



**Programmgruppe Systemforschung und
Technologische Entwicklung (STE)**

**Synoptische Analyse vorliegender Studien in Bezug auf
den Trend bzw. die Reduktionspotenziale von
CO₂-Emissionen im Verkehr**

Endbericht

K. U. Birnbaum

J. Linßen

M. Walbeck

Studie im Auftrag von:

**Deutscher Bundestag (Enquete-Kommission "Nachhaltige Energieversorgung unter
den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung")**

Februar 2002



Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung.....	5
2	Charakterisierung der Verkehrs-Prognosen und Szenarien.....	14
2.1	Beschreibung der ausgewählten Studien	15
2.1.1	Prognos/EWI-Studie	15
2.1.2	IFO-Studie.....	22
2.1.3	Politiksznarien	33
2.1.4	Shell Pkw-Szenarien.....	42
2.1.5	TREMODO.....	45
2.1.6	ESSO-Energieprognose	47
2.1.7	Pällmann-Gutachten	50
2.1.8	EU-Weißbuch.....	53
3	Vergleich der Verkehrs-Prognosen und Szenarien	59
3.1	Vergleich der Rahmenbedingungen.....	59
3.1.1	Methodisches Vorgehen.....	60
3.1.2	Demografische Rahmendaten	62
3.1.3	Gesamtwirtschaftliche Rahmendaten.....	63
3.1.4	Sonstige Rahmendaten	65
3.2	Personenverkehr	69
3.2.1	Verkehrs- und Fahrleistungen des Personenverkehrs	69
3.2.2	Kenngößen des Personenfahrzeugbestands	74
3.3	Güterverkehr	78
3.3.1	Verkehrs- und Fahrleistungen des Güterverkehrs	78
3.3.2	Kenngößen des Güterfahrzeugbestands	82
3.4	Entwicklung der CO ₂ -Verkehrsemissionen	84
3.4.1	Direkte CO ₂ -Emissionen des Verkehrssektors	84
3.4.2	Vorgelagerte CO ₂ -Emissionen des Verkehrssektors	86



3.4.3	Zusätzliche Minderungsmaßnahmen in den Studien.....	89
3.5	Einordnung in den europäischen Kontext	94
4	Tendenzen für den Zeitraum 2020 - 2050	98
5	Literaturverzeichnis	101



1 Kurzfassung

Untersuchungsgegenstand

Die vorliegende Ausarbeitung entstand im Rahmen eines Auftrages des Deutschen Bundestags für die Enquete Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“.

Sie hat die synoptische Analyse verschiedener vorliegender Studien, die Aussagen zur Verkehrsentwicklung treffen, in Bezug auf den Trend bzw. die Minderungspotenziale von Kohlendioxid- (CO₂-) Emissionen im Verkehr zum Inhalt.

Dabei sollten die folgenden in **Tabelle 1-1** aufgeführten Studien behandelt werden:

Kurztitel	Titel	Beschreibung	Bearbeitung	Veröffentlichung
Prognos/EWI-Studie	Die langfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt (Energieraport III)	Studie im Auftrag des BMWi	Prognos/EWI	Nov. 1999
IFO-Studie	Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung; Schlussbericht	Studie im Auftrag des BMVBW	BVU, ifo, ITP, Planco	Apr. 2001
Politik-szenarien	Politik-szenarien für den Klimaschutz - 5 - Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO ₂ -Emissionen in Deutschland bis 2020	Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes	FZJ-STE, DIW, FhG-ISI, Öko-Institut	Jan. 2000
Shell-PKW-Szenarien	Mehr Autos – weniger Verkehr?	Szenario-Analyse der deutschen Shell AG	Deutsche Shell AG	Aug. 2001
TREMOD	Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr	Studie im Auftrag des Umweltbundesamts UFOPLAN Nr. 298 45 105	Ifeu	Aug. 2000
ESSO-Energieprognose	ESSO Energieprognose 2000: Zukunft sichern - Energie sparen 2000	Szenarien der ESSO AG Deutschland	ESSO AG, Deutschland	2000
Pällmann-Gutachten	Verkehrsinfrastrukturfinanzierung; Schlussbericht	Schlussbericht der Kommission "Verkehrsinfrastrukturfinanzierung" im Auftrag des BMVBW	Kommission Verkehrsinfrastrukturfinanzierung	Sept. 2000
EU-Weißbuch	Weißbuch; Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft		Kommission der EU	Sept. 2001

Tab 1.1-1: Betrachtete Studien der synoptischen Analyse



Vorgehensweise

Nach einer Charakterisierung der Studien im Hinblick auf die in ihnen enthaltenen Annahmen und auf die Darstellung der erwarteten Verkehrsleistung und CO₂-Emissionen sowie nach einem Vergleich der zu Grunde gelegten Rahmenbedingungen (Kap. 2), folgt ein Vergleich auf Basis der ausgewiesenen Verkehrs- und Fahrleistungen und von Kenngrößen des Fahrzeugbestands, getrennt nach Güter- und Personenverkehr, sowie der ausgewiesenen CO₂-Emissionen unter Nennung der zusätzlichen Minderungsmaßnahmen, sofern sie vorhanden sind, beziehungsweise benannt werden.

Anschließend wird eine Einordnung der Studienergebnisse in den europäischen Kontext, wie er sich aus dem EU-Weißbuch darstellt, gegeben (Kap.3).

In einem weiteren Kapitel (Kap. 4) werden Tendenzen für den Zeitraum 2020 bis 2050 aufgezeigt, die sich nach Meinung der Bearbeiter dieser Studie zum einen als Trend aus den verglichenen Studien ableiten lassen und die zum andern unabhängig von diesem Trend in Zukunft eine Rolle spielen könnten.

Ergebnisse

Die untersuchten Studien lassen sich unterteilen

in Prognosen

- zur zukünftigen Energiewirtschaft inklusive Verkehr:
PROGNOS/EWI-Studie, ESSO-Energieprognose;
- zur zukünftigen Entwicklung des Verkehrs:
IFO-Studie, TREMOD;

in Szenarien

- zur zukünftigen Energiewirtschaft inklusive Verkehr:
Politiksznarien;
- zur zukünftigen Entwicklung des Pkw- Verkehrs:
Shell-Pkw-Szenarien;

und in Untersuchungen

- zu flankierenden bzw. lenkenden Verkehrsmaßnahmen:
Pällmann-Gutachten, EU-Weißbuch.



Dabei ist der Übergang zwischen Prognosen und Szenarien durchaus gleitend:

Prognosen haben zum Ziel, eine möglichst wahrscheinliche Entwicklung aufzuzeigen, die häufig um Alternativen in Form von Varianten ergänzt wird.

Szenarien haben zum Ziel, vor dem Hintergrund einer für wahrscheinlich gehaltenen Entwicklung die Abhängigkeit der Entwicklung von bestimmten unterstellten Voraussetzung zu verdeutlichen. Dies geschieht i. Allg. dadurch, dass man einer Trendentwicklung eine oder mehrere weitere Entwicklungen zur Seite stellt, die sich nur in bestimmten, deutlich herausgestellten zusätzlichen Annahmen von denen der Trendentwicklung unterscheiden (sog. Szenariotechnik).

Die letztgenannten Untersuchungen gehen von in dritten Arbeiten aufgezeigten Entwicklungen des Verkehrs aus und ziehen zu bestimmten Bereichen aus der Entwicklung resultierende Folgerungen und Forderungen.

Die untersuchten Studien unterscheiden sich zudem im Zeithorizont:

Bis 2010: EU-Weißbuch, Pällmann-Gutachten

Bis 2015: IFO-Studie

Bis 2020: PROGNOSES/EWI-Studie, ESSO-Energieprognose, Shell-Pkw-Szenarien, TREMOD, Politikszenerarien

Wichtige Rahmendaten für die Entwicklung der Verkehrsleistung stellen die Bevölkerungsentwicklung und die Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts dar. Auch hier unterscheiden sich die Studien, wie den nachfolgenden Tabellen entnommen werden kann.

	Bevölkerung [Mio.]					Veränderung [%]
	2000	2005	2010	2015	2020	2000 / 2020
IFO-Studie	82,2			83,5		+ 1,6 *
Prognos/EWI-Studie	82,2		82,6		80,8	- 1,7
Politikszenerarien	82,7	83,8	82,9		81,2	- 1,7
ESSO Energieprognose	82,1	82,3	82,0		81,3	- 1,0
Shell-PKW-Szenarien "One World"	82,3	82,3	82,0	82,0	81,8	- 0,6
Shell-PKW-Szenarien "Kaleidoskop"	82,3	82,2	81,4	80,40	79,0	- 4

* Änderung über den Zeitraum 2000 bis 2015

Tab. 1.3–1: Vergleich der Bevölkerungszenerarien für die Bundesrepublik Deutschland



	Veränderung Brutto-Inlandsprodukt [% p.a.]					Veränderung insgesamt [%]
	2000	2005	2010	2015	2020	2000 /2020
IFO-Studie	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1		+ 46 *
Prognos/EWI-Studie	+ 2,0	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,7	+ 1,7	+ 38
Politiksznarien	+ 2,0	+ 1,8	+ 1,8	+ 1,8	+ 1,8	+ 41
ESSO						
Energieprognose	+ 1,4	+ 2,3	+ 2,3	k. A.	+ 2,0	+ 48
Shell-PKW-Szenarien "One World"	+ 1,80	+ 1,80	+ 1,80	+ 1,80	+ 1,80	+ 43
Shell-PKW-Szenarien "Kaleidoskop"	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40	+ 32

* Änderung über den Zeitraum 2000 bis 2015

Tab. 1.3-2: Vergleich der Veränderung des Brutto-Inlandsprodukts

Weitere in den Studien unterstellte Maßnahmen zielen insbesondere auf die Beeinflussung der Wahl der Verkehrsmittel und damit letztendlich über die sich ändernden Fahrleistungen der Verkehrsmittel (z.B. durch weniger Individualverkehr) und über die veränderten spezifischen Kraftstoffverbräuche der Fahrzeuge auf eine Veränderung der CO₂-Emissionen ab.

Diese unterschiedlichen Annahmen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst.

Prognos/EWI-Studie	Einflussgrößen und Rahmendaten
Trendprognose	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo; weitergehende zukünftige Dominanz des Transportsystem Straße im Personen- und Güterverkehr
Preisentwicklung	Steigende Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Pkw/ Lkw-Bereich
Technikentwicklung	Angeregt durch die höheren Kraftstoffpreise erfolgt eine Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; keine Marktpenetration alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Geringer politischer Einfluss auf die Steuerung der Verkehrsentwicklung gefördert durch die Verkehrsmarktliberalisierung und die EU-Osterweiterung

Tab. 1.3-3: Kurzcharakteristik der Prognos/ EWI-Trendprognose



<i>IFO-Studie</i>	<i>Einflussgrößen und Rahmendaten</i>
Szenario Trend	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo
Preisentwicklung	Sinkende Nutzerkosten für den Pkw sowie für die Binnenschifffahrt
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; keine Marktpenetration alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Einführung einer fahrleistungsabhängigen Straßennutzungsgebühr für Lkw, ansonsten keine weiteren verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung, die über bereits gesetzgeberische verabschiedete Maßnahmen hinaus reichen
Szenario Laisser-faire	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo
Preisentwicklung	Sinkende Nutzerkosten für den Pkw und Lkw-Bereich sowie für die Binnenschifffahrt
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; keine Marktpenetration alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung, die über bereits gesetzgeberische verabschiedete Maßnahmen hinaus reichen
Szenario Integration	
Grundtendenz	Reduktion der Umweltbelastung im Einklang mit dem Ziel der Mobilitätssicherung; moderate preispolitische Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl
Preisentwicklung	Steigende Nutzerkosten für den Pkw -Bereich; Massive Senkung der Beförderungspreise für den schienengebundenen Personen- und Güterverkehr; steigende Kosten des Luftverkehrs
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken, motiviert durch die höheren Nutzerkosten
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Preispolitische Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung, die über bereits gesetzgeberische verabschiedete Maßnahmen hinaus reichen

Tab. 1.3-4: Kurzcharakteristik der Prognosevarianten der IFO-Studie



Politikszenerarien	Einflussgrößen und Rahmendaten
Referenzszenario	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo; weitergehende zukünftige Dominanz des Transports auf der Straße
Preisentwicklung	Steigende Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Pkw und Lkw-Bereich
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken;
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung
40 % Reduktionsszenario	
Grundtendenz	Hohe Kostenbelastung des Straßenverkehrs
Preisentwicklung	Steigerungen der Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Straßenverkehr
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch hohe Treibstoffpreise; Einführung kohlenstoffarmer bzw. freier Kraftstoffe
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Senkung der Höchstgeschwindigkeit; fahrleistungsabhängige Straßenverkehrsgebühren; drastische Anhebung der Mineralölsteuer
Variante zum 40 % Reduktionsszenario	
Grundtendenz	Hohe Kostenbelastung des Straßenverkehrs, Lenkung der Verkehrsnachfrage und Verkehrsmittelwahl durch Kostenstrukturen, umfangreiche Reglementierungen
Preisentwicklung	Drastische Steigerungen der Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Straßenverkehr
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Restriktionen; Einführung kohlenstoffarmer bzw. freier Kraftstoffe
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Senkung der Höchstgeschwindigkeit; fahrleistungsabhängige Straßenverkehrsgebühren; drastische Anhebung der Mineralölsteuer; preispolitische Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung und Modal Split zwischen den Verkehrsträgern

Tab. 1.3-5: Kurzcharakteristik der verschiedenen Szenarien und der Variante in Politikszenerarien



Shell-Pkw-Szenarien	Einflussgrößen und Rahmendaten
Szenario One World (nur Pkw-Bereich)	
Grundtendenz	Politische und wirtschaftliche Liberalisierung; Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur durch private Betreibermodelle;
Preisentwicklung	Steigende Nutzerkosten für den Pkw-Bereich
Technikentwicklung	Verstärkter Einsatz alternativer Kraftstoffe und langfristig Marktpenetration alternativer Antriebstechniken; Reduktion des spezifischen Energiebedarfs der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung
Szenario Kaleidoskop (nur Pkw-Bereich)	
Grundtendenz	Starker staatlicher Einfluss auf die Verkehrsentwicklung, umfangreiche Reglementierungen
Preisentwicklung	Steigerungen der Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Straßenverkehr
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; wegen fehlender Kosteneffizienz nur geringfügiger Einsatz alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Anhebung der Mineralölsteuer und sonstiger Abgaben

Tab. 1.3-6: Kurzcharakteristik der beiden Shell-Pkw-Szenarien

ESSO-Energieprognose	Einflussgrößen und Rahmendaten
Szenario One World (nur Pkw-Bereich)	
Grundtendenz	Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch; Verschärfung des Wettbewerbs auf dem Energiemarkt; zunehmende Globalisierung;
Preisentwicklung	Zukünftig weiterhin preiswerte Energieversorgung; weitere Anhebung von energiespezifischen Abgaben
Technikentwicklung	Verstärkter Einsatz alternativer Kraftstoffe und alternativer Antriebstechniken; Reduktion des spezifische Energiebedarfs der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Bei der Reduktion der CO ₂ -Emissionen haben Selbstverpflichtungen Vorrang vor ordnungspolitischen Maßnahmen; Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung

Tab. 1.3-7: Kurzcharakteristik der ESSO-Energieprognose



Trotz der unterschiedlichen Annahmen kommen praktisch alle Studien (mit Ausnahme der eigens erstellten „Variante zum 40% Reduktionsszenario“ der Politikszenerien) zu quantitativ nahe bei einander liegenden Vorhersagen der CO₂-Emissionen für 2020. **Abbildung 1.3-1**, die die Entwicklung der CO₂-Emissionen im Vergleich zur Situation im Jahr 1995 zeigt, kann man entnehmen, dass allgemein von einem Rückgang der Emissionen des Personenverkehrs ausgegangen wird, der aber in seiner Wirkung auf die gesamten Verkehrsemissionen durch die Zunahme der Emissionen im Güterverkehrs geschmälert wird. Dabei wird die Verringerung der Emissionen im Personenverkehr fast ausschließlich von der Entwicklung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) bewirkt und durch erwartete starke Zunahmen im Luftverkehr abgeschwächt.

