepunkte verdichtet und mit Einrichtungen der Nahversorgung ergänzt werden.

► Verkehrsvermeidende Unternehmensansiedlung

Die Gemeinden / Regionalplanungsgemeinschaften sollten Gewerbegebiete für Unternehmen mit hohem Güterverkehrsaufkommen vorrangig entlang von Schienentrassen ausweisen und diese ggf. mit eigenem Gleisanschluss anbinden. Standorte für Betriebe mit einem hohen Personenverkehr (viele Beschäftigte sowie Kundinnen und Kunden) aber wenig Gütertransport sollten dagegen eine gute Erreichbarkeit durch den Umweltverbund aufweisen. Zudem lässt sich durch eine gemeindeübergreifende Planungskoordination die Ansiedlung von Betrieben erleichtern, die als Zulieferer oder Abnehmer für bereits vorhandene Betriebe fungieren, womit sich Lieferwege verkürzen können.

► Gezielte Funktionsmischung

Die in den letzten Jahrzehnten entstandenen monofunktionalen Siedlungsschwerpunkte sollten von den Kommunen gebietsspezifisch mit jeweils unterrepräsentierten, adäquaten Nutzungen ergänzt werden. Da sich eine Funktionsdurchmischung jedoch oft erst nach längeren Phasen der Siedlungsentwicklung erreichen lässt, ist der Erhalt bereits bestehender dichter, gemischter Strukturen eine noch effektivere Strategie [HOLZ-RAU, KUTTER, 1995].

► Verkehrsvermeidung beim Siedlungsrückbau

Die Städte mit Bevölkerungsrückgang – vor allem in den neuen Bundesländern – sollten den Rückbau leerstehender Gebäudekomplexe vorzugsweise vom Stadtrand her anstreben (z.B. bei Großwohnsiedlungen im Geschosswohnungsbau). Durch Abstimmung städtebaulicher und verkehrlicher Belange ist darauf hinzuwirken, dass in den verbleibenden Gebieten eine für die Tragfähigkeit des öffentlichen Nahverkehrs (insbesondere des schienengebundenen ÖPNV) ausreichende Siedlungsdichte erhalten bleibt. Wichtige begleitende Maßnahmen sind hierbei die Aufwertung der Innenstädte in ihrer urbanen Qualität bspw. durch Begrünung neu gewonnener Freiflächen, Gebäudemodernisierung sowie Stärkung des nicht motorisierten Verkehrs. Zusätzlich sind durch einen abgestimmten Rückbau erhebliche Einsparungen bei den kommunalen Leitungskosten möglich.

► Umweltfreundlicher Freizeitverkehr

Wichtige Voraussetzungen gegen die in der Freizeit stattfindende „automobile Flucht raus ins Grüne“ sind ein attraktives Wohnumfeld und Stadtzentren mit einem vielfältigen Angebot an Gastronomie-, Kultur-, Sport- und Naherholungsmöglichkeiten in Entfernungen, die zu Fuß oder mit dem Fahrrad in verhältnismäßig kurzer Zeit (d.h. in weniger als 30 Minuten) zu erreichen sind. Für überörtlich bedeutsame Einrichtungen (Erlebnisbad, Badensee, Sportstadion, Kinocenter, Freizeitpark, etc.) sollten die Gemeinden für eine gute ÖPNV-Erreichbarkeit sorgen [UBA, 2005b].

► „Region der kurzen Wege“

Ziel der Raumordnung sollte es sein, die Region in ihren rechtlichen Kompetenzen gegenüber rein kommunalen Interessen zu stärken (z.B. durch Zuständigkeiten für umsetzungsorientierte Fachplanungs- und Förderinstrumente). In den Regional- und Landesplänen sollten im Umland der Städte Siedlungsschwerpunkte in der Nähe von Zentren und ÖPNV-Trassen definiert werden. Zur Begrenzung der Siedlungsflächenentwicklung ist vermehrt die Möglichkeit zur Festlegung von Maximalwerten für die Inanspruchnahme neuer Flächen zu nutzen. Dadurch lassen sich landesplanerische Vorgaben (z.B. Angaben über anzustrebende Siedlungsdichten im Landesentwicklungsplan „Hessen 2000“) in verbindliche regionale Festlegungen umsetzen.

Über ein mehrstufiges, regional angepasstes System zentraler Orte sollten Einrichtungen der Grundversorgung auch zukünftig in zumutbarer Entfernung erreichbar sein. Weiterhin ist insbesondere

die Strategische Umweltprüfung (SUP), die eine Prüfung und Bewertung der Umweltwirkungen vornimmt, zur Kontrolle anzuwenden, ob die Ziele und Maßnahmen der Planungen tatsächlich der Verkehrsvermeidung dienen.

► **Kontingentierung der Siedlungsausweitung**

Der Bundesgesetzgeber sollte im ROG die Verpflichtung der Festlegung von Obergrenzen für die künftige jährliche Siedlungsausweitung für Länder, Regionen und Gemeinden einführen, analog zur Festlegung der Emissionsrechte im Klimaschutz, und ggf. den Handel mit Flächenkontingenten. Die Studie „Verfassungsrechtliche Zulässigkeit neuer übergreifender Rechtsinstrumente zur Begrenzung des Flächenverbrauchs“ zeigt, dass der Gesetzgeber in der Lage ist, eine Flächenkontingentierung derart zu gestalten, dass sie nicht gegen die Selbstverwaltungsgarantie und die Planungshoheit der Gemeinden verstößt [UBA, 2003b].

► **Stärkung der Belange der Nachbargemeinde in der bauleitplanerischen Abwägung**

Das BauGB enthält in § 2 Abs. 2 ein Gebot zur interkommunalen Zusammenarbeit. Dieses sollte zum verbindlichen Planungsleitsatz erhoben werden, um eventuellen begründeten Belangen einer Nachbargemeinde in der Abwägung mehr Gewicht zu verleihen. Dies ist eine wichtige Voraussetzung, um über Gemeindegrenzen hinaus verkehrsarme Siedlungsentwicklungen zu realisieren.

► **Brachflächenkataster**

In Verbindung mit den Planungszielen des § 1 Abs. 5 BauGB (Vorrang der Innenentwicklung) sollte der Gesetzgeber eine Pflicht zur Erstellung eines Brachflächenkatasters in das BauGB einführen. Die Gemeinden werden dadurch in höherem Maße als bisher verpflichtet, Potenziale der Innenentwicklung festzustellen und zu nutzen.

Maßnahmen der siedlungsbezogenen Finanzpolitik

Finanzpolitische Maßnahmen und Instrumente können die Verkehrserzeugung direkt und indirekt beeinflussen. Folgende ökonomische Maßnahmen für eine flächensparende und damit auch verkehrsvermeidende Siedlungsentwicklung stuft das Umweltbundesamt in dem Bericht „Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr“ [UBA, 2003a] als besonders wichtig ein:

- Reform des Kommunalfinanzsystems mit dem Ziel, den Anreiz für die Kommunen zu reduzieren, Wohn- und Gewerbeflächen auszuweisen, um finanzkräftige Gewerbesteuer- und Einkommenssteuerzahler anzuziehen.
- Konzeption einer Abschöpfung planungsbedingter Bodenwertzuwächse (z.B. durch eine Bodenwertzuwachssteuer), die das Interesse der Bodeneigentümer an Neuausweisungen von Bauland dämpfen kann.
- Zielführende Weiterentwicklung der Grunderwerbsteuer (vereinfacht: bisher 3,5 % des Wertes von Grundstück plus Gebäude). Nach der derzeitigen Regelung wird somit der Erwerb kostengünstigen Baugrunds am Stadtrand gegenüber einem Grundstück im Stadtzentrum steuerlicher begünstigt, ebenso der Handel unbebauter Grundstücke gegenüber bereits bebauten Grundstücken. Dies widerspricht dem Ziel, möglichst bereits bebaute Grundstücke innerhalb von Siedlungen effizient zu nutzen anstatt auf „der grünen Wiese“ neu zu bauen.
- Reform der Grundsteuer als „Flächennutzungssteuer“ mit zonierte Satzungsrecht, die vor allem Stadtbrachen und Baulücken gezielt höher besteuert als bebaute Grundstücke, um die Wiedernutzung von Siedlungsbrachen verstärkt zu fördern.
- Stärkere Nutzung der EU-, Bundes-, und Landesförderung für Brachflächenrevitalisierungen und Innenentwicklung, z.B. Europäische Fonds für regionale Entwicklung (EFRE), Gemeinschaftsaufgabe (GA) Bund-Länder zur Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur; des Weiteren eine Stärkung der Städtebauförderung und der Stadtumbauprogramme mit dem Ziel, die Wohn- und Wohnumfeldqualität in bestehenden Siedlungen spürbar zu verbessern (z.B. Stadtumbauprogramm Ost und West).
- Der Bund sollte seine Subventionen auf dem Wohnungsmarkt auf die Förderung der Innenentwicklung und Aufwertung des vorhandenen Wohnungsbestandes ausrichten.
- Die Entfernungspauschale als Aufwandsentschädigung für das Erreichen des Arbeitsplatzes begünstigt lange Arbeitswege und die Wohnortwahl auf der „grünen Wiese“ im Umland der Kernstädte. Eine Abschaffung dieser Regelung hat kurzfristige Effekte bzgl. der Verkehrsmittelwahl und langfristige bzgl. der Wohnstandortwahl. Diese Effekte behandelt und quantifiziert Kapitel 2.3.4.

Minderungspotenzial

Eine „Stadt / Region der kurzen Wege“ fördert im besonderen Maße die Reduzierung des Verkehrsaufkommens und die Verlagerung des Verkehrs zu Gunsten des Umweltverbunds. Eine Quantifizierung der Potenziale erweist sich jedoch als schwierig, da es nur wenige Erhebungen gibt, die explizit die Fahrleistungsreduzierung durch verkehrsvermeidende Siedlungsstrukturen und Instrumente der Raumplanung untersuchten. Die Ursachen hierfür liegen in der Komplexität der Wechselwirkungen der Maßnahmen und der Einflüsse von Effekten und Rahmenbedingungen außerhalb der Planungs- und Verkehrspolitik sowie in der Unklarheit der inhaltlichen Gestaltung einzelner wünschenswerter Maßnahmen und dem Zeithorizont ihrer Umsetzung. Einige der hier genannten Maßnahmen haben mehr den Charakter qualitativer Ziele. Aus diesen Gründen kann das Umweltbundesamt dieses CO₂-Minderungspotenzial nur unter sehr spezifischen Annahmen und im Zusammenwirken mit anderen verkehrsvermeidenden Maßnahmen quantifizieren (Kapitel 2.2)

2.1.2 Integration von Verkehrs- und Siedlungsplanung

Um das Ziel der „Stadt / Region der kurzen Wege“ zu erreichen, müssen Verkehrsplanung, Raumordnung (Landes- und Regionalplanung), Bauleitplanung, Umweltplanungen und die regionale Wirtschaftsförderung deutlich besser als bisher untereinander abgestimmt und auf umwelt- und klimapolitischen Zielen ausgerichtet werden. Alle Entscheidungen über den Erhalt und Ausbau der Siedlungs- sowie der Verkehrsinfrastruktur müssen diesen Planungszielen dienen. Seit der Novelle des ROG 1997 bildet die Leitvorstellung der nachhaltigen Raumentwicklung eine Richtschnur für die bundesdeutsche Raumordnung, die mit verbindlichen Zielen in landesweiten und regionalen Raumordnungsplänen der Länder umzusetzen ist. Ein Grundsatz der Raumordnung im ROG ist es, die Siedlungsentwicklung durch Zuordnung und Mischung der unterschiedlichen Raumnutzungen so zu gestalten, dass die Verkehrsbelastung verringert und zusätzlicher Verkehr vermieden wird. Im Gegenzug hat die Straßenplanung die Vorgaben der Raumplanung zu beachten. Damit steht im Prinzip auf Landes- und Regionalebene ein wirksames Integrationsinstrument zur Verfügung, um verkehrsarme Siedlungsstrukturen zu fördern. Die Strategische Umweltprüfung (SUP), die auch Alternativen zur Planung einbezieht, leistet dabei einen zusätzlichen Anteil zum Schutz der Umwelt vor den Wirkungen des Verkehrs.

Zur Umsetzung der Integration von Raumordnung und Straßenplanung bedarf es auch geeigneter Verwaltungs- und Entscheidungsstrukturen. Nach wie vor sind Verwaltungen weitgehend sektoral ausgerichtet. Die Beteiligung anderer Abteilungen erfolgt – sofern überhaupt – meist in einer sehr späten Phase der Planung. In der gilt es nur noch zu entscheiden, ob eine Maßnahme durchgeführt wird oder nicht – oder gegebenenfalls mit leichten Modifizierungen. Grundsätzlich andere Optionen, wie die Förderung des Radverkehrs und des ÖPNV anstatt Neubau einer Straße bei Engpässen, sind dann nicht mehr offen und diese Chancen somit vertan.

Maßnahmen

- Die Verkehrs- und Siedlungsplanung sollte so koordiniert sein, dass dabei möglichst frühzeitig die übergeordneten Belange des Umweltschutzes in die Planung integriert sind. Damit ließen sich Aspekte der Verkehrsentstehung auf allen föderalen Ebenen – Bund, Land, Kommune – besser berücksichtigen. Die Barrieren einer umfassenden Integration lassen sich unter anderem überwinden, wenn gemeinsame Verantwortlichkeiten sowie Koordinierungseinheiten und Budgets für integrierte Aufgabenbereiche eingeführt werden. Dies setzt allerdings voraus, dass die zuständigen Stellen und Parlamente für integrative Themen und Arbeitsweisen hinreichend sensibilisiert sind. Notwendige Umstrukturierungen sollten die Verwaltungen aktiv nutzen, um Jobrotation sowie den Austausch des Wissens und unterschiedlicher Perspektiven zu fördern.

Minderungspotenzial

Eine Quantifizierung des CO₂-Minderungspotenzials mit einer integrierten Verkehrs- und Siedlungsplanung ist nur unter sehr spezifischen Annahmen und im Zusammenwirken mit den anderen verkehrsvermeidenden Maßnahmen möglich.

2.1.3 Minderungspotenzial der Maßnahmen zur Personenverkehrsvermeidung

Die CO₂-Emissionen sinken bei sukzessiver Realisierung des Siedlungskonzepts „Stadt / Region der kurzen Wege“, weil sich der Personenverkehrsaufwand reduziert. Die Maßnahmen aus Kapitel 2.1.2 quantifiziert das Umweltbundesamt nicht separat, sondern betrachtet diese als unterstützende Rahmenbedingungen.

Das Minderungspotenzial der verkehrsvermeidenden Maßnahmen besteht zum ersten darin, dass sich dadurch lange Transportwege durch kürzere ersetzen lassen. Die durchschnittlichen Wegelängen reduzieren sich somit über alle Verkehrsmittel. Zum zweiten führen diese Maßnahmen zu einer stärkeren Nutzung umweltverträglicherer Verkehrsmittel, insbesondere bei solchen kurzen Wegen, die sich zu Fuß oder mit dem Rad bewältigen lassen.

Aus dem gestiegenen Anteil der Personen, die durch ihren Wohnort in einer „Stadt / Region der kurzen Wege“ weniger Fahr- und Verkehrsaufwand verursachen als Bewohner des peripheren, MIV-orientierten Raums, lässt sich ein CO₂-Minderungspotenzial ableiten.

Die Wohnortwahl der Haushalte lässt sich nur indirekt durch ein erhöhtes Angebot an attraktiven Wohnungen und Grundstücken in Lagen, die kürzere Wege ermöglichen, und durch die Rahmenbedingungen der Transport- und Siedlungskosten beeinflussen.

Wirkungszeitraum der Maßnahmen

Die im Kapitel 2.1.1 und teilweise auch im Kapitel 2.1.2 genannten Maßnahmen betreffen Planungs- und Umzugsentscheidungen, die täglich in ganz Deutschland gefällt werden – sowohl hinsichtlich der Planung von Neubauten, als auch hinsichtlich der Umzüge im Gebäudebestand. Alle Maßnahmen, die die weitere bauliche Zersiedelung vermeiden und auf verkehrsvermeidende Umzugsentscheidungen hinwirken, zeigen sofort nach ihrer Umsetzung Wirkung, indem ein weiteres Verkehrswachstum unterbleibt oder sogar eine Verkehrsreduzierung erfolgt.

Insbesondere Maßnahmen aus dem Wirkungsbereich Raumplanung lassen sich direkt umsetzen, z.B. indem die Grundsätze einer „Stadt der kurzen Wege“ oder die Abkehr vom verkehrsinduzierenden Straßenneubau bei anstehenden Planungsentscheidungen Berücksichtigung finden. Andere planerische Maßnahmen erfordern eine Vorlaufzeit von 3 bis 5 Jahren, bis sie konkret zu einer Veränderung der Siedlungs- und Verkehrsstruktur beitragen, wie auch die meisten Maßnahmen aus dem Bereich der siedlungsbezogenen Finanzpolitik oder der Integration der Verkehrs- und Siedlungsplanung. Somit kann bis 2015 nur ein Teil der Maßnahmen ihr CO₂-Minderungspotenzial entfalten.

Bei Fortdauer der geänderten Rahmenbedingungen und Ausrichtung auf die „Stadt der kurzen Wege“ nimmt der Einfluss der Maßnahmen auf den Personenverkehrsaufwand nach 2015 bis circa 2020 weiter zu, da durch diese Maßnahmen sukzessive ein immer größerer Teil der Siedlungsstruktur umgestaltet wird, und sich somit immer mehr Wege dauerhaft verkürzen.

Über 2020 hinaus geht das Umweltbundesamt davon aus, dass die Wirksamkeit der Maßnahmen auf die einzelnen Haushalte wieder leicht zurückgeht, was auch Untersuchungen des DIW zur Pendlerpau-schale ergaben [UBA, 2007b]. Grund hierfür ist ein „Sättigungsverhalten“, nach dem die Zahl der Haushalte abnimmt, die eine aktive Verkürzung der Entfernungen bei ihrem Umzug berücksichtigen können oder wollen, sowie ein Abnehmen des Angebots an Flächen in städtebaulich integrierten Lagen.

Aussagen in Studien zu Verkehrsvermeidungspotenzialen

Für die Quantifizierung dieser Maßnahmen zur CO₂-Minderung berücksichtigt das Umweltbundesamt folgende Annahmen und Ergebnisse aus der Literatur:

1. Die TU Hamburg-Harburg [TUHH, 2006a] hat anhand der Region Hannover die Verlagerung von circa 30 % der Haushalte und Arbeitsplätze nach bestimmten Prinzipien modelliert, wenn gleich auch ohne direkte Berücksichtigung der dafür erforderlichen Maßnahmen und Entwicklungszeiträume. In Siedlungsentwicklungsszenarien mit Kernstadt-, Schienen- oder Zentren-Orientierung fällt der Pkw-Verkehrsaufwand um 20 - 25 % geringer aus als in einem (zu erwartenden) Zersiedlungs-Szenario.⁷

⁷ Ergänzung seitens UBA: Bei einer jährlichen Umzugsrate von 2,5 Mio. der 39 Mio. Haushalte in Deutschland [DIW, 2003] ließe sich theoretisch eine entsprechende Verlagerung von circa 30 % der Haushalte innerhalb von 5 Jahren erreichen. Verlagerungen von Büroflächen spielen sich im Regelfall in noch kürzeren Zeitabständen ab, wohingegen die Verlagerungen von Unternehmen des produzierenden Gewerbes deutlich seltener vorkommen.

2. Durch vielfältige Verkehrsvermeidungsmaßnahmen lässt sich der erwartungsgemäß weiter zunehmende regionale Verkehrsaufwand in der Region Dresden in 16 Jahren (1994 bis 2010) um 9 % senken. Bezogen auf den Gesamtaufwand (inkl. Fernverkehr) ist dies eine Minderung von 6 %, wobei diese mit einer Erhöhung des Verkehrsaufwands im Stadtkern um 6 % verbunden ist [DIW, 1998].
3. Durch mehr oder weniger starke Abweichungen einer Siedlungsentwicklung entgegen oder in Richtung der Ziele des Regionalplans in der Region Hannover ergibt sich eine unterschiedliche Verteilung der Neubaumasse der Haushalte, Arbeitsplätze und Verkaufsflächen. In einem zu erwartenden Trendszenario steigt die Pkw-Fahrleistung um 5 % gegenüber dem Referenzzustand – das Jahr 2004 – an. Durch mehr oder weniger starke Abweichung von den Zielen der Regionalplanung folgt nun eine mögliche Zunahme der Pkw-Fahrleistung in der Region Hannover um bis zu 8 % oder eine Abnahme um bis zu 4 % gegenüber dem Trend innerhalb von 16 Jahren (2004 bis 2020) [TUHH, 2006b]. Diese Studie berücksichtigt ausschließlich die Anwendung des derzeit zur Verfügung stehenden Instrumentariums der Regionalplanung. Umzüge im Bestand werden nicht betrachtet; ebenso Verlagerungen von Zielen des Freizeit- oder Bildungsverkehrs.

Minderungspotenzial bezüglich des Verkehrsaufwands

Um das CO₂-Emissionsminderungspotenzial durch eine Abnahme des Personenverkehrsaufwands wegen verkürzter Wege (in den Bereichen Arbeit, Versorgung, Freizeit, Bildung) zu ermitteln, orientiert sich das Umweltbundesamt an der Vorgehensweise des DIW bei dessen Untersuchung zur Wirkung der Kapung der Entfernungspauschale in [UBA, 2007b].

Eingangsgrößen:

1. Anzahl der Einwohnerinnen und Einwohner in Deutschland im Jahr 2005: 82 Mio. Personen in 39 Mio. privaten Haushalten [BMVBS, 2008].
2. Anzahl der Erwerbstätigen (im Inland im Jahresdurchschnitt) in Deutschland im Jahr 2005: 39 Mio. Personen [ebd.].
3. Personenverkehrsaufwand über alle (landgebundenen) motorisierten Verkehrsmittel im Jahr 2005: 1.053 Mrd. Pkm [UBA/TREMODO 4.17, 2006].
4. Laut Analyse des sozioökonomischen Panels [DIW, 2003] wechseln innerhalb von 6 Jahren rund 40 % der Berufstätigen ihren Wohnort. Dies macht knapp 2,5 Mio. Umzüge pro Jahr aus.

Werden bei diesen Umzügen kurze Entfernungen zum Arbeitsplatz aktiv bei der Wohnortwahl berücksichtigt, so reduziert sich der Verkehrsaufwand im Personenverkehr erheblich. Selbst eine kleine jährliche Veränderung führt über mehrere Jahre zu einer relativ hohen Verkehrseinsparung, da sich der Anteil der Bewohnerinnen und Bewohner in „Städten / Regionen der kurzen Wege“ jedes Jahr sukzessive erhöht.

Annahmen:

- ▶ 50 % der jährlichen Umzüge (1,25 Mio. Haushalte⁸, die jährlich durchschnittlich circa 34 Mrd. Personenkilometer zurücklegen) berücksichtigen kurze Entfernungen zum Arbeitsplatz aktiv bei der Wohnortwahl und können so die durchschnittliche Wegelänge der Haushaltsmitglieder um 20 % reduzieren.
- ▶ Nach ihrem Umzug verursachen diese Haushalte nur noch circa 27 Mrd. Pkm jährlich.
- ▶ Somit ergibt sich für ganz Deutschland ein Jahres-Personenverkehrsaufwand von circa 1.041 Mrd. Pkm. Das sind circa 99,5 % des ursprünglichen Gesamt-Personenverkehrsaufwands ohne kürzere Wege bei den Umzügen.

Da – wie erwähnt – einige Maßnahmen erst ab 2015 vollständig zum Tragen kommen, geht das Umweltbundesamt davon aus, dass sowohl die Zahl der zur Verfügung stehenden Umzugsstandorte als auch die „Entfernungs-Sensibilität“ der umziehenden Haushalte ab diesem Jahr noch weiter ansteigt. Das Umweltbundesamt nimmt vereinfacht an:

- ▶ 2010 - 2015: Verringerung des Personenverkehrsaufwands um jährlich 0,5 % durch Reduzierung der Wegelängen um 20 % bei 50 % der Umzüge,

⁸ Bei dieser Betrachtung kann die Anzahl der Erwerbstätigen mit der Anzahl der Haushalte gleichgesetzt werden. Also wird angenommen, dass bei jedem Umzug eines Erwerbstätigen im Durchschnitt eine weitere Person mit umzieht, die dann ebenso kürzere Wege zurücklegt.

- ▶ 2015 - 2020: Verringerung des Personenverkehrsaufwands um jährlich 1,5 % durch Reduzierung der Wegelängen um 50 % bei 50 % der Umzüge,
- ▶ ab 2020: Verringerung des Personenverkehrsaufwands um jährlich 0,5 % (wegen des Sättigungseffektes, s.o.).

Tabelle 5 stellt die CO₂-Emissionen dar, die unter der Annahme einer Verkürzung der durchschnittlichen, gesamten Wegelängen im Personenverkehr gegenüber dem TREMOD-Trend eingespart werden können.

Die erreichbare Verkehrsleistungsminderung liegt in der Größenordnung der o. g. Studien. Sie fällt jedoch höher aus, da das Umweltbundesamt die Effekte auf Siedlungsneubau und Umzüge im Bestand sowie das Potenzial des kompletten Spektrums an tiefgreifenden Verkehrsvermeidungsmaßnahmen (raumplanerisch, gesetzlich, monetär und strukturell) berücksichtigt⁹.

Tabelle 5: Zusammengefasstes Minderungspotenzial von Maßnahmen einer verkehrsvermeidenden Siedlungs- und Verkehrsplanung auf die Minderung des landgebundenen motorisierten Verkehrsaufwands im Personenverkehr und der CO₂-Emissionen für 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Verkehrsaufwand im landgebundenen motorisierten Personenverkehr nach TREMOD-Trend (Mrd. Pkm)	1.053	1.167	1.159
Verkehrsaufwand im landgebundenen motorisierten Personenverkehr durch o.g. Maßnahmen (Mrd. Pkm)	1.053	1.050	985
CO₂-Emissionsminderung gegenüber TREMOD-Trend (%)	0	10	15
CO₂-Emissionsminderung gegenüber TREMOD-Trend (Mio. t)	0,0	10,2	13,8

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

Werden die Emissionen der Vorkette berücksichtigt, erhöhen sich die CO₂-Emissionsminderungen für das Jahr 2020 um 2,6 Mio. t und 2030 um 3,5 Mio. t.

Minderungspotenzial bezüglich des Modal Split-Anteils

Die in den Kapiteln 2.1.1 bis 2.1.2 genannten Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung bieten, neben der Minderung des Verkehrsaufwands, das Potenzial einer Erhöhung des Modal Split Anteils des Umweltverbunds. In einer auf Verdichtung und Durchmischung ausgerichteten Siedlungsstruktur erhöht sich z.B. allgemein der Anteil der Wege unter 5 km, die für die Nutzung des Fahrrads prädestiniert sind oder der Anteil der Wohnstandorte und Ziele in Gebieten mit einer guten ÖPNV-Erschließung – unabhängig von Maßnahmen zur Förderung des Umweltverbund (Kapitel 2.2).

Das Verlagerungs- und CO₂-Emissionsminderungspotenzial durch die Maßnahmen in Kapitel 2.1 weist das Umweltbundesamt in dieser Studie nicht aus. Um hierzu fundierte Aussagen treffen zu können, fehlen geeignete Studien.

Werden Maßnahmen aus Kapitel 2.1 realisiert, verstärken sich die Effekte der Maßnahmen aus Kapitel 2.2 auf den Modal Split noch weiter. Eine gute Umweltverbund-Erschließung unterstützt im Gegenzug die hier genannten Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und sollte im Regelfall auch Bestandteil der Siedlungskonzepte zur „Stadt der kurzen Wege“ sein.

2.1.4 Abkehr von verkehrsinduzierendem Straßenneubau

Der Bundesverkehrswegeplan (BVWP) trieb und treibt auch heute noch den Straßenneubau stark voran. Die Erkenntnis, dass rund 17,5 % (15 bis 20 %) des gesamten Verkehrswachstums auf den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur zurückzuführen sind, fand dabei kaum Berücksichtigung [UBA, 2005b]. Die Hälfte des Verkehrswachstums durch Straßenbau ist dabei direkt erzeugt (primäre Induzierung), weil mehr

⁹ Die o. g. Studien betrachten teilweise nur Wohnstandortverlagerungen durch Neubau, ausschließlich Effekte im Pendlerverkehr oder lediglich die Anwendung der bestehenden Regelungsmöglichkeiten der Regionalplanung und keine neuen Instrumente/Maßnahmen.

Wege oder weitere Distanzen zurückgelegt werden; die andere Hälfte entfällt auf Verkehr, der durch Standortverlagerungen induziert wird (sekundäre Induzierung). Die Analyse der Entwicklung zeigt, dass trotz aller Straßenneubaumaßnahmen der tägliche Zeitaufwand für Verkehrsaktivitäten nicht geringer wurde. Während die durchschnittliche tägliche Wegeanzahl und die dafür verwendete Zeit in den letzten 50 Jahren überschlägig betrachtet kaum stiegen, nahm die Wegelänge erheblich zu. Auch zeigte sich, dass eine Verbesserung der wirtschaftlichen Situation einer Region als Folge neuer Verkehrswege häufig überschätzt wird oder nicht nachzuweisen ist [ebd.].

Der BVWP 2003 bezog zwar die zu erwartenden Emissionen und die primäre Induzierung zusätzlichen Verkehrs durch Infrastrukturmaßnahmen in das Bewertungsverfahren für die einzelnen Verkehrswege und -mittel ein, konnte jedoch – je nach Variante der enthaltenen Verkehrsinfrastruktur-Maßnahmen – ein Ansteigen der CO₂-Emissionen um 11 bis 17 % bis 2015 gegenüber 1997 nicht verhindern [BMVBW, 2003].

Da der primär induzierte Pkw-Verkehr nur zu einem Bruchteil und der primär induzierte Güterverkehr sowie der sekundär induzierte Personen- und Güterverkehr überhaupt nicht berücksichtigt wurden, ist anzunehmen, dass das Bewertungsverfahren für den BVWP den induzierten Verkehr erheblich unterschätzt [UBA, 2005b].

Maßnahmen

- ▶ Da Straßenbaumaßnahmen immer auch zusätzlichen Verkehr induzieren können, sollten die finanzierenden Länder und Gemeinden sowie der Bund auch die damit verbundenen indirekten Umweltbeeinträchtigungen sehr kritisch überprüfen. Grundsätzlich sollten Bund und Länder keinen Straßenneubau mehr unterstützen. Stattdessen sollten sie Maßnahmen ergreifen, um die vorhandene Infrastruktur zu erhalten und effizienter zu nutzen – etwa durch Verkehrsleitsysteme oder Geschwindigkeitsbegrenzungen – und nur in Ausnahmefällen Straßennetze ausbauen.
- ▶ Die Bundesregierung sollte den BVWP durch eine Bundesverkehrsentwicklungsplanung (BVEP) mit integrierter Strategischer Umweltprüfung (SUP) ersetzen. Der Schwerpunkt der BVEP im Gegensatz zum BVWP liegt darin, die Verkehrsentwicklung aus übergeordneter Sicht zu prognostizieren und alternative Verkehrskonzepte anhand der verkehrs- und umweltpolitischen Ziele des Bundes zu vergleichen und daraus die Handlungsmöglichkeiten zur Gestaltung des Verkehrs zu bewerten. Dabei werden alternative Verkehrskonzepte unter Berücksichtigung der Umweltkomponenten (inkl. der Verkehrsvermeidung) in der Kosten-Nutzen-Analyse und vor dem Hintergrund verschiedener Szenarien daraufhin abgewogen, inwiefern diese die verkehrlichen Funktionen erfüllen.

Minderungspotenzial

Ein Stopp des verkehrsinduzierenden Straßenneubaus trägt dazu bei, den Anstieg des Straßengüterverkehrs zu mindern¹⁰. Des Weiteren kann er die Wettbewerbsnachteile des Schienen- gegenüber dem Straßenverkehr verringern und so eine Verlagerung auf die Bahn unterstützen. Für das gesamte Verkehrsnetz in Deutschland ergibt sich folgende Quantifizierung: 17,5 % des jährlichen Fahrleistungswachstums im Güterverkehr sind durch den Straßenausbau bedingt. Die Vermeidung des induzierten Verkehrs am jährlichen Wachstum des Verkehrsaufwands (in Tonnenkilometern) entspricht der jährlichen Verringerung des Fahrleistungswachstums (in Kilometern) um 17,5 %.

Tabelle 6: Minderungspotenzial des Verkehrsaufwands im landgebundenen Güterverkehr durch die Orientierung der Bundesverkehrswegeplanung auf den Kapazitätserhalt und die entsprechende CO₂-Emissionsminderung für 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Verkehrsaufwand im landgebundenen Güterverkehr nach TREMOD-Trend (Mrd. tkm)	562	853	1.020
Verkehrsaufwand im landgebundenen durch o.g. Maßnahmen (Mrd. tkm)	546	831	987
CO₂-Emissionsminderung gegenüber TREMOD-Trend (Mio. t)	-	1,8	2,3

Quelle: ITP/BVU, 2007; UBA/TREMOD 4.17, 2006; UBA 2009

¹⁰ Auch der Straßenpersonenverkehr kann dadurch vermindert werden. Diese Potenziale werden hier nicht separat quantifiziert, sondern im Kapitel 2.1.3 mit berücksichtigt.

2.1.5 Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe

Seit den 1980er Jahren haben die globalen Handelsverflechtungen und damit der Warenverkehr mehr als drei Mal so schnell zugenommen wie das Weltsozialprodukt [OECD, 2003]. Die immense Steigerung des Güterverkehrsaufwands ist mit starken Umweltbelastungen verbunden. Regionale Wirtschaftskreisläufe können im Gegensatz dazu lange Transportwege vermeiden und sollten gestärkt werden.

Maßnahmen

Wichtige Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung im Handelsverkehr sind:

- ▶ Die gesamten gesellschaftlichen Kosten jedes Verkehrsträgers sollten verursachergerecht angelastet werden (Internalisierung der Transportkosten), vor allem durch die Ausweitung und Weiterentwicklung der Lkw-Maut und die Erhöhung der Kraftstoffsteuer sowie die Angleichung der Steuern für Diesel- und Otto-Kraftstoffe (Kapitel 2.3.1).
- ▶ Durch eine gemeindeübergreifende Planungskoordination soll die Ansiedlung von Betrieben erleichtert werden, die als Zulieferer oder Abnehmer für bereits vorhandene Betriebe fungieren, womit Lieferwege verkürzt werden können.
- ▶ Ein Ziel der Wirtschaftsförderung sollte die Unterstützung verkehrsarmer Handelsverflechtungen (Produktion, Zulieferung, Vermarktung, Dienstleistungsbeziehungen) sein. In diesem Bereich (Stichwort Cluster-Förderung) besteht noch beträchtlicher Forschungsbedarf [IÖW, 2008]. Das Umweltbundesamt empfiehlt daher, die Pläne und Projekte der Regional- und Wirtschaftsförderung einer verbindlichen Verkehrsauswirkungsprüfung zu unterziehen. Hierzu liefert der Antragsteller Daten über die Verkehrsströme und Verkehrsmittel. Handelt es sich um eine Unternehmensansiedlung an einem neuen Standort, müssen die Antragsunterlagen auch darstellen, inwieweit der neue Standort sinnvoll hinsichtlich verkehrssparsamer Güter-, Mitarbeiter- und Kundenströme ist. Einzelbetriebliche Unternehmensförderung sollte an eine Zielvereinbarung zur Optimierung der CO₂-Emissionen geknüpft werden [ebd.].
- ▶ Ziel der Förderung regionaler Märkte sollten vor allem verbrauchernahe Produkte, z.B. aus der Landwirtschaft, sein. Für eine Bewertung, inwieweit die bisherigen Initiativen tatsächlich zu Verkehrseinsparungen im größeren Rahmen geführt haben, fehlen aktuelle Daten. Im Großen und Ganzen ist die Regionalvermarktung bisher eine Nische geblieben [BfN, 2007].
- ▶ Effektive Maßnahmen, um die Zahl der Transporte und die durchschnittlichen Wegelängen zu reduzieren, wären zudem größere Fertigungstiefen an Produktionsstandorten, eine verkehrsärmere Logistik (einschließlich Lagerhaltung) und eine stärker dezentral organisierte Distributionspolitik im Handel. Die Umsetzung dieser Maßnahmen liegt jedoch größtenteils in der Hand der Betriebe selbst.

Annahmen

- ▶ Zur Quantifizierung der durch die Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe erreichbaren Umweltentlastungen nimmt das Umweltbundesamt an, dass sich eine Verkehrsauswirkungsprüfung in allen Entscheidungen über die Gewährung von Geldern aus der Regional- und Wirtschaftsförderung niederschlägt und in diesen Fällen zur Verringerung des Güterverkehrsaufwandes um 10 % für den Betrieb führt. Unter der zusätzlichen Annahme, dass ein Viertel aller Betriebsstandorte eine Förderung durch die öffentliche Hand erfährt, ergibt sich daraus eine Minderung des Güterverkehrsaufwandes von 4 % gegenüber dem Referenzfall. Weitere 2 % des Güterverkehrsaufwandes ließen sich verringern, falls sich die Transportdistanzen für die Gütergruppen „Land- und Forstwirtschaftliche Produkte“, „Nahrungs- und Futtermittel“ um 10 % verringern ließen.

Minderungspotenzial

Die Maßnahmen und Folgen einer Transportkosten-Internalisierung sind in Kapitel 2.3 beschrieben. Die Quantifizierung des CO₂-Minderungspotenzials der weiteren, in Kapitel 2.1.5 benannten Maßnahmen „Verkehrsauswirkungsprüfung“ und „Förderung regionaler Märkte“ schätzt das Umweltbundesamt für den Straßengüterverkehr auf 6 % und für den Schienengüterverkehr und die Binnenschifffahrt auf 4 %.

Tabelle 7: Minderungspotenzial des Verkehrsaufwands im landgebundenen Güterverkehr durch Maßnahmen zur Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe und die entsprechende CO₂-Emissionsminderung für 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Verkehrsaufwand im landgebundenen Güterverkehr nach TREMOD-Trend (Mrd. tkm)	562	853	1.020
Verkehrsaufwand im landgebundenen Güterverkehr durch o.g. Maßnahmen (Mrd. tkm)	546	806	969
CO₂-Emissionsminderung gegenüber TREMOD-Trend (Mio. t)	-	3,4	3,2

Quelle: ITP/BVU, 2007; UBA/TREMOD 4.17, 2006; UBA 2009

2.2 Förderung umweltgerechter Verkehrsträger

Personen- und Gütertransporte besitzen je nach Wahl des Transportmittels unterschiedliche CO₂-Bilanzen. Ziel der folgenden Maßnahmenpakete ist es, eine weitere Verlagerung auf umweltgerechtere, weniger CO₂ emittierende Verkehrsträger, wie Bahn, Bus, Zufußgehen oder Fahrrad zu erreichen. Parallel dazu ist auch die Effizienz der einzelnen Verkehrsträger zu verbessern. Effizienzverbessernde Maßnahmen sind in Kapitel 2.4 genannt.

2.2.1 Schienenverkehr

Der Schienenverkehr ist hinsichtlich des CO₂- und Luftschadstoffausstoßes (NOX und PM) der umweltverträglichste Landverkehrsträger¹¹. Der jahrzehntelange Rückbau an Schienen und Gleisanschlüssen sowie die geringen Investitionen in das Schienennetz haben jedoch die Konkurrenzfähigkeit der Bahn beeinträchtigt.

Das umwelt- und verkehrspolitisch begründete Ziel des Umweltbundesamtes, mehr Verkehr auf die Schiene zu verlagern, gilt sowohl für den Güter- als auch für den Personenverkehr.

Güterverkehr

Der Anteil der Bahn am Modal Split des Güterverkehrsaufwands der Landverkehrsträger im Inlandsverkehr nahm in den letzten Jahren leicht zu und lag 2006 mit 107 Mrd. tkm bei 17,1 % [BMVBS, 2008].

Personenverkehr

Der Verkehrsaufwand im Schienenpersonenverkehr lag 2006 bei 79 Mrd. Personen-km und nahm damit im Vergleich zu 2005 um 2,2 Mrd. Pkm zu [BMVBS, 2008]. Davon entfielen 44,5 Mrd. Pkm auf den Schienenpersonennahverkehr (SPNV) und 34,5 Mrd. Pkm auf den Schienenpersonenfernverkehr (SPFV)¹² [ebd.].

Damit lag der Anteil der Bahn am Personenverkehr 2006 bei 7,3 % des Verkehrsaufwandes [BMVBS, 2008].

Aktueller Stand im Schienenverkehr

Deutschland besitzt nach wie vor ein vergleichsweise dichtes Streckennetz, das nicht nur die Wirtschaftszentren auf wichtigen Hauptachsen verbindet, sondern auch abgelegene Regionen durch zahlreiche Nebenstrecken erschließt. Eisenbahninfrastrukturunternehmen wie DB Netz AG haben jedoch in Zustimmung des Eisenbahnbundesamtes (EBA) viele dieser Nebenstrecken, wie Werkbahnanschlüsse oder Regionalbahnstrecken, in den letzten Jahrzehnten stillgelegt.

¹¹ Zu einem kleinen Teil verdankt die Bahn ihre geringen Emissionswerte dem Umstand, dass 20 bis 30 % der von ihr genutzten Energie aus der Kernkraft stammen. Aber auch ohne diese Tatsache wäre die Bahn der Verkehrsträger mit den geringsten Emissionen.

¹² Die Unterteilung in SPNV und SPFV erfolgt nach Zuggattungen: Fernverkehr: ICE, IC/EC und sonstige Fernverkehrszüge; Nahverkehr: Übrige Züge [BMVBS, 2008]

Zudem stößt das Schienennetz auf den Hauptstrecken zunehmend an seine **Kapazitätsgrenzen**: Durch das derzeitige Wachstum des Schienengüterverkehrs kommt es zu Engpässen – beispielsweise im Hinterland der großen Seehäfen oder auf Strecken, die langsame (Gütertransport) und schnelle Züge (Personenverkehr) gemeinsam nutzen. Dennoch fließen Investitionen häufig eher in einzelne, teure Hochgeschwindigkeitsstrecken oder prestigeträchtige Einzelprojekte mit zweifelhafter Umweltwirkung.

Probleme im Bahnsektor ergeben sich zudem daraus, dass eine vollständige unternehmerische **Trennung zwischen Unterhalt des Schienennetzes und Bereitstellung der Transportdienstleistung** in Deutschland bislang nicht realisiert ist und somit kein diskriminierungsfreier Zugang zur Bahninfrastruktur für kleinere und/oder ausländische Bahnunternehmen existiert. Bislang kann die DB AG die wirtschaftlichen Bedingungen für die Nutzung des Schienennetzes weitgehend alleine festlegen. Dies betrifft beispielsweise die Trassenvergabe, die Nutzung der Bahnhöfe und Werkstätten und auch die Energieversorgung mit Strom und Diesel. Ein freier Zugang würde den Wettbewerb und in der Folge die Qualität der Angebote und die Attraktivität des Schienenverkehrs erhöhen.

Der **Kombinierte Verkehr** (KV)¹³ nutzt die Vorteile von Bahn und Binnenschiff auf der Langstrecke und kombiniert diese mit der Feinverteilung der Güter mit dem Lkw. So werden – zumindest auf den überwiegenden Streckenabschnitten – die umweltverträglicheren Verkehrsträger genutzt. Der KV ist bislang noch nicht ausreichend in die Transportketten einbezogen.

Obwohl die Bahn gerade bei **internationalen Verkehren** – meist lang laufende Transporte – Systemvorteile gegenüber dem Transport auf der Straße aufweist, ist hier ihr Anteil am Modal Split geringer als im nationalen Gesamtvergleich. Im Jahr 2006 erfolgten nur etwa 11 % des Durchgangsverkehrsaufkommens auf der Schiene [BMVBS, 2008]. Gründe hierfür sind fortbestehende nationale Barrieren sowie die mangelhafte Anpassung der Bahnen an die veränderten Bedürfnisse der Wirtschaft, wie zeitkritische Transporte und geringe Losgrößen durch „just-in-time“-Produktion.

Die Europäische Kommission führte mit den Beschlüssen zum Eisenbahnverkehr die vollständige Öffnung der nationalen Netze für den internationalen Verkehr im Güterverkehrssektor (seit Januar 2007) und im Personenverkehr (voraussichtlich ab 2010) EU-weit verpflichtend ein [KOM, 2002; KOM, 2004]. Bislang erschweren national unterschiedliche Vorschriften und Zulassungsverfahren, nicht einheitliche technische Systeme bei der Stromversorgung sowie der Signal- und Kommunikationstechnik den grenzüberschreitenden Verkehr und den Transitverkehr erheblich.

Um die internationalen Transporte zu verbessern, wird gegenwärtig das europaweit interoperable Verkehrsmanagementsystem ERMTS – bestehend aus einem einheitlichen Zugsicherungs-, Zugsteuerungs- und Funkkommunikationssystem – eingeführt.

Die derzeit auf europäischer Ebene diskutierte Änderung der zulässigen Gewichts- und Längenbeschränkungen für Lkw (Riesen-Lkw, Mega-Trucks) im grenzüberschreitenden Verkehr behindert die klima- und verkehrspolitisch sinnvolle Verlagerung der Transporte vom Lkw auf die Bahn. Die europaweite Zulassung solcher Riesen-Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis zu 60 t (bisher: maximal 40 t) und einer Gesamtlänge bis zu 25,25 m (bisher: 18,75 m) führt möglicherweise zu einer aus Umweltsicht nicht wünschenswerten Verlagerung bestimmter Gütergruppen von der Bahn auf die Straße [UBA, 2007c].

Im **Personenverkehr** werden von den Fahrgästen die fehlende Pünktlichkeit, geringer Service sowie wenig kundenfreundliche Fahrpläne der Bahn bemängelt.

Maßnahmen

Das Umweltbundesamt schlägt folgende Maßnahmen zur Erhöhung der Kapazitäten und zur Steigerung der Attraktivität der Bahnen vor. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass sich dadurch der positive Trend der letzten Jahre – sowohl im Güter- als auch im Personenfernverkehr –, die Zunahme der Modal Split-Anteile, weiter fortsetzt. Einige Maßnahmen und Teilaspekte, z.B. die Verbesserung der Hauptstrecken oder der Einführung von ERMTS, befinden sich bereits in der Umsetzung.

¹³ Definition Kombinierte Verkehr: Transport von Gütern in unterschiedlichen Ladungsträgern (z.B. Container, Wechselbehälter, Lkw mit Anhänger oder Sattelaufleger), die nacheinander zum Einsatz kommen, wobei Bahn und/oder Schiff den überwiegenden Teil des Transportweges übernehmen und der Vor- und Nachlauf mit dem Lkw auf der Straße möglichst kurz bleibt.

► **stärkerer Ausbau des Schienennetzes / Erhöhung der spezifischen Trassenkapazität**

Da der Ausbau des Schienennetzes sehr kostenintensiv ist, sollte die Beseitigung der Engpässe Vorrang besitzen – beispielsweise durch Einrichtung getrennter Trassen für schnelle und langsame Verkehre auf stark frequentierten Streckenabschnitten. Nicht hohe Maximalgeschwindigkeiten, sondern kürzere Gesamttransportzeiten zwischen Ausgangs- und Zielort („Netzgeschwindigkeit vor Streckengeschwindigkeit“) machen die Bahn attraktiver und damit wettbewerbsfähiger. Der Bund sollte diese Ausrichtung fördernd unterstützen.

Neben der Verbesserung der Hauptstrecken, beispielsweise dem europäischen Hochgeschwindigkeitsnetz im Personenverkehr, sollte die Bahn auch in der Fläche mit einer hohen Gleisanschlussdichte erhalten bleiben und ausgebaut werden. Es existieren einige positive Beispiele für eine erfolgreiche Reaktivierung bereits stillgelegter Bahnstrecken durch private Bahnbetreiber. EU, Bund und Kommunen sollten hier fördernd tätig werden.

Der künftige Bundesverkehrsentwicklungsplan – anstelle des heute existierenden BVWP (Kapitel 2.1.4) – sollte bei der Finanzierung die Prioritäten auf die aus Umweltsicht wichtigen Projekte zur Erhöhung der Trassenkapazitäten setzen. Hierbei ist – zusätzlich zu einer verkehrsträgerübergreifenden – auch eine Prüfung der Bauprojekte im Bahnsektor nach ihrer Relevanz für das gesamte nationale und internationale Bahnnetz wichtig, um einen effizienten Einsatz der Finanzmittel zu gewährleisten. Würden die Gelder statt für einzelne, teure Hochgeschwindigkeitsstrecken sowie prestigeträchtige Einzelprojekte mit zweifelhafter Umweltwirkung dazu verwendet, die Leistungsfähigkeit des Streckennetzes insgesamt zu erhöhen, ließe sich nicht nur der Umweltvorteil der Bahn, sondern auch deren Anteil am gesamten Verkehrsaufwand erhöhen.

► **Neubau, Ausbau und Reaktivierung von Gleisanschlüssen / Förderung des Kombinierten Verkehrs**

Um die Attraktivität der Bahn für den Güterverkehr weiter zu verbessern sollte der Bund die Bahn in der Fläche erhalten und den Neubau und / oder Ausbau von Gleisanschlüssen bspw. für große Unternehmen weiterhin fördern.

Außerdem sollte der Bund zur Steigerung des KV-Anteils am Gütertransport den Aus- und Neubau von Umschlagsanlagen fördern.

► **Verbesserung des Fahrplanangebotes im Personenverkehr**

Die Bahnbetreiber sollten durch eine dichtere Taktfrequenz und kürzere Umsteigezeiten verbunden mit hoher Anschlusssicherheit ihre Attraktivität steigern.

Ein solcher „integraler Taktfahrplan“ nach Schweizer Vorbild zeichnet sich beispielsweise durch einen Einstundentakt auf allen Hauptlinien und günstige Umsteigemöglichkeiten aus. An Knotenpunkten, an denen sich Züge längerer, durchgehender Linien kreuzen, treffen diese im Idealfall zeitgleich ein und lange Wartezeiten entfallen [VCD, 2004].

► **Telematik verstärkt einsetzen**

Weitere Effizienzsteigerungen bietet der Einsatz der Telematik, beispielsweise durch eine Erhöhung des Auslastungsgrades der Güterzüge, engere Zugdichte auf den stark befahrenen Trassen und eine Reduzierung des Anteils der Leerfahrten. Speziell an intermodalen Umschlagpunkten (Güterzentren, Häfen etc.) lassen sich dadurch mehr Güter auf die Schiene bringen und auch der Anspruch der Wirtschaft nach „just-in-time“ Transporten besser erfüllen. Die Bahnunternehmen sollten hier verstärkt investieren.

► **Abbau von Netzzugangsbeschränkungen**

Der Bund und die EU sollten sich dafür einsetzen, dass Netzzugangsbeschränkungen konsequent abgebaut werden. Die weitere Liberalisierung des Schienenverkehrs innerhalb Deutschlands, aber auch in Europa und infolge dessen eine deutliche Zunahme des intermodalen Wettbewerbs, führt zu einer Fortsetzung der bereits begonnenen Leistungssteigerung der Bahnen. Eine konsequente Umsetzung und Kontrolle der bestehenden europäischen Rechtsvorschriften ist hierbei wichtig. Auf nationaler Ebene ist der diskriminierungsfreie Netzzugang durch stärkere Regulierung des Bahnsektors durch die Bundesnetzagentur und das Eisenbahnbundesamt zu gewährleisten. Eine strikte Trennung zwischen Netz und Transport würde zudem das Diskriminierungspotenzial gegenüber anderen EVUs deutlich reduzieren.

► **Förderung der europaweiten betrieblichen und technischen Interoperabilität**

Eine Angleichung der Steuerungs- und Informationstechnik auf europäischer Ebene führt zu einer Aufhebung der technischen Beschränkungen des grenzüberschreitenden Einsatzes der Schienenfahr-

zeuge. Der Einsatz von Mehrstromloks sowie die stärkere Harmonisierung der Zulassung von Bahnfahrzeugen ist wegen der hohen Investitionen ein sehr langwieriger Prozess, den der Bund fördern sollte.

Das bereits in der Einführung befindliche Verkehrsmanagementsystem ERMTS sollte so schnell wie möglich auf den wichtigsten europäischen Schienenverkehrsachsen Einsatz finden.

Minderungspotenzial

Eine Verschiebung des Modal Split-Anteils zugunsten des Schienenverkehrs trägt zu einer CO₂-Minderung bei, da die spezifischen Emissionen pro Personen- oder Tonnenkilometer weit unterhalb der Werte des Straßenverkehrs liegen. Diese niedrigen Emissionswerte lassen sich zusätzlich durch eine Erhöhung des Auslastungsgrades der Bahn weiter verbessern.

In die Berechnungen der Tabelle 8 und Tabelle 9 wurde die Senkung der Emissionen pro Kilometer durch Änderung des Auslastungsgrades nicht einbezogen. Die Emissionen der Vorkette (z.B. Bahnstromproduktion, Förderung, Transport, Umwandlung der Energieträger) sind ebenfalls nicht einbezogen, um die Minderungspotenziale des Verkehrssektors mit anderen Sektoren vergleichen zu können.

Die in diesem Abschnitt angegebenen Minderungspotenziale beruhen allein auf einer **Verlagerung des Modal Split-Anteils von der Straße auf die Schiene**. Weitere Sparpotenziale im Bahnsektor durch technische Verbesserungen am Fahrzeug und durch optimierten Betrieb sind in Kapitel 2.4.6 aufgeführt.

Schienengüterverkehr

Durch eine konsequente und zeitnahe Umsetzung der oben aufgeführten Maßnahmen im Bahnsektor geht das Umweltbundesamt davon aus, dass sich der Modal-Split-Anteil im Güterverkehr weiter steigern lässt. Dass hohe Anteile am Güterverkehrsaufwand im Schienenverkehr bei unterschiedlichsten geographischen, betrieblichen und politischen Rahmenbedingungen möglich sind, zeigt ein Blick in die USA (42 %) [Wert für 2003; EUROSTAT, 2007] oder in die Schweiz (39 %) [Wert für 2007; UVEK, 2008].

Das Umweltbundesamt hält deshalb einen Anteil von 25 % für realisierbar. Diese Summe ergäbe sich bei Kombination der in diesem Bereich genannten Maßnahmen im Güterverkehr, also der Reform der Lkw-Maut, Verkehrsvermeidung im Güterverkehr und Förderprogramme. In Tabelle 8 berücksichtigt das Umweltbundesamt allerdings nur die Wirkung der Förderprogramme für den Gleisanschlussausbau und den kombinierten Verkehr, das zu einer Verlagerung von etwa 50 Mrd. tkm von der Straße führte.¹⁴

Tabelle 8: Verlagerung des Straßengüterverkehrs durch Fördermaßnahmen im Bahnsektor und CO₂-Sparpotenzial 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Verkehrsaufwand des Straßengüterverkehrs nach TREMOD-Trend (Mrd. tkm)	403	637	772
Verkehrsaufwand des Straßengüterverkehrs reduziert durch o.g. Maßnahmen (Mrd. tkm)	403	587	723
CO₂-Emissionsminderung gegenüber TREMOD-Trend (Mio. t)	-	2,1	1,7

Quelle: ITP/BVU, 2007; UBA/TREMOD 4.17, 2006; UBA 2009

¹⁴ Die konkrete Berechnung in [UBA 2009] sieht neben der Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene auch vor, dass ein kleiner Teil auf das Binnenschiff verlagert wird. Der Anteil ist allerdings so klein, dass das Umweltbundesamt ihn nicht als separate Maßnahme ausweist, sondern an dieser Stelle subsumiert.

Schienenpersonenverkehr

Auch für den Schienenpersonenverkehr prognostiziert das Umweltbundesamt – bei Umsetzung der fördernden Maßnahmen – eine deutliche Zunahme der Modal Split-Anteile.

Annahmen:

- ▶ Jeder Einwohner Deutschlands fährt zur Zeit rund 900 km pro Jahr mit der Bahn (BMVBS 2008). Bei der Prognose geht das Umweltbundesamt davon aus, dass die Umsetzung der o.g. Maßnahmen dazu führt, dass jeder Einwohner Deutschlands im Jahr 2030 genauso viele Kilometer mit der Bahn zurücklegt, wie es die Einwohner der Schweiz bereits heute tun (rund 2000 km).
- ▶ Der Anteil der Bahn am Modal-Split des Personenverkehrs (ohne Auslandsflüge) steigt damit auf 15 %. Auch dieser Wert wird in der Schweiz bereits heute erreicht [eigene Berechnung nach BFS, 2008].
- ▶ Bis zum Jahr 2020 hält das Umweltbundesamt einen Modal-Split-Anteil der Bahn am Personenverkehr von 11 % bei Umsetzung der o.g. Maßnahmen für erreichbar.
- ▶ Bei der Berechnung der CO₂-Minderungen geht das Umweltbundesamt davon aus, dass der Zuwachs an Fahrgästen zu 80 % aus dem Straßenverkehr, und zu 10 % aus dem Flugverkehr resultiert. Weitere 10 % des Zuwachses resultierten aus Fahrten, die bei einem weniger attraktiven Bahnangebot gar nicht durchgeführt worden wären.

Tabelle 9: Erhöhung des Schienenpersonenverkehrsanteils am Modal Split und CO₂-Sparpotenzial für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Anteil der Bahn am Modal Split des Personenverkehrs nach TREMOD-Trend (%)	7,0	7,5	7,5
Anteil der Bahn am Modal Split des Personenverkehrs durch Maßnahmen (%)	7,0	11	15
CO₂-Emissionsminderung gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	1,4	2,7
CO₂-Emissionsminderung gegenüber dem TREMOD-Trend (Mio. t)	0,0	1,9	3,2

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

Weitere Maßnahmen und CO₂-Sparpotenziale im Schienenverkehr durch technische und betriebliche Maßnahmen finden sich im Kapitel 2.4.6.

2.2.2 Binnenschifffahrt

Mit etwa 12,2 % Anteil am Güterverkehrsaufwand nimmt die Binnenschifffahrt in Deutschland eine untergeordnete Rolle ein [ITP, BVU, 2007]. Auch in den Prognosen des BMVBS [ebd.] und des Umweltbundesamt [UBA, 2009] für 2025 bleibt dieser Modal-Split-Anteil nahezu unverändert.

In der Binnenschifffahrt konzentriert sich das Aufkommen mit 220 Mio. beförderten Tonnen zu rund 88 % auf den Rhein und das angrenzende westdeutsche Kanalnetz [WSD, 2007].

Aus Perspektive des Umweltschutzes weist der Transport auf dem Wasser zwar Vorteile gegenüber dem landseitigen Lkw-Transport auf, speziell aufgrund der geringeren CO₂- und Lärmemissionen [UBA, 2008b]. Aber auch die Binnenschifffahrt wirkt sich direkt und indirekt auf die Umwelt aus und bringt vielfältige ökologische Konflikte mit sich (Flussausbau, Unterhaltungsmaßnahmen, Gewässerverunreinigungen, Wellenschlag usw.), die im Hinblick auf eine möglichst umweltverträgliche Abwicklung des Güterverkehrs zu berücksichtigen sind.

Trotz dieser negativen Umweltwirkungen ist die Binnenschifffahrt in diesem Bericht als umweltfreundlicher Verkehrsträger enthalten, da das Umweltbundesamt den Transport auf dem Binnenschiff – bei einer modernisierten, flussangepassten Flotte auf Kanälen und schiffbaren Flüssen – befürwortet.

Das Verlagerungspotenzial von der Straße auf das Binnenschiff ist jedoch gering, da das Schiff sich aufgrund der geringen Netzdichte, der geringen Geschwindigkeit und der damit einhergehenden zeitlichen Unflexibilität in der Regel nur für den Transport von Massengütern und Containern eignet. Der KV bietet durch die Kombination der Verkehrsträger auch Potenziale für die Binnenschifffahrt (Kapitel 2.2.1).

Die Flotte der deutschen Binnenschiffe (ca. 1.660 Schiffe [DESTATIS, 2008a]) hat ein Durchschnittsalter von rund 40 Jahren. Nur gut 1,5 % der Fahrzeuge wurden seit dem Jahr 2000 neu in Dienst gestellt

[PLANCO, BfG, 2007]. In der Vergangenheit erfolgte keine konsequente Weiterentwicklung von Schiffskörpern unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung.

Obwohl die Binnenschiffe im Vergleich zum Lkw geringere CO₂-Emissionen pro Tonnenkilometer aufweisen, bestehen auch innerhalb der Flotte Effizienzpotenziale, mit denen Treibstoff und somit CO₂-Emissionen eingespart werden können. Nach [Holtmann, Renner, 2007] bestehen folgende Energieeinsparpotenziale: Austausch der Hauptantriebsanlage (1 – 3 %), Austausch und Ergänzung der Propeller, Düse (4 – 6 %), Anpassung der Schiffsenden an Nutzung als Koppelverband durch Einbau eines Hartschaumkeils (5 %), weitere Anpassung der Hinterschiffsform in Kombination mit Einbau Hartschaumkeil (5 – 8 %). Die Potenziale sind nicht beliebig addierbar, jedoch wird für eine Kombination ein Einsparpotenzial von 7 – 14 % angegeben.

Maßnahmen

- ▶ Die Schiffsbauunternehmen bzw. die -betreiber sollten bei der Modernisierung der Binnenschiffflotte neue, energieeffiziente Techniken und Schiffsförmen stärker einsetzen. Zurzeit fördert bspw. die KfW-Bank die Anschaffung neuer emissionsarmer und flussverträglicher Binnenschiffe [KfW, 2009]. Der Bund und die EU sollten die Förderung in Zukunft verstärken.
- ▶ Neben dem Schiffsbau kann kurz- und mittelfristig vor allem eine Umrüstung auf effizientere Antriebe und optimierte Schiffsgestaltungen zu niedrigerem Energieverbrauch führen. Auch dies sollte durch Fördermaßnahmen auf Bundes- und EU-Ebene unterstützt werden. Neben der Energieeffizienz sollte dabei auch immer die Verringerung des Schadstoffausstoßes sowie die Flussangepasstheit berücksichtigt werden.

Annahmen [UBA, 2009]

- ▶ Pro Jahr werden etwa 2 % der Flotte modernisiert.
- ▶ In Maßnahmenkombinationen beträgt der Effizienzgewinn dabei im Durchschnitt 10 %.
- ▶ Bis 2020 weisen somit nahezu ein Viertel der Flotte um 10 % bessere Energiebilanzen auf.

Minderungspotenzial

Diese Annahmen führen jedoch nur zu einem – im Vergleich zu anderen Maßnahmen in diesem Bericht – geringeren Minderungspotenzial: in den Jahren 2020 und 2030 würden jeweils deutlich weniger als 0,1 Mio. t CO₂ eingespart werden können. Aufgrund dieses geringen Potenzials verzichtet das Umweltbundesamt darauf, dies in der Gesamtbetrachtung in Kapitel 3 separat aufzuführen.

Durch die Förderung des KV und die stärkere Nutzung des Binnenschiffs für Teile des Transportweges schätzt das Umweltbundesamt, dass bis 2025 11 Mrd. tkm verlagert werden können [UBA, 2009]. Dies spart 2020 0,5 Mio. t und 2030 0,4 Mio. t CO₂ ein.

2.2.3 Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

Bei der Gestaltung der persönlichen Mobilität im Alltag und in der Freizeit kommt dem öffentlichen Personennahverkehr eine herausragende Rolle zu, indem er eine vom privaten Auto unabhängige, zudem umweltgerechtere Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen sichert.

In den letzten Jahren gewann der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) dort neue Fahrgäste, wo er ein attraktives Angebot bietet. Gemeinsam mit dem nichtmotorisierten Verkehr (Fuß- und Radverkehr) leistet er einen zunehmenden Beitrag zur CO₂-Emissionsminderung. Besonders Agglomerationsräume weisen hohe ÖPNV-Nutzungsquoten auf [INFAS, DIW, 2004].

Allerdings bedeutet ein wachsender ÖPNV nicht zwangsläufig, dass die CO₂-Emissionen des Verkehrs insgesamt sinken. Dies ist nicht der Fall, wenn z.B. die Fahrgäste zuvor zu Fuß oder mit dem Rad unterwegs waren oder weniger und kürzere Strecken fahren. Die Verbesserung des ÖPNV sollte daher immer mit Maßnahmen zur Vermeidung des motorisierten Individualverkehrs (Kapitel 2.1) und zur Förderung des Rad- und Fußgängerverkehrs (Kapitel 2.2.4) verknüpft werden.

Die finanzielle Förderung des ÖPNV durch den Bund, die Länder und die Kommunen erfolgt bislang meist ohne Wirkungsbezug, d.h. die Gelder sind nicht an Effizienz, Qualität oder Fahrgastzahlen

gekoppelt. Zudem erfolgte im Zeitraum 2006 bis 2007 eine Kürzung der so genannten Regionalisierungsmittel von 7,1 Mrd. € auf nunmehr 6,7 Mrd. €. Ausgehend von 6,675 Mrd. € im Jahr 2008, werden die Gelder ab 2009 bis 2014 jährlich mit 1,5 % dynamisiert [VDV, 2007]. Die nach wie vor knappen Gelder erschweren die Erreichung des Ziels, den Modal Split-Anteil des ÖPNV weiter zu erhöhen. Darüber hinaus fließen Regionalisierungsmittel auch in teure und prestigeträchtige Projekte und Maßnahmen, die nur eine vergleichsweise geringe Verkehrsverlagerung und Umweltentlastung bewirken. Bisher gibt es keinen Konsens zwischen Bund, Ländern und Kommunen darüber, welches Budget für eine ausreichende Finanzierung des ÖPNV tatsächlich erforderlich ist.

Das Umweltbundesamt schlägt folgende Maßnahmen vor, um die Attraktivität der öffentlichen Verkehrsmittel zu erhöhen und so zu einer stärkeren Nutzung beitragen.

► **Verbesserung der Infrastruktur und des Services**

Ausbau und Erhalt des Streckennetzes, der Einsatz moderner, effizienter und komfortabler Fahrzeuge sowie die Gestaltung der Haltepunkte (z.B. Informationen in Echtzeit auf Anzeigentafeln an der Haltestelle und auf das Handy, Sicherheitsaspekte) fördern die Attraktivität des ÖPNV. Für den Kunden zählen weiterhin bedarfsangepasste Taktzeiten, gute Anschlussverbindungen, einfache Fahrkarten- und Tarifsysteme. Gute Beispiele sind Verbundtarife, wie die Mobilitätskarte des Großraumes Hannover oder die Verknüpfung der ÖPNV-Angebote mit Fahrradserviceangeboten. Vielfach gehören diese Konzepte seit langem zum Standard, lassen sich aber weiter verbessern, z.B. durch übertragbare ÖPNV-Jahresabonnements, Kombinationsangebote mit BahnCard, Car-Sharing, Fahrradnutzung, Liefer- und Gepäckservice.

Insbesondere in den stark auf das Auto fixierten Teilen der Gesellschaft kann dadurch das Image und die Benutzerfreundlichkeit des ÖPNV verbessert und dessen Akzeptanz erhöht werden.

► **Vorrang gegenüber dem motorisierten Individualverkehr**

Länder, Gemeinden oder Kommunen können die Position des ÖPNV auch stärken, indem sie ihm eine Vorrangstellung gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (MIV) im Straßenraum einräumen. Eigene Fahrspuren oder Vorrangschaltungen an Kreuzungen können insbesondere in dicht befahrenen Gebieten den ÖPNV schneller machen.

Ein Verkehrslenkungssystem und Parkraummanagement mit einer Verknappung und Bewirtschaftung der Parkflächen in den Innenstädten fördern zusätzlich den Umstieg auf den ÖPNV. Unterstützend kann ein Park & Ride-System wirken, das Parkplätze entlang der Einfallstraßen an ÖPNV-Haltestellen anbietet und so den Umstieg erleichtert.

► **Finanzierung des ÖPNV**

Das Umweltbundesamt entwickelte ein Konzept zur Neuordnung der ÖPNV-Finanzierung zwischen Bund, Ländern und Kommunen [UBA 2003c]. Die Höhe der öffentlichen Förderung ist „Output-orientiert“, d.h. Leistungsindikatoren sind Fahrplankilometer, Kapazitätsauslastung, Zahl der Fahrgäste und Kundenzufriedenheit. So lässt sich auch mit geringeren öffentlichen Geldern die Effizienz des ÖPNV erhöhen, der zur Lösung kommunaler Verkehrsprobleme und damit verbundener Umweltbelastungen beiträgt [ebd.]. In Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Hessen erfolgte dieser Schritt bereits durch die Novellierung des ÖPNV-Gesetzes [IFMO, 2006].

Minderungspotenzial

Die Steigerung des ÖPNV-Anteils am Modal Split führt nur bei Reduzierung der Pkw-Kilometer zu einer CO₂-Emissionsminderung.

Annahmen:

- Das Umweltbundesamt berechnet die CO₂-Emissionsminderung anhand der Verlagerung der innerörtlichen Pkw-Kilometer auf den ÖPNV und orientiert sich an den in unterschiedlichen deutschen Städten anzutreffenden Verkehrsmix (Modal Split). Während in Deutschland der gemeinsame Anteil des ÖPNV an allen Wegen bei 8 % liegt, kommen Städte wie Berlin und Nürnberg auf 28 %. Auch kleinere Städte wie z.B. Gera und Lehrte erreichen Werte von 20 %.
- Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass 10 % der innerorts Pkw-Fahrten auf den ÖPNV verlagert werden.

- ▶ Dieser Zuwachs an ÖPNV-Nutzern lässt sich nicht vollständig mit den bestehenden Fahrzeugen – auch wenn diese nur durchschnittlich zu 21 % ausgelastet sind – auffangen. Beispielsweise ist in Stoßzeiten bereits heute eine volle ÖPNV-Auslastung erreicht. Das Umweltbundesamt geht bei den Berechnungen von einer Erhöhung des Auslastungsgrades bei gleicher Flottengröße von heute 21 % auf 25 % aus. Diese Zunahme des Auslastungsgrads ist im Jahr 2012 erreicht und bleibt dann konstant. Eine größere Flotte fängt die weiteren Fahrgastzuwächse ab dem Jahr 2012 auf. Dies ist in den Berechnungen in Tabelle 10 enthalten.
- ▶ Das Umweltbundesamt nimmt an, dass keine siedlungsstrukturellen Verkehrsvermeidungsmaßnahmen getroffen werden, sondern die aktuellen Entwicklungen zur Zersiedlung anhalten.

Tabelle 10: CO₂-Emissionsminderungspotenzial durch Verlagerung des innerörtlichen Pkw-Verkehrs auf den ÖPNV und CO₂-Sparpotenzial für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs innerorts nach TREMOD-Trend (Mio. t)	42,0	29,7	24,4
Verschiebung des innerörtlichen Modal Splits vom Pkw auf den ÖPNV durch Maßnahmen (%)	0	10	10
CO₂-Emissionsminderung durch Erhöhung des ÖPNV-Anteils am Modal Split (Mio. t)	0,0	2,6	1,9

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.2.4 Fahrrad- und Fußgängerverkehr

Rad- und Fußgängerverkehr sind „Null-Emissions-Verkehrsträger“; eine Verlagerung auf diese – vor allem vom MIV – ist erstrebenswert.