Auch dem EU-Weißbuch, dessen Zeithorizont ja bereits 2010 endet, kann ansatzweise eine ähnliche Entwicklung entnommen werden. Die Kommission erwartet für die Gemeinschaft noch eine Zunahme der Personenverkehrsleistungen im motorisierten Individualverkehr, dort als Pkw ausgewiesen. Unterstellte Effizienzverbesserungen bei den Personenfahrzeugen führen zwar zu einer Verringerung der Kohlendioxidemissionen, allerdings wird dieser Effekt durch steigende Emissionsmengen verdeckt, die auf steigende Verkehrsleistungen im Bus- und Luftverkehr zurück zu führen sind. Insgesamt wird für den Personenverkehr deshalb auch bei der weitreichendsten Variante in 2010 noch eine höhere Kohlendioxidemissionsmenge erwartet.

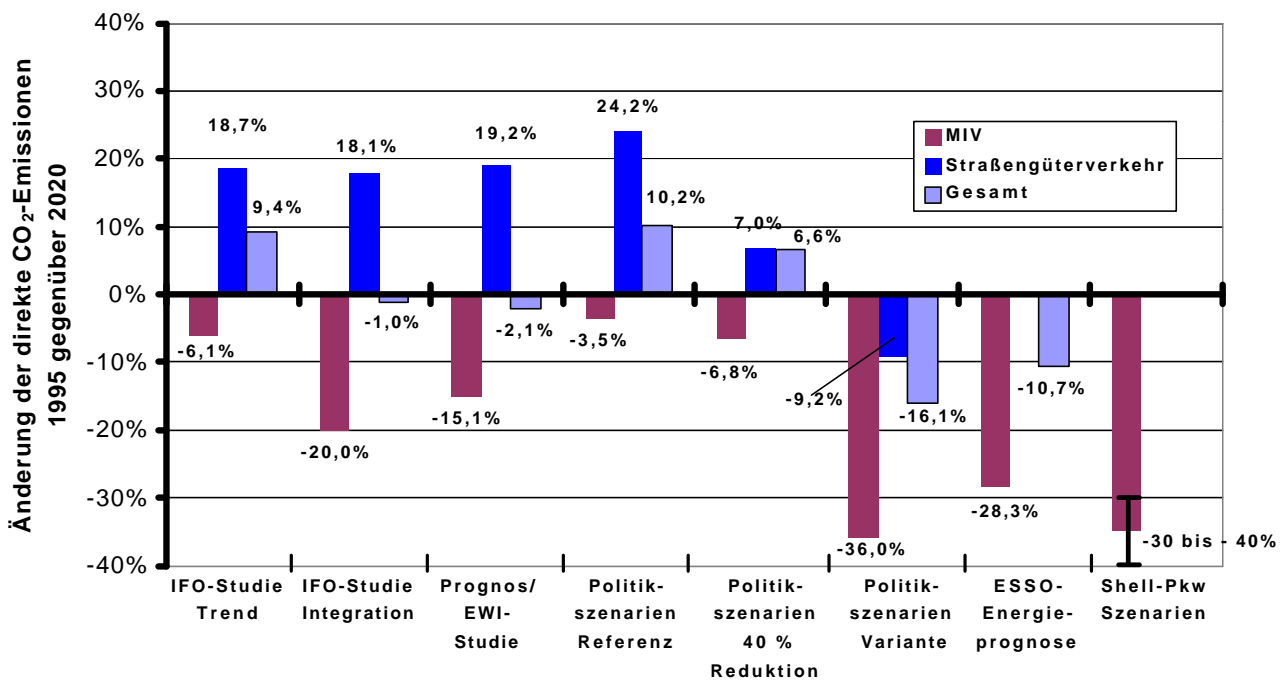


Abb. 1.3-1: Erwartete Entwicklung der CO₂- Emissionen bezogen auf 1995 in verschiedenen Studien



Bei der Analyse der Minderungsmaßnahmen fällt auf, dass die EU zusätzlich zu Tarifierungsmaßnahmen im Bereich des Straßenverkehrs auf Verbesserungen in der Infrastruktur („Engpassbeseitigung“) und deutlich auf die Revitalisierung anderer Verkehrsträger (z. B. der Bahn) – auch durch Systemverbesserungen (Attraktivitätssteigerung) – setzt, während in den anderen Studien i. Allg. stark auf Mobilitätsverteuerung auf der Straße gesetzt wird, insbesondere beim MIV, um einen Wechsel der Verkehrsmittelart zu induzieren. Ansätze, wie Maßnahmen zur Verkürzung der Reise-/Transportzeiten von Ort zu Ort, zur Steigerung der Attraktivität der alternativen Verkehrsmittel, sind nach unserer Meinung ebenfalls wichtig, werden aber in den Studien nicht explizit behandelt.

Das Pällmann-Gutachten macht deutlich, dass Verringerungen nachteiliger ökologischer Wirkungen des Automobilverkehrs wirkungsvoller am „System Straße“ zu erreichen sind, als mit ordnungspolitischen Eingriffen. Um bei begrenzten Haushaltsmitteln, die notwendige Erweiterung des Fernstraßennetzes zu ermöglichen, sollte die Finanzierung privatisiert und nutzerorientiert über Gebühren refinanziert werden, um im Staatshaushalt Freiräume für die Erweiterung der sonstigen Verkehrswege (Bahn, Schifffahrt) zu schaffen, damit Verkehrsverlagerungen ermöglicht werden.



2 Charakterisierung der Verkehrs-Prognosen und Szenarien

Folgende Studien wurden in die synoptische Analyse des Trends bzw. der Reduktionspotenziale von CO₂-Emissionen im Verkehr eingeschlossen:

Kurztitel	Titel	Beschreibung	Bearbeitung	Veröffentlichung
Prognos/EWI-Studie	Die langfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt (Energierport III)	Studie im Auftrag des BMWi	Prognos/EWI	Nov. 1999
IFO-Studie	Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung; Schlussbericht	Studie im Auftrag des BMVBW	BVU, ifo, ITP, Planco	Apr. 2001
Politik-szenarien	Politik-szenarien für den Klimaschutz - 5 - Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO ₂ -Emissionen in Deutschland bis 2020	Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes	FZJ-STE, DIW, FhG-ISI, Öko-Institut	Jan. 2000
Shell-PKW-Szenarien	Mehr Autos – weniger Verkehr?	Szenario-Analyse der deutschen Shell AG	Deutsche Shell AG	Aug. 2001
TREMOD	Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr	Studie im Auftrag des Umweltbundesamts UFOPLAN Nr. 298 45 105	Ifeu	Aug. 2000
ESSO-Energie-prognose	ESSO Energieprognose 2000: Zukunft sichern - Energie sparen 2000	Szenarien der ESSO AG Deutschland	ESSO AG, Deutschland	2000
Pällmann-Gutachten	Verkehrsinfrastrukturfinanzierung; Schlussbericht	Schlussbericht der Kommission "Verkehrsinfrastrukturfinanzierung" im Auftrag des BMVBW	Kommission Verkehrsinfrastrukturfinanzierung	Sept. 2000
EU-Weißbuch	Weißbuch; Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft		Kommission der EU	Sept. 2001

Tab 2-1: Betrachtete Studien der synoptischen Analyse

Die Studien werden im weiteren Verlauf jeweils durch ihren Kurztitel bezeichnet. Eine jeweils separierte Kurzbeschreibung der Studien sowie den darin ausgewiesenen CO₂-Emissionen und CO₂-Reduktionsmaßnahmen erfolgt in Kapitel 2.1. In Kapitel 3 wird daran anschließend der Vergleich der Rahmendaten und Ergebnisse der Prognosen/ Szenarien untereinander angestellt.



2.1 Beschreibung der ausgewählten Studien

2.1.1 Prognos/EWI-Studie

Studie *“Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt“, Prognos/EWI, November 1999 (Energieraport III)*

Die Studie wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie in Auftrag gegeben, um Zusammenhänge in der Energiewirtschaft, Zielkonflikte und Handlungsoptionen anschaulich zu machen. Zu diesem Zweck wurden Szenarien entwickelt, die die Bandbreite möglicher Entwicklungen bis zum Jahr 2020 nach oben und unten begrenzen.

Für die politische Rahmensetzung wurde angenommen, dass

- sich die Liberalisierung der europäischen Strom- und Gasmärkte fortsetzt und
- die 1999 bestehenden Maßnahmen zur Energieeinsparung sowie CO₂-Reduktion weiter entwickelt werden. (Verschärfung der ökologischen Steuerreform über 2003 hinaus.)

Für die Szenarien wurden von Prognos/EWI folgende Annahmen getroffen:

- Liberalisierung und Globalisierung beeinflussen die Rahmenbedingungen für die Energiepolitik
- Bis 2020 geht die Bevölkerung auf 80,8 Mio. zurück.
- Das Wirtschaftswachstum wird mit durchschnittlich 1,9 %/a von 1997 bis 2020 angenommen.
- Öl und Erdgas werden auf dem Weltmarkt günstig angeboten; Rohölpreis inflationsbereinigt in 2020 auf dem Niveau von Mitte 80er Jahre; Gaspreis auf dem Niveau von Anfang der 80er Jahre.
- Nachfragesteigerung nach Verkehrsleistungen führt zu erhöhtem Verkehrsaufkommen im PKW- und Güterbereich sowie im Luftverkehr.
- Ökosteuer wird fortgeführt und verschärft (für Benzin und Diesel von 3,1 Cent auf 36 Cent in 2020, Festlegung der Höhe durch Prognos/EWI).

Zusammengefasst weisen die Studienergebnisse aus, dass der Primärenergieverbrauch in Deutschland zunächst weiter ansteigt, um dann aber bis 2020 auf ein Niveau zurückzufallen, das geringfügig unter dem 1999er-Verbrauch liegt. Der Verkehrssektor wird nur als Teil des Ganzen mit analysiert. Für ihn wird eine ähnliche Entwicklung mit dem Ergebnis gezeichnet, dass der Kraftstoffverbrauch in 2020 um 4 % unter dem von 1999 liegt.

Die Kohlendioxidemissionen in der Bundesrepublik sinken von 1990 bis 2010 um insgesamt 15 %, danach nur noch geringfügig, so dass der CO₂-Ausstoß in 2020 um 16 % unter dem von 1990 liegt. (Verkehrsbereich vgl. Detaildarstellung)



Die Gutachter erwarten bei den gewählten Vorgaben eine unproblematische Anpassung an die Veränderungen im internationalen Umfeld, die ökonomische Weiterentwicklung wird als kontinuierlich angesehen.

Der Energiereport III von Prognos/EWI geht in seiner Prognose zur zukünftigen energiewirtschaftlichen Entwicklung in Deutschland davon aus, dass es bis 2020 keine dramatischen Veränderungen oder Umwälzungen im gesellschaftlichen und wirtschaftlichen System Deutschlands sowie in Europa geben wird.

Die deutsche Wirtschaft wächst im Betrachtungszeitraum bis 2020 mit rund 1,9 % p.a. und damit deutlich langsamer als die Weltwirtschaft, für die ein Wachstum von 3 % p.a. gesehen wird.

Die Einwohnerzahl Deutschlands nimmt bis 2020 um 1 Mio. auf 81 Mio. ab.

Den Rohölpreis sehen die Autoren im Jahr 2020 bei (real) etwa 20 bis 25 USD, was gegenüber dem Publikationszeitpunkt eine leichte Preisreduktion bedeuten würde. Das wird in ähnlicher Weise für Erdgas erwartet.

In Deutschland werden Mineralölprodukte, Gas und Strom durch die Ökosteuer verteuert, deren Sätze ansteigen. Wegen der Liberalisierung der Märkte wird für Strom mit deutlichen Preisenkungen gerechnet. Bei Gas werden die Preiseffekte als Folge der Liberalisierung weniger stark ausgeprägt sein als bei Strom (**Tabelle 2.1.1-1**).

für Endverbraucher incl. Mehrwertst.	1998	2010	2020
Heizöl I [Pfg/l]	40,6	56,8	69,4
Erdgas [Pfg/kWh]	6,04	7,11	8,33
Strom [Pfg/kWh]	30,2	27,5	28,9
Benzin bleifrei [Pfg/l]	151	202	246
Diesel [Pfg/l]	113	166	209

Tab 2.1.1-1: Entwicklung ausgewählter Energiepreise im Inland in Preisen von 1997

Die zum Teil als drastisch bezeichneten Veränderungen auf der Angebotsseite der Energiemärkte treffen auf eine insgesamt stagnierende bis sinkende Nachfrage. Trotz wirtschaftlichen Wachstums wird der Energieverbrauch im Jahr 2020 niedriger sein als heute (Tabelle 2.1.1-2). Deutliche und anhaltende Zuwächse verzeichnet allein der Strommarkt. Auch der Gasverbrauch wird zunächst noch zunehmen, stagniert aber nach 2010, die Nachfrage nach Heizöl und Treibstoffen geht ab etwa 2005 zurück.