Pro Tag werden in Deutschland 272 Mio. Wege mit über drei Mrd. Personenkilometern zurückgelegt [INFAS, DIW, 2004]. Davon entfallen auf die Fortbewegung mit dem Rad etwa 9 % und zu Fuß etwa 23 % bezogen auf das Verkehrsaufkommen, d.h. die Zahl der Wege [BMVBS, 2008]. Bezogen auf die Personenkilometerleistung (Pkm) machen die Fortbewegungsmittel jedoch jeweils nur etwa 3 % (2,6 % Rad; 3,3 % Fuß [ebd.]) aus. Dies sind etwa 380 km pro Person mit dem Rad und 440 km zu Fuß pro Einwohnerin und Einwohner im Jahr [INFAS, DIW, 2004; Angaben für 2002].

Im Folgenden wird v.a. der Radverkehr beschrieben, da hier mehr Untersuchungen vorliegen. Für das Zufußgehen geht das Umweltbundesamt von ähnlichen Grundannahmen (Potenzial, Gesundheitsaspekt, etc.) aus.

Es bestehen große regionale Unterschiede, die jedoch nicht von der Siedlungsdichte abhängig sind. Beispielsweise liegt der Radverkehrsanteil bezogen auf die Zahl der Wege in Bremen und im Flächenbundesland Brandenburg gleich hoch bei 17 % [ebd.], fahrradfreundliche Städte wie Münster erreichen Radverkehrsanteile um 35 % (bezogen auf die Wegezahl). Andere Großstädte wie Berlin und München haben dagegen nur einen Anteil zwischen 10 und 12 %, ähnliche Werte gelten für ländliche Räume (Radverkehrsanteil: 9 - 11 %) [ebd.]. Die Topografie spielt bei der Nutzung des Rades eine geringere Rolle als allgemein angenommen (vgl. z.B. Radverkehrsanteile in Berlin und München).

Das Potenzial des Fahrrads im Alltagsverkehr wird häufig unterschätzt, da es in erster Linie ein Verkehrsmittel für kurze Wege ist: 80 % der Radfahrten sind kürzer als 5 km. Jedoch ist auch etwa die Hälfte aller Pkw-Fahrten genau so kurz [ebd.]. 5 km ist eine Entfernung, bei der die Benutzung des Pkw in der Regel noch keinen Zeitvorteil bedeutet. Aus Umweltschutzsicht kommt hinzu: Gerade im Kurzstreckenbetrieb sind die CO₂-Emissionen von Kraftfahrzeugen besonders hoch, da wegen des kalten Motors der Kraftstoffverbrauch überproportional hoch ist. Folglich ergeben sich durch deren Verlagerung überdurchschnittliche Entlastungen gerade innerorts und über kurze Distanzen.

Für die Kommunen ist es deutlich kostengünstiger, wenn mehr Rad gefahren wird. Wäre in Deutschland die Radverkehrsleistung je Einwohner auf dem Niveau der Niederlande, so könnten die Kommunen jährlich circa 1,1 Mrd. € sparen. Der jährliche finanzielle Aufwand der Kommunen je Fahrrad-km beträgt etwa nur ein Zehntel des Aufwandes je Pkw-km. Bei verringertem MIV brauchen weniger Pkw-Stellplätze eingerichtet werden; von denen jeder mit circa 5.500 € zu Buche schlägt. Ein Fahrrad-Stellplatz kostet hingegen nur circa 100 €.

Studien belegen, dass ein moderater Ausdauersport, wie zum Beispiel Rad fahren, das Immunsystem stärkt, das Risiko für Herz-Kreislauferkrankungen und andere Erkrankungen verringert und so zu einem gesunden Leben beitragen kann [WHO, 2001; Weber, 2003]. Das wirkt sich positiv auf die Gesundheitsausgaben der Gesellschaft aus, denn circa 11,3 Mrd. € pro Jahr wendet sie für die gesundheitlichen Folgen von Bewegungsmangel auf. Der Arbeitgeberanteil bei Lohnfortzahlungen im Krankheitsfall liegt bei 27 Mrd. €. Da Radfahrer bis zu 50 % weniger krankheitsbedingte Fehlzeiten haben, eröffnet sich für die Arbeitgeber ein großes Kostenminderungspotenzial.

Ein Vergleich der Verkehrsmittelanteile des Radverkehrs und des ÖPNV in verschiedenen Städten zeigt, dass ein hoher ÖPNV-Anteil häufig mit einem geringeren Radverkehrsanteil einhergeht und umgekehrt. Zu einem gewissen Grad können beide Verkehrsmittel im Wettbewerb zueinander stehen. In vielen Bereichen und insbesondere über längere Entfernungen ergänzen sich Rad und ÖPNV jedoch. Die Wechselwirkungen der Verlagerungen auf ÖPNV oder Bahn werden in Kapitel 2 nicht berücksichtigt; im Kapitel 3 erfolgt eine Abwägung der Potenziale miteinander.

Die Nutzung des Fahrrades oder das zu Fußgehen spart auch in der Freizeit / im Urlaub Emissionen. Die hier genannten Maßnahmen und die Berechnung des Minderungspotenzials beziehen sich nur auf die Nutzung dieser „Null-Emissions-Verkehrsträger“ im Alltag.

Maßnahmen

Die Umsetzung des Konzepts nach dem Leitbild der „Stadt der kurzen Wege“ (Kapitel 2.1.1) wirkt fördernd für eine verstärkte Nutzung des Fahrrads und des Zufußgehens. In Ballungsräumen sind insbesondere die unten genannten Maßnahmen für den Alltagsverkehr der Radfahrer und Fußgänger erforderlich.

Der Nationale Radverkehrsplan der Bundesrepublik [BMVBW, 2002] benennt zudem Maßnahmen, die eine verstärkte Nutzung des Fahrradverkehrs besonders effizient fördern.

► Infrastruktur- und Serviceverbesserungen

Bund, Länder und Kommunen sollten den Rad- und Fußverkehr als wichtigen Partner im Verkehrsverbund erkennen. Sie können durch die Verbesserung des Rad- und Fußwegenetzes (beispielsweise Radwege, Fahrradspuren, breite Fußwege, Tempo-30-Zonen) die Attraktivität erhöhen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, die Sicherheit der Radfahrer und Fußgänger im Straßenverkehr zu verbessern.

Weitere Maßnahmen sind der Ausbau des Serviceangebotes für Radfahrer, wie ausreichend Abstellmöglichkeiten, Wegweiser, Fahrradstationen an Haltepunkten des ÖPNV sowie die Verknüpfung mit dem ÖPNV zur Stärkung der Nahmobilität, beispielsweise durch kundenfreundliche Mitnahmeregelungen im ÖPNV.

► Eine neue Kultur des Radfahrens und Zufußgehens im Alltag verankern

Gut ausgebaute Infrastruktur- und Serviceeinrichtungen allein reichen nicht, um mehr Menschen zum Radfahren und Zufußgehen zu bewegen. Es bedarf weiterer Bildungs- und Aufklärungsarbeit beginnend im frühen Kindesalter, um eine Imageverbesserung dieser Mobilitätsformen zu erreichen und die Einbeziehung des Rad- und Fußverkehrs in die Alltagskultur (Mobilitätserziehung, Einkaufen, Kurierdienste) zu verbessern. Die weiteren Vorteile des Radfahrens und Zufußgehens – bessere Gesundheit und Fitness, höhere Flexibilität und Mobilität, Naturverbundenheit usw. – sollten im Rahmen integrierter Konzepte vermittelt und bekannt gemacht werden. So lassen sich Synergieeffekte beispielsweise durch Verknüpfen mit aktuellen Trends wie Fitness, Aktivurlaub und Naturerleben – nutzen, um die Null-Emissions-Verkehrsträger Fuß und Rad zu stärken. Unterstützend kann eine Marketingstrategie wirken, die dazu beiträgt, dass Radfahren und Zufußgehen verstärkt mit einem positiven Image in den Medien – z.B. in Fernsehserien, Filmen – präsent sind.

► Einbeziehung des Fahrrads in das betriebliche Mobilitätsmanagement

Auch Unternehmen können das Radfahren ihrer Beschäftigten, Zulieferer und Kundinnen sowie Kunden gezielt fördern, indem sie es in ihr Mobilitätsmanagement einbeziehen. Gerade der Einzelhandel sollte Abstellflächen für Fahrräder verstärkt zur Verfügung stellen und so das Einkaufen mit dem Rad unterstützt werden.

Minderungspotenzial

Die Berechnung des Minderungspotenzials erfordert es, das Verlagerungspotenzial vom motorisierten Verkehr – d.h. vom Auto, Kraftrad, Bus und Bahn – auf den Rad- und Fußverkehr zu schätzen. Dies ist schwierig, da hierfür bisher kein gesichertes Verfahren vorliegt.

Annahmen

- ▶ Für die Schätzung des Verlagerungspotenzials auf den Fuß- und Radverkehr orientiert sich das Umweltbundesamt an den in Deutschland in unterschiedlichen Städten anzutreffenden Verkehrsmix (Modal Split). Während in Deutschland der gemeinsame Anteil von Fuß- und Radverkehr an allen Wegen bei 32 % liegt, erreichen Städte unterschiedlicher Größe wie Freiburg, Dessau und Greifswald Werte über 50 %.
- ▶ In die Berechnung bezieht das Umweltbundesamt nur Fahrten kürzer 5 km ein, da dieser Aktionsradius heute 80 % der Radfahrten beinhaltet und somit eine repräsentative Größe mit hohem Verlagerungspotenzial darstellt.
- ▶ Das Umweltbundesamt nimmt deshalb an, dass eine Verlagerung von 50 % der Pkw-Fahrten kürzer 5 km innerorts für die Jahre 2020 und 2030 realisierbar ist [INFAS, DIW, 2004; Angaben für 2002] [BMU 2008].
- ▶ In den TREMOD-Emissionsfaktoren ist der höhere Kraftstoffverbrauch bei kurzen Wegen berücksichtigt.
- ▶ Die Kommunen können die Maßnahmen kurz- bis mittelfristig umsetzen, die Nutzung der Angebote und die Entwicklung einer Radfahrkultur zeigt jedoch erst längerfristig Wirkung. Das Umweltbundesamt geht jedoch davon aus, dass die 50 % Verlagerung bis 2020 erreicht sein werden.
- ▶ Die sich aus den Annahmen ergebende durchschnittliche Radverkehrsleistung (heute: etwa 380 km pro Pers./Jahr [BMVBW, 2006]) steigt um 180 km im Jahr 2020 und um circa 190 km im Jahr 2030 pro Person an. Die annähernd gleichen Zuwächse werden für den Fußverkehr (heute: etwa 440 km pro Pers./Jahr [BMVBW, 2006]) angenommen. Im Jahr 2030 werden somit im Durchschnitt knapp 1.200 km pro Person und Jahr in Deutschland zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt. Zum Vergleich: in den Niederlanden und Dänemark liegt bereits heute allein die Radverkehrsleistung etwa 3 – 4 x höher, als in Deutschland also bei etwa 1.140 – 1.520 km [BMVBW, 2002].

Tabelle 11: CO₂-Minderungspotenzial durch Verlagerung von Pkw-Fahrten kleiner 5 km auf den Rad- und Fußverkehr für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs kleiner 5 km nach TREMOD-Trend (Mio. t)	13,9	10,0	8,0
Verlagerung von Pkw-Fahrten unter 5 km auf Rad- und Fußverkehr (%)	0	50	50
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	5,0	4,0

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.2.5 Car Sharing

Die Anschaffung eines Autos ist für das individuelle Mobilitätsverhalten eine wichtige Vorentscheidung. Eine gleichberechtigte Wahl der Verkehrsmittel besteht danach nicht mehr. Das gemeinsame Nutzen eines Fahrzeugs – neudeutsch Car Sharing genannt – kann hierzu eine Alternative sein, die Vorteile des Autos nutzt, ohne die individuelle Verkehrsmittelwahl langfristig zu Lasten umweltverträglicherer Alternativen zu binden. Car Sharing umfasst sowohl das privat organisierte Teilen von Autos durch mehrere Haushalte als auch die Angebote kommerzieller Anbieter, die ihren Mitgliedern / Kundinnen und Kunden einen Fuhrpark zur Verfügung stellen. Innerhalb dieses Fuhrparks können sich die Nutzerinnen und Nutzer bewusst für die gerade notwendige Fahrzeuggröße entscheiden. Die Preisstaffelung nach Wagengröße fördert die Nutzung kleinerer, umweltgerechterer Fahrzeuge.

Eine weitere Form des „Auto-Teilens“ ist das Bilden von Fahrgemeinschaften, das in Kapitel 2.5.4 näher beschrieben wird.

Kommerzielle Car Sharing-Flotten besitzen meist moderne Fahrzeuge. Einer Studie aus der Schweiz zufolge liegt der Durchschnittsverbrauch der Car Sharing-Flotte (6,5 l/100 km) unter dem Durchschnittsverbrauch der Neuwagen (7,7 l/100 km) sowie der gesamten Pkw-Flotte (8,7 l/100 km) [HAEFE-LI ET AL., 2006]. Für Deutschland liegen bislang keine Daten vor. Es existiert aber ein Umweltzeichen „Blauer Engel“ für Car Sharing Unternehmen. Die Vergabekriterien wurden im Februar 2007 aktualisiert und schreiben den Zeichennehmern für die mittlere CO₂-Emission der Car Sharing Flotte einen Wert von 140 g/km für Neuwagen ab 2008 vor [RAL-UZ 100, 2007].

Weil Car-Sharing-Nutzer bei jeder einzelnen Fahrt die vollen betrieblichen Kosten der Fahrzeugnutzung bezahlen müssen, entsteht ein erheblicher Anreiz, wesentlich weniger mit dem Auto zu fahren als bei Besitz eines Privat-Pkw.

Maßnahmen

► Erhöhung des Bekanntheitsgrades, der Akzeptanz

Durch zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit ist der Bekanntheitsgrad zu erhöhen, die Vorteile für die und den Einzelnen (mehr Flexibilität, keine Anschaffungs- und Unterhaltskosten) zu vermitteln und das Image zu verbessern, um weitere Bevölkerungskreise zu erreichen.

Eine enge Zusammenarbeit mit ÖPNV- und Radverkehrsangeboten (Tarifsysteme, Standorte) ist notwendig, um die Umweltvorteile des Car Sharings zu fördern und die Fahrleistungsverlagerung vom Individualverkehr und nicht vom ÖPNV abzuziehen.

► Verbesserung der Infrastruktur

Die Kommunen müssen zur Verbesserung der Infrastruktur vor allem ausreichend Stellflächen an strategisch sinnvollen Punkten im Stadtgebiet bereitstellen. Diese Ausweisung von „Sonderparkflächen“ ist nur über eine Änderung der Straßenverkehrsverordnung möglich. In seiner Sitzung am 03.04.2009 hat der Bundesrat die Änderung des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) und der Straßenverkehrsordnung (StVO) beschlossen. Die Gesetzesänderung soll Kommunen die Ausweisung von Car Sharing-Stellplätzen im öffentlichen Straßenraum ermöglichen. Die Bundesregierung muss dem Gesetzesentwurf noch zustimmen [BSC, 2009].

Minderungspotenzial

Das CO₂-Minderungspotenzial des Car Sharings hängt primär vom Nutzerverhalten ab. Auch wenn ein nennenswerter Teil der Nutzerinnen und Nutzer mit Car Sharing auf ein eigenes Auto verzichtet, lässt sich der Unterschied zwischen den CO₂-Emissionen mit und ohne Car Sharing nur schwer schätzen. Seine Wirkung entfaltet das Car Sharing überwiegend erst im Zusammenspiel mit anderen Verkehrsmitteln des Umweltverbundes (ÖPNV, Bahn, Rad- und Fußverkehr). Insgesamt dürften die allein durch Car Sharing erreichbaren CO₂-Emissionsminderungen gering sein. Car Sharing dürfte eher dazu beitragen, dass die CO₂-Minderungspotenziale des Umweltverbunds realisierbar werden. Das Umweltbundesamt verzichtet daher auf eine eigene Berechnung der damit erreichbaren CO₂-Emissionsminderungen.

2.3 Ökonomische Maßnahmen

2.3.1 Marktorientierte Instrumente im Flugverkehr

Der Flugverkehr stellt ein wachsendes Problem für den Klimaschutz dar. Hauptgrund ist der stark steigende Verkehrsaufwand. Gemäß den Vorhersagen der Internationalen Zivilen Luftfahrtorganisation (ICAO) ist für Europa im Zeitraum 2005 bis 2020 etwa eine Verdopplung des Flugverkehrsaufwands zu erwarten [ICAO, 2007]. Die damit verbundene Erhöhung der Gesamtemissionen lässt sich durch technische Maßnahmen allein wie Kraftstoff sparende Triebwerke, strömungsgünstiges Design, und flugbetriebliche Maßnahmen zwar bremsen, aber nicht verhindern. Von besonderer Bedeutung sind der Eintrag von CO₂ und NO_x in großen Höhen, die Emission von Wasserdampf, der u. a. durch die Bildung von Kondensstreifen zu einer Erwärmung der Atmosphäre beiträgt, und die Bildung von Zirruswolken. Die Klimawirksamkeit der Emissionen des Flugverkehrs ist wegen der genannten Effekte mindestens doppelt so hoch wie durch den CO₂-Ausstoß allein. Der Flugverkehr hatte im Jahr 2000 Anteile von

2 - 8 % an dem durch den Menschen verursachten Treibhauseffekt [IPCC, 2007].

Der internationale Flugverkehr ist vom Kyoto-Protokoll ausgenommen. Auf internationaler Ebene ist daher auch durch die Klimarahmenkonvention keine wirksame Begrenzung der Treibhausgasemissionen des Flugverkehrs zu erwarten. Die Zuständigkeit wurde stattdessen auf die ICAO übertragen, die aber bisher kein tragfähiges Konzept vorlegen konnte.

Darüber hinaus profitiert der Flugverkehr in der EU erheblich von Steuersubventionen in Höhe von vielen Mrd. Euro pro Jahr.

Maßnahmen

Das Umweltbundesamt schlägt folgende Maßnahmen vor:

- ▶ Die Mehrwertsteuerbefreiung ist bei grenzüberschreitenden Flügen aufzuheben. In Deutschland wird nur für inländische Flüge eine **Mehrwertsteuer** erhoben. Mit der Erhebung einer europaweiten Mehrwertsteuer würden einheitliche Rahmenbedingungen bei grenzüberschreitenden Flügen geschaffen. Diese hat allerdings auf Geschäftsreisen mit circa 40 % Anteil an den Flügen wegen des Vorsteuerabzugs keinen Einfluss. Allein die Tatsache, dass für grenzüberschreitende Flüge keine Mehrwertsteuer gezahlt werden muss, entlastet den Flugverkehr jährlich europaweit um circa 18 Milliarden Euro, wenn hierbei der Durchschnitt der Steuersätze der EU-25-Staaten angesetzt wird [EEA, 2007].
- ▶ Der Flugverkehr ist nicht länger von der **Kerosinsteuer** zu befreien. Die Treibstoffkosten machen zurzeit – je nach Marktsegment und Kostenstruktur der Fluggesellschaften – etwa zwischen 4 und 22 % der Gesamtkosten der Luftfahrtgesellschaften aus. Die EU-Energiesteuerrichtlinie sieht ab dem Jahr 2010 einen Mindeststeuersatz von 33 Cent pro Liter Kerosin vor. Dies ist die unterste Grenze dessen, was zur steuerlichen Gleichbehandlung der Verkehrsträger und zur Vermeidung von Wettbewerbsverzerrungen im Verkehrsbereich gegenüber Kraftfahrzeugen und der Bahn notwendig ist.
- ▶ Der Flugverkehr ist in den **Emissionshandel** einzubeziehen. Die EU hat beschlossen, ab dem Jahr 2012 den Flugverkehr in das EU-Emissionshandelsystem (ETS) einzubeziehen. Allerdings werden dabei nur die CO₂-Emissionen erfasst. Notwendig ist die Einbeziehung aller klimawirksamen Emissionen aus dem Flugverkehr.

Minderungspotenzial

Die Berechnung des Minderungspotentials geht von folgenden Annahmen aus

- ▶ Die Minderung erfolgt vorrangig nicht durch Effizienzverbesserungen sondern aufgrund des preisbedingten Nachfragerückgangs.
- ▶ Der Flugverkehr wird zwischen Billigfluggesellschaften und Flaggengesellschaften, zwischen touristischen und Geschäftsreisen sowie zwischen Kurz-, Mittel- und Langstreckenflügen aufgeteilt.
- ▶ Innerhalb jedes Segments wird jeweils eine konstante Preiselastizität angesetzt.
- ▶ Für den Split zwischen Billigfluggesellschaften und Flaggengesellschaften wurde eine Verschiebung zugunsten der Billigfluggesellschaften unterstellt.

Insoweit entsprechen die Annahmen dem Vorgehen in Politikszenerarien IV [UBA, 2007b]. Darüber hinaus wurden abweichend von Politikszenerarien IV folgende Besonderheiten berücksichtigt.

- ▶ Die Kerosinsteuer wurde aktualisiert und statt mit 30,2 Cent mit 33 Cent pro Liter angesetzt.
- ▶ Der Emissionshandel wurde mit einem Multiplikator von 2 versehen, wodurch sich seine preisliche Wirkung verdoppelt.
- ▶ Eine Mehrwertsteuer von 19 % wurde implementiert. Aus Gründen des Vorsteuerabzugs im gewerblichen Bereich wurde diese nur für touristische Flüge angewendet.
- ▶ Die Berechnungsmethodik wurde korrigiert. In Politikszenerarien IV wurden prozentuale Preiserhöhungen der einzelnen Nachfragesegmente mit den Elastizitäten multipliziert um die prozentuale Änderung der Nachfrage zu erhalten. Dieser Ansatz bietet nur für kleine Werte richtige Lösungen. Bei größeren Preisänderungen kann (konstante Elastizitäten vorausgesetzt) von einer Proportionalität zwischen dem Preis potenziert mit der Elastizität und der Nachfrage ausgegangen werden. Dies liefert tendenziell geringere Minderungspotenziale als in Politikszenerarien IV.

Tabelle 12: Minderung der Flugverkehrsemissionen des von deutschen Flughäfen abgehenden Flugverkehrs bis zur ersten Landung durch die Einführung von Abgaben für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emissionen Flugverkehr, TREMOD-Trend (Mio. t)	25,4	42,1	53,0
CO₂-Emissionen Flugverkehr, nach Maßnahme (Mio. t)	23,6	26,5	32,9
CO₂-Emissionsminderung gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0,0	37,0	38,0
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	15,6	20,1

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006 sowie weitere UBA-Berechnungen

Auch in dieser Tabelle sind – wie bei allen anderen Maßnahmen auch – die direkten CO₂-Emissionen und deren Minderung angegeben. Die Klimawirksamkeit der Emissionen des Flugverkehrs ist wegen der vorstehend genannten Effekte mindestens doppelt so hoch wie durch den CO₂-Ausstoß allein.

2.3.2 Ausweitung und Weiterentwicklung der Lkw-Maut

Die Lkw-Maut sorgt für eine verursachergerechte Anlastung der Wegekosten, d.h. der Kosten für den Erhalt und den Ausbau des Autobahnnetzes. Die aus Sicht der Gesellschaft notwendige vollständige Umsetzung der Internalisierung aller externen Kosten – also auch der Umwelt-, Unfall- und Gesundheitskosten – lässt sich nur über eine Weiterentwicklung der bestehenden EU-Wegekostenrichtlinie (2006/38/EG) erreichen [UBA, 2007d].

Seit der Einführung der Lkw-Maut am 1. Januar 2005 unterliegen inländische und ausländische Lkw ab 12 t zulässigem Gesamtgewicht der Mautpflicht auf deutschen Autobahnen. Die Bundesregierung verfolgt mit der Straßenverkehrsabgabe folgende Ziele:

- ▶ Verursachergerechte Anlastung der Wegekosten,
- ▶ Finanzielle Sicherung der Unterhaltung und des weiteren Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur. Das Umweltbundesamt sieht den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur kritisch, weil dieser neuen Verkehr induziert.
- ▶ Anreize schaffen, um Straßengütertransporte auf Bahn und Binnenschiff zu verlagern sowie zum effizienteren Einsatz der Lkw,
- ▶ Förderung innovativer Technologien.

Differenziert nach Achslast und Abgasemissionsklasse zahlen Lkw derzeit zwischen 14,1 und 28,8 Cent je Kilometer auf deutschen Autobahnen, im Mittel 16,3 Cent. Für den Endverbraucher entstehen dadurch keine nennenswerten Mehrkosten. Auch bei Weitergabe der Kosten in voller Höhe, liegen mautbedingte Preissteigerungen fast durchweg unter 0,15 Prozent, da der Anteil der Transportkosten an den gesamtwirtschaftlichen Kosten gering ausfällt [BMVBS, 2009].

Die Lkw-Maut hat positive Umweltwirkungen, insbesondere durch die Differenzierung der Mautsätze nach den Abgasemissionen. Zum Beispiel forcierte sie das vorzeitige Inverkehrbringen neuer Fahrzeuge, die den Emissionsanforderungen nach EURO 5 entsprechen. Die Wirkungen auf die CO₂-Emissionen sind dabei allerdings sehr gering.

Die Lkw-Maut kann bei bestimmter Gestaltung wesentlich stärker zu einem umweltverträglicheren Güterverkehr beitragen, als es derzeit der Fall ist. Damit lassen sich die Ziele einer nachhaltigen Gütermobilität unterstützen, nämlich die Verkehrsentwicklung vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln, mehr Güter auf die Schiene und das Binnenschiff zu verlagern und die Transportkapazitäten im Straßengüterverkehr besser auszulasten. Hierzu muss die Bundesregierung die Lkw-Maut konsequent anhand von Umweltzielen weiterentwickeln.

Die im Jahr 2006 novellierte Wegekostenrichtlinie 2006/38/EG, in der die europarechtlichen Grundlagen für die Erhebung einer Lkw-Maut in den EU-Mitgliedstaaten festgelegt sind, erweiterte den Spielraum zur Gestaltung der Maut deutlich. So besteht die Möglichkeit die Mautsätze wesentlich stärker nach Umweltaspekten zu differenzieren und Mautzuschläge für ökologisch sensible Gebiete zu erheben. Darüber hinaus erleichtert die Richtlinie die Einführung einer Maut auch außerhalb von Autobahnen.

Eine Anlastung externer Kosten, z.B. infolge von Umweltschäden oder Verkehrsunfällen, über die Maut ist bisher nicht zulässig. Die Europäische Kommission hat am 8. Juli 2008 einen Vorschlag zur Änderung der Wegekostenrichtlinie vorgelegt. Nachdem der Vorschlag verschiedene EU-Gremien durchlaufen hat, liegt er nun dem EU-Verkehrsministerrat vor. Dieser konnte sich bisher zu keiner Entscheidung durchringen. Hauptstreitpunkt unter den EU-Staaten ist die Frage, ob neben Luftschadstoff- und Lärmkosten auch Staukosten erhoben werden sollen.

Staukosten sind aus unserer Sicht keine externen Kosten, da die Verursacher der Staus gleichzeitig deren Geschädigte sind. Das Umweltbundesamt sieht für eine Internalisierung der Staukosten keine Notwendigkeit.

Klimakosten, Schäden an Natur und Landschaft sowie nicht von den Versicherungen getragene Unfallkosten fehlen bisher gänzlich im Änderungsvorschlag und sollten dringend internalisiert werden.

Die EU-Kommission plant Obergrenzen für die Anrechnung der externen Kosten die aus Umweltsicht (v. a. in sensiblen Regionen wie den Alpen) zu niedrig angesetzt sind.

Maßnahme

- ▶ Auf Basis der bestehenden EU-Wegekostenrichtlinie 2006/38/EG sollte die Lkw-Maut auf das gesamte Straßennetz und auf alle Lkw ab 3,5 Tonnen ausgeweitet werden. Ausweichverkehre werden dadurch besser vermieden. Vor allem aber entstehen der Gesellschaft durch den Lkw-Verkehr auch auf dem nachgeordneten Straßennetz Kosten, welche die Verursacher tragen sollten.
- ▶ Die Mautsätze sind darüber hinaus stärker nach Umweltaspekten – unter Berücksichtigung einer CO₂-Komponente, die den Anreiz zum Kauf verbrauchsärmerer Lkw erhöht – zu differenzieren.
- ▶ Weiterhin sollte es keine Ausnahmen mehr geben (z.B. für Reisebusse oder Schaustellerfahrzeuge), um auch für diese Fahrzeuge die Wegekosten fair anzulasten und Effizienzverbesserungen anzustoßen.
- ▶ Die Bundesregierung sollte auf eine Änderung der bestehenden EU-Wegekostenrichtlinie hinwirken, so dass die externen Kosten des Straßenverkehrs bei der Kalkulation der Mautgebühren einfließen können.
- ▶ Unter Berücksichtigung der externen Umwelt-, Gesundheits-, Unfall- und Infrastrukturkosten ist eine Anhebung der Maut auf durchschnittlich mindestens 37,4 Cent je Kilometer gerechtfertigt [GWS, 2004 / UBA, 2007e und eigene Berechnungen].

Diese Maßnahmen entfalten ihre Wirkung am besten in Kombination mit einer Verbesserung des Angebotes im Schienengüterverkehr (Kapitel 2.2.1), da dann mehr Gütertransporte vom Lkw auf die Bahn verlagert werden können.

Minderungspotenzial

Im Vergleich zur derzeitigen Lkw-Maut führt die vorgeschlagene Ausweitung und Weiterentwicklung der Maut zu einer geringeren Zunahme des Verkehrsaufwands. Darüber hinaus wird die Auslastung der Fahrzeuge weiter zunehmen. Wegen der höheren Kosten des Straßengüterverkehrs verlagern sich mehr Transporte auf andere Verkehrsträger und die durchschnittlichen Transportentfernungen und -häufigkeiten nehmen ab.

Bei der Schätzung der Wirkung der Maßnahme zur CO₂-Minderung fließen folgende Annahmen ein:

- ▶ Ausweitung der Lkw-Maut auf das gesamte Straßennetz ab 2015
- ▶ Ausweitung der Lkw-Maut auf Lkw ab 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht ab 2015
- ▶ schrittweise Erhöhung der Maut auf 37,4 Cent je Kilometer von 2010 bis 2020¹⁵

Anhand dieser Annahmen prognostiziert das Umweltbundesamt eine Minderung des Lkw-Verkehrs bis 2025 um rund 12 % – resultierend aus knapp 8 % durch Vermeidung von Straßengüterverkehr sowie gut 4 % durch Verlagerung auf die Schiene [UBA 2009].

¹⁵ Kostensätze sind ohne Inflation und daher in Werten von 2005 wiedergegeben.

Tabelle 13: Emissionsminderung durch Ausweitung und Weiterentwicklung der Lkw-Maut gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emissionen aus dem Lkw-Verkehr TREMOD-Trend (Mio. t)	36,7	44,4	46,8
CO₂-Emissionen nach Maßnahme Lkw-Maut (Mio. t)	36,7	39,9	42,6
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	-	4,5	4,2

Quelle: ITP/BVU, 2007; UBA/TREMOD 4.17, 2006; UBA 2009

2.3.3 Anpassung bestehender Steuern auf Fahrzeuge und Kraftstoffe

Mit der Kfz-Steuer und der Energiesteuer auf Kraftstoffe¹⁶ bestehen aufkommenstarke Steuern auf den Straßenverkehr, mit denen der Staat einen erheblichen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung des Verkehrs ausüben kann. Die Differenzierung der Kfz-Steuer anhand von Emissionsklassen sowie die Öko-steuer (d.h. die Erhöhung der Kraftstoffsteuern) wurden bereits gezielt für umweltpolitische Ziele eingesetzt. Um den Anreiz für die Käuferinnen und Käufer sowie Nutzerinnen und Nutzer von Kraftfahrzeugen zu erhöhen, CO₂-Emissionen zu vermindern, schlägt das Umweltbundesamt darüber hinaus folgende Maßnahmen vor:

- ▶ Erhöhung der Energiesteuer auf Kraftstoffe und Besteuerung auf Basis des Kohlenstoffgehalts der Kraftstoffe,
- ▶ CO₂-bezogene Kraftfahrzeugsteuer.

▶ Erhöhung der Energiebesteuerung von Kraftstoffen

1999 führte die Bundesregierung im Rahmen der Ökologischen Steuerreform eine Erhöhung der Mineralölsteuer durch. In mehreren Schritten wurde die Energiesteuer auf Otto- und Diesel-Kraftstoff im Straßenverkehr um anfangs 3,07 Cent pro Liter bis 2003 erhöht. Dadurch erhöhte sich der Kraftstoffpreis für Benzin um circa 15 % und für Diesel um circa 18 %. Für den durchschnittlichen Pkw-Betrieb mit einer jährlichen Fahrleistung von 15.000 km und einem durchschnittlichen Benzinverbrauch von 8 l/100 km bedeutet dies Mehrkosten in Höhe von 184 EURO im Jahr. Für ein verbrauchsgünstiges Fahrzeug mit einem durchschnittlichen Verbrauch von 5 l/100 km reduzieren sich die Mehrkosten auf 115 EURO pro Jahr.

Seit der Erhöhung der Energiesteuer kehrte sich der Trend zu kontinuierlich steigendem Kraftstoffverbrauch in Deutschland um. Der Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr sank zwischen 1999 und 2005 um 0,7 Mio. t [TREMOD, 2006]. Das Umweltbundesamt begrüßt diese Entwicklung und möchte sie durch folgende Maßnahmen in Zukunft weiter fortsetzen.

Maßnahmen

Durch eine Erhöhung der Energiesteuer auf Kraftstoffe entstehen ökonomische Anreize zum Kraftstoffsparen und damit zur CO₂-Minderung. Bei einer Erhöhung der Kraftstoffbesteuerung um jährlich 3 Cent je Liter ab 2010 ergäben sich die in Tabelle 14 dargestellten Energiesteuersätze. Diese bilden im Folgenden die Grundlage für die Berechnung der Emissionsminderungspotenziale.

Tabelle 14: Anhebung der Energiesteuersätze in den Jahren 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Energiesteuer - ohne Maßnahme Benzin/Diesel (Cent/l)	65,45/ 47,04	65,45/ 47,45	65,45/ 47,45
Energiesteuer - mit Maßnahme Benzin/Diesel (Cent/l)	65,45/ 47,04	95,45/ 86,64	125,45/ 116,64

¹⁶ Die Umsetzung der Energiesteuer-Richtlinie der Europäischen Union in nationales Recht machte es erforderlich, das deutsche Mineralölsteuerrecht grundlegend neu zu gestalten. Am 1. August 2006 trat daher das Energiesteuergesetz in Kraft und löste das bis dahin geltende Mineralölsteuergesetz ab.