Der Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr steigt bis 2010 an, sinkt danach aber wieder unter dem Einfluss der zurückgehenden spezifischen Verbräuche der (sparsameren) Verkehrsträger



sowie durch effizientere Logistik und Organisation (Güterverkehr) annähernd auf das Niveau von 1997 ab.

Ein spürbarer Beitrag zur Deckung des Verkehrsaufkommens wird im Betrachtungszeitraum von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben nicht erwartet, obwohl der Einsatz von Gas, Ethanol und auch Biodiesel zunehmen wird.

Primärenergie-Verbrauch [PJ]	1997	2010	2020
Insgesamt	14.572	14.675	13.808

Endenergieverbrauch [PJ]	1997	2010	2020
Priv. Haushalte	2.930	2.881	2.738
Gewerbe, Handel, Dienstl.	1.518	1.539	1.496
Industrie	2.456	2.509	2.508
Verkehr	2.642	2.822	2.655
Insgesamt	9.546	9.751	9.397

Tab 2.1.1-2: Erwarteter Energieverbrauch bis 2020

Die Autoren gehen davon aus, dass es keine wirksame Vorrangpolitik zugunsten von Eisenbahn oder öffentlichem Straßenpersonenverkehr geben wird. Für den Personenverkehr wird eine Steigerung der Verkehrsleistungen um 23% erwartet, mit deutlichem Zuwachs im Luftverkehr.

Als wichtiger Grund für die Steigerung der Güterverkehrsleistung im Betrachtungszeitraum (+ 53%) wird die Liberalisierung der europäischen Märkte gesehen, durch die zum einen die Außenhandelsverflechtungen gefördert werden und zum anderen eine Wettbewerbsintensivierung stattfindet. Im Modal Split des Güterverkehrs gewinnt der Straßenverkehr weiter an Gewicht. Sollte es zu einer Förderung des kombinierten Verkehrs kommen, würde das bei den Verkehrsträgern Binnenschifffahrt und Eisenbahn Wachstumsimpulse auslösen.

Der erwartete Anstieg der Kraftstoffpreise wird nach den Ausführungen im Energiereport III das Interesse an sparsamen Fahrzeugen und damit ihre Verbreitung fördern. Da der Anteil der 3-Liter-Autos aber nur langsam ansteigt, wird für 2020 mit spezifischen Flottenverbrauchsdaten von 6,4 l/100km für Benzinfahrzeuge und von 5,3 l/100km für Dieselfahrzeuge gerechnet. Alternative Kraftstoffe (Gas, Strom, Ethanol und Biodiesel) werden bis 2020 noch keinen wesentlichen Marktanteil errungen haben, die abgesetzte Menge liegt bei 1 bis 2 Prozent des Gesamtverbrauchs im Straßenverkehr.

Der Motorisierungsgrad der Bevölkerung wird weiter ansteigen, so dass in 2020 gut 48 Millionen Personenfahrzeuge (Pkw und Kombi) zugelassen sein werden. Die Zunahme wird u.a. darauf zurückgeführt, dass zum einen das Einkommenswachstum anhält und zum anderen die bei der weiblichen Bevölkerung bislang niedrige PKW-Verfügbarkeit abgebaut wird.



Die Treibhausgasemissionen werden im Energiereport III nach den Methoden und Grundlagen des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) bestimmt, mit den im zweiten Bericht der Bundesregierung "Umweltschutz, Klimapolitik in Deutschland" beschriebenen sektoralen Differenzierungen, Emissionsfaktoren und sonstigen Kennziffern.

In der Studie werden direkte Emissionen berechnet, für Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O), Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), Nichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (NMVOC), für Staub sowie Partikel und Schwefeldioxid (SO₂), vgl. **Tabelle 2.1.1-3**.

Emissionen	1998	2005	2010	2015	2020
CO₂ [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	879.575	854.870	854.781	850.776	746.960
Sektor Verkehr	183.688	190.372	188.959	182.929	174.294
CH₄ [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	74	64	59	55	51
Sektor Verkehr	32	29	28	25	23
N₂O [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	44	43	43	42	41
Sektor Verkehr	21	22	22	21	20
NO_x [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	1882	1484	1357	1257	1142
Sektor Verkehr	1126	892	820	764	686
CO [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	4095	2802	2508	2270	2003
Sektor Verkehr	2836	1885	1756	1613	1412
NMVOC [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	576	415	358	315	268
Sektor Verkehr	494	346	293	253	209
Staub/Partikel [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	203	75	59	44	36
Sektor Verkehr	58	38	28	17	11
SO₂ [1000 Tonnen]					
Insgesamt (Verbrennung)	887	502	425	378	334
Sektor Verkehr	47	14	8	6	5

Tab 2.1.1-3: Energiebedingte Emissionen nach Energiereport III

Die Reduktion der CO₂-Emission für den Verkehrssektor im Zeitraum 1998 bis 2020 liegt bei etwa 5 %. Für andere Schadstoffe werden deutlich höhere Minderungsraten erreicht, etwa bei der SO₂-



Emission, die aufgrund der sich verringernden Schwefelgehalte in den Kraftstoffen um fast 90 % zurückgeht.

Verkehrssektor, Rahmendaten und Einflussfaktoren

Bestimmungsfaktoren für die zukünftige Entwicklung des Güterverkehr sind die wirtschaftliche Entwicklung und die (Transport-) Kosten.

Der Endenergieverbrauch im Straßenverkehr wird bestimmt durch die spezifischen Verbräuche der Fahrzeugtypen und die jeweiligen Fahrleistungen. Fahrleistungen können ausgehend von den Verkehrsleistungen durch die durchschnittlichen Besetzungs- und Auslastungsgrade abgeschätzt werden oder alternativ durch Multiplikation der Fahrzeugbestände mit den durchschnittlichen Fahrleistungen je Jahr und Fahrzeug.

Verkehrsleistungen der einzelnen Verkehrsmittel, z.B.

Pkw/Kombi:	1997 = 739 Mrd. Pkm;	2020 = 911 Mrd. Pkm
Straßengüterverkehr:	1997 = 302 Mrd. tkm;	2020 = 492 Mrd. tkm

Fahrzeugbeständen, nach Antriebsarten differenziert, z.B.

Pkw/Kombi, Benziner	1997 = 35.781 Tsd.;	2020 = 38.632 Tsd.
Pkw/Kombi, Diesel	1997 = 5.574 Tsd.,	2020 = 8.842 Tsd.
Pkw/Kombi, Insgesamt	1997 = 41.372 Tsd.;	2020 = 48.299 Tsd.
Straßengüterverkehr	1997 = 3.756 Tsd.;	2020 = 4.375 Tsd.

Fahrleistungen, Produkt aus Besetzungs- bzw. Auslastungsgraden und Verkehrsleistungen,

Pkw/Kombi, Benziner	1997 = 430 Mrd. Fzkm;	2020 = 487 Mrd. Fzkm
Pkw/Kombi, Diesel	1997 = 94 Mrd. Fzkm;	2020 = 139 Mrd. Fzkm
Pkw/Kombi, sonstige Antr.	1997 = 0 Mrd. Fzkm;	2020 = 8 Mrd. Fzkm
Straßengüterverkehr _{nah & fern}	1997 = 78 Mrd. Fzkm;	2020 = 100,2 Mrd. Fzkm

durchschnittlichen Fahrleistungen pro Jahr

Pkw/Kombi, Benziner	1997 = 12,0 Tsd Fzkm/Fz;	2020 = 12,6 Tsd Fzkm/Fz
Pkw/Kombi, Diesel	1997 = 16,9 Tsd Fzkm/Fz;	2020 = 15,8 Tsd Fzkm/Fz
Pkw/Kombi, Insgesamt	1997 = 12,7 Tsd Fzkm/Fz;	2020 = 13,1 Tsd Fzkm/Fz

spezifische Energieverbräuche der Fahrzeugtypen

Flotte Pkw _{Benzin}	1997 = 9,0 l/100km;	2020 = 6,4 l/100km
Flotte Pkw _{Diesel}	1997 = 7,6 l/100km;	2020 = 5,3 l/100km
Flotte Lkw _{Diesel}	1997 = 26,4 l/100km;	2020 = 23,8 l/100km

Besetzungsgrad bzw. Auslastungsgrad

Pkw/Kombi	1997 = 1,41 Pkm/Fzkm;	2020 = 1,44 Pkm/Fzkm
Lkw	1997 = 3,86 tkm/Fzkm;	2020 = 4,91 tkm/Fzkm

Beim Schienenverkehr wird zwischen U- und S- Bahn einerseits sowie Eisenbahn andererseits differenziert. Für den U- und S- Bahnverkehr wird eine Verkehrsleistung erwartet, die von 8,3 Mrd.



Pkm (1997) auf 10 Mrd. Pkm (2020) anwächst, außerdem ein steigender Auslastungsgrad und auch eine zunehmende Fahrleistung, die ihren Höchststand um 2015 erreicht. Im Eisenbahnverkehr nimmt die Personenverkehrsleistung bis 2020 gegenüber 1997 deutlich zu, im Personenahverkehr um etwa 18 % und im Personenfernverkehr um 32 %.

Für die schienengebundene Güterverkehrsleistung wird zwar auch eine Steigerung gesehen, sie fällt aber mit 1,1 %/a niedriger aus als das Wachstum des Güterverkehrs insgesamt. Begründet wird diese Entwicklung mit den nur mäßigen Wachstumsaussichten für Wirtschaftssektoren, die zu den wichtigsten Bahnkunden zählen, wie etwa die Grundstoffindustrie.

Für die Binnenschifffahrt wird mit einem Anstieg der Verkehrsleistung von 62,2 Mrd. tkm (1997) auf 81,6 Mrd. tkm bis 2020 und einer Verringerung des spezifischen Verbrauchs gerechnet, so dass der Dieserverbrauch nur von 22,1 PJ (1997) auf 25,4 PJ (2020) zunimmt.

Bei der Analyse zum Luftverkehr berücksichtigten die Autoren, dass nicht zwischen dem Verbrauch von Inland und Ausland unterschieden wird, auch nicht zwischen der über oder nicht über dem Luftraum von Deutschland erbrachten Flug- bzw. Verkehrsleistung. Erfasst wird der in Deutschland getankte Flugtreibstoff. Für die Luftverkehrsleistung im Personentransport wie auch im Frachttransport werden deutliche Steigerungen erwartet, so dass 2020 trotz sparsamerer Flugzeugantriebe mit 364 PJ Flugtreibstoff etwa 110 PJ mehr verbraucht werden als 1997.

CO₂-Emissionen des Verkehrssektors

Die Kohlendioxidemissionen der Bundesrepublik Deutschland wurden sowohl nach dem Global- wie nach dem Sektor-Ansatz bestimmt. Beim Globalansatz werden die Emissionen aus dem Verbrauch von Energieträgermengen bestimmt, wobei eine Zuweisung zu bestimmten Sektoren problematisch ist. Dazu eignet sich der Sektor-Ansatz, bei dem die für die verschiedenen Sektoren ausgewiesenen Energieträgerverbräuche berücksichtigt werden.

Die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors wurden aus den diesem Sektor zugewiesenen Kraftstoffmengen und den energieträgerspezifischen CO₂-Emissionsfaktoren bestimmt, wie sie von Plinke erarbeitet wurden in „Verbrennungsbedingte CO₂-Emissionen in Deutschland nach der IPCC-Referenzmethode, Basel, 1998, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin“. Nicht berücksichtigt werden dabei die Emissionen, die mit der Stromnutzung (Schienenverkehr) verbunden sind, da sie dem Sektor „Umwandlung“ zugerechnet werden. Das gilt auch für die Emissionen, die in der Rohöl- bzw. Mineralölprouduktaufbereitung entstehen, da Raffinerien dem Sektor „Umwandlung“ zugeordnet sind. Unberücksichtigt bleiben auch die Emissionen des internationalen Schiffs- wie Flugverkehrs, da ihnen nach IPCC (Stand 1999) keine national zurechenbaren Emissionen angelastet werden.

Die nachfolgende **Abbildung 2.1.1-1** zeigt die im Energiereport III erwartete Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs im Verkehrssektor. Die Nachfrage nach Benzin nimmt in Folge der Verwendung von sparsameren Benzin-Pkw aber auch wegen des Umstiegs von Nutzern auf



Dieselfahrzeuge ab 2005 kontinuierlich ab. Der zunehmende Flugverkehr spiegelt sich im ansteigenden Verbrauch von Flugtreibstoff wieder. (Der mit 29 PJ in 1997 bzw. 20 PJ in 2020 für die Grafik relativ geringe Dieselaussatz im Schienenverkehr wurde nicht ausgewiesen.)

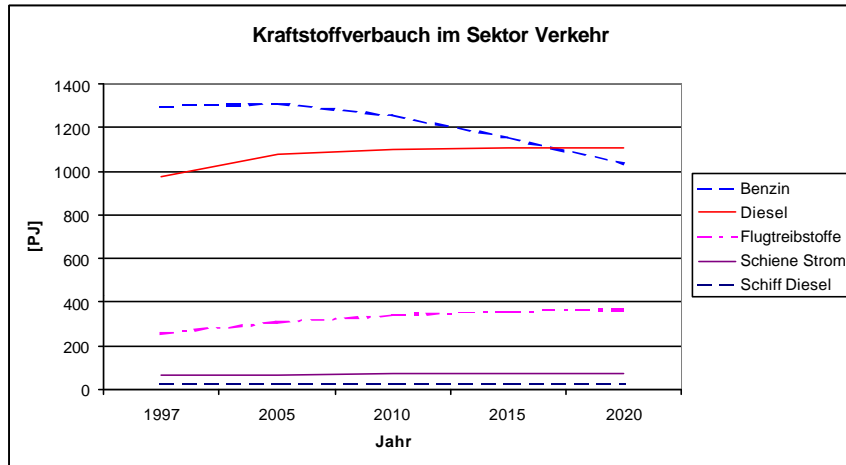


Abb. 2.1.1-1: Nachgefragte Kraftstoffmengen im Sektor Verkehr

Aus der Berechnung der Kohlendioxidemissionen nach dem Sektoransatz können die vom Verkehrsbereich verursachten direkten CO₂-Mengen herausgezogen werden. Das Ergebnis ist in Abbildung 2.1.1-2 grafisch dargestellt und weist ohne Berücksichtigung des internationalen Flugverkehrs nach einem Höchststand mit 190 Mio. Tonnen in 2005 für das Jahr 2020 eine um 5 % gegenüber dem Ausgangsjahr zurückgehende CO₂-Emission aus.