Energiesteuer auf Basis des Kohlenstoffgehalts der Kraftstoffe: Der Unterschied der Energiesteuer auf Benzin- und Dieseldieselkraftstoff in Höhe von 0,18 Euro ist aus klimapolitischer Sicht nicht gerechtfertigt. Dieseldieselkraftstoff hat einen höheren Kohlenstoffgehalt als Benzin und erzeugt bei der Verbrennung pro Liter etwa 13 % höhere CO₂-Emissionen. Die geringeren Kraftstoffkosten für Diesel führen – zusammen mit dem ohnehin geringeren Durchschnittsverbrauch von Diesel-Pkw – dazu, dass die Fahrleistungen in 2007 bei Diesel-Pkw mit etwa 21.600 Kilometer deutlich höher sind als bei Otto-Pkw mit etwa 11.800 Kilometern [BMVBS, 2008]. Außerdem werden Diesel-Pkw vorzugsweise für den Betrieb mit hohen jährlichen Fahrleistungen eingesetzt, da sich nur so der Mehrpreis gegenüber einem Otto-Pkw in absehbarer Zeit amortisiert. Unter anderem aus diesen Gründen stieg auch der Anteil der Diesel-Pkw an den Neuzulassungen stark und lag im Jahr 2008 bei 44 % [KBA, 2009]. Um zu einer Gleichbehandlung klimapolitisch gleicher Tatbestände zu gelangen, muss sich die Energiesteuer auf den Kohlenstoffgehalt des Kraftstoffs beziehen.

Die Energiesteuer sollte in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt des jeweiligen Kraftstoffes erhoben werden. Das Umweltbundesamt schlägt vor, dass die Bundesregierung diese Anpassung schrittweise über 4 Jahre von 2011 bis 2015 umsetzt [UBA, 2007b]. Der Bezug auf den Kohlenstoffgehalt des Kraftstoffes ist deshalb aus Umweltsicht sinnvoll, weil die CO₂-Emissionen direkt vom Kohlenstoffgehalt abhängen. Der bei der Kfz-Steuer vorgesehene Ausgleich des Energiesteuervorteils für Diesel-Pkw kann damit entfallen.

Minderungspotenzial

Für die Berechnung des Minderungspotenzials nimmt das Umweltbundesamt an, dass eine Erhöhung der Treibstoffpreise um 1 % zu einer Minderung des Kraftstoffverbrauchs um 0,25 % führt (Elastizität der Kraftstoffnachfrage von -0,25). Bei der Schätzung der Wirkung der Maßnahme zur CO₂-Minderung fließen folgende Ergebnisse aus Literaturquellen ein:

1. Das Institut für angewandte Tourismusforschung untersuchte im Auftrag des BMVBS anhand der ökologischen Steuerreform 1999-2003 die Änderungen der Verkehrsnachfrage und des Kraftstoffverbrauchs bei Pkw. Demnach seien kurzfristige Preiselastizitäten zwischen -0,2 und -0,3 schlüssig. Die Studie bezweifelt, dass es zu langfristigen Effekten komme [IVT, 2004].¹⁷
2. HANLY ET AL. weist als mittleren Koeffizienten für die kurzfristige Kraftstoffnachfrage -0,25 und für die langfristige Nachfrage -0,64 nach [HANLY ET AL., 2002].
3. Für den Güterverkehr kommen ROTHENGATTER und DOLL 2001 nach Auswertung mehrerer Studien zu dem Ergebnis, dass die Fahrleistungen eine Kraftstoffpreiselastizität zwischen -0,2 und -0,3 aufweisen. [UBA 2001a].

Für die Berechnung geht das Umweltbundesamt von einem Ausgangsniveau der Kraftstoffpreise von rund 1,20 EURO pro Liter Kraftstoff aus. Die oben genannte Erhöhung der Energiesteuer um 30 Cent bis 2020 führt nach Berechnung des Umweltbundesamtes zu einer Reduzierung der durch den motorisierten Straßenverkehr erzeugten CO₂-Emissionen gegenüber dem TREMOD-Trendszenario um 6,3 % und die Erhöhung um weitere 30 Cent im Jahr 2030 zu einer CO₂-Emissionsminderung um etwa 12,5 % gegenüber dem Trend.

Tabelle 15: Erhöhung der Energiesteuer und CO₂-Emissionsminderung für den motorisierten Straßenverkehr gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Kraftstoffverbrauch Otto/Diesel nach dem TREMOD-Trend (Mio. t)	50,8	52,4	49,7
Kraftstoffverbrauch Otto/Diesel mit Maßnahmen (Mio. t)	50,8	49,1	43,5
CO₂-Emissionsminderung durch Maßnahme: gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	6,3	12,5
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	9,5	17,9

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

¹⁷ Nach Modellrechnungen des DIW mit Hilfe des Modells LEAN bewirkte die ökologische Steuerreform 1999-2003 Minderungen der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor um 8,4 % im Jahr 2010 gegenüber dem Trend [DIW, 2005, S. 19]. Die damit berechnete Minderung liegt deutlich über den in der vorliegenden Studie vom UBA/TREMOD berechneten Werten, könnte jedoch noch Effekte weiterer Komponenten der ökologischen Steuerreform enthalten.

Die hier vorliegende Berechnung geht von der Annahme aus, dass die Energiesteuererhöhung in ähnlichen Umfang in den meisten Nachbarländern Deutschlands stattfindet. Ohne eine Harmonisierung der Kraftstoffbesteuerung würden sich die CO₂-Emissionen wegen der zunehmenden grauen Importe von Kraftstoff („Tanktourismus“) weniger stark verringern.

Sollte eine Harmonisierung der Energiesteuer auf Kraftstoffe scheitern, ist – ergänzend zu einer möglichen Erhöhung der Energiesteuer – auch die Einführung einer Pkw-Maut in Betracht zu ziehen. Diese hat den Vorteil, dass sie unabhängig vom Ort der Betankung des Fahrzeugs gilt, erfordert allerdings einen erheblich höheren administrativen Aufwand.

► CO₂-bezogene Kraftfahrzeugsteuer

Kfz-Steuer: Die nach Abgaswerten differenzierte Kfz-Steuer hat in der Vergangenheit zur Förderung schadstoffarmer Fahrzeuge geführt und beschleunigte maßgeblich die Entwicklung und Nutzung umweltverträglicherer Straßenfahrzeuge. Die Anforderungen an die Schadstoffemissionen für neu zugelassene Fahrzeuge wurden EU-weit deutlich verschärft. Die Abgasstandards sind damit auf sehr hohem Niveau. Die Kfz-Steuer lässt sich nun zusätzlich nutzen, um die Markteinführung CO₂-armer Fahrzeuge zu fördern. Das Umweltbundesamt begrüßt daher die Neuregelung der Kfz-Steuer für ab dem 1. Juli 2009 neu zugelassene Pkw.

Als Steuerbemessungsgrundlage für neue Pkw werden die nach den verkehrsrechtlichen Vorschriften für den Fahrzeugtyp oder das Einzelfahrzeug ermittelten CO₂-Emissionen und der Hubraum zugrunde gelegt. Diese Daten sind in der Zulassungsbescheinigung angegeben.

- Die daran anknüpfende Besteuerung begünstigt mit einem CO₂-Freibetrag (Grenze 120 g CO₂/km) besonders verbrauchsarme Pkw. Der CO₂-Steuersatz oberhalb 120 g CO₂/km beträgt linear 2 EURO je g/km. Ab 2012 sinkt der Freibetrag auf 110 g CO₂/km und ab 2014 auf 95 g CO₂/km.
- Es gibt einen hubraumbezogenen Steuersatz von 2,00 EURO je angefangene 100 ccm Hubraum für Benzin und 9,50 EURO je angefangene 100 ccm Hubraum für Diesel-Pkw.
- Für Bestandsfahrzeuge gilt die hubraum- und schadstoffbezogene Besteuerung weiter. Bestandsfahrzeuge sollen ab 2013 in die Systematik der CO₂-orientierten Kraftfahrzeugsteuer übernommen werden. Die Einzelheiten werden zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt.

Durch eine Änderung des Grundgesetzes wurde die Ertragskompetenz für die Kfz-Steuer von den Ländern auf den Bund übertragen. Den Ländern steht ab dem 1. Juli 2009 infolge der Übertragung ein Betrag aus dem Steueraufkommen des Bundes zu.

Maßnahmen

Das Umweltbundesamt hat folgenden Vorschlag zur Weiterentwicklung der Kfz-Steuerreform:

Das Umweltbundesamt begrüßt v. a. die stufenweise Abschmelzung der Freibeträge ab 2012 von 120 auf 110 g CO₂/km und ab 2014 auf 95 g CO₂/km, da dies die Entwicklung effizienter Fahrzeuge fördert. Die verbleibende hubraumbezogene Komponente der Kfz-Steuer mindert jedoch aus zwei Gründen die Lenkungswirkung in Richtung verbrauchsarmer Pkw. Verbrauchsarme Pkw mit CO₂-Emissionen unterhalb des Freibetrags sind nicht vollständig von der Steuer befreit. Zudem verringert ein hubraumbezogener Steueranteil das Gewicht der CO₂-Komponente der Kfz-Steuer, was die Lenkungswirkung abschwächt. Das Umweltbundesamt schlägt deshalb im nächsten Schritt eine „reine“ CO₂-bezogene Kfz-Steuer vor, die umweltverträgliche hocheffiziente Fahrzeuge vollständig steuerbefreit.

Eine CO₂-Besteuerung des Altbestandes an Fahrzeugen ist wegen teilweise fehlender CO₂-Emissionswerte nur schwierig umzusetzen. Das Umweltbundesamt schlägt folgende Methode vor, um die Fahrzeuge dennoch in die CO₂-orientierte Kfz-Steuer einordnen zu können. Als Bemessungsgrundlage – zumindest für einen Teil der Altfahrzeuge – könnten die Typprüfwerte des Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ), die auch in den Fahrzeugpapieren eingetragen sind, verwendet werden. Diese Werte liegen bei Fahrzeugen ab Euro 3 vor. Der hohe administrative Aufwand für die Einordnung der Fahrzeuge mit einer Norm älter als Euro 3 stünde in keinem vernünftigen Verhältnis zum Nutzen. Zudem machen diese Fahrzeuge voraussichtlich mit der nächsten Stufe der Kfz-Steuerreform im Jahr 2015 weniger als 6 % der gesamten Fahrzeugflotte aus. Bei sehr alten Diesel-Fahrzeugen können beim Übergang zu einer

reinen CO₂-bezogenen Kfz-Steuer außerdem unerwünschte Effekte entstehen. Der CO₂-Ausstoß der Diesel-Fahrzeuge hat sich im Laufe der Zeit nicht wesentlich verändert, wohingegen sich die Schadstoffemissionen deutlich verringert haben. Würde nun ein Diesel-Pkw mit Euro 1-Norm nach CO₂-Emissionen besteuert, könnte dies in einigen Fällen wegen der Vernachlässigung des hohen Schadstoffausstoßes zu einer Steuererleichterung gegenüber dem aktuellen System führen, die nicht sachgerecht wäre. Deshalb hält das Umweltbundesamt die Umstellung auf eine CO₂-orientierten Kfz-Steuer ab Euro 3 für gerechtfertigt.

Minderungspotenzial

Für die Quantifizierung der Wirkung der Maßnahme zur CO₂-Minderung verwendet das Umweltbundesamt folgende Ergebnisse aus der Literatur:

1. Umgestaltung der Kfz-Steuer mit progressiven Steuersätzen, d.h. die Besitzerin / der Besitzer eines großen Pkw mit hohem CO₂-Ausstoß, z.B. eines „Sport Utility Vehicle“ (Sportnutzfahrzeug; SUV), würde so bis zu dreistellige Mehrbelastungen in der jährlichen Kfz-Steuer erfahren. Für die Halterin / den Halter eines Autos mit niedrigem CO₂-Ausstoß verringert sich künftig die Kfz-Steuer. Durch diese veränderten Fahrzeugkosten ändert sich die Kaufentscheidung hin zu Fahrzeugen mit niedrigerem CO₂-Ausstoß. Dies führt zu einer Veränderung in der Flottenzusammensetzung und dadurch zu einer Einsparung von etwa 3 Mio. t CO₂ in 2020 und 4,2 Mio. t in 2030 [GWS, 2004].

Nach UBA-Schätzungen anhand der vorliegenden Literaturquellen lassen sich mit der reinen CO₂-bezogene Kraftfahrzeugsteuer im Jahr 2020 circa 3 % und im Jahr 2030 etwa 5 % der durch den Pkw-Verkehr erzeugten CO₂-Emissionen gegenüber dem TREMOD-Trendszenario sparen.

Tabelle 16: CO₂-Sparpotenziale für Pkw durch Einführung einer „reinen“ CO₂-bezogenen Kfz-Steuer gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Kraftstoffverbrauch Pkw nach dem TREMOD-Trend (Mio. t)	34,0	32,3	28,9
Kraftstoffverbrauch Pkw mit Maßnahmen (Mio. t)	34,0	31,3	27,5
CO₂-Emissionsminderung durch Maßnahme gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	3	5
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	2,8	4,2

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.3.4 Abbau verkehrsinduzierender Steuervergünstigungen

Im deutschen Steuerrecht fördern einzelne Steuererleichterungen das Verkehrswachstum und führen damit zu erhöhten CO₂-Emissionen im Verkehr. Auch die steuerliche Absetzbarkeit verkehrsbezogenen Aufwendungen – z.B. für Firmenwagen – kann sich klimapolitisch negativ auswirken. Das Umweltbundesamt erläutert diese Steuervergünstigungen im Folgenden und benennt Maßnahmen zu deren Beseitigung oder Reduzierung.

Maßnahmen

Entfernungspauschale

Die Entfernungspauschale – auch als Pendlerpauschale bezeichnet – von 30 Cent pro Entfernungskilometer als Aufwandsentschädigung für das Erreichen des Arbeitsplatzes mindert die finanziellen Wirkungen langer Arbeitswege und fördert die Wohnortwahl hinsichtlich längerer Arbeitswege. Verstärkt durch ein oft als unzureichend empfundenes Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln wird die Entscheidung zur Nutzung eines Pkw in umweltpolitisch unerwünschter Weise beeinflusst. Die Entfernungspauschale fördert die Zersiedlung der Landschaft, trägt zu einer erheblichen Zunahme des Verkehrsaufwands von Berufspendlern und den damit verbundenen erhöhten CO₂-Emissionen bei. Die Abschaffung der im deutschen Steuerrecht festgelegten Entfernungspauschale ist daher eine klima-

politisch sinnvolle Maßnahme. Eine steuerliche Entlastung gering Verdienender könnte gemäß Vorschlag des Sachverständigenrates für Umweltfragen (SRU) soziale Härten vermeiden [SRU, 2005]. Eine solche Abschaffung der Entfernungspauschale kann – auch nach dem Urteil des Bundesverfassungsgerichts im Dezember 2008 – mit Gründen des Umweltschutzes verfassungsgemäß gerechtfertigt werden¹⁸.

Minderungspotenzial

Das Umweltbundesamt benennt CO₂-Minderungspotenziale durch die Abschaffung der Entfernungspauschale. Die Quantifizierung der Wirkung des Wegfalls der Pendlerpauschale bezieht sich auf die rund 2,5 Millionen Umzugsentscheidungen pro Jahr, von denen ein gewisser Teil näher zum Arbeitsort zieht. Durch diesen Effekt werden Arbeits-, Einkaufs- und Ausbildungswege dieser Haushalte verkürzt, denn i.d.R. befinden sich die Arbeitsplätze in Zentren mit einem Angebot an Einkaufsmöglichkeiten und Ausbildungsplätzen. Dies führt zu erheblichen Verminderungen des Verkehrsaufwands. Das Umweltbundesamt ließ die potenzielle Reduzierung der Fahrtweiten durch die Abschaffung der Entfernungspauschale vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) im Verkehrsmodell ASTRA¹⁹ simulieren. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 17 dargestellt [UBA, 2007b].

Tabelle 17: CO₂-Sparpotenziale aus der Abschaffung der Entfernungspauschale gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emissionen im TREMOD-Trend im MIV (Mio. t)	106,4	96,6	86,1
TREMOD-Trend-Emissionen im MIV mit Maßnahmen (Mio. t)	106,4	92,3	81,2
CO₂-Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	4,5	5,7
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	4,3	4,9

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

Dienstwagenprivileg

Die Kosten für die Anschaffung und den Betrieb von Kraftfahrzeugen in Unternehmen lassen sich – wie andere betriebliche Aufwendungen auch – steuerlich abschreiben. Dies gilt auch für große, leistungsstarke Pkw, die viele Firmen überwiegend aus repräsentativen Gründen ihren Managerinnen und Manager sowie Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im Außendienst zur Verfügung stellen. So wurden zum Beispiel bei den Neuzulassungen 2005 nur circa 17 % der Fahrzeuge der Mercedes-S-Klasse privat zugelassen [KBA, 2006].

Maßnahme

- ▶ Um den Anreiz zur Anschaffung sparsamerer Firmenfahrzeuge zu erhöhen, sollte der Bund die vollständige steuerliche Absetzbarkeit der Anschaffungskosten im Rahmen der Einkommen- und Körperschaftsteuer grundsätzlich auf Pkw beschränken, die einen bestimmten CO₂-Emissionsgrenzwert, z.B. 130 g CO₂/km, nicht überschreiten (Kapitel 2.4.1). Dieser für die Besteuerung relevante CO₂-Emissionsgrenzwert sollte im Laufe der Jahre sinken.
- ▶ Ferner sollte die Absetzbarkeit der Pkw anhand der CO₂-Emissionen stufenweise reduziert werden, d.h. je höher der Verbrauch, desto geringer die Absetzbarkeit.
- ▶ Darüber hinaus könnte der Staat auch die steuerlich absetzbaren Kosten für den Kraftstoffverbrauch eines Dienstfahrzeugs, d.h. die Höhe der absetzbaren Tankrechnungen pro Pkw, beschränken. Bei einem hohen spezifischen Verbrauch müssten die Unternehmen dann einen Teil ihrer Kraftstoffkosten selbst tragen, wobei die steuerliche Absetzbarkeit wiederum nach Maßgabe des Verbrauchs gestaffelt werden könnte.

¹⁸ BVerfGE vom 09.12.2008 = http://www.bverfg.de/entscheidungen/ls20081209_2bvl000107.html = NJW 2009, 48 ff

¹⁹ ASTRA (Assessment of Transport Strategies): Systemdynamik-Modell zur integrierten Bewertung von langfristigen Politikstrategien im Verkehrssektor

Private Nutzung von Dienstwagen

Die private Nutzung eines Dienstwagens (d.h. eines Kraftfahrzeugs, das zu mehr als 50 % betrieblich genutzt wird) muss der Nutzer monatlich im Rahmen der Einkommensteuer als geldwerten Vorteil versteuern (§ 6 Abs. 1 Nr. 4 EStG). Alternativ zur Führung eines Fahrtenbuchs mit dem Nachweis der privat zurückgelegten Fahrten besteht die Möglichkeit einer pauschalen Besteuerung, bei der er monatlich 1 % des Listenpreises des Fahrzeugs bei Erstzulassung versteuert. Die derzeitige Form der Pauschalbesteuerung schafft keinen nennenswerten Anreiz zur Nutzung günstigerer und damit kleinerer Pkw als Dienstwagen. Hingegen sollte die Besteuerung der privaten Nutzung progressiv mit dem CO₂-Ausstoß steigen.

In Großbritannien gibt es das Beispiel für eine von der CO₂-Emission abhängige Regelung der Dienstwagenbesteuerung. Dort hängt der geldwerte Vorteil für privat genutzte Firmenautos auch vom CO₂/km-Ausstoß ab. Die Steuersätze für das Steuerjahr 2008/2009 reichen von 10 % für Pkw, die höchstens 120 g/km emittieren, bis hin zu 35 % für Pkw, die 235 g CO₂/km oder mehr emittieren [HM Revenue & Customs, 2009].

Maßnahme

- Das Umweltbundesamt schlägt vor, die pauschale Besteuerung des geldwerten Vorteils der privaten Nutzung der Dienstwagen in Abhängigkeit von der CO₂-Emission des Fahrzeugs zu gestalten: Sinnvoll wäre z.B. folgende Lösung: Für Pkw mit einem CO₂-Emissionswert von maximal 130 g CO₂/km sollte es keine Änderung zur bestehenden Besteuerung geben, d.h. monatlich wären 1 % (oder jährlich 12 %) des Listenpreises bei Neuzulassung als geldwerter Vorteil zu versteuern. Für je 5 g/km zusätzliche CO₂-Emissionen sollte sich der zu versteuernde Anteil des Listenpreises um 0,05 % monatlich (0,6 % jährlich) stufenweise bis zu einem Maximum von 2 % monatlich oder 24 % jährlich erhöhen. Die für die Besteuerung relevanten CO₂-Emissionsgrenzwerte sollten im Laufe der Jahre sinken.

Minderungspotenzial

Auf der Basis der Erfahrungen in Großbritannien schätzt das Umweltbundesamt das CO₂-Minderungspotenzial bis 2020 auf 3,7 und bis 2030 auf 2,8 Mio. Tonnen.

Tabelle 18: CO₂-Sparpotenziale aus der CO₂-abhängigen Gestaltung der Besteuerung der privaten Nutzung von Dienstwagen gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen Pkw im TREMOD-Trend (Mio. t)	104,9	94,5	84,1
TREMOD-Trend-Emissionen Pkw mit Maßnahmen (Mio. t)	104,9	90,8	81,3
CO ₂ -Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	3,9	3,3
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	3,7	2,8

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.4 Maßnahmen zur Verbesserung der Fahrzeug- und Flotteneffizienz

Das Umweltbundesamt geht langfristig (bis 2050) von einem Energieeinsparpotenzial im Pkw-Bereich von circa 70 % und im Lkw-Bereich von circa 40 % aus. Hierfür ist der Einsatz hocheffizienter Antriebe und konsequenter Leichtbau notwendig. Im Bereich konventioneller Antriebe lässt sich eine hohe Verbrauchsminderung kosteneffizient mit bereits heute verfügbaren Minderungstechnologien erreichen. Allein durch die Kombination verschiedener technischer Anpassungen – z.B. eines aufgeladenen Ottomotors mit kleinerem Hubraum („Downsizing“), variabler Ventilsteuerung und Direkteinspritzung – ist eine Verbrauchsminderung von 25 bis 30 % – mit zusätzlicher Hybridisierung bis zu 40 % – gegenüber leistungsgleichen herkömmlichen Saugmotoren erreichbar [PISCHINGER ET AL., 2004].

Um die im Bereich der Fahrzeugtechnik möglichen Potenziale zur Effizienzsteigerung auszunutzen, sind vom Gesetzgeber die notwendigen Rahmenbedingungen zu schaffen.

2.4.1 CO₂-Grenzwert-Gesetzgebung für Pkw

Ursprünglicher Kern der EU-Strategie zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und damit zur Verbesserung der Energieeffizienz der Pkw waren die Selbstverpflichtungen der Verbände der Automobilhersteller ACEA²⁰, JAMA²¹ und KAMA²² gegenüber der EU. Ziel war, die durchschnittlichen CO₂-Emissionen für neu zugelassene Pkw in der EU-15 bis 2008 durch Verbesserungen der Fahrzeugtechnik auf 140 g CO₂/km zu begrenzen und damit die Entwicklung auf das Ziel der EU-Kommission von 120 g CO₂/km für das Jahr 2012 auszurichten. Die Automobilhersteller haben den Zielwert für 2008 jedoch nicht erreicht.

Die Verbrauchsminderungsraten bei Neufahrzeugen zur Erreichung des CO₂-Ziels der EU von 120 g/km CO₂ waren im Durchschnitt in den letzten Jahren u.a. deshalb zu gering, weil der Trend zu leistungsstärkeren Motoren und schwereren Pkw insbesondere bei Diesel-betriebenen Pkw durch die gegebenen politischen Rahmenbedingungen nicht aufgehalten wurde. In Deutschland betrug nach Angaben des Kraftfahrtbundesamt der durchschnittliche Flottenverbrauch der Pkw-Neuzulassungen im Jahr 2008 6,9 l/100 km Benzin und 6,3 l/100km Diesel. Dies entspricht, bezogen auf den Durchschnitt aller in Deutschland zugelassenen Pkw, einem CO₂-Ausstoß von knapp 165 g/km (Abbildung 3). In der EU liegt dieser Wert um etwa 10 g CO₂/km darunter und damit immer noch fast 15 g/km über dem selbst erklärten Ziel der Automobilindustrie von 140 g CO₂/km für 2008.

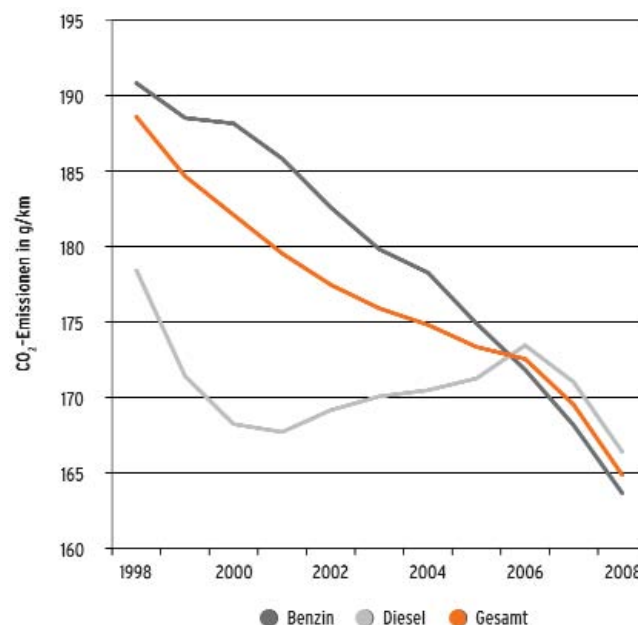


Abbildung 3: Entwicklung der spezifischen mittleren CO₂ Emissionen neu zugelassener Pkw in Deutschland unterschieden nach Otto- und Diesel-Pkw von 1998 bis 2008 (Quelle: KBA, 2009)

Zwischen Rat und EU-Parlament kam es daraufhin im Dezember 2008 zur Einigung, die in Form der Verordnung 443/2009 vom 23. April 2009 über die CO₂-Emissionen von Neuwagen folgendes beinhaltet [Amtsblatt der Europäischen Union L 140/1 vom 5.6.2009]:

- ▶ An dem von der EU-Kommission vorgeschlagenen Ziel eines durchschnittlichen CO₂-Ausstoßes von 120 g CO₂ pro Kilometer für Neuwagen wird festgehalten.
- ▶ 130 g CO₂/km müssen durch Verbesserungen in der Motorentechnologie erreicht werden, wobei eine Einsparung bis zu sieben Gramm CO₂ durch sogenannte Öko-Innovationen, wie Solardächer, angerechnet werden kann.

²⁰ Im Dachverband europäischer Automobilhersteller (ACEA) vertretene Hersteller: BMW AG, DaimlerChrysler AG, Fiat S.p.A., Ford of Europe Inc., General Motors Europe AG, Dr. Ing. H.c.F. Porsche AG, PSA Peugeot Citroën, Renault SA, Volkswagen AG, AB Volvo.

²¹ Im JAMA vertretene japanische Automobilhersteller: Daihatsu, Fuji Heavy Industries (Subaru), Honda, Isuzu, Mazda, Nissan, Mitsubishi, Suzuki, Toyota.

²² Im KAMA vertretene koreanische Automobilhersteller: Daewoo Motor Co. Ltd., Hyundai Motor Company, Kia Motors Corporation.

- ▶ Welche Maßnahmen in Betracht kommen, um die weiteren 10 g CO₂/km zu erreichen (etwa durch bessere Reifen oder die Nutzung von Biokraftstoffen, Reifendrucküberwachung, Gangwechselanzeige etc.), hat die Kommission in einer Mitteilung vom Februar 2007 vorgeschlagen.
- ▶ Die CO₂-Gesetzgebung für Pkw wird stufenweise von 2012 bis 2015 eingeführt (sogenanntes Flotten-Phase-in). Bei den Fahrzeugflotten der einzelnen Hersteller oder -pools werden Anteile von 65, 75 und 80 % für die Jahre 2012, 2013 und 2014 berücksichtigt. Der Grenzwert von 120 g CO₂/km respektive 130 g CO₂/km gilt erst ab 2015 zu 100 % mit gestaffelten Abgabesätzen im Falle von Emissionsüberschreitung (Tabelle 19).
- ▶ 2020 soll der CO₂-Mittelwert bei neu verkauften Pkw höchstens 95 g CO₂ pro Kilometer betragen. 2013 soll die Kommission berichten, wie dieses Ziel auf kosteneffektive Art erreicht werden kann und ggf. eine Ergänzung der Richtlinie vorschlagen. Ob eine Anrechnung weiterer Maßnahmen auf diesen Wert möglich sein soll, ist noch nicht geklärt (vgl. vorangegangene Punkte).
- ▶ Fahrzeughersteller, die zwischen 10.000 und 300.000 Neuzulassungen im Jahr aufweisen, können als Sonderregelung einen Grenzwert beantragen, der eine durchschnittliche Verringerung des CO₂-Ausstoßes um 25 % im Vergleich zu 2007 vorsieht. Für Hersteller mit Stückzahlen unter 10.000 pro Jahr wird die Kommission die Verringerung festlegen.
- ▶ Pkw, die weniger als 50 g CO₂ pro Kilometer emittieren, können bei der Berechnung des Flottendurchschnitts für den Hersteller- oder -pool in den Jahren 2012 und 2013 dreieinhalbfach, 2014 zweieinhalbfach und 2015 anderthalbfach angerechnet werden.
- ▶ Die zulässigen spezifischen CO₂-Emissionen gemessen in Gramm je Kilometer orientieren sich am Basisparameter „Fahrzeugmasse“.

Tabelle 19: Vorgesehener EU-Ratsbeschluss zum „Flotten-Phase-in“ und Abgabesätze für den Hersteller oder Herstellerpool wegen Emissionsüberschreitung

Grenzwert	Einführungsjahr	Anteil der Neuwagen	Abgaben wegen Emissionsüberschreitung
120 g/km CO ₂ *	2012	65 %	5 € für das erste Gramm
	2013	75 %	15 € für das zweite Gramm
	2014	80 %	25 € für das dritte Gramm
	2015	100 %	95 € ab viertem Gramm (ab 2019 ohne Staffelung)

Quelle: Verordnung 443/2009; *+10 g CO₂/km durch weitere technische Maßnahmen

Der Rat der Europäischen Union bekräftigte bereits auf seiner Tagung im Juni 2006 einstimmig, dass in Einklang mit der Strategie der EU für CO₂-Emissionen der Pkw die durchschnittliche Neufahrzeugflotte CO₂-Emissionswerte von 140 g CO₂/km (2008/2009) und von 120 g CO₂/km (2012) erreichen sollte. Das Europäische Parlament forderte eine Politik strengerer Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen im Verkehrssektor einschließlich verbindlicher Obergrenzen für CO₂-Emissionen aus Neufahrzeugen in der Größenordnung von 80-100 g CO₂/km. Eine überarbeitete Strategie veröffentlichte die Kommission im Februar 2007 mit dem Ziel, die 120 g CO₂/km bis 2012 durch einen integrierten Ansatz zu erreichen, nämlich durch einen Grenzwert von 130 g CO₂/km für den Durchschnitt der motortechnisch verbesserten Neuwagenflotte in Verbindung mit einer weiteren Verbesserung um 10 g CO₂/km durch weitere technologische Verbesserungen und den Einsatz von Bio-Kraftstoffen.

Durch die Verordnung 443/2009 ergeben sich folgende Änderungen im Vergleich zu dem ursprünglich angestrebten verbindlichen Grenzwert von 120 g CO₂/km im Jahr 2012:

- ▶ Verschiebung des verbindlichen Grenzwertes von 120 g CO₂/km von 2012 auf 2015.
- ▶ +10 g CO₂/km durch die oben angesprochenen technischen Maßnahmen
- ▶ Nach dem Kommissionsvorschlag vom Februar 2007 hatte das Europäische Parlament darauf bestanden, dass langfristige CO₂-Ziele mit 95 g/km für 2020 und möglicherweise 70 g/km für 2025 in den Kommissionsvorschlag aufgenommen werden. Das Ziel von 95 g CO₂/km für 2020 ist jetzt in der Verordnung 443/2009 enthalten.

Das ursprüngliche Ziel der Europäischen Kommission – 120 g CO₂/km im Durchschnitt aller Neuzulassungen in der EU ab 2012 – wird mit der vorgesehenen CO₂-Gesetzgebung um ca. 3 Jahre nach hinten verschoben. Das Aufschieben der Regelung ist aus umweltpolitischer sowie volkswirtschaftlicher Sicht kontraproduktiv und unnötig, da die notwendige Technik zur Erreichung des Ziels von 120 g CO₂/km schon heute vorhanden ist.

Die Abbildung 4 verdeutlicht die Effekte der Verordnung 443/2009 in der Prognose der CO₂-Emissionen im Flottenmittel der Neuzulassungen in Deutschland. Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass der deutsche Durchschnitt im Trend bis 2020 weiterhin etwa 10 g CO₂/km über den EU-Durchschnitt liegt. Bei den UBA-eigenen Berechnungen mit TREMOD 4.17 werden daher grundsätzlich 10 g/km für die Flotte in Deutschland gegenüber der EU-Flotte aufgeschlagen. Minderungen der CO₂-Emissionen durch den Einsatz von Bio-Kraftstoffen sind in den Szenarien nicht berücksichtigt.

In der Abbildung 4 sind folgende Szenarien dargestellt:

- ▶ **Trend-Deutschland:** Berechnung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Neuwagenflotte in Deutschland nach TREMOD 4.17.
- ▶ **Verordnung 443/2009:** Das UBA geht davon aus, dass durch die Verordnung 443/2009 der Grenzwert von 95 g CO₂/km in 2020 realisiert wird, also die durchschnittliche Emission der Neufahrzeuge in Deutschland 95 + 10 g CO₂/km betragen wird, wobei die 10 g für die Mehremission der in Deutschland zugelassenen Autos stehen.

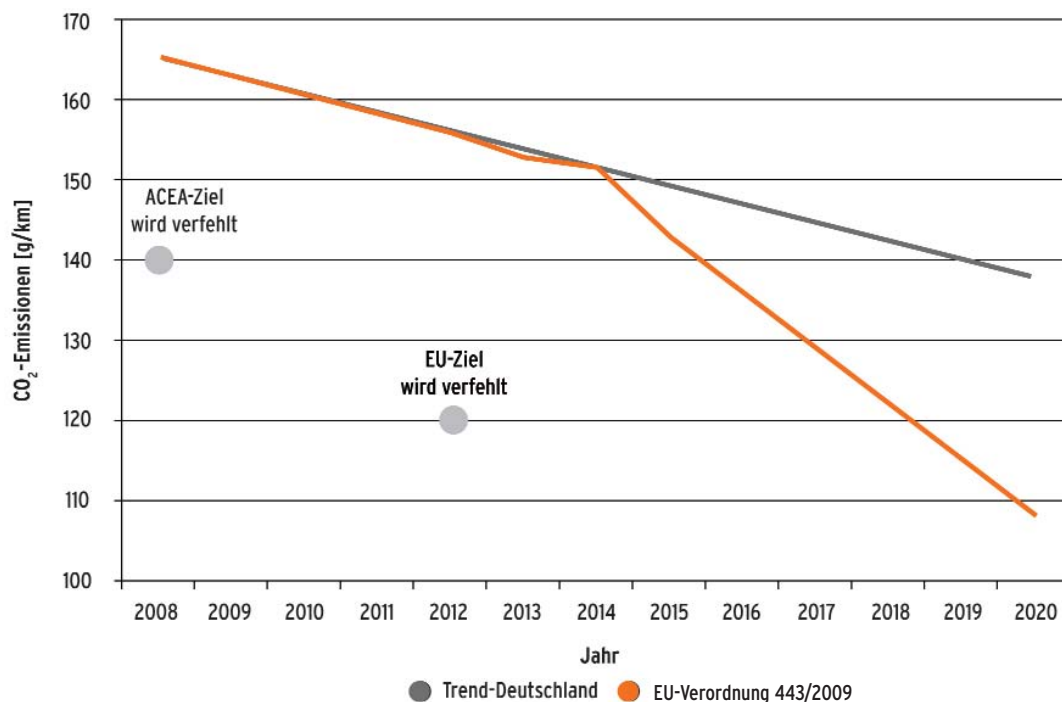


Abbildung 4: Vergleich der Entwicklung der CO₂-Emissionen im Flottenmittel der Neuzulassungen in Deutschland in den zwei Szenarien: Szenario Trend-Deutschland, Szenario Verordnung 443/2009, (Quelle: UBA-eigene Berechnungen mit TREMOD 4.17)

Maßnahme

Aus Sicht des Umweltbundesamtes sollte die CO₂-Gesetzgebung für Pkw, die mit der EU-Verordnung 443/2009 ausgestaltet wurde, durch entsprechende verbindliche Vorgaben zur Erreichung des Langzeitziels von 95 g CO₂/km für das Jahr 2020 ergänzt werden, um Planungssicherheit zu schaffen. Die Spielräume innerhalb der Grenzwertgesetzgebung für die Hersteller sind möglichst klein zu halten. Daher schlägt das Umweltbundesamt folgende weitere Maßnahmen vor:

- ▶ Verzicht auf „+10 g-Spielraum“ durch das Anrechnen von anderen technischen Maßnahmen (Reifen, Biokraftstoffe etc.), die zu ungerechtfertigten Doppelanrechnungen führen können (Technische Maßnahmen, die bei der Messung im Testzyklus wirksam sind, dürfen nicht zusätzlich auf das Messergebnis angerechnet werden.)