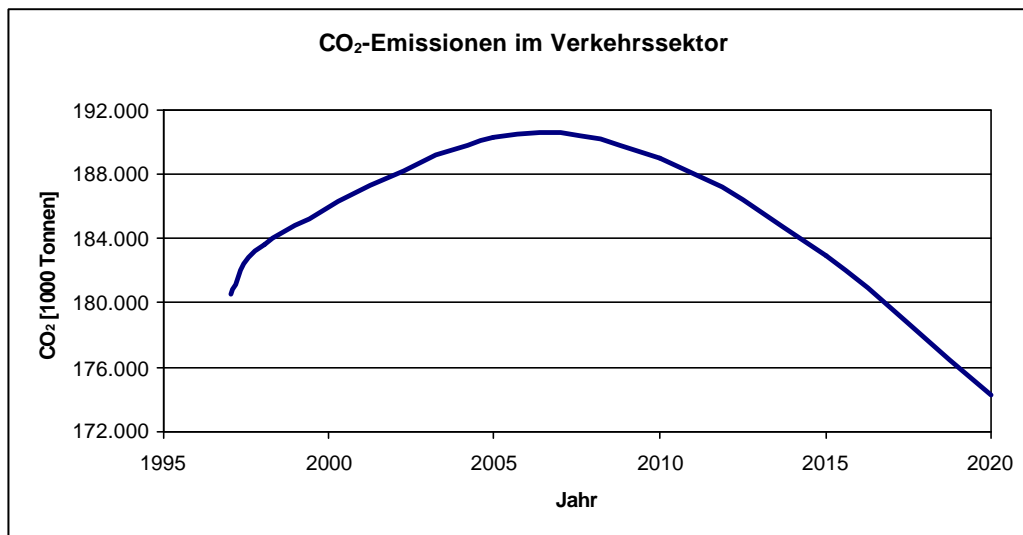


Abb. 2.1.1-2: Entwicklung der CO₂-Emissionen des Verkehrssektors



2.1.2 IFO-Studie

Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung, BVU, ifo, ITP, Planco, April 2001, im Auftrag des BMVBW

Um eine neue Datenbasis für die Überarbeitung des Bundesverkehrswegeplanes wie auch für die Bewertung von Verkehrsinfrastrukturprojekten zu erhalten, wurde vom BMVBW die Verkehrsprognose 2015 in Auftrag gegeben. Wesentliches Ziel der Prognose ist die Bestimmung der langfristigen Entwicklung von Verkehrsnachfragen/Verkehrsströmen der Personenverkehrsarten (Individual-, Öffentlicher Straßen-, Eisenbahn- und Luftverkehr) sowie der Güterverkehrsarten (Straßengüter-, Eisenbahnverkehr und Binnenschifffahrt). Zu diesem Zweck wurden sektoral und regional disaggregierte Vorausschätzungen erarbeitet. Sie wurden einerseits methodisch getrennt auf einer räumlich aggregierten Ebene (Makro-Ebene) vorgenommen und andererseits auf einer s.g. Mikro-Ebene, die nach etwa 500 Verkehrsräumen differenziert war. Die Ergebnisse wurden anschließend iterativ auf einander abgestimmt. Die Prognose wurde auf der Grundlage von Szenarien erarbeitet, die sich in den Annahmen und verkehrspolitischen Rahmenbedingungen unterscheiden. (Laisser-Faire, Trend und Integration).

Auf der Grundlage dieser Prognose wurden außerdem die Kohlendioxidemissionen der betrachteten Verkehrsträger in ihrer Entwicklung analysiert.

Detailierung

Für die Erarbeitung der Prognosen wurden folgende Rahmenbedingungen festgelegt:

Demographische Eckdaten:

Die Bevölkerungszahlen werden in Deutschland von 1997 bis 2015 um ca. 2 % auf 83,5 Millionen ansteigen. Wegen des unterschiedlichen Verkehrsverhaltens der verschiedenen Altersgruppen wurde in der Studie auch die Entwicklung der Altersstruktur analysiert. Danach wird bis 2015 der Anteil der Menschen, die älter als 60 Jahre sind, zunehmen und dann etwa 26 % der Bevölkerung ausmachen, 1999 hatte diese Gruppe einen Anteil von knapp 23 %. Der Anteil der Altersgruppe von 20 bis 60 Jahren wird mit 54,8 % nur leicht um 2 %-Punkte zurückgegangen sein. Die Anzahl der Menschen "Unter 20" wird deutlich abnehmen und nur noch einen Anteil von 18,4 % an der Gesamtbevölkerung haben. Diese Altersgruppe ist für die Prognose zu einer Verkehrsentwicklung deshalb von Bedeutung, weil sie zum einen die Fahranfänger stellt und zum anderen die Auszubildenden, die überwiegend auf öffentliche Verkehrsmittel angewiesen ist.

Wirtschaftliche Entwicklung:

- das Bruttoinlandsprodukt gilt als zusammenfassendes Maß für den Wert der wirtschaftlichen Leistung und weist eine Korrelation zu den verfügbaren Einkommen der privaten Einkommen auf, die wiederum für den Personenverkehr ein wichtiges Kriterium darstellen. Vorgegeben wird ein durchschnittlicher jährlicher Zuwachs von 2,1 %,



- die Zahl der Erwerbstätigen wird im Prognosezeitraum nur geringfügig um insgesamt 1,5 % ansteigen,
- das Wachstum in transportintensiven Industriebereichen entwickelt sich unterdurchschnittlich,
- der Außenhandel wird zukünftig aufgrund der europäischen Marktöffnung und –erweiterung mengenmäßig sowohl bzgl. Ausfuhr wie Einfuhr deutlich ansteigen.

Entwicklung der Verkehrsmittelnutzerkosten und weitere Rahmenbedingungen

Um den Einfluss ordnungspolitischer Maßnahmen auf Verkehrsnachfragen und damit auf die Struktur des Modal Split zu untersuchen, wurden drei Szenarien definiert, in denen sich wichtige Rahmendaten wie Verkehrsmittelnutzerkosten, Verkehrssteuerung, Parkraumbewirtschaftung u.a. deutlich von einander unterscheiden.

Für das s.g. „Laisser-faire-Szenario“ wurde unterstellt, dass keine über die bereits verabschiedeten Maßnahmen (Stand 1997) hinausgehenden ordnungspolitischen Vorgaben ergriffen werden, um die Verkehrsentwicklung zu steuern (ÖKO-Steuersatzanstieg in 2001, 2002 und 2003 um jeweils 0,06 DM/anno ist berücksichtigt). Wesentliches Merkmal ist, dass die realen Nutzerkosten des Pkw-Verkehrs aufgrund fortschreitender Effizienzsteigerungen um 5 % abnehmen. Die Kosten des Eisenbahnpersonenverkehrs wie auch des Luftverkehrs bleiben real konstant. Produktivitätsfortschritte führen im Güterverkehr bei allen Verkehrsträgern zu Kostenreduktionen, die jedoch unterschiedlich hoch ausfallen (Lkw – 9 %, Binnenschifffahrt – 25 %, Eisenbahn – 7 %). Siehe dazu **Tabelle 2.1.2-1**.

Das Szenario „Überforderung“ beschreibt das andere Extrem: Drastische Kostenbelastung des Straßen- wie Luftverkehrs durch Einführung steigender Mineralölsteuersätze und Straßenbenutzungsgebühren. Belastet werden insbesondere der Individual-, der Lkw- und der Luftverkehr. Für den Eisenbahnverkehr wurde ein Rückgang der Nutzerkosten unterstellt. Für die Binnenschifffahrt wurden die Annahmen aus dem „Laisser-faire-Szenario“ beibehalten.

Das Szenario „Integration“ soll den Mittelweg zwischen den beiden Extremszenarien darstellen, bei ihm ist das Ausmaß dirigistischer Eingriffe zielführend, weil es moderat ausfällt. Die Maßnahmen sind so gewählt, dass sie nach Auffassung der Autoren die verschiedenen verkehrspolitischen Ziele, wie Reduktion der Umweltbelastungen und Erhalt der Mobilität, in Einklang bringen sollen. Für den Pkw-Verkehr wurde durch Anheben der Mineralölsteuersätze und Einführung von Straßenbenutzungsgebühren eine Steigerung der Kosten um 15 % angenommen und für den Luftverkehr eine Rate von 9 %, wohingegen die Kosten des Lkw-Verkehr um 4 % sinken sollen. Die Nutzerkosten im Eisenbahnverkehr und für die Binnenschifffahrt sinken wie im Szenario „Überforderung“.



Zur Überprüfung der Schlüssigkeit der vorgesehenen Rahmendaten, ihrer Konsequenzen und der Erreichbarkeit der Zielsetzung, wurden die Verkehrsleistungen des Personen- und Güterverkehrs

	2015 "Laissez-faire"	2015 "Integration"	2015 "Überforderung"
Pkw-Verkehr	- 5	+ 15	+ 70
Lkw-Verkehr	- 19	- 4	+ 14
Eisenbahnperson.	0	- 30 im priv. Fernv.	- 30 im priv. Fernv.
Eisenbahngüterv.	- 7	-18	- 18
Luftverkehr	0	+ 9	+ 18
Binnenschifffahrt	-25	- 25	- 25

Tab 2.1.2-1: Entwicklung der Verkehrsmittelnutzerkosten in den drei Szenarien

wie auch die CO₂-Emissionen in einer ersten, groben Näherung bestimmt (Ergebnisse in **Tabelle 2.1.2-2**). Für diese Grobabschätzung wurde angenommen, dass die prognostizierte Verkehrsnachfrage mit der in 2015 zur Verfügung stehenden Verkehrsinfrastruktur gedeckt werden kann (Straßen- und Schienennetz).

Für den Personenverkehr ergeben sich in allen drei Szenarien Steigerungen der Verkehrsleistungen. Trotz der Zunahme der Verkehrsleistungen im Individualverkehr geht sein Anteil an der gesamten Personenverkehrsleistung zurück. Zu den nennenswertesten Verlagerung innerhalb des Modal Split kommt es aber nur im Szenario „Überforderung“, in dem die Verkehrsleistungen und Anteile von Eisenbahn und öffentlichem Straßenverkehr gegenüber 1997 deutlich ansteigen.

Für den Güterverkehr zeichnet sich keine klare Beeinflussung der Verkehrsleistungen durch die berücksichtigten Maßnahmen ab. Allerdings ergeben sich z.T. wesentliche Verlagerungseffekte in Richtung Bahnverkehr, wobei nicht analysiert wurde, ob das Schienennetz das erhöhte Verkehrsaufkommen überhaupt bewältigen kann.

Die Auswirkungen der Szenarioannahmen auf die Emissionen des Verkehrsbereichs sind uneinheitlich. Während es im Szenario „Laissez-faire“ bis 2015 zu einer Steigerung der CO₂-Emissionen gegenüber 1997 kommt, sinken sie in den Szenarien „Integration“ und „Überforderung“. Die Ausgangssituation für die Kyotovereinbarungen, 159 Mio. t Kohlendioxid im Jahr 1990, wird aber nur im Szenario „Überforderung“ mit einer CO₂-Emission von 154 Mio. t unterschritten.



	1997		2015 Laisser-faire		2015 Integration		2015 Überforderung	
Verkehrsleistung Personenverkehr								
	Mrd. Pkm	Anteil [%]	Mrd. Pkm	Anteil [%]	Mrd. Pkm	Anteil [%]	Mrd. Pkm	Anteil [%]
Eisenbahnverk.	74	7,8%	87	7,5%	98	8,7%	123	11,7%
Individualverkehr	750	79,5%	915	79,2%	873	77,3%	768	72,8%
Luftverkehr	36	3,8%	76	6,6%	73	6,5%	71	6,7%
Öffentl. Straßenv.	83	8,8%	78	6,7%	86	7,6%	93	8,8%
Insgesamt	943	100,0%	1156	100,0%	1130	100,0%	1055	100,0%
Verkehrsleistung Güterverkehr								
	Mrd. tkm	Anteil [%]	Mrd. tkm	Anteil [%]	Mrd. tkm	Anteil [%]	Mrd. tkm	Anteil [%]
Eisenbahnverk.	73	19,7%	99	16,3%	148	24,3%	169	27,8%
Straßengüterfernv.	236	63,6%	422	69,4%	374	61,5%	353	58,1%
Binnenschifffahrt	62	16,7%	87	14,3%	86	14,1%	86	14,1%
Insgesamt	371	100,0%	608	100,0%	608	100,0%	608	100,0%
CO ₂ -Emissionen								
	Mio. t		Mio. t	2015/1997	Mio. t	2015/1997	Mio. t	2015/1997
Straßenverkehr	166,5		178,2	7%	163,6	-2%	147,7	-11%
Schienerverkehr	2		1	-47%	1,1	-45%	1,1	-42%
Binnenschif	2,4		3,1	30%	3,1	28%	3,1	28%
Luftverkehr	1,9		2,3	22%	2,1	10%	2	4%
Insgesamt	172,8		184,6	7%	169,9	-2%	153,9	-11%

Tab 2.1.2-2: Ergebnisse der Grobabschätzung der Verkehrsleistungen und CO₂-Emissionen

Entwicklung des Pkw-Bestandes

Die Entwicklung des Pkw-Bestandes wird für die alten und neuen Bundesländer getrennt prognostiziert.

Das Ergebnis von 41 Mio. Pkw für die alten Bundesländer im Jahr 2020 wurde dabei nach unterschiedlichen Methoden verifiziert. Zum einen wurde über Sättigungsfunktionen die Entwicklung abgeschätzt, unter Berücksichtigung vergangener Entwicklungen und vorgegebenen Rahmen-daten, wie Bevölkerungsentwicklung, Anzahl der Personen über 18 Jahre etc. Zum anderen wurde die Entwicklung auch auf der Grundlage siedlungsstruktureller Raumtypen, Pkw-Dichten sowie entsprechender Einwohnerzahlen prognostiziert.