- ▶ Die Abgabesätze wegen Emissionsüberschreitung für den Hersteller oder den Herstellerpool sollten ab dem ersten Gramm Überschreitung 95 € betragen. So kann sichergestellt werden, dass der „Ablasshandel“ anstelle einer technischen Minderung eingedämmt wird.
- ▶ Einrechnung der Gewichtserhöhung von etwa 0,8 % pro Jahr in die Autonome Massenzunahme (AMI); Alternativ: Grundfläche für die weitere Entwicklung des Grenzwertes als Maß für den Nutzen eines Fahrzeugs zu Grunde legen.

Minderungspotenzial

Durch einen verbindlichen Grenzwert von 95 g CO₂/km mit Umsetzung der Verordnung 443/2009 ohne Spielräume kommt es ab dem Jahr 2015 zur deutlichen CO₂-Minderung gegenüber dem Szenario „Trend-Deutschland“ (TREMOT-Trend). Denn die verbindliche Vorgabe der EU für 2020 erhöht die Anreize für die Autoindustrie zum Bau effizienterer Pkw. Der damit verbundene höhere Anteil verbrauchsarmer Pkw am Markt spart im Jahr 2020 etwa 6 % und im Jahr 2030 zusätzlich etwa 13 % der durch den Pkw-Verkehr erzeugten CO₂-Emissionen gegenüber dem TREMOD-Trend.

Tabelle 20: CO₂-Sparpotenziale durch Einführung von CO₂-Grenzwerten für Pkw gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emissionen im TREMOD-Trend (Mio. t)	104,9	94,5	84,1
Verordnung 443/2009 (Mio. t)	104,9	88,9	73,3
CO₂-Emissionsminderung durch Verordnung 443/2009 gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0,0	5,9	12,8
CO₂-Emissionsminderung durch Verordnung 443/2009 (Mio. t)	0,0	5,6	10,8

Quelle: UBA/TREMOT 4.17, 2006

2.4.2 CO₂-Grenzwert-Gesetzgebung für Nutzfahrzeuge

Die CO₂-Grenzwert-Gesetzgebung für leichte Nutzfahrzeuge (N1; < 3,5 t) und schwere Nutzfahrzeuge (N2 und N3; > 3,5 t) ist ein notwendiges Lenkungsinstrument zur Erreichung einer effizienten Nutzfahrzeugflotte. Hierzu ist zunächst eine geeignete Datengrundlage erforderlich, die eine Transparenz und Vergleichbarkeit der streckenbezogenen CO₂-Emissionen innerhalb der Flotte gewährleistet.

Bisher besteht für das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) kein gesetzlicher Auftrag zur Auswertung von CO₂-Daten bei Nutzfahrzeugen, wie dies bei Pkw seit 1998 innerhalb des CO₂-Monitorings gemäß Richtlinie 1753/2000/EG der Fall ist. Das KBA verfügt daher nicht über CO₂-Daten von schweren Nutzfahrzeugen. Für leichte Nutzfahrzeuge (Messung analog Pkw auf dem Rollenprüfstand) liegen Daten von neueren Fahrzeugtypen vor. Eine europäische CO₂-Grenzwert-Gesetzgebung setzt jedoch eine einheitliche Datenstruktur zum CO₂-Ausstoß von Nutzfahrzeugen in allen Mitgliedstaaten voraus.

Technisch ist es möglich, die CO₂-Emissionen auf Grundlage des European Transient Cycle (ETC) einheitlich zu bestimmen. Der ETC findet bereits erfolgreich zur Limitierung der Schadstoffemissionen schwerer Nutzfahrzeugmotoren im Rahmen der europäischen Gesetzgebung Anwendung und eignet sich nach Ansicht des Umweltbundesamts auch als Grundlage zur Berechnung der CO₂-Emissionen im realen Betrieb. Auf dem Motorenprüfstand würden die CO₂-Emissionen in g/kWh ermittelt und müssten anschließend mit einem normierten Berechnungsverfahren auf die streckenbezogenen Emissionen für das Gesamtfahrzeug hochgerechnet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Nfz-Motoren – anders als bei Pkw – in einer Vielzahl unterschiedlicher Fahrgestelle mit unterschiedlichen Aufbauten und Getriebeauslegungen zum Einsatz kommen können. Bei der Typprüfung eines Nfz-Motors sind in der Regel die späteren Fahrzeug-Konfigurationen vorab nicht vollständig bekannt.

Die leichten Nutzfahrzeuge können wie Pkw behandelt werden. Das bedeutet, der CO₂-Ausstoß lässt sich auf dem Rollenprüfstand im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) ermitteln.

Maßnahme

- Das Umweltbundesamt schlägt vor, ein standardisiertes Verfahren zur Ermittlung der realen, durch den Antrieb bedingten CO₂-Emissionen der schweren Nutzfahrzeuge bis spätestens 2012 in der EU einzuführen. Die gewonnenen Daten fließen in ein gesetzlich vorgeschriebenes CO₂-Monitoring für schwere Nutzfahrzeuge in allen EU-Ländern ein.

Eine Grenzwertgesetzgebung für die CO₂-Emissionen aus allen Nutzfahrzeugen ist europaweit schnellstmöglich anzukündigen, im Jahr 2012 einzuführen und mit entsprechenden steuerlichen Maßnahmen zu flankieren (Kapitel 2.3.1)

Minderungspotenzial

Das Umweltbundesamt verwendet für die Quantifizierung der Wirkung der Maßnahme zur CO₂-Minderung bei Nutzfahrzeugen folgende Annahmen:

- Die Betriebszeit beträgt bei leichten Nfz kleiner 3,5 t bis zu 12 Jahre und sinkt auf 6 Jahre bei Fahrzeugen größer 3,5 t (sNfz).
- Zwischen 2005 und 2020 wälzt sich der Bestand bei sNfz mehr als zweimal um, das bedeutet aus Sicht des UBA circa 15 % Effizienzgewinn im Bestand gegenüber dem Jahr 2005.
- Bis zum Jahr 2030 erneuerte sich der Bestand von sNfz gegenüber 2005 mehr als 4-mal, der Effizienzgewinn beträgt durch eine stringente CO₂-Gesetzgebung und die damit einhergehende technische Weiterentwicklung circa 20 %.

Das Umweltbundesamt schätzt unter den oben genannten Annahmen, dass die Einführung der CO₂-Grenzwerte für Nutzfahrzeuge in 2020 etwa 5 % und in 2030 circa 6 % der durch den Lkw-Verkehr erzeugten CO₂-Emissionen gegenüber dem TREMOD-Trend einspart.

Tabelle 21: CO₂-Sparpotenziale durch die Einführung von CO₂-Grenzwerten für Nutzfahrzeuge ab 2012 gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen nach TREMOD-Trend im Nfz-Bereich (Mio. t)	48,7	55,7	57,4
CO ₂ -Emissionen im Nfz-Bereich mit Maßnahme (Mio. t)	48,7	52,9	53,9
CO ₂ -Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber TREMOD-Trend (%)	0	5	6
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	2,8	3,4

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.4.3 Verwendung von Leichtlaufölen

Leichtlauföle verringern die innere Reibung des Motors insbesondere bei niedrigen Temperaturen. Das gebräuchliche SAE-System (Society of Automotive Engineers) teilt Motoröle nach ihrer Viskosität (Fließfähigkeit) bei Kaltstarts und bei hoher Motortemperatur ein. Öle der SAE-Viskositätsklassen 0W20, 0W30 und 5W30 gewährleisten die Schmierfunktion und die geringsten inneren Reibungsverluste bei niedrigen Temperaturen und werden deshalb als Leichtlauföle bezeichnet. Ihre Komponenten sind synthetische Grundöle und Additive. Konventionelle Motoröle, wie 15W40 und 10W40, können wegen ihrer mineralischen Grundöle keine derartig niedrigen Grundviskositäten erreichen.

Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass inzwischen nahezu alle Neuwagen bei Auslieferung eine Erstbefüllung mit Leichtlaufölen haben und dass beim Ölwechsel in diesen neuen Fahrzeugen wieder ein Leichtlauföl verwendet wird. Einige Pkw-Hersteller erteilen jedoch aus motortechnischen Gründen keine Freigabe für Motorenöle mit der Grundviskosität 0W. Bei älteren Pkw finden jedoch zu einem hohen Anteil konventionelle Öle Verwendung. Nach DAT-Report 2006 betrug im Jahr 2005 der Anteil an Leichtlaufölen in Pkw 34 % [AUTOHAUS, 2006].

Maßnahme

Das Umweltbundesamt schlägt eine sofortige verbindliche Festlegung auf EU-Ebene vor, die die Verwendung von Leichtlaufölen der Grundviskosität 0W in allen Kraftfahrzeugen, bei denen es technisch möglich ist, vorschreibt.

Minderungspotenzial

Für die Quantifizierung der Wirkung der Maßnahme zur CO₂-Minderung werden folgende Annahmen verwendet:

1. Etwa 30 % des Pkw-Bestandes im Jahr 2005 verwendeten bereits Leichtlauföle.
2. Ab dem Jahr 2012: Vollständige Durchdringung des Pkw-Bestandes abzüglich eines 10 %-Anteiles für diejenigen Fahrzeuge, für die es keine Hersteller-Freigabe gibt.
3. Der Einsatz von Leichtlaufölen führt zu einem Effizienzgewinn von circa 3 %, mit speziellen Getriebeölen lässt sich ein weiteres Prozent sparen.

Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass unter den oben genannten Annahmen die Verwendung von Leichtlaufölen in den Jahren 2020 und 2030 jeweils circa 3 % der durch den Pkw-Verkehr erzeugten CO₂-Emissionen gegenüber dem TREMOD-Trend einspart.

Aus Sicht des Umweltbundesamtes liegt bei Lkw das Minderungspotenzial ebenfalls bei bis zu 3 %. Dieser Effekt lässt sich bei Optimierung der Ölwechselintervalle noch verstärken. Diese Optimierung soll einen niedrigen inneren Reibungswiderstand des Motors sichern.

Tabelle 22: CO₂-Sparpotenziale durch Verwendung von Leichtlaufölen bei Kraftfahrzeugen gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen im TREMOD-Trend im Kfz-Bereich (Mio. t)	153,6	150,2	141,4
CO ₂ -Emissionen im Kfz-Bereich mit Maßnahme (Mio. t)	153,6	145,7	137,2
CO ₂ -Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	3	3
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	4,5	4,2

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.4.4 Verwendung von Leichtlaufreifen bei Pkw, Nutzfahrzeugen und Bussen

Eine weitere Möglichkeit, den Verbrauch zu senken, bietet der Einsatz von Leichtlaufreifen, die den Rollwiderstand bis zu 30 % mindern können. Leider werden diese Reifen immer noch viel zu wenig eingesetzt, obwohl das technische Know-how, den Rollwiderstand zu senken und dabei wichtige Reifeneigenschaften, wie Nasshaftung und Bremsverhalten zu erhalten, längst besteht. Neue Materialmischungen für die Reifenlaufflächen ermöglichen die Entwicklung kraftstoffsparender und lärmärmer Leichtlaufreifen, für die es bereits seit 1997 das Umweltzeichen „Blauer Engel“ gibt [RAL-UZ 89, 2007].

Die Reifenhersteller verwenden anstelle des Umweltzeichens „Blauer Engel“ jedoch überwiegend eigene Kennzeichnungen, wie „Economy-“, „Energy-“ oder „Fuelsaver“ als Markenzeichen für Leichtlaufreifen.

Dem Umweltbundesamt liegen keine Statistiken über den tatsächlichen Umfang und Einsatzes von Leichtlaufreifen vor. Das Umweltbundesamt schätzt, dass der Ausstattungsgrad mit Leichtlaufreifen bei Neu- und Gebrauchtwagen derzeit höchstens 10 % beträgt.

Ungenügender Reifendruck verringert die Fahrsicherheit des Fahrzeugs und führt zu höherem Kraftstoffverbrauch und stärkerem Reifenverschleiß. Wird die Fahrerin/der Fahrer vom Reifendrucküberwachungssystem über einen Druckabfall rechtzeitig informiert, kann der Reifendruck zeitnah korrigiert werden.

Maßnahme

- ▶ Das Umweltbundesamt schlägt die Anpassung der Zulassungsvorschriften für Kraftfahrzeuge bzgl. der Ausrüstungspflicht für Leichtlaufreifen vor. Dafür muss die Europäische Kommission eine klare Definition und einen europaweit geltenden Standard für Leichtlaufreifen erarbeiten und mit einer einheitlichen Kennzeichnung der Leichtlaufreifen das Verbraucherbewusstsein und somit eine zügige Umsetzung unterstützen.
- ▶ Das Umweltbundesamt schlägt weiterhin vor, Überwachungssysteme für den Reifendruck bei Neufahrzeugen vorzuschreiben, wie dies in den USA seit 1. Januar 2008 bereits Pflicht ist. Das Überwachungssystem sollte Druckabweichungen von 0,2 bar oder 10 % vom Solldruck zuverlässig detektieren.

Minderungspotenzial

Ein Forschungsvorhaben des Instituts für Kraftfahrwesen in Aachen im Auftrag des Umweltbundesamtes hat in einer Simulation nachgewiesen, „dass aus der Umrüstung auf Leichtlaufreifen abhängig von der Fahrzeugklasse, der Basisbereifung sowie dem Fahrzyklus bis zu 6 % Verbrauchersparnis resultieren“ [IKA, 2006]. Die Wirkung ist bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten, im Stadtverkehr und bei mittleren Geschwindigkeiten auf Landstraßen am größten.

Bei Nutzfahrzeugen ist das Potenzial noch höher. Reifen mit optimiertem Rollwiderstand können im Lkw-Güterverkehr pro Fahrzeug den Kraftstoffverbrauch je nach Streckenprofil und Geschwindigkeitsniveau um 4 – 12 % vermindern [SCHEDEL, 2002].

Für die Quantifizierung der Wirkung der Maßnahme zur CO₂-Minderung bei Kfz macht das Umweltbundesamt folgende Annahmen:

- ▶ Etwa 10 % des Kfz-Bestandes verwendet heute bereits Leichtlaufreifen.
- ▶ Die durchschnittliche Lebensdauer der Reifen beträgt circa 4 Jahre.
- ▶ Ab dem Jahr 2020: vollständige Durchdringung des Bestandes mit Leichtlaufreifen.
- ▶ Der Einsatz von Leichtlaufreifen führt zu einem Effizienzgewinn von circa 5 %.
- ▶ Reifendruckkontrollsysteme werden ab 1. November 2012 für Pkw-Typzulassungen Pflicht.
- ▶ Etwa ab dem Jahr 2020: vollständige Durchdringung des Bestandes mit Reifendruckkontrollsystemen.

Nach Schätzung des Umweltbundesamts – unter oben genannten Annahmen – spart die Verwendung von Leichtlaufreifen und Reifendruck-Kontrollsystemen im Jahr 2020 circa 4 % und 2030 circa 5 % der durch den Verkehr erzeugten CO₂-Emissionen gegenüber dem TREMOD-Trend ein.

Tabelle 23: CO₂-Sparpotenziale durch Verwendung von Leichtlaufreifen bei Kfz gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen im TREMOD-Trend für alle Kfz (Mio. t)	153,6	150,2	141,4
CO ₂ -Emissionen mit Maßnahme (Mio. t)	153,6	144,2	134,4
CO ₂ -Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	4	5
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	6,0	7,1

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.4.5 Alternative Treibstoffe und Antriebe

Die stärkere Nutzung alternativer Treibstoffe und Antriebe kann unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls einen wichtigen Beitrag zur CO₂-Emissionsminderung leisten. Zu den staatlich geförderten alternativen Treibstoffen zählen im Wesentlichen Erdgas, Flüssiggas, Biokraftstoffe, Elektromobilität und Wasserstoff. Daneben sind viele andere alternative Kraftstoffpfade denkbar, bieten aber nach gegenwär-

tigem Erkenntnisstand keine grundsätzlichen Vorteile gegenüber den vorstehend genannten. Neben den hier genannten alternativen Energieformen ist es notwendig, sich dem Thema der Energieversorgung im Bereich der Mobilität nach dem Zeitalter des Erdöls grundsätzlich zuzuwenden (vgl. Kapitel 2.6).

► Erdgas

Der Beitrag des Erdgases zur CO₂-Emissionsminderung ergibt sich daraus, dass es gegenüber Benzin- und Dieselmotoren einen etwa 20 % geringeren CO₂-Emissionsfaktor pro Energiemenge aufweist. Dieser Vorteil wird allerdings zum Teil durch die gegenüber modernen Benzin- und Dieselmotoren (z.B. bei Direkteinspritzung) niedrigere Energieeffizienz im Motor kompensiert. Darüber hinaus ergibt sich bei ausschließlich mit Erdgas betriebenen Fahrzeugen das Problem, dass die mit einer durchschnittlichen Tankfüllung zurückzulegenden Entfernungen relativ gering sind. Größere und damit schwerere Erdgastanks erhöhen jedoch das Fahrzeuggewicht und folglich den spezifischen Verbrauch.

Ein zusätzliches Klimarisiko ergibt sich bei Erdgas bei der Förderung und beim Transport. Mittelfristig werden die durchschnittlichen Transportentfernungen des Erdgases steigen, da die ergiebigsten Vorkommen außerhalb Europas, im Wesentlichen in Russland, zu finden sind. Mit der Lieferentfernung steigen auch die Transport- und Leckverluste. Tritt Erdgas, das weitgehend aus Methan besteht, z.B. durch Leckagen an russischen Pipelines aus, hat es eine etwa 21-fach höhere Klimawirksamkeit als CO₂. Berücksichtigt das Umweltbundesamt die Klimawirkungen dieser Transport- und Leckverluste, trägt der verstärkte Einsatz des Erdgases im Verkehr relativ wenig zum Klimaschutz bei.

► Biokraftstoff

Aus Klimaschutzsicht können sich aus heutiger Sicht eindeutige Vorteile ergeben, wenn Rest- und Altstoffe für die Produktion eingesetzt werden. Die zukünftige Realisierbarkeit dieser Option hängt von der technischen und ökonomischen Machbarkeit der notwendigen Konversionstechniken ab. Außerdem ist auch bei Alt- und Reststoffen von zunehmend konkurrierenden Nutzungsoptionen auszugehen. Wird für die Herstellung von Biokraftstoffen Anbaubiomasse (etwa Raps, Getreide, Mais oder Zuckerrüben) genutzt, kann die Klimagasbilanz – besonders wegen der daraus resultierenden indirekten Landnutzungsänderungen – sogar negativ ausfallen.

Die Kommission soll daher bis Ende 2010 einen Bericht (ggfs. auch einen Rechtssetzungsvorschlag) vorlegen, wie die indirekten Landnutzungsänderungen in die europäischen Nachhaltigkeitskriterien integriert werden können.

Zu den **Biokraftstoffen der 1. Generation** zählen:

- Pflanzenöl,
- aus Pflanzenöl durch Veresterung hergestellter Biodiesel,
- Bioethanol auf der Basis von Zucker- und Stärkepflanzen.

Für diese Kraftstoffe sind spezifische Biomasse und Pflanzenarten erforderlich (Öl-, Zucker- oder Stärkepflanzen). Nur bestimmte Teile der Pflanzen – beispielsweise Samen, Rüben oder Knollen hinsichtlich ihres Öl-, Zucker- oder Stärkegehalts – finden Nutzung für die Kraftstoffherstellung.

Hierdurch sind die Biokraftstoffe der 1. Generation erheblich ineffizienter als die direkte stationäre energetische Biomassenutzung. Die Nutzung fester Biomasse oder des Biogases im Strom- und/oder Wärmebereich erlaubt gegenüber der Nutzung als Kraftstoff eine 3 bis 5-fach höhere Klimagasemissionsminderung je Hektar Anbaufläche. Aus Klimaschutzsicht ist es daher wenig effizient, Biomasse in diesen Bereich zu lenken.

Zu den **Biokraftstoffen der 2. Generation** zählen:

- BtL (Biomass-to-Liquid),
- Bioethanol auf Lignozellulosebasis.

Diese Kraftstoffe werden aus unspezifischer Biomasse – inklusive Rest- und Abfallstoffe – hergestellt und haben daher Schätzungen zufolge eine deutlich günstigere Treibhausgasbilanz als Biokraftstoffe der 1. Generation. Hier findet, im Gegensatz zu Biokraftstoffen der 1. Generation, die ganze Pflanze Verwendung. Auch sind die Nachteile der Nutzung als Kraftstoff gegenüber der stationären energetischen Nutzung erheblich kleiner. Gleichwohl bleiben aus Klimaschutzsicht die stationäre Verstromung fester Biomasse oder des Biogases in KWK die günstigeren Optionen.

Von den Biokraftstoffen der 2. Generation bietet aufbereitetes Biogas die höchsten Mengen- und Klimagasemissionsminderungspotenziale. Dabei sind die Vorgaben der Nachhaltigkeits-Verordnung zu berücksichtigen.

Die Arbeiten an BtL und Lignozellulose-Ethanol sind im Forschungsstadium und es gibt Pilotanlagen. Diese beiden Kraftstoffe haben – gegenüber Biogas – den Vorteil, flüssig zu sein. Methan hat, gespeichert als Druckgas, demgegenüber eine deutlich geringere Speicherdichte, und erlaubt deshalb nur geringere Reichweiten. Dieser Nachteil relativiert sich mit abnehmendem Energieverbrauch der Fahrzeuge. Um insgesamt attraktiv zu sein, dürfen die Nachteile des BtL oder des Lignozellulose-Ethanol bezüglich Energieeffizienz und Kosten nicht zu groß sein. Ob und wann hieraus konkurrenzfähige Produkte entstehen, kann das Umweltbundesamt gegenwärtig nicht schätzen.

Die Entwicklung der THG-Minderungspotenziale in diesem Bereich hängt von Forschungsergebnissen, Kostenstrukturen und politischen Rahmenbedingungen ab. Verlässliche Aussagen hierzu mit einem Zeithorizont 2020/2030 sind zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich.

► Wasserstoff

Wasserstoff lässt sich mit drei Energieträgern herstellen:

- aus Kernenergie,
- fossil mit CO₂-Abtrennung und Speicherung,
- aus erneuerbaren Energien.

Die Option Kernenergie ist – wegen der hiermit verbundenen Risiken – aus Umweltschutzsicht nicht akzeptabel. Das Umweltbundesamt betrachtet daher die Kernenergie hier nicht weiter.

Die fossile Wasserstoffproduktion mit CO₂-Abtrennung und Speicherung (z.B. via “Clean Coal”) ist grundsätzlich aus Klimaschutzsicht interessant. Allerdings sind nach gegenwärtigem Kenntnisstand schon mittelfristig (2020-2030) die spezifischen Klimagasemissionsminderungskosten mit dem Einsatz erneuerbarer Energien niedriger als bei “Clean Coal”. Diese Option erscheint dem Umweltbundesamt daher langfristig nicht sinnvoll und ist auch kurzfristig nicht verfügbar.

Bei einem – realistischen – maximal möglichen Ausbau der erneuerbaren Energien resultiert bis zum Jahr 2030 kein nennenswertes Potenzial an überschüssigem Strom aus erneuerbaren Energien, der sich – aus Klimaschutzsicht sinnvoll – zur Wasserstoffproduktion nutzen ließe.

Der Einsatz von Brennstoffzellen zum Antrieb von Kraftfahrzeugen führt zu einem Gesamtwirkungsgrad von circa 15 % in der gesamten Energiekette. Das resultiert aus dem Energiebedarf für die Wasserstoffherstellung, seinem Transport und dem eingeschränkten Wirkungsgrad der Brennstoffzelle beim dynamischen Betrieb.

► Elektrofahrzeuge

Bei alternativen Antrieben im Straßenverkehr sind z.Z. vor allem Elektrofahrzeuge in der Diskussion.

Die CO₂-Emissionen von Elektrofahrzeugen hängen vom verwendeten Strom ab:

Im Wesentlichen wird hierbei Elektromobilität auf der Basis von erneuerbar produziertem Strom (EE-Strom), dem (deutschen oder europäischen) Strommix und der dem zusätzlichen Verbrauch zuzuordnenden Energie betrachtet.

Politisch wird die Einführung von Elektromobilität auf der Basis von EE-Strom gefordert. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass Elektrofahrzeuge nur dann einen Beitrag zum Klimaschutz leisten können,

wenn sie mit zusätzlich bereit gestelltem regenerativem Strom betrieben werden. Hierfür müssten zusätzlich zum Erneuerbare Energien Gesetz (EEG)-Einführungsförderung EE-Strom Erzeugungskapazitäten speziell für die Versorgung der Elektrofahrzeuge aufgebaut werden. Es ist zu klären, mit welchen Instrumenten dies erreicht und sichergestellt werden soll. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass auch im EE-Bereich Ressourcen nicht unbegrenzt vorhanden sind, bzw. nicht beliebig schnell erschlossen werden können, erfordert die Erreichung dieses Ziels noch sehr große Anstrengungen.

Sollte dieses Ziel nicht erreicht werden, muss zur Beurteilung der Elektromobilität der aktuelle Strommix herangezogen werden. Hierbei haben Elektrofahrzeuge bis etwa 2020-2030 keinen signifikanten CO₂-Vorteil gegenüber effizienten konventionellen Fahrzeugen (inkl. Hybride). Danach können bei weiter wachsender Dynamik der EE-Stromerzeugung Elektrofahrzeuge signifikante CO₂-Einsparvorteile gegenüber effizienten konventionellen Fahrzeugen erlangen, da die Effizienzentwicklung konventioneller Fahrzeuge langfristig eine technisch bedingte Grenze erreichen wird (aus heutiger Sicht etwa bei 2 l Ottokraftstoff/100 km).

Mittelfristig ist die CO₂-Minderung durch Elektrofahrzeuge schwer quantifizierbar. Die Unsicherheiten resultieren aus der nicht genau bekannten zukünftigen Entwicklung des Strommix (EE-Einführungsdynamik) und der Effizienzentwicklung im konventionellen Fahrzeugbereich.

Langfristig bietet die Elektromobilität aus heutiger Sicht aber große Klimaschutzpotenziale.

Die Schätzung des zukünftigen Potenzials für Elektrofahrzeuge veränderte sich in den letzten Jahren deutlich positiv. Dies liegt wesentlich an den zwei Faktoren:

- ▶ Kostendegression und Steigerung der Energiedichte der Lithium-Ionen-Akkus wegen der Entwicklung im Bereich portabler Anwendungen,
- ▶ Einführung von Hybridantrieben.

Alle elektrischen Komponenten (E-Motoren, Steuerung, Leistungselektronik) für Elektrofahrzeuge sind derzeit für den automobilen Großserieneinsatz in Hybridantrieben in Entwicklung. Dies gilt nicht in gleicher Weise für die Akkus, die im Hybriden hohe Leistungsdichten, im Elektrofahrzeug aber hohe Energiedichten aufweisen müssen.

Dem Umweltbundesamt erscheint es heute realistisch, dass Elektrofahrzeuge mittelfristig für viele Einsatzprofile im Pkw-Kurz- und Mittelstreckenverkehr konkurrenzfähig werden. Das UBA unterstützt Maßnahmen, die das Ziel einer Markteinführung von anwendungstechnisch marktfähigen Elektrofahrzeugen haben, weil sich wahrscheinlich allein aufgrund der Kostensituation zunächst kein selbsttragender Markt einstellen wird.

Aufbereitetes Biogas und regenerativ erzeugter Strom für Elektrofahrzeuge sind heute die aussichtsreichsten Kandidaten, um langfristig einen – aus Klimaschutzsicht – sinnvollen und mengenmäßig bedeutenden Beitrag (> 50 %) zur nachhaltigen Energieversorgung des Verkehrs zu leisten.

▶ Brennstoffzelle

Das Problem der Energiespeicherung im Elektrofahrzeug lässt sich auch mit der Brennstoffzelle lösen. Diese erzeugt die benötigte Elektrizität aus chemischen Energieträgern – wie Methanol oder Wasserstoff – unmittelbar im Fahrzeug. Dieses Konzept zeichnet sich durch lokale Emissionsfreiheit und akzeptable Reichweiten aus. Wird jedoch die gesamte Energiekette betrachtet, sind keine CO₂-Emissionsminderungen gegenüber effizienten Verbrennungsmotoren erreichbar, soweit sich der Energiebedarf für die Brennstoffzelle durch fossile Energieträger deckt. Wie bei den batterie-elektrischen Antrieben sind Brennstoffzellen-Fahrzeuge aus Klimaschutzsicht nur vorteilhaft, wenn die dafür erforderliche Energie aus regenerativen Energieträgern stammt. Auch hier sind die CO₂-Minderungspotenziale außerhalb des Verkehrs höher. Eine Untersuchung des DLR und des Wuppertal Instituts kommt zu dem Ergebnis, dass die Substitution konventionellen Stroms im „Strom-Mix“ durch regenerativ erzeugten Strom zwei bis drei mal mehr CO₂-Emissionen mindert, als wenn fossile Kraftstoffe im Verkehr durch Brennstoffzellen auf Basis regenerativen Stroms ersetzt werden [DLR, WI, 2002].

Die Fachleute gehen davon aus, dass die Nutzung regenerativer Energieträger im Verkehr in allen derzeit erforschten Technologien eine geringere CO₂-Emissionsminderung bewirkt als im stationären

Bereich [EST, IEEP, NSCA, 2002]. Der Vorteil einer stationären Nutzung gegenüber der Kraftstofferzeugung verschwindet sowohl für regenerativen Strom als auch für die Biomassenutzung erst bei einer hohen Durchdringung des stationären Sektors mit regenerativen Energieträgern (> 50 %). Auch optimistische ambitionierte Energieszenarien [DLR, WI, 2002; EST, IEEP, NSCA, 2002] erwarten dies nicht vor dem Jahr 2030.

Maßnahmen zu alternativen Kraftstoffen

Es besteht derzeit kein Anlass, zusätzliche Förderungen alternativer Antriebstechnologien und Treibstoffe über die beschlossenen und geplanten Förderungen hinaus zu initiieren. Die aus heutiger Sicht kostengünstigste Biokraftstoffoption ist aufbereitetes Biogas. Allerdings besteht in vielen Bestandsanlagen das Problem, dass Methan entweicht. Dies sollte aufgrund der hohen Klimawirkung von Methan durch geeignete Maßnahmen unterbunden werden.

Biogas wird heute bereits durch das EEG gefördert. Diese Förderung ist fortzuführen und eventuell durch gesetzliche Regelungen zur Gaseinspeisung zu ergänzen. Langfristig kann sich hieraus – bei Einhaltung der Nachhaltigkeits-VO – eine sinnvolle Nutzung des Biogases als Kraftstoff im Verkehr ergeben.

Das UBA unterstützt Maßnahmen im Bereich der Elektrofahrzeuge, die eine Markteinführung von anwendungstechnisch marktfähigen Elektrofahrzeugen unter den o.a. Voraussetzungen möglich machen. Realistisch ist, dass sich wahrscheinlich allein aufgrund der Kostensituation kein selbsttragender Markt einstellen wird.

Minderungspotenzial

Die Richtlinien-Vorgaben aus Brüssel, die zukünftig von den Mitgliedstaaten eine verstärkte Nutzung von Biokraftstoffen und anderen regenerativen Kraftstoffen verlangen, führt voraussichtlich zu einer steigenden Verwendung dieser Energieträger im Verkehrsbereich. Das für das Jahr 2010 gesetzte EU-Ziel eines 5,75 %igen Anteils von Biokraftstoffen sowie eine Steigerung auf etwa 8 % im Jahr 2020 ist bereits im TREMOD-Szenario enthalten. Für gesamt-europäische Verhältnisse (EU-Osterweiterung) und neue Technologien (Ganzpflanzennutzung, thermochemische Biomassevergasung, aufbereitetes Biogas) sind erhebliche CO₂-Emissionsminderungen möglich, aber zurzeit noch nicht quantifizierbar.

Die Bundesregierung strebt eine Netto-Minderung der Treibhausgasemissionen im Straßenverkehr um 7 % durch den Einsatz von Biokraftstoffen an. Unter der Annahme, dass die Biokraftstoffe im Jahr 2020 eine Netto-Minderung der Treibhausgasemissionen von 50 % gegenüber den fossilen Kraftstoffen erreichen, ergäbe sich damit ein energetischer Anteil von 14 % an den Kraftstoffen des Straßenverkehrs. Dies wären im Vergleich zu dem TREMOD-Trendszenario, das von einem Biokraftstoffanteil von 8 % im Jahr 2020 ausgeht, sechs zusätzliche Prozentpunkte.

Das daraus resultierende THG-Emissionsminderungspotenzial hängt stark davon ab, welche Treibhausgase und welche Emissionen in die Rechnung einbezogen werden. So verlangt die internationale Emissionsberichterstattung die Anwendung des Brutto-Prinzips, rechnet also die Emissionen der Treibhausgase aus der Produktion der Biokraftstoffe nicht dem Verkehr zu. Die so ermittelten Zahlen entsprechen der Methodik des vorliegenden Berichts, weil hier nur CO₂-Emissionen betrachtet werden. Die Emissionen in anderen Sektoren sind aber andere Treibhausgase, z.B. N₂O oder CH₄. Werden diese anderen Treibhausgase in die Betrachtung einbezogen, was fachlich aussagekräftiger ist, sind zwei Varianten plausibel: Erstens der Vergleich mit einer Null-Variante, die davon ausgeht, dass die Biokraftstoffe ohne die EU-Nachhaltigkeitsverordnung noch keinen Emissionsminderungsbeitrag leisten. Zweitens der Vergleich mit dem TREMOD-Trend, der davon ausgeht, dass die Biokraftstoffe bereits heute einen Emissionsminderungsbeitrag leisten. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die rechnerischen THG-Emissionspotenziale:

In Mio t CO ₂ im Jahr 2020	Brutto-Effekt (nur Emissionen im Verkehrssektor, nur CO ₂)	Netto-Effekt (Annahme: 50 % Emissionen in anderen Sektoren)
Emissionsminderung gegenüber Null-Variante	Nicht kombinierbar	11,3
Emissionsminderung gegenüber TREMOD-Trend	10,1	5,1

In dieser Studie verwenden wir den Vergleich zum TREMOD-Trend. Gegenüber diesem würden die Treibhausgasemissionen des Verkehrs um brutto 10 Mio. und netto 5 Mio. t CO₂-Äq. sinken.

Das UBA hält die Erreichbarkeit dieser gesetzlich fixierten Ziele allerdings für unsicher. Ein kritischer Punkt bei der Biomasse-Gewinnung ist die Flächenkonkurrenz zwischen dem Anbau von Energiepflanzen und Nahrungsmittelpflanzen. Energiepflanzen weisen zudem mögliche höhere THG-Emissionen während des landwirtschaftlichen Anbaus auf.

Die CO₂-Minderung durch Elektrofahrzeuge ist mittelfristig schwer quantifizierbar. Die Unsicherheiten resultieren aus der nicht genau bekannten zukünftigen Entwicklung des Strommix (EE-Einführungsdynamik) und der Effizienzentwicklung im konventionellen Fahrzeugbereich. Unter der Annahme, dass die Elektrofahrzeuge ausschließlich mit zusätzlich erzeugtem Strom aus erneuerbaren Energiequellen betrieben würden, verändert sich das Bild bis 2020 nicht wesentlich. Würden eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020 in Betrieb gehen, entspräche dies ungefähr jedem 50. Auto in Deutschland. Unter Berücksichtigung der geringeren Reichweiten und damit geringen Fahrleistungen der Elektrofahrzeuge könnte so ungefähr 1 % der im Pkw-Verkehr emittierten CO₂-Emissionen vermieden werden. Dies wären im Jahr 2020 weniger als eine Mio. t CO₂.

Langfristig bietet die Elektromobilität aus heutiger Sicht aber große Klimaschutzpotenziale.

2.4.6 Verbrauchsminderung bei Bahnen durch technische Maßnahmen und optimierten Betrieb

Im Schienenverkehr sind Effizienzsteigerungen und somit CO₂-Minderungen sowohl durch **technische Maßnahmen** direkt am Fahrzeug, als auch „am Netz“ sowie durch logistische Maßnahmen erreichbar. Leicht- und Doppelstockbauweise, energieeffiziente Triebwagen, Schwungrad-Speicherung oder elektrische Rückgewinnung der Bremsenergie sowie Hybridkonzepte sind wesentliche Techniken zur Verbesserung der Fahrzeuge und zur Energiesparung [DLR, 2006]. Beispielsweise gibt die DB AG an, dass sie bereits 7 % des Gesamtstromverbrauchs im Jahr 2006 durch die Rückspeisung der Bremsenergie gewann [DB AG, 2007].

Die allgemein lange Nutzungsdauer der Schienenfahrzeuge verringert – im Vergleich zu Straßenfahrzeugen – jedoch die Austausch- und Modernisierungsrate, weshalb Effizienzverbesserungen den Fahrzeugbestand nur allmählich durchdringen. Die heute verwendeten Elektrolokomotiven weisen jedoch schon relativ hohe Wirkungsgrade auf.

Bauliche Maßnahmen am Netz und Betriebsoptimierungen können – zusätzlich zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Attraktivität – zu verstetigtem Verkehrsfluss beitragen, so dass sich energieaufwändige Brems- und Beschleunigungsvorgänge minimieren (Kapitel 2.2.1).

Ein **optimierter Fahrbetrieb** u.a. durch **energiesparende Fahrweise** im Schienenverkehr, birgt große CO₂-Sparpotenziale. Sofern die Zugführerinnen und -führer ausreichend zeitliche Spielräume im Fahrplan haben, d.h. keine Verspätung aufholen müssen, sind mit umsichtiger Fahrweise, d.h. moderatem Beschleunigen und Fahren mit gleichbleibender Geschwindigkeit, im Fernverkehr zwischen 5 - 14 % Verbrauchsminderung möglich [PÖPPER, 2005].

Einmal erreichte Geschwindigkeiten lassen sich wegen der Aerodynamik, der sehr geringen Rollreibung von Schienenfahrzeugen sowie der großen Masse der Züge leicht über lange Zeit halten. Beispielsweise rollt ein ICE bei günstigem Streckenprofil 50 km ohne Antriebsenergie und verliert dabei nur geringfügig an Geschwindigkeit [DB AG, 2007].

Die DB AG lässt seit 2001 ihre circa 14.000 Lokführerinnen und -führer des Personenfernverkehrs und seit 2002 auch die Fahrerinnen und Fahrer des Personennahverkehrs obligatorisch schulen und hinsichtlich ihrer Einflussmöglichkeiten auf den Energieverbrauch beim Fahren sensibilisieren und motivieren. Auch die Railion Deutschland AG, die DB-Schienengüterverkehrsgesellschaft, schulte seit Mitte 2004 alle Lokführerinnen und -führer in energiesparender Fahrweise [ebd.].

Unterstützend wurden die Loks und Triebwagen mit Verbrauchsanzeigen, sog. TEMA-Boxen, ausgerüstet. Sie zeigen den aktuellen und den akkumulierten Verbrauch je Strecke an. Einen weiteren Anreiz gibt die DB AG durch einen internen Wettbewerb unter den Fahrzeugführerinnen und -führern mit Preisen für die energiesparendste Fahrweise.

Die DB AG setzt ihr laufendes Energiesparprogramm mit einer Selbstverpflichtung von weiteren 20 % Minderung in der Traktion (2002-2020) fort [DB AG, 2007]. Die Realisierung dieses Zieles soll vor allem durch eine bessere Auslastung (50 %), einen energieeffizienten Betriebsablauf (40 %; z.B. durch dichtere Zugfolgen, energiesparende Fahrweise) und eine Reduzierung der Umwandlungsverluste bei der Bahnstromversorgung (8 %) gelingen.

Die DB AG stellt eine weitere CO₂-Minderung um 10 % bis zum Jahr 2020 in Aussicht, sofern sich die politischen Rahmenbedingungen zu Gunsten der Schiene verändern. Hierzu gehören vor allem die Einführung des Emissionshandels im Flugverkehr und die Beseitigung der steuerlichen Ungleichbehandlung im Flug- und Schienenverkehr. Da das Umweltbundesamt in diesem Kapitel die Maßnahmen und das Minderungspotenzial im Bahnsektor separat bewertet, wird dieses zusätzliche von der DB prognostizierte Potenzial nicht näher betrachtet.

Ein an der Energieeffizienz ausgerichtetes Verkehrsmanagement- und Verkehrssteuerungssystem – national und europaweit (ERMTS; Kapitel 2.2.1) – unterstützt die Umsetzung der energiesparenden Fahrweise zusätzlich in der Praxis, so dass Zugläufe verstetigt werden und energieintensive Abbrems- und Anfahrprozesse möglichst gering bleiben. Langfristig will die DB AG alle Zugläufe zentral erfassen, fahrdynamisch berechnen und die Resultate den Fahrzeugführerinnen und -führer als Handlungsanweisung vorschreiben.

Das Umweltbundesamt schlägt folgende technische und betriebsoptimierende **Maßnahmen** vor:

- ▶ Das Umweltbundesamt begrüßt die Bestrebung der DB AG, verbrauchsmindernde Fahrweise und technische Verbesserungen zur Minderung nach Ende des derzeit laufenden Programms in Zukunft weiter konsequent fortsetzen und zu verstärken. Dies gilt auch und besonders für private Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU).
- ▶ Die EVU sollten weiterhin Schulungen zur energiesparenden Fahrweise in regelmäßigen Abständen durchführen und alle Loks mit Verbrauchsanzeigen ausstatten. Die DB AG implementierte bereits heute Schulungen.
- ▶ Die EVU sollten in ihre Fahrpläne im Personen- und Güterverkehr größere Zeitpuffer als bislang einplanen, so dass die Fahrzeugführerinnen und -führer möglichst selten Zugverspätungen aufholen müssen.
- ▶ Um die Umweltvorteile des Schienenverkehrs im Verkehrsträgervergleich weiter auszubauen, sollten die EVU ihren Anteil erneuerbarer Energien am Energiemix – insbesondere in der Elektrotraktion – kontinuierlich erhöhen.
Regenerative Energien sollten die im Rahmen des Atomausstiegs der DB AG anstehende Abschaltung des einzigen Bahnstroms erzeugenden Kernkraftwerks Neckarwestheim I (ursprünglich geplant 2009) CO₂-neutral kompensieren. Auch sollte die Bahn anstreben, ihren Anteil an Strom aus Kohlekraftwerken mit regenerativen Energiequellen zu ersetzen.

Minderungspotenzial

Annahmen

- ▶ Bei der Prognose der Verbrauchsminderung im Schienenverkehr ist die Zusammensetzung des Energiemix, insbesondere die Vorkette bei der Elektrotraktion, zu berücksichtigen: Der aktuelle Energiemix der DB AG setzt sich wie folgt zusammen: 16 % Diesel, 84 % Elektrotraktion, davon: knapp 50 % Kohle, 32 % Atomenergie, 7 % Erdgas, 13 % regenerative Energie [DB AG, 2007].
- ▶ Das Umweltbundesamt orientiert sich mit seiner Prognose an den Aussagen der DB AG in ihrer Selbstverpflichtung, die eine Einsparung von 20 % CO₂ im Zeitraum von 2002 bis 2020 für realistisch hält. Diese Einsparung lässt sich durch vergleichsweise langfristige Maßnahmen, wie eine bessere Auslastung der Züge und Trassen – als Folge optimierter Betriebsabläufe und Logistik – sowie technische Maßnahmen direkt am Fahrzeug erreichen. Da im vorliegenden Bericht das Basisjahr 2005 ist, prognostiziert das Umweltbundesamt für das Jahr 2020 eine Reduzierung um 15 %.
- ▶ Bis 2030 setzt sich der positive Trend durch weitere technische Optimierungen an Fahrzeugen, Netz und Logistik fort und erhöht das Potenzial auf 20 %.
- ▶ Da die DB AG als größtes EVU bereits alle Fahrerinnen und Fahrer schulte, ist der Anteil am Minderungspotenzial, der sich durch eine optimierte Fahrweise erreichen lässt, als eher gering zu bewerten. Er ist in den o.g. Prognosen integriert.

- ▶ Die Erhöhung des Auslastungsgrades ist in den Sparpotenzialen enthalten.
- ▶ Die Annahme des Umweltbundesamts bezieht sich auf die spezifischen Minderungen pro Tonnen- bzw. Personenkilometer. Durch eine aus Umweltsicht positiv zu bewertende Modal Split-Verschiebung zugunsten der Bahn, kann es jedoch im Schienenverkehr absolut zu einer Emissionszunahme kommen.

Tabelle 24: CO₂-Sparpotenzial durch optimierten Fahrbetrieb und technische Verbesserungen im Schienenverkehr gegenüber dem TREMOD-Trend für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emission im Schienenverkehr nach TREMOD-Trend ohne Vorkette (Mio. t)	1,3	1,3	1,3
CO₂-Emission im Schienenverkehr mit Maßnahmen ohne Vorkette (Mio. t)	1,3	1,1	1,1
CO₂-Emissionsminderung im Schienenverkehr durch optimierten Fahrbetrieb und technische Verbesserungen (%)	0	15	20
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	0,2	0,3

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006²³

2.5 Verbraucherinformation und Fahrverhalten im Straßenverkehr

Erhebliche Potenziale zur CO₂-Minderung liegen in der Wahl des Verkehrsmittels, der Fahrzeugbeschaffung und bei der Nutzung des Fahrzeugs.

Zur Erschließung dieses Potenzials sind fest eingefahrene Verhaltensweisen aufzubrechen. Verbrauchsgünstigeres Verhalten kann sich nur langfristig gegen die oft über Generationen gewohnten Fahrmuster („Sportliche“ Fahrweise) durchsetzen. Das ist dann möglich, wenn die Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer vom persönlichen Nutzen eines umweltgerechten Verhaltens überzeugt sind. Wichtige Argumente hierfür sind „Kostenersparnis durch geringeren Treibstoffverbrauch und geringeren Materialverschleiß am eigenen Fahrzeug“. Dazu kommen – je nach Maßnahme – ein Gewinn an Verkehrssicherheit, verbesserte gesundheitliche Bedingungen durch geringere Schadstoffimmissionen und geringere Lärmbelastung. Entsprechende Maßnahmen, die die Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer zur verstärkten Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel sowie des Rad- und Fußverkehrs bewegen, sind bereits in den Kapiteln 2.2.3 und 2.2.4 beschrieben.

2.5.1 Verbraucherinformationen zur Fahrzeugbeschaffung

Mit der Entscheidung für den Kauf eines eigenen Fahrzeugs legen Verbraucherinnen und Verbraucher ihr Mobilitätsverhalten langfristig weitgehend fest. Dadurch sind die Umweltwirkungen ebenfalls für längere Zeit vorbestimmt, denn durch den Besitz eines Kfz ist die Wahl des Verkehrsträgers für künftige Fahrten weitgehend vorentschieden.

Unterstützung bei der Wahl eines möglichst umweltverträglichen Kfz finden Kundinnen und Kunden durch regelmäßig aktualisierten Kraftstoffverbrauchs- und Umwelt-Bewertungslisten [ADAC, 2007], [KBA, 2007b], [VCD, 2007], [VDA, 2007a]. Sie bewerten die Fahrzeugmodelle nach Kraftstoffverbrauch und / oder Umweltwirkungen in mehreren Kategorien. Diese Publikationen erreichen jedoch nur einen Teil der Verbraucherinnen und Verbraucher.

Um sicherzustellen, dass Informationen über den Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen direkt am Ort des Verkaufs oder des Leasings zur Verfügung stehen, wurde die Pkw-Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (Pkw-EnVKV) erlassen, die Ende des Jahres 2004 in Kraft trat [BGBl, 2004]. Rechtliche Grundlage ist die EU-Richtlinie 1999/94/EG [EU, 1999]. Sie gilt nicht beim Wiederverkauf von Fahrzeugen.

²³ Die Sparpotenziale geben die zusätzliche Minderung gegenüber dem TREMOD-Trendszenario - ohne Vorkette bei der Elektrotraktion - für das jeweilige Jahr an. Werden die Emissionen der Vorkette berücksichtigt, so erhöhen sich die CO₂-Emissionsminderungen für das Jahr 2020 um 1,2 Mio. t und 2030 um 1,6 Mio. t.

Deutschland setzt dabei nur die Minimalanforderungen der Richtlinie in Form der Angabe des absoluten Verbrauchs und der CO₂-Emissionen um. Für die Käuferinnen und Käufer ist die derzeitige Kennzeichnung von geringem Nutzen, denn sie enthält keine einfach verständliche Vergleichsmöglichkeit der Fahrzeugeffizienz [KOM, 2007]. Studien zeigen, dass Verbraucherinnen und Verbraucher einem Label, das Vergleiche der Fahrzeuge innerhalb eines Segmentes (z.B. Kleinwagen, Oberklasse, Vans) ermöglicht, klar den Vorzug gäben und diese Informationen in ihre Kaufentscheidung einfließen ließen [EVA, 1999, ADAC, 2005].

In die Kaufentscheidung für Pkw sollten auch die Wirkungen der Nebenaggregate, insbesondere Klimaanlage, eingehen. Derzeit gängige Klimaanlage enthalten stark treibhauswirksame Kältemittel. Das am häufigsten verwendete Mittel, R 134a (Tetrafluorethan), ist als Treibhausgas 1300-fach stärker wirksam als CO₂. Bislang entweicht R 134a aus undichten Klimaanlage, bei Unfällen oder bei der Wartung und Entsorgung. 2005 wurden in Deutschland Kältemittel mit umgerechnet etwa 2,6 Mio. t CO₂-Äquivalenten freigesetzt [UBA, 2007g]. In Europa tragen die Kältemittel, nach Schätzungen der EU Kommission für das Jahr 2010, mit 18 - 38 Mio. t CO₂-Äquivalenten zum Treibhauseffekt bei [SCHALLABÖCK ET AL., 2006]. Die neue EU-Richtlinie 2006/40/EG über Emissionen aus Klimaanlage in Kraftfahrzeugen sieht für den Zeitraum 2011 bis 2017 den schrittweisen Ersatz des Kältemittels R 134a in neuen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen vor. Ferner wird die zulässige Leckrate der R 134a-Klimaanlagen begrenzt. Eine verfügbare Alternative zu R 134a ist CO₂, als Kältemittel mit R 744 bezeichnet, dessen künftige Verwendung der Verband der deutschen Automobilindustrie ankündigte [VDA, 2007b]. An keiner anderen Stelle des Kfz ist es so einfach, die klimawirksamen Emissionen der Pkw zu mindern.

Maßnahme

Die Bundesregierung beschloss am 23. August 2007 in Meseberg die Eckpunkte eines Integrierten Energie- und Klimaprogramms [BREG, 2007]. Innerhalb dieses Programms wurde vom BMWi ein Änderungsvorschlag zur Pkw-EnVKV entwickelt. Durch eine verbraucherfreundliche und übersichtliche Kennzeichnung sollen Anreize für den Kauf verbrauchsgünstiger, CO₂-armer Pkw geschaffen werden.

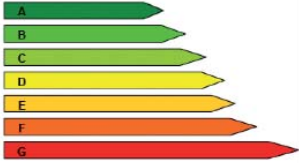

Information über den Kraftstoffverbrauch und die CO ₂ -Emissionen	
Marke Typ Kraftstoff Getriebe	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX Benzin, Diesel, LPG, CNG, Erdgas Automatik/Manuell
Kraftstoffverbrauch	kombiniert: Liter/100 km x, x innerorts: Liter/100 km x, x außerorts: x, x
CO ₂ -Emissionen	kombiniert: Gramm/km xxx
Die angegebenen Werte wurden nach den vorgeschriebenen Messverfahren (RL 80/1268/EWG in der gegenwärtig geltenden Fassung) ermittelt. Die Angaben beziehen sich nicht auf ein einzelnes Fahrzeug und sind nicht Bestandteil des Angebotes, sondern dienen allein Vergleichszwecken zwischen den verschiedenen Fahrzeugtypen	
Energieeffizienz 	 Auf der Grundlage der CO ₂ -Emissionen unter der Berücksichtigung des Fahrzeugleergewichts ermittelt
• Jahressteuer für diese Fahrzeuge Euro • Kraftstoffkosten bei einem Kraftstoffpreis von x,x EURO/Liter und einer Laufleistung von 20 000 Euro	
Hinweis nach Richtlinie 1999/94/EG: Der Kraftstoffverbrauch und die CO ₂ -Emissionen eines Fahrzeugs hängen nicht nur von der effizienten Ausnutzung des Kraftstoffs durch das Fahrzeug ab, sondern werden auch vom Fahrverhalten und anderen nichttechnischen Faktoren beeinflusst. CO ₂ ist das für die Erderwärmung hauptsächlich verantwortliche Treibhausgas. Ein Leitfaden für den Kraftstoffverbrauch und die CO ₂ -Emissionen aller in Deutschland angebotenen Personenkraftfahrzeugmodelle ist unentgeltlich an jedem Verkaufsort in Deutschland erhältlich, an dem neue Personenkraftfahrzeugmodelle ausgestellt oder angeboten werden.	

Abbildung 5: BMWi-Entwurf der CO₂-Kennzeichnung für Pkw

Die Kennzeichnung soll sich an das bewährte Label für Weiße Ware (Waschmaschinen, Kühlschränke) anlehnen. Das ist eine verständliche, vertraute und kundenorientierte Methode und zum Vergleich der Effizienz von Pkw untereinander geeignet (Abbildung 5).

Das Umweltbundesamt befürwortet den Vorschlag des BMWi, die Pkw-EnVKV mit einem vergleichenden Label zu ergänzen, auch wenn das Umweltbundesamt nach wie vor den Parameter „Fahrzeuggewicht“ nicht für besonders geeignet hält und obwohl der Vorschlag keine Unterscheidung nach Fahrzeugklassen beinhaltet. Durch die zweistufige Einführung des Labels mit zunächst weniger ambitionierten Energieeffizienzklassen in der ersten Stufe bis 2012 wird eine europaweit einheitliche Einführung eines vergleichenden CO₂-Label bei Pkw erleichtert und eine Harmonisierung mit der CO₂-Grenzwertgesetzgebung ermöglicht.

Das BMWi sollte deshalb die angekündigte Änderung der Pkw-Energieverbrauchskennzeichnung bald möglichst umzusetzen.

Minderungspotenzial

Annahmen:

- ▶ Der Vorschlag für das Label zur CO₂-Kennzeichnung gilt für alle ab 2010 verkauften Pkw.
- ▶ Die durchschnittliche Pkw-Lebensdauer beträgt 12 Jahre [IFEU, 2006]. Durch den kontinuierlichen Austausch der Fahrzeugflotte tragen im Jahr 2020 etwa 80 % der Pkw im Bestand ein Label und im Jahr 2030 etwa 95 %, d.h. für diese Anteile am Fahrzeugbestand wurde eine durch das Label beeinflusste Kaufentscheidung getroffen.
- ▶ Das Umweltbundesamt geht davon aus, dass die Ergebnisse der Studie „Energy Efficiency of Passenger Cars: Labelling and its Impacts on Fuel Efficiency and CO₂-Reduction“ aus den Niederlanden auf Deutschland übertragen werden können. Das CO₂-Einsparpotenzial liegt hier etwa 10 Jahre nach Einführung eines CO₂-Labels für Pkw bei knapp 5 % [EVA, 1999].
- ▶ Da die CO₂-Emissionen der Neuzulassungen deutlich über dem EU-Durchschnitt liegen, geht das Umweltbundesamt davon aus, dass sich zwischen den Jahren 2020 und 2030 die Wirkung des CO₂-Labels auf 8 % erhöhen wird.

Das geschätzte Sparpotenzial bei Pkw durch diese Maßnahme zeigt Tabelle 25.

Tabelle 25: CO₂-Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch die Einführung einer verbrauchergerechten CO₂-Kennzeichnung für Pkw für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emissionen Pkw nach TREMOD- Trend (Mio. t)	104,9	94,5	84,1
Anteil der Pkw mit Label an der Flotte (%)	0	80	95
Fahrleistungsanteil Pkw mit Label (%)	0	87	99
Sparpotenzial bei Pkw mit Label (%)	0	5	8
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	0	4,1	6,7

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.5.2 Kraftstoffsparendes Fahren

Der Energieverbrauch im Verkehr kann nicht nur durch technische Produkteigenschaften eines Kraftfahrzeugs beeinflusst werden, sondern ist auch von dem individuellen Nutzungsverhalten und dem Fahrstil des Fahrers abhängig. So kann mit einer kraftstoffsparenden Fahrweise eine Verbrauchseinsparung von bis zu 25 % bei Pkw im Vergleich zur vorherigen Fahrweise erreicht werden.

Dass der Kraftstoffverbrauch durch kraftstoffsparendes Fahren beeinflussbar ist, wird in der Öffentlichkeit nur wenig kommuniziert. Die Kenntnisse der Fahrzeughalter über den realen Kraftstoffverbrauch ihres Pkw und dessen Abhängigkeit vom individuellen Nutzungsverhalten sind vergleichsweise gering. Ein emissionsarmer Fahrstil, der an neue Motortechnologien angepasst ist, sollte verstärkt in der Öffentlichkeit kommuniziert werden.

Maßnahmen:

Zur Erhöhung der Sensibilität zum kraftstoffsparenden Fahren schlägt das Umweltbundesamt folgende Maßnahmen vor:

- ▶ Der serienmäßige Einbau von Verbrauchs- und Schaltpunktanzeigen zur ständigen Unterstützung einer effizienten Fahrweise muss obligatorisch werden.
- ▶ In den Prüfungen der Fahrschulausbildung sollte verbrauchsarmes Fahren z.B. durch die Ermittlung der erzielten Kraftstoffeinsparung auf einer Standard-Prüfstrecke stärker in den Vordergrund treten.
- ▶ Im Berufskraftfahrer-Qualifikationsgesetz sind die Vorschriften hinsichtlich der Optimierung des Kraftstoffverbrauchs stärker auszulegen.
- ▶ Die Werbung für Schulungen zur energiesparenden Fahrweise sollten von den Fahrschulen für Führerscheininhaber intensiviert werden.
- ▶ Die Automobilhersteller sollten sich verpflichten, für jeden Kauf eines Neufahrzeugs einen Gutschein zur Teilnahme an einer Schulung zur energiesparenden Fahrweise bereitzustellen.

Minderungspotenzial

Annahmen:

1. Durch entsprechende Verbrauchs- und Schaltpunktanzeigen sowie verstärkte Öffentlichkeitsarbeit und Fahrerschulungen bzgl. kraftstoffsparender Fahrweise geht das Umweltbundesamt davon aus, dass zusätzlich etwa 50 % der Fahrzeughalter eine energiesparendere Fahrweise umsetzen werden.
2. Nach vorliegender Literatur wird in der Realität 50 % der möglichen Potenziale umgesetzt. Die maximale CO₂-Minderung bei Pkw liegt bei 25 %, im Lkw-Bereich bei 10 % [DVZ, 2008 und VW, 2008].
3. Da Pkw weiter technisch optimiert werden, wird das Potenzial tendenziell abnehmen. Das Umweltbundesamt prognostiziert, dass es bis 2020 auf 20 % und bis 2030 auf 15 % sinken wird.
4. Bei Lkw bleibt in der Tendenz das Potenzial von 10 % maximaler Einsparung durch kraftstoffsparende Fahrweise bis 2030 konstant.

Das geschätzte Sparpotenzial bei Pkw und bei Lkw durch diese Maßnahme zeigen Tabelle 26 und Tabelle 27.

Tabelle 26: CO₂-Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch kraftstoffsparende Fahrweise im Pkw-Bereich für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen im TREMOD-Trend im Pkw-Bereich (Mio. t)	104,9	94,5	84,1
CO ₂ -Emissionen im Pkw-Bereich mit Maßnahme (Mio. t)	104,9	89,8	80,7
CO ₂ -Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	5	4
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	4,7	3,7

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

Tabelle 27: CO₂-Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch kraftstoffsparende Fahrweise im Nfz-Bereich für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen im TREMOD-Trend im Nfz-Bereich (Mio. t)	48,7	55,7	57,4
CO ₂ -Emissionen im Nfz-Bereich mit Maßnahme (Mio. t)	48,7	54,0	55,6
CO ₂ -Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	3	3
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	1,7	1,7

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.5.3 Geschwindigkeitsbeschränkungen

Der Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen nimmt im hohen Geschwindigkeitsbereich überproportional zu, da im Wesentlichen der Rollwiderstand – linear ansteigend – und der Luftwiderstand – exponentiell steigend – zu überwinden sind. Die Wirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen auf den Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen sind daraus klar ableitbar und vor allem auf Autobahnen und Landstraßen relevant. OECD und ECMT stellten fest, dass Pkw bei 90 km/h statt 110 km/h konstanter Geschwindigkeit 23 % weniger Kraftstoff je 100 km verbrauchen [OECD/ECMT, 2006]. Fahren Lastzüge mit 80 statt mit 90 km/h, sinkt der Kraftstoffverbrauch um etwa 20 % [VTT, 2006].

Ein UBA-eigener Bericht wies im Jahr 1999 die Schadstoffminderungspotenziale von Tempolimits auf westdeutschen Autobahnen bei 120 und 100 km/h für Pkw bei einem angenommenen Befolgungsgrad von 80 % nach. Demnach waren durch maximal 120 km/h etwa 2,2 Mio. t CO₂-Emissionsminderung, dies sind etwa 2 % Minderung im gesamtdeutschen Straßenverkehr, möglich [UBA, 1999].

Über diese primäre, sofort erzielbare Wirkung hinaus, bergen dauerhafte Beschränkungen erhebliches zusätzliches Sparpotenzial: Da die hohen Endgeschwindigkeiten heutiger Fahrzeuge dann nicht mehr ausgefahren werden können, kann ein Tempolimit langfristig zu Veränderungen der Flotte – hin zu Fahrzeugen mit geringerer Nennleistung – beitragen. Das resultierende Potenzial wurde vom Institut für Kraftfahrwesen der RWTH Aachen für einen Golf V GT 1,4l TSI mit 125 kW simuliert. Begrenzt man ihn auf 160 km/h als Höchstgeschwindigkeit, so genügen 50 kW Motorleistung. Damit fallen im Testzyklus²⁴ der Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen um 27,8 % geringer aus. Würden in der Folge das Fahrwerk und die gesamte Auslegung des Fahrzeugs an die reduzierte Höchstgeschwindigkeit angepasst, so sind 33,3 % weniger CO₂ möglich [IKA, 2006]. Wie viel Potenzial in der Veränderung der gesamten Pkw-Flotte läge, ist allein anhand dieses Beispiels nicht quantifizierbar.

Modal Split-Verschiebung in Richtung Schienenverkehr

Ein Tempolimit erhöht in der Regel die Pkw-Reisezeit, damit sind Veränderungen im Modal Split möglich. Vor allem die Bahn und in geringem Maße der Flugverkehr werden ihre Anteile vergrößern. Ein umweltentlastender Effekt entsteht dabei nur bei der Verlagerung auf die Bahn.

Ein Tempolimit bietet neben dem verringerten CO₂-Ausstoß die gleichen Vorteile wie eine kraftstoffsparende Fahrweise (Kapitel 2.5.2), d.h. Verschleiß am Fahrzeug, Lärmbelastung, Fahrstress, Unfallhäufigkeit und Schwere der Unfallfolgen gehen zurück. Als Folge sinken die Kosten für das Gesundheitssystem [UBA, 1999].

Maßnahme

- ▶ Der Bund führt ab dem Jahr 2010 dauerhafte, flächendeckende Geschwindigkeitsbeschränkungen ein. Sie liegen für Pkw auf Landstraßen bei 80 km/h und auf Autobahnen bei 120 km/h.
- ▶ Informations- und Motivationskampagnen von Seiten des Bundes stellen, genauso wie Maßnahme 1 in Kapitel 2.5.2, auch die weiteren positiven Effekte – weniger Getötete und Verletzte, weniger Lärm und Schadstoffausstoß – dar und erhöhen die Akzeptanz der Maßnahme in der Bevölkerung.
- ▶ Verstärkte polizeiliche Kontrollen und höhere Bußgelder für Geschwindigkeitsverstöße stellen sicher, dass sich mindestens 80 % der Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer an die Beschränkungen halten. Dadurch entstehende Kosten sind voraussichtlich wesentlich geringer als die Summe der vermiedenen Schäden durch Lärm, Schadstoffemissionen und Unfälle.

Minderungspotenzial

Unverzichtbare Eingangsgröße zur Berechnung des CO₂-Emissionsminderungspotenzials ist das Geschwindigkeitsverhalten der Fahrerinnen und Fahrer auf deutschen Autobahnen, d.h. welche Strecken mit welchen Geschwindigkeiten zurückgelegt werden. Die letzte Erhebung hierzu ist von 1992 für das westdeutsche Autobahnnetz. Sie ist für belastbare Berechnungen heutiger Sparpotenziale nur bedingt geeignet.

²⁴ Vorgeschriebene Messgrundlage für alle neu zugelassenen Pkw zur Ermittlung der Schadstoffemissionen und des CO₂-Ausstoßes ist der NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus).

Das in [UBA, 1999] ermittelte CO₂-Minderungspotenzial eines Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen wurde für die Jahre 2020 und 2030 hochgerechnet und in Tabelle 28 dargestellt. Das Potenzial aus Veränderungen der Fahrzeugflotte, verstetigtem Verkehrsfluss und verringerter Stauhäufigkeit ist nicht enthalten.

Tabelle 28: CO₂-Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch Tempolimit 120 km/h auf Autobahnen für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO₂-Emissionen von Pkw auf BAB, TREMOD-Trend (Mio. t)	33,6	35,6	32,4
CO₂-Minderungspotenzial bei Tempolimit 120 gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	9	9
CO₂-Emissionsminderung (Mio. t)	0,0	3,2	2,9

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006; [UBA, 1999]

2.5.4 Fahrgemeinschaften

Selten sind Pkw voll besetzt. Im Durchschnitt fahren 1,42 Personen je Pkw. Am geringsten ist der Besetzungsgrad je Pkw im Berufsverkehr²⁵ mit 1,07 Personen, das heißt, höchstens jeder 14. gefahrene Kilometer wird nicht allein zurückgelegt [DIW, 2007].

Das führt für den einzelnen Nutzer zu hohen Betriebskosten, Staus im Berufsverkehr mit einhergehendem Zeitverlust und/oder Umwegen, mögliche Parkplatzsuche am Zielort und für die Allgemeinheit zu verkehrsbedingten Umweltbelastungen.

Schließen sich mehrere Personen zu Fahrgemeinschaften zusammen, haben sie – wegen der Teilung der Betriebskosten – direkte Vorteile. Dieser finanzielle Aspekt ist der weitaus dominierende Grund, weshalb Personen zu Fahrgemeinschaften bereit sind. Die anderen oben genannten Nachteile des Pkw-Verkehrs wären nur dann spürbar zu mindern, falls große Teile der Auto fahrenden Bevölkerung bereit wären, an Fahrgemeinschaften teilzunehmen. Gerade die Arbeitswege mit täglich wiederkehrenden gleichen Wegen bieten theoretisches ein großes Potenzial.

Fahrgemeinschaften kommen meist durch die Vermittlung von Mitfahrerbörsen zustande. Sie sind fast ausschließlich über das Internet organisiert und selten miteinander vernetzt. Neben den täglichen Arbeitswegen fallen insbesondere im regelmäßigen Wochenend-Freizeitverkehr, z.B. zwischen weit entferntem ehemaligem Wohnort/Lebensmittelpunkt und neuem Wohnort/Arbeitsplatz, erhebliche Verkehrsaufwände an (z.B. bei Studenten). Über die Anzahl und Länge der Fahrten, den Besetzungsgrad etc. sind keine validierten Zahlen zu ermitteln. Viele der Mitfahrer (Studenten) würden, wenn es diese Fahrgemeinschaften nicht gäbe, die Bahn nutzen oder auf die Reise verzichten; das CO₂-Sparpotenzial wäre also allenfalls gering. Das Umweltbundesamt berechnet für diese Form der Fahrgemeinschaft deshalb kein Minderungspotenzial.

Pendlersysteme bestehen derzeit vor allem in den Ballungsräumen Rhein/Main, Nordrhein-Westfalen (NRW) und Stuttgart. Das „Pendlernetz NRW“ betreiben die Landkreise und kreisfreien Städte, die damit – neben verringerter Umweltbelastung – vor allem Verkehrsspitzen kappen, den Verkehrsfluss verstetigen und den Bedarf an öffentlichem Parkraum in der Nähe großer Betriebe verringern wollen. Für den ländlichen Raum können gut funktionierende Pendlersysteme zugleich eine sinnvolle Ergänzung zum ÖPNV sein, gerade im Hinblick auf die demografische Entwicklung mit zunehmendem Rentnersockel [NRW PENDLERNETZ, 2007].

Einige Unternehmen – wie das Umweltbundesamt, Ford Köln, die BASF in Ludwigshafen und die Lufthansa ab 2008 in Frankfurt und Hamburg – erleichtern ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ebenfalls die Bildung der Fahrgemeinschaften, indem sie z.B. eine Internetplattform zur Verfügung stellen.

Bisherige Bemühungen haben – mit Ausnahme des Pendlernetzes NRW - kaum sichtbare Erfolge erbracht. Es bestehen viele nicht vernetzte Mitfahrgemeinschaften mit geringer Teilnehmerzahl. Ein umfassendes Zentralsystem könnte weit mehr Fahrten vermitteln als die Summe der einzelnen kleinen Systeme. Interessierte Teilnehmerinnen und Teilnehmer könnten dann leichter das gesamte Angebot

²⁵ Wege von und zur Arbeitsstelle. Sie machen 27,7 % der mit Pkw zurückgelegten Kilometer aus.