Wegen der vereinigungsbedingten Sondereffekte gestaltet sich die Prognose für die neuen Bundesländer schwieriger. Im Ergebnis ergibt sich eine Bestandsentwicklung auf 8,4 Mio. Pkw, womit die Zunahme geringer ausfällt als in den alten Bundesländern. Als Ursache gelten die Unterschiede in der demographischen Entwicklung.

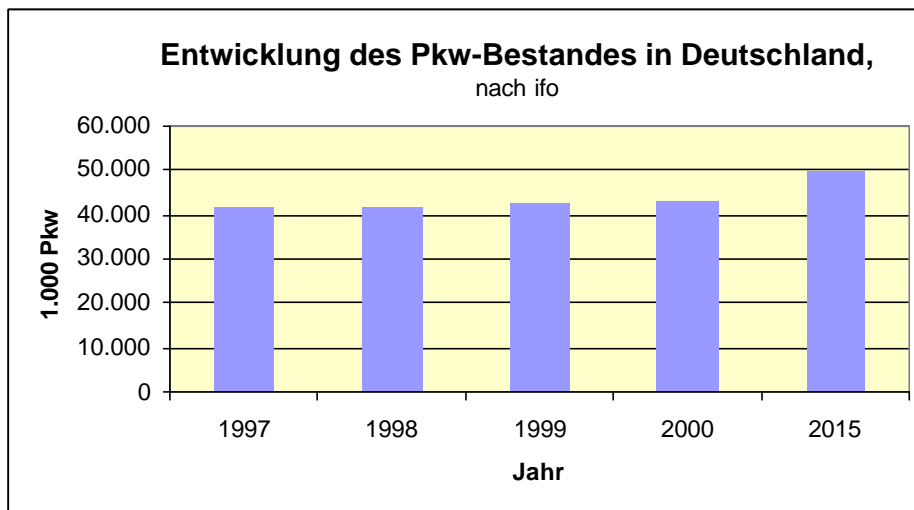


Abb. 2.1.2-1: Entwicklung des Pkw-Bestandes

Personenverkehr

Gegenstand der Prognose des Personenverkehrs waren das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung der motorisierten Verkehrszweige

- Individualverkehr,
- Eisenbahnverkehr,
- Öffentlicher Straßenpersonenverkehr und
- Luftverkehr,

außerdem der nicht motorisierte Fahrradverkehr sowie die Fußwege.

Zwei Personenverkehrsszenarien wurden ausführlich betrachtet, das Szenario „Trend“, das für den Personenverkehr identisch ist mit dem Szenario „Laisser-faire“, und das Szenario „Integration“. Auf eine weitere Berücksichtigung des Szenario „Überforderung“ wurde wegen seiner extremen Annahmen verzichtet.

Methodisch wurde nach zwei Ansätzen vorgegangen, indem zunächst eine Prognose auf Makro-Ebene und dann getrennt von ihr eine auf Mikro-Ebene erstellt wurde. Die Einzelergebnisse wurden anschließend iterativ abgeglichen.

(Unter Makro-Ebene ist die gesamte Bundesrepublik zu verstehen. Bei diesem Ansatz erfolgt eine fahrtzweckspezifische Disaggregation des Personenverkehrs in verschiedene homogene Gruppen, an denen sich die Einflüsse von Leitdaten exakt quantifizieren lassen. Für die Berechnungen auf Mikro-Ebene wurden die Auswirkungen von Veränderungen des Verkehrsangebotes, der Verkehrsinfrastruktur, der Nutzerkosten u.a. auf die räumliche und sektorale Struktur des Personenverkehrs prognostiziert.)



Der Ergebnisabgleich führt zu dem Resultat, dass das Personenverkehrsaufkommen im Szenario „Trend“ von 94,2 Mrd. (1997) auf 101,1 Mrd. Personen (2015) anwächst. Im Szenario „Integration“ steigt es vom gleichen Ausgangswert ausgehend auf 100,4 Mrd. Personen (2015).

Die motorisierte Verkehrsleistung wächst im Betrachtungszeitraum von 942 Mrd. Pkm auf 1156,6 Mrd. Pkm („Trend“) bzw. 1128,9 Mrd. Pkm („Integration“), was sich mit dem zunehmenden Fernverkehr und steigenden Fahrtweiten erklären lässt.

Die Zusammenstellung in **Tabelle 2.1.2-2** zeigt, dass die Steigerungen im Pkw-Verkehr durch die für das Szenario „Integration“ definierten Annahmen spürbar gedämpft werden und eine Verlagerung auf den öffentlichen Straßenpersonenverkehr induziert wird.

	Absolute Werte		
	1997	2015 Trend	2015 Integration
Verkehrsaufkommen (Mio Personen)			
Motor. Individualv.	49690	58700	55261
Eisenbahnverkehr	1743	1747	1940
ÖSPV	8000	7414	8368
Luftverkehr	121	251	240
Summe	59554	68112	65809
Verkehrsleistung (Mrd. Pkm)			
Motor. Individualv.	749,7	915,2	872,7
Eisenbahnverkehr	73,9	86,8	98,1
ÖSPV	82,6	78,2	85,6
Luftverkehr	35,9	76,4	72,5
Summe	942,1	1156,6	1128,9

Tab 2.1.2-2: Entwicklung des Personenverkehrs

Güterverkehr

Die Prognose des Güterverkehrs erfolgt vergleichbar zum Personenverkehr zunächst auf zwei Wegen, Makro-Ebene und Mikro-Ebene. In der Makro-Analyse wurde der Güterverkehr in zwölf Güterbereiche und vier Hauptverkehrsbeziehungen disaggregiert, um relativ homogene und damit besser analysierbare Bereiche zu definieren. Für die Mikro-Analyse wurde eine sehr viel höhere Disaggregation vorgenommen, um Veränderungen von Transportnachfragen und Verkehrsmittelteilung kleinräumiger abbilden zu können. Im Anschluss wurden die Ergebnisse wieder abgeglichen.

Die Prognose kommt zu dem Ergebnis, dass das Transportaufkommen bis 2015 ohne den Straßengüterverkehr um 40 % gegenüber 1997 auf 4,6 Mrd. Tonnen ansteigt. Da die wirtschaftlichen Rahmendaten in den Szenarien nicht verändert werden, ergeben sich für die drei



Szenarien im Ergebnis zum Transportaufkommen und zur Transportleistung nur marginale Unterschiede. Da die Transporte in Zukunft über längere Wege führen, nimmt die Transportleistung wesentlich stärker zu, als das Transportaufkommen. Der überwiegende Teil des Zuwachses im Güterverkehr entfällt auf den Straßenfernverkehr, vgl. dazu **Tabelle 2.1.2-3**.

Unterschiedliche Ergebnisse zeigen sich in den drei Szenarien für den Modal Split, was auf die differenzierten Nutzerkosten zurück zu führen ist. Die Bahn profitiert von diesen Annahmen in besonderem Maße im Szenario „Integration“.

	Absolute Werte			
	1997	2015 Laisser-faire	2015 Trend	2015 Integration
Transportaufkommen (Mio. t)				
Bahn	294,9	300,8	317,8	394,0
darunter KV	33,7	61,1	65,8	88,3
Straßengüterfernrv	868,5	1.358,3	1.340,3	1.260,6
Binnenschifffahrt	233,5	292,1	293,0	296,5
Teilsomme Fernv.	1.396,9	1.951,2	1.951,1	1.951,1
Straßengüternahv	2.324,0	2.681,0	2.681,0	2.681,0
Summe	3.720,8	4.632,1	4.632,1	4.632,1
Transportleistung (Mrd. tkm)				
Bahn	72,8	87,2	92,3	114,9
darunter KV	14,8	26,1	28,3	39
Straßengüterfernrv	235,6	429,9	424,5	401,1
Binnenschifffahrt	62,2	88,3	88,6	89,6
Teilsomme Fernv.	370,6	605,4	605,4	605,6
Straßengüternahv	66,5	83,5	83,5	83,5
Summe	437,1	688,9	689	689,2

Tab 2.1.2-3: Entwicklung des Güterverkehrs nach Verkehrsträgern

CO₂-Emissionen des Verkehrs

Die CO₂-Emissionen der Verkehrsarten Straße, Schiene, Luft und Binnenschifffahrt wurden über die jeweiligen Verkehrsleistungen, spezifischen Verbräuche und Emissionsfaktoren bestimmt.

Die Ergebnisse der Szenariorechnungen für die Fahrleistungen der verschiedenen Fahrzeugarten des Straßenverkehrs sind in **Tabelle 2.1.2-4** zusammengestellt, wobei die Szenarien „Trend“ und „Laisser-faire“ keine wesentlichen Unterschiede zeigen.



	Fahrleistungen Mrd. Fzkm			
	1997	2015 Laisser-Faire	2015 Trend	2015 Integration
Pkw	524,8	633,3	633,3	595
Moped	3,8	2,7	2,7	2,5
Krafträder	10,6	18,8	18,8	17,7
<i>mot. Individ. Verk.</i>	539,2	654,8	654,8	615,2
Omnibusse	3,7	3,6	3,6	3,8
Lkw	54,6	69,1	68,9	68,3
Sattelzugmasch	10,6	19,9	19,8	19,1
Güterverkehr	65,3	89	88,7	87,4
<i>Fernverkehr</i>	21,2	34,4	34,1	32,9
<i>übriger Güterverk</i>	44,1	54,6	54,6	54,5
sonstige Kfz	10,3	15,9	15,9	15,9
Insgesamt	618,5	763,3	763	722,2

Tab 2.1.2-4: Entwicklung der Kfz-Fahrleistungen

Pkw:

Als Ausgangswert für den spezifischen Kraftstoffverbrauch für den Bestand der gesamten Fahrzeugflotte werden 8,8 Liter pro 100 km angesetzt (als Durchschnitt in 1997 für Benzin/Diesel). Unter der Annahme, dass technische Fortschritte zu sparsameren Pkw führen, wird im Szenario „Trend“ der spezifische Verbrauch jahresdurchschnittlich bis 2015 auf 6,9 Liter pro 100 km für die gesamte Fahrzeugflotte (Diesel- und Otto-Pkw zusammen) reduziert. Im Szenario „Integration“ wurden höhere Kraftstoffpreise angenommen, was höhere Anreize für die Einführung sparsamerer Fahrzeuge bietet, so dass eine Abnahme des spezifischen Flottenverbrauchs bis auf 6,5 Liter pro 100 km angenommen werden konnte.

Da der Rückgang des spezifischen Verbrauchs der Pkw-Fahrzeugflotte in beiden Szenarien über dem Anstieg der Fahrleistungen liegt, sinken Kraftstoffverbrauch und auch CO₂-Emission des Pkw-Verkehrs gegenüber 1997 im Szenario „Trend“ um 5% und im Szenario „Integration“ um 16%, vgl. **Tabelle 2.1.2-5**

Krafträder:

In den Szenarien wurde von einem fortschreitenden Anstieg des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Krafträder ausgegangen, wodurch die durch die steigenden Fahrleistungen beeinflussten Emissionseffekte weiter verstärkt werden.



	Mio t CO ₂ -Emissionen			
	1997	2015 Laisser-Faire	2015 Trend	2015 Integration
Pkw	110,7	104,8	104,8	93,5
Moped	0,2	0,1	0,1	0,1
Krafträder	1,1	2,1	2,1	1,9
<i>mot. Individ. Verk.</i>	112	107,1	107,1	95,5
Omnibusse	3,1	2,8	2,8	3
Lkw	33,5	39,1	39,1	38,1
Sattelzugmasch	10,4	18	17,9	17
Güterverkehr zus.	43,9	57,2	56,9	55,1
sonstige Kfz	7,5	11,6	11,6	11,4
Insgesamt	166,5	178,6	178,4	165
Gesamte Emissionen				
Pkw	121,8	115,4	155,4	102,9
Moped	0,2	0,1	0,1	0,1
Krafträder	1,2	2,4	2,4	2,2
<i>mot. Individ. Verk.</i>	123,3	117,9	117,9	105,2
Omnibusse	3,3	3	3	3,1
Lkw	35,6	41,6	41,5	40,5
Sattelzugmasch	11	19,1	19	18
Güterverkehr zus.	46,7	60,7	60,5	58,5
sonstige Kfz	8	12,3	12,3	12,1
Insgesamt	181,2	194	193,7	179

Tab 2.1.2-5: Entwicklung der CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs

Omnibusse:

Technischer Fortschritt führt bei Omnibussen zu einer Verbrauchsreduktion, die für „Trend“ im Ergebnis zu 29,9 Liter pro 100 km führt und für „Integration“ zu 29,5 Liter pro 100 km.

Die CO₂-Emission fällt bei „Trend“ niedriger aus als bei „Integration“, da in ihm auch die Fahrleistung zurückgenommen wird (-4 %), im Gegensatz zu „Integration“, bei dem die Fahrleistung um 1 % steigt.

Güterverkehrsfahrzeuge:

Für die Berechnungen wurde angenommen, dass es auch bei den Güterverkehrs-Kfz zu Effizienzsteigerungen und damit zu geringeren spezifischen Verbräuchen kommt. Für die beiden Szenarien „Trend“ und „Integration“ wurden jedoch unterschiedliche Annahmen getroffen. In Trend wurde bis 2010 für Lkw eine Verringerung von 23,2 auf 21,4 l/100 km und für Sattelzugmaschinen von 36,9 auf 34,1 l/100 km angenommen. Bei „Integration“ sind die Zielgrößen mit 21,1 bzw. 33,5 l/100 km noch einmal niedriger. Trotz der Effizienzsteigerungen im Verbrauchsverhalten kommt es in beiden Szenarien zu einem Anstieg der CO₂-Emissionen, da sich die Fahrleistungen der Güterverkehrsfahrzeuge ganz deutlich erhöhen.