überblicken. Zudem sind die Angebote für Teilstrecken oft nicht nutzerfreundlich gestaltet. Wesentliche Hemmnisse dürften jedoch die Fixierung der Autofahrer auf ihre Mobilitätsgewohnheiten, die subjektiv empfundene Einschränkung der persönlichen Flexibilität [Sonnenschein et al., 2005] und die vermutete Zeitersparnis bei Alleinfahrten sein.

Maßnahmen

- ▶ Analysen zeigen, dass Fahrgemeinschaften besonders dann entstehen, wenn die Teilnehmerinnen und Teilnehmer im gleichen Betrieb oder in deren Nähe arbeiten [ICARO, 1999]. Der Bund sollte mittlere und große Unternehmen (ab circa 100 Mitarbeiter/innen) zu einem Mobilitätsmanagement für ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter verpflichten. Das kann auf eine firmeneigene Fahrtenvermittlung hinauslaufen oder auf die Zusammenarbeit mit internetbasierten Vermittlungen. Es sollte zielgruppengerichtete, die Bekanntheit steigernde Kampagnen umfassen sowie die Parkraumbewirtschaftung, etwa indem ein Teil der Parkplätze für Fahrgemeinschaften vorbehalten bleibt. Ziel muss sein, eine Mindestzahl an Interessierten zu mobilisieren, ab der Mitfahrten zustande kommen.
- ▶ Dem Bund fallen rechtliche und koordinierende Aufgaben zu: Das Konzept der Fahrgemeinschaften ist in die Strategie zur CO₂-Emissionsminderung einzubinden. Der Bund sollte den Versicherungsschutz von Mitfahrern – auch für Abholfahrten – eindeutig klären und Mobilitätsmanagement für große Firmen gesetzlich vorschreiben (s.o.).
- ▶ Landkreise und kreisfreie Städte sollen eine zentrale, kostenfreie, bundesweite Internetplattform aufbauen. Sie muss leistungsfähig und nutzerfreundlich gestaltet sein. Sie soll mittelfristig die firmenbasierten Vermittlungen und die kommerziellen Anbieter integrieren. Für die vermittelten Fahrten der zugeführten Kunden bekommen Firmen und kommerzielle Anbieter einen finanziellen Ausgleich. Die Fahrangebote des ÖPNV und der Internetplattform müssen so übersichtlich vernetzt werden, dass kombinierte Reisen leicht möglich sind. Davon profitieren beide Teilsysteme. Parkraumbewirtschaftung öffentlicher Flächen soll den Vorrang von „2+ Fahrern“ finanziell und organisatorisch untermauern. Die Öffentlichkeitsarbeit für ein positives, modernes Image von Fahrgemeinschaften sollte zunächst nur auf die Zielgruppe Berufsverkehr ausgerichtet sein und könnte bei erfolgreicher Etablierung auf andere Bereiche der Fahrgemeinschaften ausgedehnt werden.
- ▶ Kommunen sollten Parkraum an Umsteigepunkten bereithalten, so dass Mitfahrerinnen und Mitfahrer leicht zwischen zwei Pkw oder zwischen Pkw und ÖPNV umsteigen können. Umsteigepunkte sind Bahnhöfe, Busbahnhöfe, Autobahn-Anschlussstellen und intermodale Verkehrsknoten.

Minderungspotenzial

Annahmen:

- ▶ Nur Pkw-Berufspendler sind berücksichtigt, da die Potenziale anderer Gruppen nicht ausreichend sicher zu quantifizieren sind.
- ▶ Von den zustande kommenden Fahrten im „Pendlernetz Rhein-Main“ sind nur 2,5 % kürzer als 10 km [PENDLERNETZ RHEIN-MAIN 2006]. Vereinfachend nimmt das Umweltbundesamt diesen Anteil für die ganze Bundesrepublik Deutschland an und berechnet in Tabelle 29 nur Fahrten über 10 km Länge.
- ▶ Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr können die Attraktivität des MIV steigern und dem ÖPNV einen Teil der Kunden entziehen. Die Umsteiger werden jedoch größtenteils vorherige Pkw-Alleinfahrer sein [ICARO, 1999]. Nur der letztere Teil geht in die Berechnung ein.
- ▶ Um Fahrgemeinschaften effektiv zu fördern, genügt es voraussichtlich nicht, nur einzelne der Maßnahmen umzusetzen. Vielmehr entfalten sie erst als Paket ihre ganze Wirkung [ICARO, 1999]. Die Maßnahmen haben eher „weichen“ Charakter und zielen auf Verhaltensänderungen ab; kurzfristige Erfolge sind deshalb kaum erzielbar. Mit dem Maßnahmenpaket ist es möglich, den Besetzungsgrad im Berufsverkehr von derzeit 1,07 langfristig auf 1,26 zu heben.
- ▶ Für die vermiedene Fahrleistung setzt das Umweltbundesamt die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Pkw im Bestand an.

Durch die nicht gefahrenen Personenkilometer ergeben sich die in Tabelle 29 dargestellten CO₂-Minderungspotenziale.

Tabelle 29: CO₂-Sparpotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend durch Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr für die Jahre 2020 und 2030

	2005	2020	2030
CO ₂ -Emissionen im Pkw-Bereich nach TREMOD-Trend (Mio. t)	104,9	94,5	84,1
CO ₂ -Emissionen im Pkw-Bereich mit Maßnahme (Mio. t)	104,9	92,5	80,9
CO ₂ -Emissionsminderung durch Maßnahmen gegenüber dem TREMOD-Trend (%)	0	2,1	3,8
CO ₂ -Emissionsminderung (Mio. t)	0	2,5	3,2

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

2.6 Langfristige Perspektiven im Verkehr bis 2050

Szenarien über lange Zeiträume hängen von vielen Unwägbarkeiten ab und sind daher nur schwer zu berechnen. Im Verkehr liegt eine Unwägbarkeit in der technischen Entwicklung: Wie viel effizienter können Verbrennungsmotoren und alternative Antriebe über das in diesem Bericht dargestellte Maß hinaus werden? Welche alternativen Kraftstoffe können in welchem Umfang bereitgestellt werden – und wird dies gelingen, ohne an anderer Stelle die Umwelt zu beeinträchtigen? Weil auch das Umweltbundesamt diese Fragen für einen zukünftigen Zeitraum von rund 40 Jahren nicht eindeutig beantworten kann, beschränkt sich das Umweltbundesamt in den Berechnungen dieses Berichts auf die Jahre bis 2030.

Dennoch kann eine Betrachtung des Verkehrs unter Klimaschutzaspekten nicht außer Acht lassen, dass im Jahr 2050 noch ehrgeizigere Klimaschutzziele zu erfüllen sind. Deutschland muss zu diesem Zeitpunkt – wie andere Industrieländer auch – seine CO₂-Emissionen um 80 % gegenüber 1990 verringert haben. Dies gilt auch für den Verkehrssektor und würde bedeuten, dass 2050 die CO₂-Emissionen des Verkehrs nur noch etwa 34 Mio. t betragen dürften.

In diese Betrachtung ist auch der internationale Flugverkehr einzubeziehen – also der Verkehrsträger mit dem derzeit höchsten Wachstum im Verkehrsaufwand. Mit den von uns vorgeschlagenen Instrumenten kann es gelingen, den Wachstumstrend im Flugverkehr zu stoppen, also die CO₂-Emissionen auf dem heutigen Niveau zu stabilisieren. Eine Verlagerung auf andere Verkehrsmittel erscheint auf mittleren oder langen Strecken aber unrealistisch. Auch sind die technischen Potenziale zur Minderung des Treibstoffverbrauchs beschränkt, weil sie bereits heute weitgehend ausgeschöpft sind. Dies liegt daran, dass bei Flugzeugen auch heute bereits der Treibstoff zu den wesentlichen Kostenpositionen der Fluggesellschaften gehört. Der Einsatz erneuerbarer Energieträger zeichnet sich zudem nicht ab. Das Umweltbundesamt geht daher davon aus, dass der Flugverkehr auch langfristig nur eine Stabilisierung seiner Klimagasemissionen erreichen kann.

Um die fehlenden Emissionsminderungen im Flugverkehr auszugleichen, muss der übrige Verkehr, also im Wesentlichen der landgebundene Verkehr auf Straße, Schiene und Wasserstraße, verschärften Anforderungen genügen. Nach Ansicht des Umweltbundesamtes sollte er bis zum Jahr 2050 ohne fossile Kraftstoffe auskommen. Da auch erneuerbare Energieträger über ihre Vorketten THG-Emissionen verursachen, wäre der Verkehr damit zwar nicht klimaneutral, aber unabhängig von der Verfügbarkeit von billigem Rohöl für Transportzwecke. Je nach Einsatz von alternativen Antrieben können sich jedoch Abhängigkeiten von der Verfügbarkeit und vom Preis anderer Rohstoffe (z.B. Platin, Lithium) ergeben.

Erneuerbare Energien, egal ob Biokraftstoffe, Strom aus erneuerbaren Quellen oder Wasserstoff auf Basis erneuerbarer Quellen, sind derzeit in ihrer Verfügbarkeit begrenzt und im Verhältnis zu heutigen Rohölpreisen teuer. Ein erschwingliches Verkehrssystem auf der Basis erneuerbarer Energien setzt in jedem Fall zunächst eine deutliche Effizienzsteigerung voraus. Diese ist u.a. durch Verkürzung der Wegstrecken und Verlagerung auf effiziente Verkehrssysteme wie die Bahn erreichbar.

Das Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe hat eine solche Entwicklung im Auftrag des Umweltbundesamtes mit Hilfe des systemdynamischen Modells ESCOT errechnet [UBA 2001b]. Die Studie sieht zwar deutliche, aber letztlich beschränkte Effizienzsteigerungen

bei der Fahrzeugentwicklung vor, so liegt der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch von Pkw bei 2,5 Litern pro 100 Kilometer. Die Studie ließ erneuerbare Energieträger (außer beim Bahnstrom) unberücksichtigt. Daher konzentriert sich das Umweltbundesamt in der Darstellung auf die Veränderung der Verkehrsträgerwahl. Der Verkehrsaufwand bleibt im Szenario „EST3“ gegenüber dem Vergleichswert im Jahr 1990 im Personenverkehr etwa konstant und wächst im Güterverkehr um 76 %. Der Straßenverkehr nimmt hingegen stark ab. Erforderlich sind allerdings erhebliche Verlagerungen zu ÖPNV und Bahn.

Die Tabelle 30 zeigt, welche Veränderungen bei den Fahrleistungen des Straßenverkehrs die Studie errechnet.

Tabelle 30: Entwicklung des Verkehrsaufwands bis 2050 gegenüber 1990 in (%) bei einer Minderung der CO₂-Emissionen um 80 %

	Business As Usual	Sustainable Transport (EST 3)
	Personenverkehr	
zu Fuß, Fahrrad	-16 %	+50 %
ÖPNV, Bahn	+17 %	+279 %
Pkw, Motorrad	+46 %	-53 %
Insgesamt	+85 %	+5
	Güterverkehr	
Eisenbahn	+/-0	+348 %
Binnenschiff	+51 %	+88 %
Straßengüterverkehr	+141 %	-69 %
Insgesamt	+87 %	+76 %

Quelle: [UBA, 2001b]

Die Studie zeigt, dass aus Gründen des Klimaschutzes langfristig noch wesentlich ehrgeizigere Verkehrsverlagerungen notwendig sind als in der vorliegenden Studie mit Blick auf das Jahr 2030 vorgestellt.

Damit der verbleibende Energieverbrauch durch erneuerbare Energien bereitgestellt werden kann und das Klima tatsächlich entlastet wird, sind Anstrengungen zur Erforschung und Entwicklung der Kraftstoffe bzw. der Stromspeicherung in Batterien notwendig. Aus Sicht des Umweltbundesamtes sollte die Strategie schon heute beginnen, damit in einem Übergangszeitraum von 40 Jahren das Ziel eines Verkehrssystems ohne fossile Kraftstoffe erreicht werden kann.

3 Zusammenfassung

In den folgenden Abschnitten fasst das Umweltbundesamt die spezifischen Potenziale der beschriebenen Maßnahmen zusammen und entwickelt Szenarien für die Jahre 2020 und 2030.

3.1 Emissionen des Verkehrs nach TREND-Szenario

Die Tabelle 31 zeigt die direkten CO₂-Emissionen der verschiedenen Verkehrsträger für die betrachteten Bezugsjahre 2005, 2020 und 2030 im Trendszenario nach TREMOD, d.h. unter Einbeziehung aller zum Zeitpunkt dieses Berichts bereits beschlossenen zukünftigen Maßnahmen und Gesetzesänderungen. Noch nicht beschlossene Maßnahmen und Gesetzesänderungen, auch wenn sie grundsätzlich absehbar sind, sowie alle weiteren Maßnahmen sind in Kapitel 2 dargestellt. Dort ist deren zusätzliche Wirkung gegenüber dem TREMOD-Trend angegeben.

Wie bereits in Kapitel 1.5 erläutert, basieren die CO₂-Emissionen des Straßengüterverkehrs – abweichend von früheren Trend-Berechnungen – auf den Fahrleistungsprognosen der Studie „Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025“ [ITP/BVU, 2007].

Tabelle 31: CO₂-Emissionen nach TREMOD-Trend unterteilt nach Verkehrsbereichen für die Jahre 2005, 2020 und 2030

Emissionen nach TREMOD-Trend [Mio. t CO ₂]			
	2005	2020	2030
<i>Straßenverkehr</i>	155,1	152,3	143,9
motorisierter Individualverkehr	106,4	96,6	86,6
Bus	3,2	2,8	2,6
leichte Nutzfahrzeuge	8,8	8,5	7,9
schwere Nutzfahrzeuge	36,7	44,4	46,8
<i>Schienenverkehr ¹⁾</i>	8,5	9,2	9,6
Schienen-Personenverkehr	5,7	5,6	5,5
Schienen-Güterverkehr	2,8	3,6	4,1
<i>Binnenschiffverkehr</i>	2,0	2,3	2,6
<i>Flugverkehr ²⁾</i>	25,4	42,1	53,0
Gesamt	191,0	205,9	209,1
Zunahme gegenüber 2005 [%]	0	7,8	9,5
¹⁾ Schienenverkehr einschl. vorgelagerter Prozesse (Strombereitstellung)			
²⁾ von deutschen Flughäfen abgehender Flugverkehr bis zur ersten Landung			

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

Die Zahlen des Trendszenarios zeigen, trotz unterschiedlicher Tendenz einzelner Verkehrsträger, dass die CO₂-Emissionen des Verkehrs insgesamt im Jahr 2020 um 7,8 % und im Jahr 2030 um 9,5 % höher liegen als im Jahr 2005. Dass dieser Trend aus Gründen des Klimaschutzes zum politischen Handeln zwingt, wird an dieser Stelle nicht näher ausgeführt, zumal andere Sektoren und Industriezweige im gleichen Zeitraum erhebliche CO₂-Minderungen erbringen.

Nach den Vorgaben der internationalen Berichterstattung (Kyoto-Prinzip) werden die CO₂-Emissionen nach dem Energiebilanzprinzip angegeben. Beim Flugverkehr werden nur die Emissionen des nationalen Flugverkehrs berücksichtigt. Die Emissionen des bawirtschaftlichen und des „übrigen“ Verkehrs sowie die Emissionen aus Erdgas-Verdichterstationen gehen ebenfalls ein. Es werden jeweils nur die direkten Emissionen berücksichtigt, da die Emissionen der Vorketten im Energiesektor angerechnet werden.

Tabelle 32 zeigt die Entwicklung der CO₂-Emissionen des Verkehrssektors für das Bezugsjahr 2005 und die Schätzungen für die Jahre 2020 und 2030 nach dem Kyoto-Prinzip.

Tabelle 32: CO₂-Emissionen des Verkehrssektors nach dem Kyoto-Prinzip für die Jahre 2005, 2020 und 2030

	2005	2020	2030
Emissionen nach Kyoto-Prinzip (Mio. t CO ₂)	159,4	157,3	149,7
Abnahme gegenüber 2005 (%)	0,0	-1,3	-6,0

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

3.2 Emissionsminderungsziele der Bundesregierung

Die Bundesregierung beschloss am 23. August 2007 in Meseberg die Eckpunkte eines Integrierten Energie- und Klimaprogramms [BREG, 2007]. Diese Eckpunkte konkretisieren die in der Regierungserklärung vom 26. April 2007 dargestellten Maßnahmen und tragen damit zur zusätzlichen Minderung der Treibhausgasemissionen Deutschlands bis zum Jahr 2020 bei.

Mit den bereits vor Meseberg beschlossenen Maßnahmen würde Deutschland im Jahr 2020 bereits eine CO₂-Emissionsminderung – bei einer Gesamtbetrachtung aller Sektoren – gegenüber 1990 und gegenüber heute erreichen. Mit den in Meseberg beschlossenen Eckpunkten kann Deutschland eine Emissionsminderung von bis zu 37 % erzielen. Dazu ist der laufende Prozess, die beschlossenen Eckpunkte konsequent in Instrumente der Gesetzgebung umzusetzen, von entscheidender Bedeutung. Zudem bestehen weitere Optionen, um eine Treibhausgasemissionsminderung von 40 % oder mehr bis 2020 zu erreichen. Schließlich sind Risiken zu vermindern, die dieser Entwicklung entgegenwirken.

Dieser Bericht behandelt die Maßnahmen in einer gegenüber den Meseberger Beschlüssen unterschiedlichen Ausprägung, zum Teil jedoch bei gleicher Bezeichnung. Allerdings reicht hier der Zeithorizont mit dem Jahr 2030 noch einen Schritt weiter. Der Bericht betrachtet zudem eine Vielzahl zusätzlicher Maßnahmen.

3.3 Überblick Einzelmaßnahmen

Im Kapitel 2 des Berichtes sind die Einzelmaßnahmen beschrieben und deren Minderungspotenziale aufgeführt. Die folgende Tabelle 32 fasst diese CO₂-Emissionsminderungspotenziale zusammen.

Bei der Bewertung der Einzelmaßnahmen in den Szenarien sind die Wechselwirkungen der Maßnahmen untereinander zu berücksichtigen. Denn die Maßnahmen können gegenseitig ihr Minderungspotenzial ergänzen und verstärken oder überlagern und neutralisieren. Dabei ist auch der jeweilige Umsetzungszeitpunkt – z.B. Gesetzesänderung – und/oder der Wirkungsbeginn – beispielsweise drei Jahre nach Einführung der Verordnung – zu berücksichtigen.

Beispiel: Mit der Förderung der Bahn, der Fortschreibung der Ökosteuer und einer Reihe weiterer Maßnahmen verlagert sich langfristig der Pkw-Verkehr auf umweltgerechtere Verkehrsträger. Die Zahl der Pkw, die zum Beispiel mit Leichtlaufreifen und Leichtlaufölen ausgerüstet werden können, und deren Fahrleistung ist dann entsprechend geringer als ohne die zuvor genannten Maßnahmen. Das reale CO₂-Emissionsminderungspotenzial durch Öle und Reifen im Jahr 2030 ist dann geringer, als bei der jeweiligen Einzelmaßnahme angegeben.

Allerdings ist es kaum möglich, derartige Wechselwirkungen für eine größere Zahl verschiedener, parallel oder konsekutiv einzuführender Maßnahmen in unterschiedlichen Szenarien fundiert zu berechnen oder zu schätzen. Die Minderungspotenziale einzelner Maßnahmen sind nicht einfach zu addieren, weshalb das Umweltbundesamt in der folgenden Tabelle 33 auf eine Summenbildung verzichtet.

Tabelle 33: Zusammenfassende Übersicht der vorgeschlagenen Maßnahmen und deren CO₂-Sparpotenzial für die Jahre 2020 und 2030

Minderung der Emissionen nach Maßnahmen in 2020 und 2030 gegenüber dem Trend (alle Angaben in Mio. t CO₂)

Maßnahme	Red. Potenzial*	Red. Potenzial*	Zusatzinfos
	2020	2030	
Verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung (Kapitel 2.1)			
Planungskonzept „Stadt der kurzen Wege“			Als Gesamt-
Integration v. Verkehrs- und Siedlungsplanung			Potenzial
Minderungspotenzial der verkehrsvermeidenden Maßnahmen	10,2	13,8	zusammen- gefasst
Abkehr vom Straßenneubau	1,8	2,3	
Förderung regionaler Wirtschaftskreisläufe	3,4	3,2	
Förderung umweltgerechter Verkehrsträger (Kapitel 2.2)			
Güterschienenverkehr	2,1	1,7	
Schienenpersonenverkehr	1,9	3,2	
ÖPNV	2,6	1,9	
Fahrrad- und Fußverkehr	5,0	4,0	
Car-Sharing	k.A.	k.A.	Nicht quanti- fizierbar
Abgaben und ökonomische Maßnahmen (Kapitel 2.3)			
Marktorientierte Instrumente im Flugverkehr	15,6	20,1	
Ausweitung u. Weiterentwicklung Lkw-Maut	4,5	4,2	
Erhöhung der Energiesteuer auf Kraftstoffe	9,5	17,9	
Einführung einer „reinen“ CO ₂ -bezogenen Kfz-Steuer	2,8	4,2	
Abschaffung der Entfernungspauschale	4,3	4,9	
Besteuerung der privaten Nutzung v. Dienstwagen	3,7	2,8	
Gesetzgebung zur Verbesserung der Fahrzeugeffizienz (Kapitel 2.4)			
CO ₂ -Gesetzgebung für Pkw durch Verordnung 443/2009	5,6	10,8	
CO ₂ -Grenzwert-Gesetzgebung für Nutzfahrzeuge	2,8	3,4	
Verwendung von Leichtlaufölen	4,5	4,2	
Verwendung von Leichtlaufreifen	6,0	7,1	
Mehr und „bessere“ Biokraftstoffe nutzen	10,1 (5,1)**	k.A.	Gesetzl. Vorgaben
Verbrauchsminderung bei Bahnen	0,2	0,3	Potenzial deutlich < 1 Mio. t
Verbraucher- und Fahrverhalten (Kapitel 2.5)			
Verbraucherinformation zur Fahrzeugbeschaffung („Label“)	4,1	6,7	
kraftstoffsparendes Fahren im Straßenverkehr (Pkw)	4,7	3,7	
kraftstoffsparendes Fahren im Straßenverkehr (NfZ)	1,7	1,7	
Tempolimit 120 km/h für Pkw auf BAB	3,2	2,9	
Fahrgemeinschaften	2,5	3,2	

* Einzelpotenziale sind nicht beliebig zu addieren.

** Das Potenzial errechnet sich aus den gesetzlichen Vorgaben des Biokraftstoffquotengesetzes und der EU-Nachhaltigkeitsverordnung (vgl. Kapitel 2.4.5). Das Umweltbundesamt hält die Erreichbarkeit der dort gesetzten Ziele nicht für gesichert (10,1 Mio. t Brutto-Effekt, 5,1 Mio. t Netto-Effekt).

Die Potenziale können nicht ohne weiteres addiert werden. Trotzdem will das Umweltbundesamt anhand der vorstehenden Übersicht der Ergebnisse der einzelnen Kapitel versuchen, eine erste vergleichende Einschätzung der unterschiedlichen Maßnahmen bezüglich ihres Potenzials gegenüber dem TREMOD-Trend vorzunehmen.

Wenn man versucht, eine Rangfolge nach den verschiedenen Minderungspotenzialen zu erstellen, so zeigt sich, dass die marktwirtschaftlichen Instrumente im Flugverkehr, die Erhöhung der Energiesteuer, die verkehrsvermeidenden Maßnahmen und die CO₂-Gesetzgebung für Pkw (langfristig) die höchsten Potenziale aufweisen. Dieses Ergebnis zeigt jedenfalls, dass planerische und ökonomische Maßnahmen zukünftig eine besondere Bedeutung haben.

Durch die Förderung umweltgerechter Verkehrsträger (Kapitel 2.2), die weiteren ökonomischen Maßnahmen (Kapitel 2.3), die Verbesserung der Fahrzeugeffizienz (Kapitel 2.4) sowie das Verbraucher- und Fahrverhalten (Kapitel 2.5) gibt es eine Vielzahl von Maßnahmen, die für die Jahre 2020 und 2030 ähnliche „mittlere“ Potenziale aufweisen.

Das Potenzial der Förderung umweltgerechter Verkehrsträger (Kapitel 2.2) sticht wider Erwarten nicht besonders hervor. Die Umsetzung dieser klassischen Zielsetzung des Umweltschutzes wird bereits seit vielen Jahren betrieben und ist dem entsprechend schon weitgehend im TREMOD-Trend enthalten. Das angegebene Potenzial beschreibt die noch für die Zukunft bestehenden Möglichkeiten.

3.4 Kombination von Maßnahmen

Aus den im vorliegenden Bericht erläuterten Einzelmaßnahmen zur CO₂-Emissionsminderung im Verkehr stellt das Umweltbundesamt nun Maßnahmen in verschiedenen Kombinationen zusammen. Zunächst erfolgen jedoch einige Anmerkungen zu den Kosten der Maßnahmen.

3.4.1 Grundsätzliches zum Kosten-Nutzen-Verhältnis

Grundsätzlich sollte die Zusammenstellung von Maßnahmen nicht nur die quantifizierten Potenziale und deren Zeithorizont berücksichtigen, sondern zusätzlich die Maßnahmen bevorzugen, die das günstigste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Dabei lassen sich Kosten und Nutzen wie folgt beschreiben:

- ▶ Der Nutzen im Sinn der Zielsetzung der Maßnahmen wird mit dem CO₂-Emissionsminderungspotenzial beschrieben. Der monetäre Nutzen besteht im Beitrag zur Vermeidung weltweiter volkswirtschaftlicher Schäden durch die Änderung des Klimas.
- ▶ Kosten entstehen durch die Implementierung von Maßnahmen und – soweit technische Maßnahmen betroffen sind – durch Mehrkosten in der Produktion. Entwicklungskosten spielen dem gegenüber nur eine geringe Rolle, wenn man deren Umlegung auf die hohe Stückzahl einer Serienfertigung betrachtet. Da die Verbrauchs- und CO₂-Emissionsminderung an Fahrzeugen in der Regel mit einer Kraftstoffkostenminderung für den Verbraucher verbunden ist, sind die Gewinne durch die Differenz der Kraftstoffkosten (ohne Maßnahmen – mit Maßnahmen) dagegen aufzurechnen.

Vielfach führen technische Maßnahmen zu einem Nettogewinn, d.h. die Erhöhung der Produktionskosten ist geringer als die Einsparungen bei den Kraftstoffkosten. Am Beispiel einer CO₂-Minderung um 20 % bei einem Mittelklasse-Pkw mit Ottomotor ergeben sich folgende Zahlen:

Die UBA-eigene Berechnung der Herstellungsmehrkosten durch CO₂-mindernde Maßnahmen (kosten-günstige, bereits verfügbare Maßnahmen) beruht auf Literaturangaben und technisch plausiblen Annahmen. Die zukünftige Kostendegression durch Großserienfertigung wurde dabei bereits berücksichtigt. Für einen Mittelklasse-Pkw mit Ottomotor, dessen Effizienz um 20 % auf 130 g CO₂/km verbessert wird, bedeutet dies:

Das Downsizing des Motors mit Aufladung (Turbolader) bringt beim Ottomotor bereits 20 % Verbrauchsminderung. Die Mehrkosten in der Produktion betragen circa 200,- EURO. Auch andere Maßnahmenpakete (z.B. Kühlungsoptimierung + Zylinderdeaktivierung + Schaltpunktanzeige + Direkteinspritzung) bewegen sich in demselben Kostenrahmen. Mit einem kalkulatorischen Aufschlag um den Faktor 1,5 würde der Mehrpreis für den Kunden nicht mehr als 300 EURO betragen.

Dem steht bei einer Verbrauchsersparnis von 1,5 l/100 km, einer jährlichen Fahrleistung von 10.800 km und einem Kraftstoffpreis von 1,37 EURO/Liter bereits im ersten Jahr eine Ersparnis von 220 EURO gegenüber. Der Mehrpreis amortisiert sich also bereits nach circa 1,5 Jahren. Bezogen auf 12 Jahre Fahrzeuglebensdauer spart der Pkw-Fahrer circa 2.500 EURO, und er erspart der Umwelt circa 5 t CO₂. Selbst wenn man unterstellt, dass die Sichtweise der meisten Pkw-Halter nicht auf die gesamte Fahrzeuglebensdauer, sondern eher auf einen Zeithorizont von drei bis vier Jahren ausgerichtet ist, so ist doch die kurzfristige Amortisation immer ein Argument.

Eine Studie zur CO₂-Minderung [UBA, 2007a] greift bezüglich der Sparpotenziale und deren Kosten im Pkw-Bereich auf eine umfassende Kostenanalyse der Institute TNO, IEEP und LAT im Auftrag der EU-Kommission zurück, die ihrerseits auf Zahlen des europäischen Herstellerverbandes ACEA beruht [TNO, IEEP, LAT, 2006]. Die Kosten sind dort aus Sicht des Umweltbundesamtes relativ hoch angesetzt. Selbst bei diesen hohen Kostenansätzen kommt die ISI-Studie für die Mehrzahl der Fahrzeuggruppen zu einem Nettogewinn, d.h. die Produktionskostenerhöhung ist geringer als die Einsparungen bei den Kraftstoffkosten [ISI ET AL. 2007]. Für Pkw mit Ottomotor beträgt der Gewinn über die Lebensdauer im Betrieb bis zu 2.000 EURO. In der Summe aller Fahrzeuggruppen verbleibt ein Nettogewinn im Milliardenbereich.

Derartige Berechnungen sind für verschiedene technische Maßnahmen möglich. Für Maßnahmen zur verkehrsvermeidenden Siedlungs- und Verkehrsplanung (Kapitel 2.1), für Maßnahmen zur Förderung umweltgerechter Verkehrsträger (Kapitel 2.2) und einige weitere nicht-technische Maßnahmen sind die Kosten jedoch nicht ohne weiteres zu quantifizieren. Für alle Maßnahmen gilt außerdem, dass sich der Nutzen als Beitrag zur Vermeidung weltweiter volkswirtschaftlicher Schäden nicht ohne weiteres quantifizieren lässt. Dies liegt vor allem an der schwierigen Quantifizierung des monetären Nutzens der CO₂-Minderung.

Damit steht das Kosten-Nutzen-Verhältnis als durchgängiger Maßstab zum Vergleich aller technischen und nicht-technischen Maßnahmen für diesen Bericht nicht zur Verfügung und wird deshalb hier nicht verwendet. Aus diesem Grund verzichtete das Umweltbundesamt bereits bei der Beschreibung der Maßnahmen auf Angaben zu den Kosten.

Aus den im vorliegenden Bericht erläuterten Einzelmaßnahmen zur CO₂-Emissionsminderung im Verkehr erstellt das Umweltbundesamt nun Kombinationen der Maßnahmen.

3.4.2 Zeithorizont der Maßnahmen

Bei der Zusammenstellung der Maßnahmen ist eine Einteilung anhand des Zeithorizonts für die Wirkung möglich. Damit erfolgt eine Einteilung in zwei Kategorien:

- ▶ Maßnahmen, die mittelfristig Wirkung zeigen, d.h. im Zeitraum bis circa 2020.
- ▶ Maßnahmen, die langfristig Wirkung zeigen, d.h. im Zeitraum bis 2030 und danach.

Das Kriterium ist dabei, ab wann die Maßnahmen ihre hauptsächliche Wirkung entfalten. Maßnahmen, die sowohl mittelfristig als auch langfristig ein erhebliches, ein in etwa konstantes oder sogar steigendes Potenzial aufweisen, werden in beiden Kategorien genannt. Die Maßnahmen zur Effizienzverbesserung der Binnenschifffahrt (Kapitel 2.2.2) und Maßnahmen zur technischen und betrieblichen Optimierung des Schienenverkehrs (Kapitel 2.4.6) betrachtet das Umweltbundesamt in diesem Zusammenhang nicht weiter, da sie für die Zeithorizonte mit jeweils deutlich unter 1,0 Mio. t CO₂ pro Jahr gegenüber dem TREMOD-Trend und im Vergleich mit den anderen Maßnahmen ein relativ geringes Potenzial aufweisen.

Wie bereits erwähnt, sind die Wechselwirkungen der verschiedenen Maßnahmen, wenn man eine parallele Einführung aller Maßnahmen unterstellt, kaum zu berechnen oder zu schätzen. Ein möglicher Gesichtspunkt wäre, in einem ersten Schritt die Maßnahmen nach vollständig unabhängigen und abhängigen - d.h. Wechselwirkungen unterliegenden - Maßnahmen zu unterteilen. Man könnte dann die Gesamtwirkung der unabhängigen Maßnahmen addieren und für die kombinierte Wirkung der abhängigen Maßnahmen besondere Annahmen treffen. Diese Betrachtung stößt jedoch sehr bald an ihre Grenzen, wenn die Wechselwirkung mehrerer abhängiger Maßnahmen in allen möglichen Kombinationen und jeweils in beiden Richtungen untersucht werden soll.

Als Beispiele für sich gegenseitig verstärkende Maßnahmen sind zu nennen: In einer auf Verdichtung und Durchmischung ausgerichteten Siedlungsstruktur erhöht sich der Anteil der Wege unter 5 km, was die Nutzung des Fahrrads und den Fußverkehr begünstigt. Die Maßnahmen aus Kapitel 2.1 (Verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung) verstärken die Effekte der Maßnahmen aus Kapitel 2.2 (Förderung umweltgerechter Verkehrsträger) auf den Modal Split.

Daran lässt sich das Beispiel für Maßnahmen knüpfen, durch die bei gleichzeitiger Einführung das jeweilige Potenzial der CO₂-Minderung in Tonnen pro Jahr gegenüber der isolierten Betrachtung reduziert wird: Die verkehrsvermeidende Siedlungs- und Verkehrsplanung und die Förderung umweltgerechter Verkehrsträger reduziert den Verkehrsaufwand des Pkw-Verkehrs. Wenn der Kraftstoffverbrauch dieser Pkw darüber hinaus durch gesetzliche CO₂-Grenzwerte und eine umweltfreundliche Fahrweise absolut reduziert wird und diese Pkw außerdem einem Tempolimit auf Autobahnen unterliegen, so ist auch das Minderungspotenzial von Leichtlaufreifen und Leichtlaufölen absolut betrachtet geringer, als bei der Analyse als Einzelmaßnahme.

Da diese Wechselwirkungen aufgrund der Vielzahl der Parameter nicht eindeutig berechenbar sind, wird im folgenden bei der zusammenfassenden Darstellung der Potenziale für die verschiedenen Zeithorizonte eine untere und obere Schätzung vorgenommen. Es wird angenommen, dass 50 % des Potenzials (untere Schätzung) und bis zu 80 % der Summe (obere Schätzung) aller Maßnahmen erreicht werden können.

Die mittelfristig wirksamen Maßnahmen sind sehr vielfältig und kommen auch bei sofortiger Einführung z.T. erst in einigen Jahren richtig zum Tragen. Dies betrifft vor allem die marktwirtschaftlichen Instrumente im Flugverkehr, die verkehrsvermeidenden planerischen Maßnahmen und die Erhöhung der Energiesteuer. Ein relativ großes Potenzial bietet auch die Verwendung von Leichtlaufreifen. Gerade bei dieser Vielzahl an Maßnahmen gilt, dass deren Wechselwirkung nicht klar vorhersehbar ist und dass die Potenziale sich nicht einfach addieren lassen.

Wenn man von der Annahme ausgeht, dass mindestens die Hälfte des Potenzials und bis zu 80 % der Summe aller Maßnahmen erreicht werden können, so wären dies für den Zeithorizont 2020 gegenüber dem TREMOD-Trend 54 - 87 Mio. t CO₂-Minderung.