CO₂-Emissionen

Die Summe der CO₂-Emissionen des Verkehrsbereichs nimmt bis 2015 nur im Szenario „Integration“ ab, vgl. **Tabelle 2.1.2-5** sowie **Abbildung 2.1.2-2**. Zurückgeführt werden kann dieses Ergebnis auf die mit der Abnahme der Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs verbundene Kohlendioxid emissionsvermeidung von ca. 17 Mio. t. Sie reicht aus, um die ansteigenden

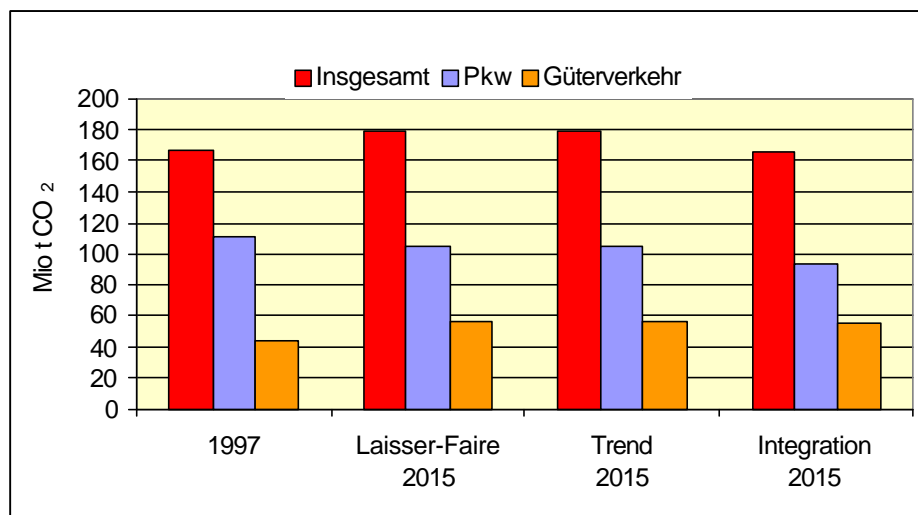


Abb 2.1.2-2: Direkte CO₂-Emissionen des Verkehrssektors

Emissionen des Straßengüterverkehr +11,2 Mio. t und der sonstigen Fahrzeuge +3,9 Mio. t zu überkompensieren. Im Trendszenario verringert sich zwar auch die Emission des Pkw-Verkehrs, aber nur um knapp 6 Mio. Tonnen. Das reicht jedoch nicht aus, um die höheren CO₂-Emissionen des Güterstraßenverkehr, um 13,0 Mio. t in „Trend“ bzw. 13,3 Mio. t in „Laissez faire“, und der sonstigen Kraftfahrzeuge (Wohnmobile, Krankenwagen, Feuerwehrfahrzeuge etc.) auszugleichen.

Abbildung 2.1.2-3 weist die Entwicklung der gesamten (direkte und indirekte) Kohlendioxidemis-

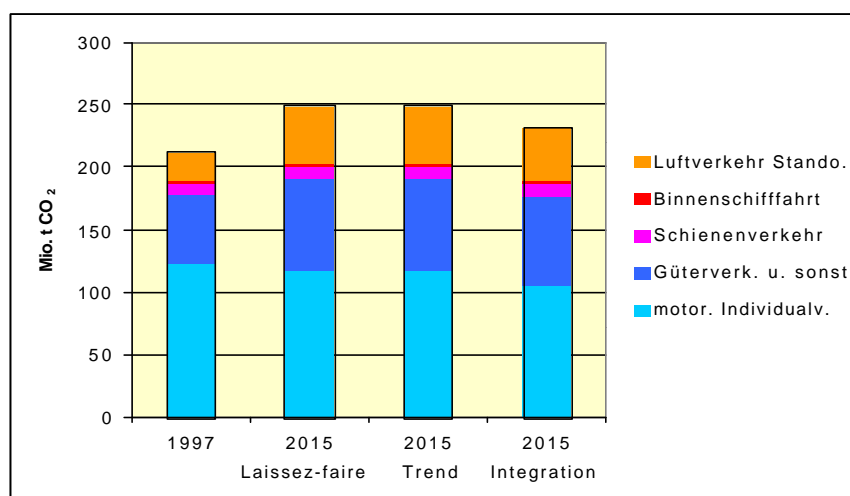


Abb. 2.1.2-3: Entwicklung der CO₂-Gesamtemissionen aller Verkehrsträger



sionen für den Verkehrssektor nach den Szenarien für 2015 aus. Während die Emissionsentwicklung im motorisierten Individualverkehr in den Szenariorechnungen um gut 4% bis fast 15 % zurückgeht, steigt sie im Segment Güterverkehr wegen der Zunahme des Straßengüterverkehrsaufkommen um 30 % bzw. 25 % an. Das führt dazu, daß sich das Emissionsniveau des Straßenverkehrs selbst im Szenario „Integration“ gegenüber 1997 nur um 1,3 % (= -2,2 Mio. t CO₂) verringert. Der starken Emissionsanstieg im Bereich Luftverkehr fällt auf, Ursache ist die deutliche Zunahme des Passagieraufkommens, das sich bis 2015 in etwa verdoppelt und zu einem erheblichen Anteil vom grenzüberschreitenden Verkehr bestimmt wird.

Die Anteil der Bahn steigt zwar auch an, bleibt aber insgesamt unbedeutend. Da die Bahn im wesentlichen auf den Elektroantrieb setzt, hängt die ihr zugewiesene Gesamtemission zu einem erheblichen Anteil von dem unterstellten Kraftwerksmix ab.



2.1.3 Politikszenerien

Politikszenerien für den Klimaschutz, Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2020, G. Stein und B. Strobel, Forschungszentrum Jülich

Zielsetzung war es, die bis Mitte der 90er Jahre ergriffenen klimaschutzpolitische Maßnahmen zu analysieren und weitere Maßnahmen vorzuschlagen, mit denen eine 25-prozentige Verminderung der CO₂-Emissionen bis 2005 erreicht werden könnte, wie es sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt hatte. In einer Ergänzung/Ausweitung wurde der Zeithorizont der Untersuchung bis auf das Jahr 2020 ausgeweitet.

Die Politikszenerien für den Klimaschutz unterscheiden sich in der Methodik von den anderen hier beschriebenen Prognosen/Szenarien durch den Einsatz eines Linearen Optimierungsmodells (LP) zur Beschreibung der energetischen Lieferbeziehungen zwischen dem Primärenergieträgerangebot und der Nachfrage nach Nutz(-energie) bzw. Energiedienstleistungen in der Volkswirtschaft und der resultierenden Emissionen in die Atmosphäre.

Nach Vorgabe der Nachfrage- und der Kostenentwicklung der zur Verfügung stehender Primärenergien wählt das Optimierungsmodell aus einem großen Technikpool in einer Datenbank, in der Techniken in Form von z.B. verschiedenen Kraftwerken bis hin zu unterschiedlichen Heizanlagen mit ihrem Energiedurchsatz, ihren Betriebsemissionen und ihren Einsatzkosten abgelegt sind, aus und setzt sie in der über die Nachfragen bestimmten Menge in ein Netz von Energieversorgungspfaden an bestimmten Knoten dieses Netzes ein.

Dabei erfolgt die Auswahl der Techniken und die Größe ihres Einsatzes entsprechend dem Grundsatz, dass die Versorgungsaufgabe insgesamt zu minimalen Gesamtkosten erfolgt.

Für die Lösung werden die anfallenden Kosten, die Energieträgermengen und die entstehenden Emissionen, unter anderen auch CO₂ bilanziert.

Dass der mögliche Raum der errechenbaren Lösungen weitaus größer ist als der faktisch begründbare, könnte als Manko dieser Modellanwendung angesehen werden. So ist zum Beispiel die Menge der verfügbaren (billigen) Braunkohle über ihr Förderpotenzial nach oben oder der Mindesteinsatz (teurer) Steinkohle politisch geregelt. Auch Entscheidungen, die einzelwirtschaftlich ökonomisch sind oder - typischerweise im Verbrauchersektor - nicht oder nicht nur nach ökonomischen Kriterien fallen, müssen dem Modell durch die Einengung des Lösungsraum aufgezwungen werden. Dies geschieht durch die Vorgabe bestimmter Grenzwerte (bounds), die nicht über- bzw. unterschritten werden dürfen.

Die Möglichkeit, Grenzwerte vorgeben zu können, bietet den Vorteil, Obergrenzen für Emissionen anzugeben und so Informationen über die Veränderung in den Versorgungspfaden, den dann erforderlichen Technik-Mix und die resultierenden Zusatzkosten zu erhalten.

Zur Analyse wurden die Modellinstrumentarien verwendet, die zuvor im IKARUS-Projekt des Bundesministerium für Forschung, Technologie, Bildung und Wissenschaft entwickelt worden



waren. Wesentliches Merkmal dieses Instrumentariums ist das Optimierungsmodell, mit dem Handlungsfelder identifiziert werden, die aus gesamtwirtschaftlicher Sicht kostenoptimal erscheinen. Wichtige Komponenten des Optimierungsmodells sind seine Teilmodelle sowie das exogen ankoppelbare Makroökonomische (Input/Output) Modell (MIS). MIS dient zur makroökonomischen Einbettung der LP-Rechnungen und zur Bereitstellung von wirtschaftlichen und demographischen Rahmendaten und leitet daraus die Nachfrage nach Energiedienstleistungen ab, die als Nachfragewerte im Optimierungsmodell benötigt werden. Im Projekt wurden vier Szenarien definiert, deren Eigenschaften in **Tabelle 2.1.4-1** zusammengestellt sind.

Modell-Basis-Szenario

Das mit dem IKARUS-LP-Modell ermittelte Basisszenario beschreibt eine gesamtwirtschaftlich kostenoptimale Entwicklung ohne Vorgabe eines CO₂-Reduktionszieles. Dabei bleiben das von gesamtwirtschaftlichen Überlegungen abweichende einzelwirtschaftliche Entscheidungsverhalten sowie in der Realität vielfach anzutreffenden Umsetzungshemmnisse für verschiedene Technologien unberücksichtigt. Energiepolitische Randbedingungen werden dem Modell exogen vorgegeben. So wird z.B. im Basisszenario keine Ausweitung der installierten Kernkraftwerkskapazität zugelassen. Die maximale Betriebszeit der bestehenden Kernkraftwerke wird mit 35 Jahren angenommen.

Referenz-Szenario

Das Referenz-Szenario setzt auf dem Modell-Basis-Szenario auf und stellt in der Form sektoraler Einzelabschätzungen eine Entwicklung dar, wie sie sich unter Berücksichtigung des einzelwirtschaftlichen Entscheidungsverhaltens und anderer Hemmnisse in der Realität vollziehen könnte. Dabei werden die bereits beschlossenen Klimaschutzpolitischen Maßnahmen einbezogen, es wird aber kein bestimmtes CO₂-Reduktionsziel vorgegeben.

30%-Reduktions-Szenario

Bei diesem Szenario wird dem Modell eine CO₂-Reduktion von 30 % bis zum Jahre 2020 (20 % bis 2005) bezogen auf das Emissionsniveau von 1990 vorgegeben. Ansonsten gelten die gleichen Voraussetzungen wie im Modell-Basis-Szenario.

40%-Reduktions-Szenario (mit auslaufender Kernenergienutzung)

Bei diesem Szenario wird dem Modell unter ansonsten gleichen Bedingungen wie im Modell-Basis-Szenario eine CO₂-Reduktion von 40 % bis zum Jahre 2020 (25 % bis 2005) bezogen auf das Emissionsniveau von 1990 vorgegeben. Alle Kernkraftwerke werden nach einer Betriebszeit von 35 Jahren stillgelegt und nicht durch neue ersetzt. Im Jahre 2020 sind dann 7,2 GW_{netto} in Betrieb.

Als Variante zu diesem Szenario wird bei den LP-Modellrechnungen ein **40%-Reduktions-Szenario mit (maximal) konstanter Kernenergiekapazität** betrachtet, bei dem Ersatzinvestitionen in Kernkraftwerke für die nach Ende ihrer Betriebsdauer stillzulegenden Kernkraftwerke zugelassen werden. Die heute installierte Kernkraftwerksleistung von rund 21 GW_{netto} darf dabei nicht überschritten werden.

Tab 2.1.3-1: Merkmale der untersuchten Szenarien

Das Basis-Szenario enthält keine CO₂-Zielvorgabe. Sie werden in den Reduktionsszenarien für 2020 mit -30 % bzw. -40 % gegenüber der 1990er Emission vorgegeben, vgl. **Tabelle 2.1.3-1**.



	Einheit	Ausgangswerte		Zielwerte		
		1990	1995	2005	2010	2020
30%-Reduktions-Szenario	Mio. t CO ₂	977	856	781	748	683
	%		-12	-20	-23	-30
40%-Reduktions-Szenario	Mio. t CO ₂	977	856	732	683	585
	%		-12	-25	-30	-40

Tab 2.1.3-2: Festlegung der CO₂-Reduktionsvorgaben

Die Ausgangsdaten und Entwicklung der allen Szenarien gleichermaßen zu Grunde gelegten demographischen und wirtschaftlichen Rahmendaten sind in **Tabelle 2.1.3-3** zusammengestellt, die Annahmen zu den Preisen der wichtigsten Importenergieträger in **Tabelle 2.1.3-4**.

	Einheit	Jeweilige Werte				Veränderungen in %/a	
		1995	2005	2010	2020	1995/05	2005/20
Bevölkerung	Mio.	81,661	83,8	82,9	81,2	0,3	-0,2
Zahl der Haushalte	Mio.	36,9	38,6	38,5	38,4	0,4	0,0
Personen je Haushalt	Anzahl	2,21	2,17	2,15	2,12	-0,2	-0,2
Wohnungen	Mio.	35,954	37,90	37,97	38,10	0,5	0,0
Wohnungen je 1000 Haushalte	Anzahl	973	983	986	992	0,1	0,1
Wohnungsfläche	Mio. m ²	3005	3272	3313	3394	0,9	0,2
Wohnfläche je Einwohner	m ²	36,8	39,0	39,9	41,8	0,6	0,5
Wohnungsgröße EFH ¹⁾	m ²	104,72	120	120	120	1,4	0,0
Wohnungsgröße MFH ¹⁾	m ²	66,40	68	66	65	0,2	-0,3
Erwerbspersonen	Mio.	38,443	38,7	38,0	36,6	0,1	-0,4
Bruttoinlandsprodukt (BIP)	Mrd. DM (95)	3276	3997	4404	5218	2,0	1,8
BIP je Einwohner	DM	40117	47691	53100	64265	1,7	2,0

¹⁾ bezogen auf Neubauten; EFH = Ein- und Zweifamilienhäuser; MFH = Mehrfamilienhäuser.

Tab 2.1.3-3: Demographische und gesamtwirtschaftliche Rahmendaten



Energieträger	Importpreise in DM je GJ zu Preisen von 1995				Veränderungen in %/a	
	1995	2005	2010	2020	1995/05	2005/20
Steinkohle	2,58	3,41	3,59	3,96	2,8	1,0
Rohöl	4,36	5,85	6,47	7,71	3,0	1,9
Benzin	5,84	8,28	9,03	10,53	3,6	1,6
Diesel	5,28	7,10	7,80	9,11	3,0	1,7
Heizöl, leicht	5,31	7,18	7,85	9,20	3,1	1,7
Heizöl, schwer	3,52	4,75	5,23	6,18	3,0	1,8
Erdgas A	4,06	4,68	5,31	6,56	1,4	2,3
Erdgas B	5,07	5,85	6,63	8,20	1,4	2,3
z.Vgl. deutsche Steinkohle	9,90	8,19	8,02	7,68	-1,9	-0,4

Tab 2.1.3-4: Annahmen zu den Preisen für die wichtigsten Importenergieträger

Als wichtigste bedarfsbestimmende Größe im Verkehrssektor gelten die Verkehrsleistungen. Dabei wird unterschieden zwischen Personenverkehr (Personenkilometer) und Güterverkehr (Tonnenkilometer), in der tieferen Ebene zwischen Nah- sowie Fernverkehr und über alle Segmente hinweg zwischen den jeweils relevanten Verkehrsmitteln. Die entsprechend strukturierten Annahmen sind in **Tabelle 2.1.3-5** aufgelistet.

	Einheit	Jeweilige Werte				Veränderungen in %/a		
		1995	2005	2010	2020	1995/05	2005/20	
		Personen-Nahverkehr						
Pkw	Mrd. Pkm	425	488	490	494	1,4	0,1	
Busse		43	45	45	45	0,5	0,0	
Bahnen		32	33	32	30	0,3	-0,6	
Summe		500	566	567	569	1,2	0,0	
			Personen-Fernverkehr					
Pkw		338	386	412	462	1,3	1,2	
Busse		26	30	30	30	1,6	0,0	
Bahnen		31	48	44	40	4,3	-1,1	
Luftverkehr		5	9	10	14	5,3	3,1	
Summe		400	472	497	546	1,7	1,0	
Summe Personenverkehr		900	1038	1063	1114	1,4	0,5	
		Güter-Nahverkehr						
Lkw	Mrd. tkm	72	99	103	110	3,3	0,7	
		Güter-Fernverkehr						
Lkw		194	228	266	338	1,6	2,7	
Bahnen		74	112	138	193	4,2	3,7	
Luftverkehr		0,03	0,04	0,05	0,05	2,9	1,5	
Schifffahrt		73	101	94	82	3,4	-1,4	
Summe		341	441	499	613	2,6	2,2	
Summe Güterverkehr			413	541	601	723	2,7	2,0

Tab 2.1.3-5: Entwicklung der Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr in Deutschland bis 2020



Die gesamte Personenverkehrsleistung fällt im Jahre 2020 um rund ein Viertel höher aus als in 1995, mit einem Zuwachs im Zeitraum zwischen 1995 und 2005 von rund 15 %. Im gesamten Zeitablauf kommt es zu einer spürbaren Abschwächung der Steigerung der Personenverkehrsleistung. Einer jahresdurchschnittlichen Zuwachsrate von 1,4 % von 1995 bis 2005 steht eine von 0,5 % in den Jahren von 2005 bis 2020 gegenüber.

Innerhalb des Personenverkehrs weist der Nahverkehr den geringsten Zuwachs auf, wobei sich der – ohnehin dominierende – Pkw-Verkehr noch am stärksten entwickelt. Für den Personenfernverkehr, dessen Verkehrsleistung bis 2020 um 36 % steigt, behält der Pkw-Verkehr seine überragende Bedeutung bei; der Anteil des Luftverkehrs im Inland nimmt etwas zu.

Weitaus kräftiger als der Personenverkehr wächst der Güterverkehr. Über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg wird mit einer Zunahme von 75 % gerechnet. Von 1995 bis 2005 beträgt die jahresdurchschnittliche Zuwachsrate 2,7 %. Ab 2005 bis 2020 schwächt sich das Tempo zwar etwas ab, doch liegt die Steigerungsrate auch dann noch bei auf rund 2 %.

Innerhalb des Güterverkehrs herrschen die Lkw vor (über die der Nahverkehr ausschließlich und der Fernverkehr überwiegend abgewickelt wird). Im Fernverkehr wird der Lkw nach den hier zu Grunde gelegten Annahmen seine führende Position allerdings nicht weiter ausbauen; vielmehr werden überdurchschnittliche Steigerungsraten für den Bahntransport unterstellt.

Zusammen mit den Annahmen zu den (nach Verkehrsmitteln strukturierten) Verkehrsleistungen errechnen sich für das Modell-Basis-Szenario die in **Tabelle 2.1.3-6** zusammengefassten Verbräuche und direkte CO₂-Emissionen

	1990	1995	2005	2010	2020
	Energieverbrauch in PJ				
	Referenz-Szenario				
Insgesamt	2052	2332	2616	2631	2583
dav.: Benzin	1283	1236	1360	1385	1400
Diesel	695	1011	1129	1108	1021
Kerosin	29	41	62	71	85
LPG	0	0	5	5	12
Strom	45	45	61	62	65
dav.: Straßenverkehr ¹⁾	1873	2152	2426	2439	2384
Eisenbahn	82	66	75	72	73
Luftverkehr	29	41	62	71	85
Schifffahrt	68	74	54	49	41
	Referenz-Szenario = Modell-Basis-Szenario				
	CO ₂ -Emissionen in Mio. t				
Referenz-Szenario = Modell-Basis-Szenario	145,0	166,2	185,7	186,7	183,0
Abweichungen in den Summen durch Rundungen.					
1) Pkw, Busse und Lkw.					

Tab 2.1.3-6: Energieverbrauch im Verkehr und direkte CO₂-Emissionen nach dem Referenz-Szenario



Der Energieverbrauch erreicht 2020 im Modell-Basis-Szenario 2.583 PJ und steigt damit um 26 % an. Ein Verbrauchsmaximum liegt mit ca. 2.631 PJ in der Zeitspanne 2005 bis 2010. Mit einem Zuwachs von fast 80 % expandiert der Energieverbrauch im Güterverkehr innerhalb der Periode von 1990 bis 2020 besonders stark. Im Segment Personenverkehr kommt es dagegen nur zu einem Anstieg von 10 % (1990 bis 2020); der Verbrauch erreicht im Jahre 2005 sein Maximum und sinkt danach ab.

Die für die Studie konzipierten Reduktionsszenarien sind auf das gesamte System Bundesrepublik Deutschland ausgerichtet. Modelltechnisch bedingt werden im Verkehrsbereich nur wenige Möglichkeiten des Ausweichens auf z.B. emissions- oder verbrauchsärmere Techniken geboten, was direkt mit der Modellphilosophie zusammenhängt, bei der nach volkswirtschaftlichen Kriterien entschieden wird, so dass Maßnahmen gegebenenfalls in anderen Sektoren getroffen werden, wenn das bei gleichem Kapitaleinsatz zu einer höheren Emissionseinsparung führt. So geht z.B. die mögliche oder auch denkbare Option „Umstieg auf Fahrzeuge“, die die bereits unterstellte Effizienzverbesserung von 1-2%/a übertreffen, nicht in Lösung, wenn in einem anderen Sektor der gleiche Minderungseffekt zu geringeren Kosten erreicht wird. Andere mögliche Optionen können weitgehend durch „bounds“ geblockt sein, wie etwa der Wechsel auf kleinere, zwar verbrauchs- und emissionsärmere aber unkomfortablere Fahrzeuge. Ausgeschlossen werden auch für unrealistisch gehaltene Lösungen, wie z.B. das Nutzen des Verkehrsmittel „Fahrrad“ für eine Fahrt im Fernverkehr, das wegen geringer Kosten und Emissionen vom Modell sonst als Lösungsvorschlag berücksichtigt werden könnte.

Aus solchen Gründen unterscheiden sich die Ergebnisse des 30%- wie auch die des 40%-Reduktions-Szenarios im Verkehrssektor bis 2005 praktisch nicht von denen des Modell-Basis-Szenarios. Für die Jahre 2010 und 2020 ergeben sich ebenfalls nur unwesentlich niedrigere Ergebnisse. Der Rückgang des verkehrsbedingten Energieverbrauchs gegenüber dem Modell-Basis-Szenario erreicht in den Reduktionsszenarien maximal 2%, **Abbildung 2.1.3-1**. Die CO₂-Emissionen verringern sich geringfügig, um 3,2 Mio. t im 30%-Reduktions-Szenario bzw. um 6 Mio. t im 40%-Reduktions-Szenario.

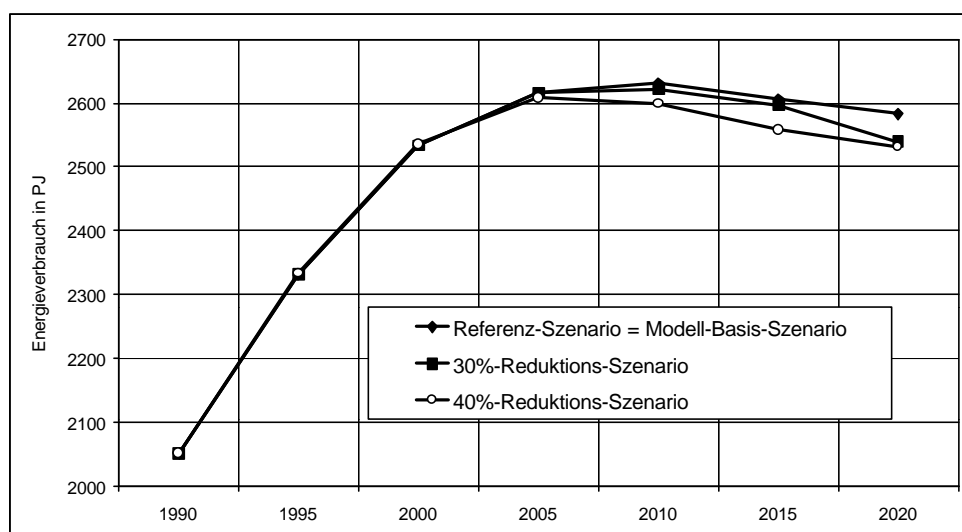


Abb. 2.1.3-1: Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehr in den Szenarien



Die modelltechnisch bedingten aber als unbefriedigend erachteten Ergebnisse für den Sektor Verkehr führten zu der Entwicklung einer außerhalb des Modells erstellten Variante des 40%-Reduktionsszenarios, die den in der Realität höheren Maßnahmen- und Aktionsspielraum besser ausnutzen sollte. In ihr wurden unter Beibehaltung der unterstellten Personen- und Güterverkehrsleistungen der Modal Split, **Tabelle 2.1.3-7**, und auch die Struktur innerhalb der einzelnen Verkehrsträger zugunsten energiesparender Fahrzeugtypen modifiziert.

	Standardszenarien			Variante		
	2005	2010	2020	2005	2010	2020
Struktur in %						
Personen-Nahverkehr						
Pkw	86	86	87	85	80	75
Busse	8	8	8	8	11	14
Bahnen	6	6	5	7	9	11
Summe	100	100	100	100	100	100
Personen-Fernverkehr						
Pkw	82	83	85	81	79	77
Busse	6	6	5	6	7	7
Bahnen	10	9	7	11	12	14
Luftverkehr	2	2	3	2	2	2
Summe	100	100	100	100	100	100
Güter-Nahverkehr						
Lkw	100	100	100	100	100	100
Güter-Fernverkehr						
Lkw	52	53	55	50	49	45
Bahnen	25	28	31	27	30	35
Luftverkehr	0,009	0,010	0,008	0,009	0,010	0,008
Schifffahrt	23	19	13	23	21	20
Summe	100	100	100	100	100	100

Tab 2.1.3-7: Variante zum Modal Split gegenüber den Modell-Szenarien

Die Anteile des motorisierten Individualverkehrs an der Personenverkehrsleistung wurden bis 2020 reduziert, während zum Ausgleich die Anteile von Bussen und Bahn steigen. Auch im Güterverkehr wurde eine Verschiebung in Richtung Bahn und Schifffahrt unterstellt.

Gleichzeitig wurde angenommen, dass innerhalb der jeweiligen verkehrsträgerspezifischen Fahrzeugstruktur die sog. Fahrzeug-Sparversionen bis zum Jahre 2020 wesentlich stärker zum Zuge kommen und mit merklichen Anteilen an der Verkehrsleistung beteiligt sind. Für den Güterstraßenverkehr wurden im Nahverkehrsbereich als wesentliche Veränderungen vorgesehen, dass die Verkehrsleistung zur Hälfte mit Lkw-Sparversionen erbracht wird.

Die Effekte dieser Maßnahmen führen zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor um knapp 40 Mio. t (= - 20%) gegenüber dem 40%-Szenario und um 44 Mio. t gegenüber dem Basis-Szenario, wie in **Tabelle 2.1.3-8** ausgewiesen.