Für den Zeithorizont 2020 bietet sich der Vergleich mit den verkehrsbezogenen Meseberg-Beschlüssen an, die allerdings bei weitem nicht so viele verschiedene Maßnahmen und zum Teil andere Maßnahmen betreffen, als die in der vorstehenden Tabelle 32 genannten. Es ist zu erkennen, dass das sektorale Minderungsziel des Umweltbundesamtes für 2020 (Einsparung von 40 Mio. t CO₂ gegenüber 2005) unter Einsatz aller Maßnahmen sicher zu erreichen ist. Bei einer effektiven Ausgestaltung der Maßnahmen sowie der Einbeziehung weiterer sinnvoller Maßnahmen lassen sich deutlich mehr CO₂-Emissionen sparen, als durch die Meseberger Beschlüsse zu erreichen sind.

Die langfristig bis 2030 wirksamen Maßnahmen stellen im Wesentlichen die Fortsetzung der mittelfristig wirksamen Maßnahmen dar, wobei sich die Schwerpunkte der Potenziale nur wenig verschieben. Die größten Potenziale weisen auch jetzt die marktwirtschaftlichen Instrumente im Flugverkehr, die verkehrsvermeidenden planerischen Maßnahmen und die Erhöhung der Energiesteuer auf. Relativ große Potenziale bieten auch die Verbraucherinformation zur Fahrzeugbeschaffung und die Verwendung von Leichtlaufreifen.

Wenn man von der Annahme ausgeht, dass mindestens die Hälfte des Potenzials und bis zu 80 % der Summe aller Maßnahmen erreicht werden können, so wären dies für den Zeithorizont 2030 gegenüber dem TREMOD-Trend etwa 64 - 103 Mio. t CO₂-Minderung.

Insgesamt zeigt sich für die betrachteten Zeithorizonte, dass nur wenige Maßnahmen mit einem relativ hohen Minderungspotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend hervortreten, während es eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Maßnahmen gibt, die ein Minderungspotenzial in der Größenordnung von 2,0 bis 5,0 Mio. t CO₂ pro Jahr aufweisen.

3.4.3 Kriterien für Maßnahmenpakete

Nach den am Zeithorizont orientierten Übersichten wird auch klar, dass es problematisch ist, praktikable Maßnahmenpakete in sinnvoller Weise zu schnüren.

Mögliche Kriterien für die Zusammenfassung verschiedener Maßnahmen im Sinne von Maßnahmenpaketen wären z.B.:

- ▶ Akteure einer Umsetzung der Maßnahmen
- ▶ Adressaten der Maßnahmen
- ▶ kausaler Zusammenhang zwischen verschiedenen Maßnahmen
- ▶ Verkehrssektoren
- ▶ Minderungspotenzial
- ▶ Kosten-Nutzen-Verhältnis (hier ohnehin nicht betrachtet)
- ▶ Vermeidung von negativen Wechselwirkungen
- ▶ Nutzung von positiven Wechselwirkungen

Allein diese Aufzählung möglicher Kriterien, die ohne weiteres noch zu ergänzen wäre, zeigt, dass ein Kriterium allein für die Definition sinnvoller Maßnahmenpakete nicht ausreicht. Es wäre eine Kombination verschiedener Kriterien notwendig, wobei unterschiedliche Kombinationen zu unterschiedlichen Paketen führen würden, die wiederum im Vergleich untereinander kaum schlüssig zu bewerten wären, wenn man für die Bewertung nicht nur das jeweilige Gesamtpotenzial heranzieht.

Das Umweltbundesamt verzichtet deshalb in diesem Bericht auf eine Definition von Maßnahmenpaketen. Wichtig aus fachlicher Sicht und als Basis für politische Entscheidungen ist tatsächlich die Darstellung der Potenziale der verschiedenen Einzelmaßnahmen über der Zeitachse oder für bestimmte Bezugsjahre, wie vorstehend geschehen, und dass alle Potenziale so weitgehend wie möglich realisiert werden.

3.4.4 CO₂-Emissionen UBA-Szenario

In der folgenden Tabelle 33, sind die Minderungspotenziale der Maßnahmen mit den Zeithorizonten 2020 und 2030 im Vergleich mit dem TREMOD-Trend dargestellt. Die Minderungspotenziale in Mio. t CO₂ entsprechen dabei der konservativen Annahme, dass bei der Kombination einer Vielzahl von Maßnahmen wegen der Wechselwirkung mindestens 50 % bis zu 80 % der Summe des Potenzials aller Maßnahmen tatsächlich realisiert werden kann.

Auf dieser Basis ist eine Minderung der CO₂-Emissionen des Verkehrs insgesamt gegenüber dem Trend durch die betrachteten Maßnahmen im Jahr 2020 um 27 – 43 % und im Jahr 2030 um ca. 32 – 51 % möglich.

Tabelle 34: CO₂-Minderungspotenzial durch Maßnahmen im Vergleich zum TREMOD-Trend für 2020 und 2030 (Zusammenfassung)

CO ₂ -Emissionen [Mio. t CO ₂ pro Jahr]			
	2005	2020	2030
Trend Verkehr Gesamt	189	202	203
Wirkung der Maßnahmen (mind. 50 % und bis zu 80 % der Summe)	0	54 - 87	64 - 103
UBA-Szenario Gesamt Trend minus Potenzial der Maßnahmen (gerundet)	189	115 - 148	100 - 139
Minderung in % gegenüber TREMOD-Trend	0	27 - 43 %	32 - 51 %

Quelle: UBA/TREMOD 4.17, 2006

Ein Vergleich mit den Meseberg-Beschlüssen ist nicht ohne weiteres möglich. Die Beschlüsse legen zum Teil andere Maßnahmen zu Grunde als die hier betrachteten. Zudem grenzt das Kyoto-Protokoll den Verkehr anders gegen andere Sektoren ab, als in unserem Modell. Insbesondere betrachtet das Kyoto-Protokoll den internationalen Flugverkehr nicht. Eine grobe Umrechnung²⁶ der hier ermittelten Daten auf die Abgrenzung des Kyoto-Protokolls ergibt jedoch folgendes Bild:

Tabelle 35: CO₂-Minderungspotenzial nach Abgrenzung des Kyoto-Protokolls durch Maßnahmen im Vergleich zum Jahr 2005 (Zusammenfassung)

CO ₂ -Emissionen [Mio. t CO ₂ pro Jahr]			
	2005	2020	2030
Trend Verkehr nach Abgrenzung Kyoto	159	157	150
Wirkung der Maßnahmen (mind. 50 % und bis zu 80 % der Summe)	0	54 - 87	64 - 103
UBA-Szenario nach Abgrenzung Kyoto-Protokoll	159	83 - 111	96 - 63
Emissionsminderung nach Abgrenzung Kyoto-Protokoll gegenüber 2005	0	-48 bis -76	-63 bis -96

Quelle: UBA/TREMODO 4.17, 2006

Das Ziel der Bundesregierung laut der Meseberger Beschlüsse besteht darin, bis 2020 eine Minderung der CO₂-Emissionen aller Quellen insgesamt um 40 % gegenüber 1990 zu erreichen. Allerdings beziehen sich die beschlossenen 40 % nicht auf jeden einzelnen Sektor. Für den Verkehrssektor berechnet das Umweltbundesamt einen notwendigen Minderungsbeitrag von 40 Mio. t CO₂ bis 2020 gegenüber 2005, also die Minderung der CO₂-Emissionen des Verkehrs auf 119 Mio. t CO₂ (vgl. Kapitel 1.3).

Die oben genannten Zahlen bestätigen die Realisierbarkeit dieses Minderungspotenzials, da das konservativ bestimmte Potenzial aller mittelfristig wirksamen Maßnahmen im Jahr 2020 mindestens 48 Mio. t CO₂ beträgt. Der Grund ist u.a. die gegenüber den acht Meseberg-Maßnahmen größere Vielfalt unterschiedlicher technischer und nichttechnischer Maßnahmen, die dieser Bericht berücksichtigt.

²⁶ Für diese Umrechnung rechnet das Umweltbundesamt die Wirkung der "Marktwirtschaftlichen Instrumente im Flugverkehr" aus der Summe heraus. Den Umstand, dass sie auch eine nachfragedämpfende Wirkung auf den Inlandsflugverkehr hat, der Teil des Kyoto-Protokolls ist, wird vom UBA vernachlässigt.

4 Schlussfolgerungen

Dieser Bericht stellt eine Aktualisierung und Fortschreibung des gleichnamigen Berichts aus dem Jahr 2003 dar. Das Umweltbundesamt betrachtet die möglichen Maßnahmen jetzt differenzierter und darüber hinaus für die Zeithorizonte 2020 und 2030.

Im Kapitel 2 des Berichtes sind die Einzelmaßnahmen beschrieben und deren Minderungspotenziale aufgeführt. Allerdings ist es kaum möglich, die Wirkungen der Wechselwirkungen für eine größere Zahl verschiedener, parallel oder konsekutiv einzuführender Maßnahmen in unterschiedlichen Szenarien fundiert zu berechnen oder zu schätzen. Die Minderungspotenziale einzelner Maßnahmen sind jedenfalls nicht einfach zu addieren.

Grundsätzlich sollte die Zusammenstellung der Maßnahmen nicht nur die quantifizierten Potenziale und deren Zeithorizont berücksichtigen, sondern zusätzlich die Maßnahmen bevorzugen, die das günstigste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Allerdings steht das Kosten-Nutzen-Verhältnis als durchgängiger Maßstab zum Vergleich aller technischen und nichttechnischen Maßnahmen nicht zur Verfügung und kann deshalb hier nicht verwendet werden.

Maßnahmen mit Zeithorizont 2020

Die mittelfristig wirksamen Maßnahmen mit Zeithorizont 2020 sind sehr vielfältig. Die wichtigsten Maßnahmen mit den höchsten Potenzialen sind:

- ▶ die marktwirtschaftlichen Instrumente im Flugverkehr
- ▶ die verkehrsvermeidenden planerischen Maßnahmen
- ▶ die Erhöhung der Energiesteuer

Ein relativ großes Potenzial bietet auch

- ▶ die Verwendung von Leichtlaufreifen

Wenn man von der Annahme ausgeht, dass mindestens 50 % und bis zu 80 % des Potenzials der Summe aller Maßnahmen in der Realität zu erreichen ist, so wären dies **für das Jahr 2020 gegenüber dem TREMOD-Trend etwa 54 - 87 Mio. t CO₂-Minderung.**

Die Meseberg-Beschlüsse geben – ausgehend vom Stand 2005 – für acht Maßnahmen im Verkehrsbereich insgesamt eine Minderung um 18,1 Mio. t CO₂ im Jahr 2020 im Vergleich zum Trend an. Die oben genannten Zahlen bestätigen die Realisierbarkeit dieses Minderungspotenzials. Der Grund ist u.a. die gegenüber den acht Meseberg-Maßnahmen größere Vielfalt unterschiedlicher technischer und nicht-technischer Maßnahmen, die der Bericht berücksichtigt.

Maßnahmen mit Zeithorizont 2030

Die langfristig wirksamen Maßnahmen mit Zeithorizont 2030 stellen im Wesentlichen die Fortsetzung der mittelfristig wirksamen Maßnahmen dar, wobei sich die Schwerpunkte der Potenziale nur wenig verschieben. Die größten Potenziale weisen auch hier auf:

- ▶ die marktwirtschaftlichen Instrumente im Flugverkehr
- ▶ die verkehrsvermeidenden planerischen Maßnahmen
- ▶ die Erhöhung der Energiesteuer

Relativ große Potenziale bieten auch

- ▶ die Verbraucherinformation zur Fahrzeugbeschaffung sowie
- ▶ die Verwendung von Leichtlaufreifen

Wenn man auch hier von der Annahme ausgeht, dass mindestens 50 % und bis zu 80 % des Potenzials der Summe aller Maßnahmen in der Realität zu erreichen ist, so wären dies **für das Jahr 2030 gegenüber dem TREMOD-Trend etwa 64 -103 Mio. t CO₂-Minderung.**

Insgesamt zeigt sich für die betrachteten Zeithorizonte, dass nur wenige Maßnahmen mit einem relativ hohen Minderungspotenzial gegenüber dem TREMOD-Trend hervortreten, während es eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Maßnahmen gibt, die ein Minderungspotenzial in der Größenordnung von einigen t CO₂ pro Jahr aufweisen.

Auf dieser Basis ist eine Minderung der CO₂-Emissionen des Verkehrs insgesamt gegenüber dem Trend durch die betrachteten Maßnahmen möglich:

im Jahr 2020	um 27 - 43 %	(54 - 87 Mio. t CO ₂)
im Jahr 2030	um 32 - 51 %	(64 - 103 Mio. t CO ₂)

Das genannte Potenzial lässt sich nur dann ausschöpfen, falls im Verkehrssektor alle identifizierten Maßnahmen gleichwertig verfolgt werden. Nur dann wird es möglich sein, die Klimagasemissionen im Verkehr mittelfristig auf ein verträgliches Maß zu mindern.

Eine Betrachtung des Verkehrs unter Klimaschutzaspekten kann nicht außer Acht lassen, dass im Jahr 2050 noch ehrgeizigere Klimaschutzziele zu erfüllen sind. Deutschland muss zu diesem Zeitpunkt – wie andere Industrieländer auch – seine CO₂-Emissionen um 80 % gegenüber 1990 verringert haben. Dies gilt auch für den Verkehrssektor und würde bedeuten, dass 2050 die CO₂-Emissionen des Verkehrs nur noch etwa 34 Mio. t betragen dürften. Weil auch das Umweltbundesamt keine Szenarien für einen zukünftigen Zeitraum von rund 40 Jahren berechnen kann, beschränkt sich der Bericht auf den Zeitraum bis 2030.

5 Quellen- und Literaturverzeichnis

- ADAC, 2005 Study on the Effectiveness of Directive 1999/94/EC relating to the Availability of Consumer Information on Fuel Economy and CO₂ Emissions in Respect of the Marketing of new Passenger Cars. Final Report, March 2005, to the European Commission, Directorate-General for Environment
- ADAC, 2007 Der ADAC ECO-Test 2007: Umweltranking. Über 200 Automodelle in 6 Fahrzeugklassen, bewertet nach Schadstoffausstoß und CO₂-Emission (Stand: Mai 2007)
- AUTOHAUS, 2006 DAT-Report 2006, Zeitschrift Autohaus 08/2006
- BAST, 2004 Bundesanstalt für Straßenwesen: Fahrleistungserhebung 2002. Band 1: Inländerfahrleistung 2002; Untersuchung im Auftrag der BAST, Projektnummer: FE 82.201/2001, Heilbronn/Mannheim, März 2004.
- BfN, 2007 Bundesamt für Naturschutz (BfN): Daten zur Natur, 2007
- BFS, 2008 Bundesamt für Statistik, Mobilität und Verkehr: Statistisches Lexikon der Schweiz: Excel-Blatt „Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Personenverkehr“, Dezember 2008 (<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/05/blank/key/verkehrsleistungen/leistungen.html>)
- BGBI, 2004 Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004 Teil I Nr. 26, ausgegeben zu Bonn am 3. Juni 2004: „Umsetzung der EG-Richtlinie 1999/94/EG „Bereitstellung von Verbraucherinformationen über den Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen beim Marketing für neue Personenkraftwagen“
- BMVBS, 2008 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Verkehr in Zahlen 2008/2009. Berlin
- BMVBS, 2009 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Weitere Informationen zur Lkw-Maut (Internetseite) <http://www.bmvbs.de/Verkehr/Gueterverkehr-Logistik/Lkw-Maut,1436.22466/Weitere-Informationen-zur-Lkw-.htm> (download am 6.5.2009)
- BMVBW, 2002 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: FahrRad! Nationaler Radverkehrsplan 2002–2012 Maßnahmen zur Förderung des Radverkehrs in Deutschland, 2002
- BMVBW, 2003 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (Hrsg.): Bundesverkehrswegeplan 2003; Grundlagen für die Zukunft der Mobilität in Deutschland, Berlin 2003 (www.bmvbs.de/Anlage/original_15944/Bundesverkehrswege-plan-2003-Beschluss-der-Bundesregierung-vom-02.-Juli-2003.pdf)
- BREG, 2007 Beschluss des Kabinetts der Bundesregierung am 23./24. August 2007 in Meseberg: Eckpunkte für ein integriertes Energie- und Klimaprogramm; http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/gesamtbericht_iekp.pdf
- BSC, 2009 Bundesverband Car Sharing e.V. Pressemitteilung vom 9.04.2009: Bundesrat spricht sich für CarSharing-Stellplätze im öffentlichen Straßenraum aus http://www.carsharing.de/index.php?option=com_content&task=category§ionid=14&id=28&Itemid=44
- DB AG, 2007 Dt. Bahn AG: Nachhaltigkeitsbericht 2007 und Umweltkennzahlen 2006 auf <http://www.deutschebahn.com/side/bahn/de/unternehmen/verantwortung/umwelt/umwelt-u.html> (download 10.6.2009)
- DESTATIS, 2008a Statistisches Bundesamt Deutschland: Pressemitteilung Nr.478 vom 11.12.2008: Deutsche Binnenschifffahrt 2007: Weniger Unternehmen, mehr Umsatz http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Presse/pm/2008/12/PD08__478__463.templateId=renderPrint.psml (download: 13.05.2009)
- DIW, 1998 Kutter, E.; Stein, A. (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.): Minderung des Regionalverkehrs – Chancen von Städtebau und Raumordnung in Ostdeutschland, im Auftrag des Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn, 1998
- DIW, 2003 Kloas, J.; Kuhfeld, H. (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.): Wochenbericht des DIW Berlin 42/03, Entfernungspauschale: Bezieher hoher Einkommen begünstigt, Berlin 2003, <http://www.diw.de/deutsch/produkte/publikationen/wochenberichte/docs/03-42-1.html>
- DIW, 2005 Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Gesamtwirtschaftliche Effekte der ökologischen Steuerreform. Band II des Endberichts für das Vorhaben: „Quantifizierung der Effekte der Ökologischen Steuerreform auf Umwelt, Beschäftigung und Innovation“. Forschungsprojekt im Auftrag des Umweltbundesamts. FuE-Vorhaben Förderkennzeichen 204 41 194. Berlin, August 2005

- DIW, 2007 Jutta Kloas, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung - DIW Berlin, Abt. Energie, Verkehr, Umwelt (030 89789-553), Berechnungen aus Daten des Statistisches Bundesamtes 2005, 10.12.2007
- DLR, 2006 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. - Institut für Verkehrsforschung i. Z. m. IFEU-Institut, Die Energie- und Emissionsbilanzen des Verkehrs, Berlin 2006
- DVZ, 2008 IAA Nutzfahrzeuge DVZ Nr. 115 vom 23.9.2008, S. 17
- DLR, WI, 2002 Fishedick, M., Nitsch, J., et al., Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland, Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie, Forschungsprojekt für das Umweltbundesamt, UFOPLAN FKZ Nr. 200 97 104, Endbericht, April 2002; Wuppertal, Stuttgart 2002
- EEA, 2007 European Environment Agency: Size, structure and distribution of transport subsidies in Europe, EEA Technical Report No 3/2007, Copenhagen 2007
- EST, IEEP, NSCA, 2002 Eyre, N., Fergusson, M., Mills, R., Energy Saving Trust (EST), Institute for European Environmental Policy (IEEP), National Society for Clean Air and Environmental Protection (NSCA): Fuelling Road Transport, Implications for Energy Policy, London/Brighton 2002
- EU, 1999 Richtlinie 1999/94/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Dezember 1999 über die Bereitstellung von Verbraucherinformationen über den Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen beim Marketing für neue Personenkraftwagen http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/oj/2000/l_012/l_01220000118de00160023.pdf
- EUROSTAT, 2007 Eurostat (2007): Panorama of Transport; Luxembourg.
- EVA, 1999 Raimund, W., Fickl, S.: Energy efficiency of passenger cars – Labelling and its impacts on fuel efficiency and CO₂-reduction. Final report, March 1999. Study for the Directorate General for Energy (DG XVII) of the Commission of the European Communities. Contract No. SAVE-XVII/4.1031/Z/96-005. Energieverwertungsagentur (EVA), Wien. ISBN 3-901381-72-4.
- GWS, 2004 Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshung mbH: Schätzung der Wirkung umweltpolitischer Maßnahmen im Verkehrssektor unter Nutzung der Datenbasis der Gesamtrechnungen des Statistischen Bundesamtes, Osnabrück, 31. August 2004
- HAEFELI ET AL., 2006 Haefeli, U.; Matti, D.; Schreyer, C.; Maibach, M.: Evaluation Car-Sharing. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie, Bern 2006
- HM REVENUE & CUSTOMS, 2009 HM Revenue & Customs: Company Cars. <http://www.hmrc.gov.uk/cars/>, (download 08.04.2009)
- HOLTMANN, RENNER, 2007 Holtmann, B. / Renner, V.: Modernisierung der Binnenschiffsflotte. In: Internationales Verkehrswesen, Heft 07 + 08/2007
- HOLZ-RAU, KUTTER, 1995 Holz-Rau, C.; Kutter, E.: Verkehrsvermeidung – Siedlungsstrukturelle und organisatorische Konzepte, im Auftrag der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Bonn 1995
- ICAO, 2007 Internationale Zivile Luftfahrtorganisation (ICAO) Environmental Report 2007
- ICCT, 2007 The International Council on Clean Transportation (ICCT): Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships, Executive Summary, 2007
- IFEU, 2006 Knörr W., Frank Dünnebeil, Hinrich Helms, Dr. Ulrich Höpfner, Udo Lambrecht, Dr. Andreas Patyk, Christian Reuter, Fortschreibung „Daten- und Rechenmodell“: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030, Version 4.17. Endbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes UFOPLAN Nr. 204 45 139. Heidelberg 2006
- IFMO, 2006 Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.): Öffentlicher Personennahverkehr – Herausforderungen und Chancen; Berlin, 2006.
- IKA, 2006 Institut für Kraftfahrwesen Aachen: Technische Möglichkeiten zur Umsetzung einer durchschnittlichen CO₂-Emission von 120 g/km bei Pkw in Europa, 3. Zwischenbericht November 2006, im Auftrag des Umweltbundesamtes. UFOPLAN Nr. 204 45 141.
- INFAS, DIW, 2004 Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Mobilität in Deutschland 2002 – Ergebnisbericht; Projekt-Nr. 70.0736/2003 in Auftrag des BMVBW; Bonn / Berlin 2004
- ITP, BVU, 2007 Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025 (im Auftrag des BMVBS); München/Freiburg
- IÖW, 2008 Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (Petschow, U. et al.): Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Verkehr (UBA-Texte 40/2008); Dessau 2008

- IPCC, 2007 IPCC Special Report „Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing“, Piers Forster (UK), Venkatachalam Ramaswamy (USA), 2007
- IVT, 2004 Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V. u.a.: Schlussbericht zum Forschungsbericht Nr. 96.0756/2002/: Analyse der Änderungen des Mobilitätsverhaltens - insbesondere der Pkw-Fahrleistung - als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise, im Auftrag des BMVBW, 15. Juni 2004
- ISI et. al. 2007 Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI); Öko-Institut, Institut für Angewandte Ökologie; Forschungszentrum Jülich, Institut für Energieforschung – Systemforschung und Technologische Entwicklung; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin): „Politiksznarien für den Klimaschutz IV, Szenarien bis 2030 für den Projektionsbericht 2007“ im Auftrag des Umweltbundesamt, Berlin/Karlsruhe/Jülich, 2007
- KBA, 2006 Statistische Mitteilungen des KBA Sonderheft 1 zur Reihe 3: Neuzulassungen von Personenkraftwagen 2005 nach Herstellern, Handelsnamen, ausgewählten Merkmalen und Hubraumklassen, Kraftfahrtbundesamt 2006
- KBA, 2009 Unveröffentlichte Mitteilung des KBA an das Umweltbundesamt, AP: Frau Bückle: +49 (461) 316 - 2023
- KfW, 2009 KfW-Bankengruppe: ERP-Umwelt- und Energieeffizienzprogramm http://www.kfwoerderbank.de/DE_Home/Umweltschutz/Programme_ab_2009/Programme_fuer_Umwelt_und_Klimaschutz/index.jsp
- KOM, 2002 Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Schaffung eines integrierten europäischen Eisenbahnraums; Mitteilung der Kommission an den Rat und das Europäische Parlament; KOM (2002) 18 endgültig, Brüssel 2002
- KOM, 2004 Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Fortsetzung der Integration des europäischen Eisenbahnsystems – drittes Eisenbahnpaket; Mitteilung der Kommission; KOM (2004) 140 endgültig, Brüssel 2004
- KOM, 2007 Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Mitteilung der Kommission: Ergebnisse der Überprüfung der Strategie der Gemeinschaft zur Minderung der CO₂-Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen. KOM 2007(19) endg., Brüssel, 07.02.2007
- MEPC, 2009 Marine Environment Protection Committee (MEPC), International Maritime Organization: Prevention of Air Pollution from Ships MEPC 59/inf.10: Second IMO GHG study 2009 (update of the 2000 imo ghg study), 2009
- NRW PENDLERNETZ, 2007 Bürgerservice Pendlernetz NRW, Informationen auf: nrw.pendlernetz.de [download: 11.2007]
- OECD, 2003 Organisation for Economic Co-Operation and Development: Project on Decoupling Transport Impacts and Economic Growth. Analysis of the Links between Transport and Economic Growth. Document ENV/EOPC/T (2003)4/Final. Paris
- OECD, ECMT 2006 Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD) und European Conference of Ministers of Transport (ECMT): Speed Management. ISBN 92-821-0377-3. OECD Publications, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16.
- PENDLERNETZ RHEIN-MAIN, 2006 Potenziale der Fahrgemeinschaftenvermittlung in der Region Frankfurt Rhein-Main. Kurzbericht zur Nutzerbefragung, 13.06.2006. Integriertes Verkehrsmanagement Region Frankfurt RheinMain GmbH
- PISCHINGER ET AL., 2004 Stefan Pischinger, Oliver Lang, Kurt Imen Yapici, Hans Kemper.: Downsizing mit variabler Verdichtung – Alternative oder Ergänzung zur Hybridisierung., Aachen 2004 - in AVL Motor & Umwelt 2004
- PLANCO / BfG 2007 PLANCO 2007; BfG, 2007: Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße
- PÖPPER, 2005 Dipl.-Ing. Christian Pöpper, Universität Hannover, Institut für Dynamik und Schwingungen, in OHE-Express, Ausgabe Juli 2005: Energiesparen durch Ausrollen. Osthanoversche Eisenbahnen AG. http://www.ohe-transport.de/uploads/media/OHE-EXPRESS_07.pdf
- RAL-UZ 100, 2007 RAL Deutsches Institut für Gütesicherung Und Kennzeichnung e.V.: Car Sharing, RAL-UZ 100, Vergabegrundlage für Umweltzeichen – Der Blaue Engel; Februar 2007, www.blauer-engel.de
- RAL-UZ 89, 2007 RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V.: Vergabegrundlage für Umweltzeichen – Der Blaue Engel, Lärmarme und kraftstoffsparende Kraftfahrzeugreifen RAL-UZ 89, 2007; www.blauer-engel.de

- SCHALLABÖCK ET AL., 2006 Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH: (K. O. Schallaböck, M. Fishedick, B. Brouns, H. Luhmann, F. Merten, H. Ott, A. Pastowski, J. Venjakob): Klimawirksame Emissionen des Pkw-Verkehrs und Bewertung von Minderungsstrategien. Wuppertal Spezial Nr. 34, Wuppertal 2006
- SCHEDER, 2002 Scheder, E.: Rollwiderstandsoptimierte, energiesparende Pkw-Reifen, UBA-Text 14/02, Berlin 2002, Studie im Auftrag der GTZ, Eschborn 2001
- SONNENSCHNEIN ET AL., 2005 M. Sonnenschein, T. Raabe, G. Reents, T. Hüsken, U. Vogel (Fakultät II der Universität Oldenburg): Wirkungsanalyse einer optimierten Kommunikationsplattform zur Bündelung des Individualverkehrs mit dem Ziel der CO₂-Emissionsminderung. Abschlussbericht. Oldenburg, 12.01.2005
- SRU, 2005 Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU): Umwelt und Straßenverkehr, Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr, Berlin Juli 2005
- TNO, IEEP, LAT, 2006 „Review and analysis of the reduction potential and costs of technological and other measures to reduce CO₂-Emissions from passenger cars“, Delft, 2006, im Auftrag der EU-Kommission.
- TREMOT, 2006 Transport Emission Estimation Model, UBA/TREMOT 4.17, 12.12.2006
- TUHH, 2006a Technische Universität Hamburg-Harburg (Bohnet, M.; Gutsche, J.-M.; Menze, A.): Verkehrliche Wirkung unterschiedlicher Siedlungsmuster, Modellhafte Abschätzungen am Beispiel der Region Hannover, ECTL Working Paper 31, im Auftrag des BMVBS, Hamburg, 2006
- TUHH, 2006b Bohnet, M.; Gutsche, J.-M.; Menze, A. (Technische Universität Hamburg-Harburg): Verkehrswirksamkeit von Regionalplänen, Modellhafte Abschätzungen am Beispiel des Regionalen Raumordnungsprogramms der Region Hannover, ECTL Working Paper 32, im Auftrag des BMVBS, Hamburg, 2006
- UBA, 1999 Umweltbundesamt: Gohlisch, G., Malow, M., et al.: Umweltwirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen, UBA-Texte 40/99, Juni 1999; Berlin 1999
- UBA 2001a Umweltbundesamt (Hrsg.), Anforderungen an eine umweltorientierte Schwerverkehrsabgabe für den Straßengüterverkehr, Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe, UBA-Texte 57/01, Berlin 2001
- UBA, 2001b Umweltbundesamt: Dauerhaft umweltgerechter Verkehr, Deutsche Fallstudie zum OECD Projekt Environmentally Sustainable Transport (EST), in Zusammenarbeit mit dem Wuppertal-Institut und dem Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe (IWW), Berlin 2001
- UBA, 2003a Umweltbundesamt (Hrsg.): Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch Siedlung und Verkehr - Materialienband -, UBA-Texte 90/03, Berlin, Dezember 2003
- UBA, 2003b Umweltbundesamt (Hrsg.): Brandt, E.; Sanden, J., Universität Lüneburg: Verfassungsrechtliche Zulässigkeit neuer übergreifender Rechtsinstrumente zur Begrenzung des Flächenverbrauchs, UBA-Texte 4/03, Berlin 2003
- UBA, 2003c Umweltbundesamt: Konzeption zur Finanzierung eines umweltverträglichen öffentlichen Personennahverkehrs. Diskussionspapier. Juni 2003. online: <http://www.umweltdaten.de/daten/nahverkehr.pdf>
- UBA, 2005a Umweltbundesamt: Die Zukunft in unseren Händen - 21 Thesen zur Klimaschutzpolitik und Begründungen. Climate Change – Reihe 06/05. Dessau
- UBA, 2005b Umweltbundesamt (Hrsg.): Determinanten der Verkehrsentstehung, Texte des Umweltbundesamtes 26/05, Dessau 2005
- UBA, 2007a Umweltbundesamt: Klimaschutz in Deutschland: 40%-Senkung der CO₂-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990, Dessau 2007
- UBA, 2007b Umweltbundesamt (Hrsg.): Politikszenerarien für den Klimaschutz IV – Szenarien bis 2030 für den Projektionsbericht 2007
- UBA, 2007c Umweltbundesamt: Länger und schwerer auf Deutschlands Straßen: Tragen Riesenkamion zu einer nachhaltigen Mobilität bei? – Hintergrundpapier, Dessau 2007-08-21(<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/riesenkamion.pdf>)
- UBA, 2007d Positionspapier des Umweltbundesamtes zur Novellierung der EU-Wegekostenrichtlinie: Der Beitrag der Lkw-Maut zu einer nachhaltigen Mobilität. <http://www.umweltdaten.de/verkehr/downloads/UBA-Positionspapier-Wegekostenrichtlinie.pdf>
- UBA, 2007e Hintergrundpapier des Umweltbundesamtes: EXTERNE KOSTEN KENNEN – UMWELT BESSER SCHÜTZEN, Die Methodenkonvention zur Schätzung externer Kosten am Beispiel Energie und Verkehr, <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/externekosten.pdf>

- UBA, 2007f Hintergrundpapier „Vergleich des Kraftstoffverbrauchs von Lkw der Schadstoffklassen EURO III, IV und V, Thierbach, R., Dessau 2007, unveröffentlicht
- UBA, 2007g Umweltbundesamt Presse-Information 027/2007: Innovativ und eine umweltfreundliche Alternative: Automobilklimaanlagen mit CO₂.
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2007/pd07-027.htm>
- UBA, 2007h Umweltbundesamt „Technikkostenschätzung für die CO₂-Emissionsminderung bei Pkw“, Dessau-Roßlau, 2007 <http://umweltdaten.de/publikationen/fpdf-I3505.pdf>.)
- UBA, 2008a Umweltbundesamt: Loreck, Charlotte: Atomausstieg und Versorgungssicherheit, Dessau-Roßlau, 2008
- UBA, 2008b Umweltbundesamt: Hintergrundpapier „Die Elbe: Schifffahrt und Ökologie ausgewogen miteinander verbinden“ http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/thesen_zur_elbe.pdf
- UBA, 2009 Umweltbundesamt: Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr, 2009
- UVEK, 2008 Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) (2008): Mengenentwicklung alpenquerender Verkehr und Interpretation (Monitoring flankierende Maßnahmen, 2. Semesterbericht 2007); Bern.
- VCD, 2004 Verkehrsclub Deutschland e.V., Berlin (VCD): Bahn 21 - Gutachten in Kooperation mit Planungsbüros Nahverkehrsberatung Südwest Berschin&Blome, Heidelberg (NBSW) und der Gesellschaft für fahrgastorientierte Verkehrsplanung, Drechsel&Steinfatt, Nürnberg (GfVp).
- VCD, 2007 Auto-Umweltliste 2007/2008, Über 300 Autos im Umweltcheck; Verkehrsclub Deutschland, http://www.vcd.org/vcd_auto_umweltliste.html
- VDA, 2007a Verband der Deutschen Automobilindustrie e.V. und Verband der Internationalen Kraftfahrzeughersteller e.V. (VDIK): Leitfaden zu Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emission aller neuen Personenwagenkraftmodelle, die in Deutschland zum Verkauf angeboten werden; herausgegeben von DAT Deutsche Automobil Treuhand GmbH, Ostfildern, Juli 2007 <http://www.dat.de/leitfaden/LeitfadenCO2.pdf>
- VDA, 2007b Pressemitteilung des Verbandes der deutschen Automobilindustrie (VDA): Deutsche Automobilhersteller setzen bei Klimaanlagen auf natürliches Kältemittel
<http://www.vda.de/cgi-bin/dps/dps-query.cgi?inclfile=2007090514&ini=../dps-query-DE.ini>
- VDV, 2007 Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV): Pressemitteilung „VDV fordert finanzielle Zusagen für den ÖPNV“ 18.01.2007 http://www.vdv.de/medienservice/pressemittelungen_entry.html?nd_ref=3784&
- VTI, 2006 VTT Technical Research Centre of Finland: Fuel Savings for Heavy-Duty Vehicles. Summary Report 2003 – 2005.
- VW, 2008 P:news - VOLKSWAGEN AG _ Political News Nr. 01_2008
- WEBER, 2003 Weber, T. S. 2003, „Environmental and infectious conditions in sports“, Clin. Sports Med., vol 22, no. 1, 181-196.
- WHO, 2001 World Health Organization, 2001: Review of implementation and effectiveness of existing policy instruments on transport, environment and health, and of their potential for health gain,
- WSD, 2007 Wasser- und Schifffahrtsdirektion West (2007): Verkehrsbericht (Anlage 1), Münster.