	1990	1995	2005	2010	2020
	CO ₂ -Emissionen [Mio. t]				
Referenz-Szenario = Modell-Basis-Szenario	145,0	166,2	185,7	186,7	183,0
30%-Reduktions-Szenario	145,0	166,2	185,7	186,1	179,8
40%-Reduktionsszenario	145,0	166,2	185,1	184,4	177,0
40%-Variante	145,0	166,2	179,6	167,3	138,8

Tab 2.1.3-8: Entwicklung der CO₂-Emissionen der Szenarien im Vergleich

Die Umsetzung der Variante zum 40%-Reduktions-Szenario setzt eine Reihe von Investitionsmaßnahmen und Anreizen aber auch ordnungsrechtliche Regelungen voraus. Einigen Maßnahmen werden im Bericht CO₂-Minderungseffekte zugeordnet:

- Verbesserung der energieeffizienteren öffentlichen (Massen-)Verkehrsmittel
- Förderung von energiesparenderen Fahrzeugtypen
- Telematik (Systeme zur Verkehrsflußsteuerung) - 1 Mio. t CO₂
- ordnungsrechtlichen Maßnahmen, wie
 - Festsetzung von Richtwerten für CO₂-Emissionen bei neuen Kfz - 7 Mio. t CO₂
 - Vorgabe von Grenzwerten für den zulässigen Kraftstoffverbrauch, - 11,3 Mio. t CO₂
 - Höchstgeschwindigkeiten auf Bundesautobahnen und Außerortsstraßen, - 8 Mio. t CO₂
- ökonomischen Anreize, wie
 - Besteuerung von Benzin und Diesel, Mindeststeuersatz-Ziel 1 Euro/l - 5 Mio. t CO₂
 - fahrleistungsabhängige Straßenbenutzungsgebühren - 15 Mio. t CO₂
- Beratung und Schulung zu Energieeffizienz - 11 Mio. t CO₂

Die Ergebnisse der Variante zum 40%-Reduktionsszenario zeigen, **Abbildung 2.1.3-2**, dass es mit bestimmten Maßnahmenbündeln möglich wird, die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bis 2020 wieder unter das Niveau im Ausgangsjahr 1990 zu senken. In diesem Fall könnten die Anforderungen zur Minderung der CO₂-Emissionen in den anderen Sektoren vermindert werden, wodurch diese, in erster Linie die Umwandlungssektoren und die Haushalte, entlastet werden könnten. In wie weit die Emissionen aus diesen Sektoren dann wieder zunehmen, wurde nicht untersucht.

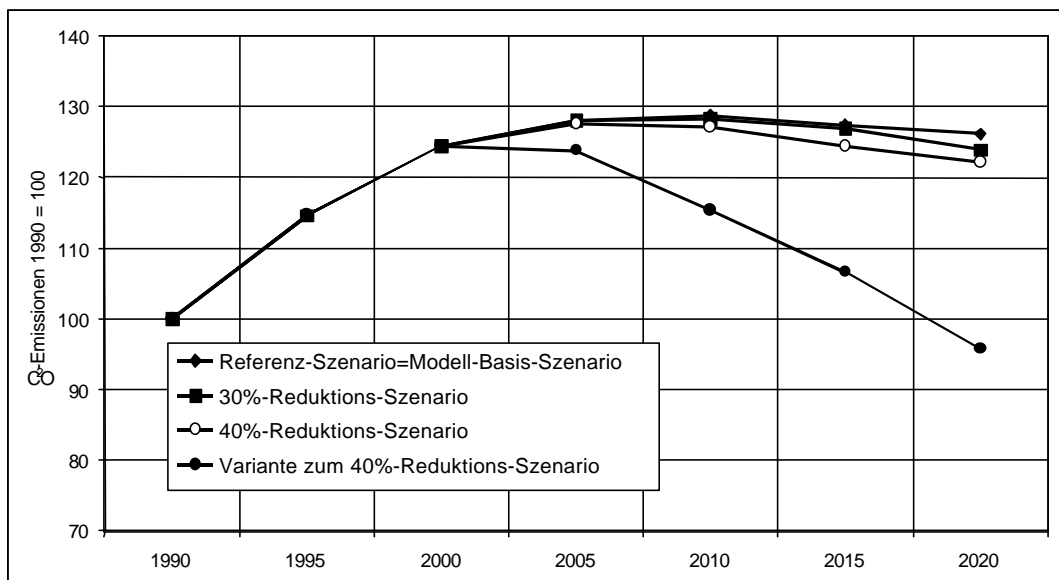


Abb. 2.1.3-2: Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen in den Modell-Szenarien und in der Variante zum 40%-Reduktions-Szenario

Die Aufgabe der „Politikszenerien“ bestand, so die Autoren, nicht darin, die Realität bis ins Detail abzubilden und vorherzusagen. Vielmehr sollte erkennbar gemacht werden, wie und wo sich ganzheitlich ausgerichtete Maßnahmen im Gesamtsystem bemerkbar machen. Der benutzte Modellansatz hat das möglich gemacht, und die Ergebnisse zeigen, dass es durchaus zielführend im Sinne einer angestrebten Gesamtemissionsverminderung sein kann, sektorübergreifend Reduktionsmaßnahmen auf ihre Effizienz zu überprüfen und zu beurteilen.



2.1.4 Shell Pkw-Szenarien

Shell Pkw-Szenarien, „Mehr Autos – weniger Verkehr?“, August 2001

Da langfristige Prognosen einer gesellschaftlichen und/oder wirtschaftlichen Entwicklung mit sehr großen Unsicherheiten behaftet sind und deshalb für Geschäftsplanungen keine verlässliche Aussagekraft haben, ersetzt Shell sie seit mehreren Jahren durch Szenarienpakete, die verschiedene denkbare Entwicklungsmöglichkeiten in sich konsistent beschreiben.

Die im August 2001 publizierte Shell Pkw-Studie „Mehr Autos – weniger Verkehr?“ basiert auf Welt-Szenarien, die von der Royal Dutch/Shell Gruppe entwickelt wurden, und beschreibt in Abhängigkeit von variierenden wirtschaftlichen Rahmenbedingungen die Entwicklung der Motorisierung in Deutschland bis 2020 mit zwei Szenarien, die eine obere bzw. untere Begrenzung darstellen. Shell konzentriert sich dabei auf das Verkehrssegment „motorisierter Individualverkehrs“ (MIV), die Entwicklung der anderen Verkehrsträger, inklusive Straßengüterverkehr, wird nicht betrachtet. Ergebnisse der Szenariorechnungen und der Erwartungen sind Anzahl der Fahrzeuge, die Struktur der Motorarten (Otto/Diesel), die Pkw-Dichte, die Fahrzeugeffizienz (spez. Verbrauch), die jährliche Kilometerleistung pro Fahrzeug u.a.

Der methodische Unterschied des Vorgehens in den Shell-Szenarien zu anderen ist darin zu sehen, dass hier nicht auf der Prognose der Verkehrsleistung aufgesetzt wird, sondern direkt auf der Fahrleistung.

Die Fahrleistung des MIV wird über die Projektion des Pkw-Bestandes und der pro Pkw erbrachten Fahrleistung ermittelt. Aus ihr ergeben sich unter Berücksichtigung von spezifischen Kraftstoffverbrauchsdaten/-annahmen der Energieverbrauch und (proportional) Emissionen.

Mit den beiden Szenarien gehen die Autoren auf das Spannungsfeld ein, das sich durch Liberalisierung, Globalisierung und technische Weiterentwicklung nahezu weltweit entwickelt hat: Werden die weiteren Entwicklungen von US-amerikanischen Wertvorstellungen und Prinzipien bestimmt oder aber vor dem Hintergrund nationaler Werte und Traditionen.

- In dem **Szenario „One World“** wird angenommen, dass man sich international dafür entscheidet, die wirtschaftliche Entwicklung nach dem Vorbild USA weiter zu befördern. Für die deutsche Wirtschaft wird ein durchschnittliches Wachstum von 1,8 %/Jahr angenommen, die Verkehrsinfrastruktur wird weiter ausgebaut, auch durch private Betreiber. Um Fahrzeugemissionen zu verringern, drängen vermehrt alternative Kraftstoffe und neue Antriebstechniken in den Markt.
- Das **Szenario „Kaleidoskop“** ist dagegen durch regionale Vielfalt gekennzeichnet, wobei die Zusammenarbeit der Mitgliedsstaaten der EU als eng behandelt wird. Der Zuwachs des Wirtschaftswachstum in Deutschland wird mit 1,4%/Jahr angenommen. Die europäische Verkehrsinfrastruktur wird weiter ausgebaut, so dass sich Staus und Engpässe verringern, zumal



die Vernetzung unter den verschiedenen Verkehrsträgern zunimmt und Verlagerungen begünstigen, mit der Folge eines verbesserten Verkehrsflusses zum Nutzen der Umwelt. Durch neue Stadtentwicklungskonzepte wird langen Arbeitswegen entgegengewirkt und damit auch der Stauentwicklung. Die Kosten für Autofahrer steigen, wegen höherer Mineralölsteuern, Umweltabgaben und Mautgebühren, so dass die Nachfrage nach sparsameren Fahrzeugen zunimmt.

Die **Bevölkerungsentwicklung** wird in der Bundesrepublik Deutschland von Shell nach Auffassung des Bundesministerium des Inneren wegen der niedrigen Geburtenraten einerseits und der steigenden Lebenserwartung andererseits durch die Zuwanderung bzw. Abwanderung von Ausländern spürbar mitbestimmt. In den Szenarien wird für die beiden Fälle davon ausgegangen, dass die Zuwanderungsüberschüsse unterschiedlich hoch sind und sich innerhalb des Zeithorizontes verändern. Im „One World-Szenario“ steigt die jährliche Zuwanderung so weit an, dass die Bevölkerungszahl in 2020 mit 81,8 Millionen das heutige Niveau hält. Die Altersstruktur verschiebt sich aber trotzdem. Für das Szenario „Kaleidoskop“ wird kein Anstieg der Zuwanderung festgelegt, so dass die Bevölkerungszahl um drei Millionen auf 79 Millionen abnimmt. Während sich bei „One-World“ die Anzahl der Personen im arbeitsfähigen Alter um 2,5 Millionen verringert, sinkt sie in „Kaleidoskop“ um 4,5 Millionen.

Die künftige Entwicklung des **Pkw-Bestandes** und der **Neuzulassungen** wird aus den Kenngrößen „Anzahl der Erwachsenen“ (hier nur die Gruppe über 18 Jahre) und „Pkw-Dichte“ (Anzahl Pkw/1000 Erwachsene) hergeleitet. Da zwar die Gruppe der „Senioren“ ansteigt, sie aber zukünftig einen höheren Motorisierungsgrad erreichen wird, wird sich die Pkw-Dichte zukünftig weiter erhöhen, ohne dass es zu einer Sättigung kommen wird

Die in „One World“ angesetzten Haushaltseinkommen sowie der Mobilitätsbedarf für Familien führt zu einem über 48,9 Mio. Pkw in 2010 auf 52,3 Mio. Pkw in 2020 ansteigenden Fahrzeugbestand. In „Kaleidoskop“ werden niedrigere Einkommen angesetzt, aber auch eine bessere Vernetzung anderer Verkehrsmittel, so dass die Motorisierung nicht ganz so deutlich ansteigt, der Bestand entwickelt sich über 47,2 Mio. Fahrzeugen in 2010 auf 47,8 Mio. bis 2020.

Fahrzeugantriebe

Shell erwartet, dass bis 2020 Fahrzeuge mit alternativen Antriebskonzepten am Markt angeboten werden. In „One World“ erreichen sie am Bestand einen Anteil von 10 %, was einer Stückzahl von gut 5 Mio. Fahrzeugen gleichkommt, in „Kaleidoskop“ sind es dagegen nur 3 %, entsprechend 1,4 Mio. Pkw. In diesem Szenario bewirken politische Instrumente zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs nicht den Umstieg auf alternative Antriebe, sondern auf Dieselfahrzeuge, die sich durch geringe Verbräuche auszeichnen.

Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch

Die Fahrzeuge bzw. die Antriebe werden bis zum Jahr 2020 gute Effizienzfortschritte machen, so dass die Pkw in beiden Szenarien nur noch halb soviel Kraftstoff verbrauchen wie 1997; im



Durchschnitt knapp vier Liter pro 100 Kilometer. Der Durchschnittsverbrauch der gesamten Pkw-Flotte reduziert sich dabei um ein Drittel. Auch die durchschnittliche Fahrleistung der Autos sinkt, zwischen sieben Prozent im Szenario „One World “und 15 Prozent im Szenario „Kaleidoskop “. Für das Szenario „One World “ergibt sich daraus trotz des um vier Millionen höheren Pkw-Bestandes nur noch eine mäßige Steigerung der Gesamtfahrleistungen. Im Szenario „Kaleidoskop “sinken sie bis zum Jahr 2020 sogar um sechs Prozent und führen damit zu einer geringeren Verkehrsbelastung durch das Auto als heute. Wegen dieser Effekte wird der Kraftstoffverbrauch des Individualverkehrs bis zum Jahr 2020 deutlich zurückgehen, je nach Szenario zwischen 30 und 40 Prozent. Der Anteil regenerativ hergestellter Kraftstoffe wird in beiden Szenarien sehr gering sein. Neue Antriebstechnologien werden zunächst auf fossiler Energie basieren.

In Bezug auf Kohlendioxidemissionen geben die Szenarien nur grobe Auskünfte derart, dass die Emissionen insbesondere wegen der Effizienzsteigerungen in der Motorentechnik und durch den steigenden Anteil sparsamerer Diesel-Pkw proportional zum Kraftstoffverbrauch um 30 % (One World) bzw. um 40 % (Kaleidoskop) zurückgehen werden. Emissionsberechnungen wurden für die limitierten Abgase (Benzol-, Kohlenwasserstoff-, Kohlenmonoxid-, Stickoxidemissionen) sowie Dieselpartikel vom ifeu für den gesamten Straßenverkehr mit dem Modellinstrumentarium „TREMODO“ durchgeführt und im Bericht publiziert.



2.1.5 TREMOD

Studie „Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr“ (TREMOD), Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu), im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN Nr. 298 45 105, Heidelberg, 31. August 2000

Vom ifeu wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes das Emissionsberechnungsmodell „TREMOD“ (Transport Emission Estimation Model) entwickelt, das den motorisierten Verkehr in Deutschland hinsichtlich seiner Verkehrs- und Fahrleistungen, Energieverbräuche und Emissionen abbildet.

Mit dem in 2000 abgeschlossenen Projekt wurde TREMOD aktualisiert und ergänzt, indem aktuelle Emissionsfaktoren berücksichtigt, die Emissionsberechnung bis 1999 fortgeschrieben und die Szenarien bis 2020 aktualisiert wurden. Eine Abstimmung mit der Deutschen Bahn AG erfolgte bezüglich der Rechnungen zum Schienenverkehr, bei Einbeziehung aktueller durch die DB AG zu Verfügung gestellter Emissionsfaktoren. Die Berechnungen für den Flugverkehr wurden mit den Ergebnissen des UBA Forschungsvorhabens Nr. 105 06 085 („Maßnahmen zur verursacherbezogenen Schadstoffreduzierung des zivilen Flugverkehrs“) abgestimmt. Eine Abstimmung mit Version 1.2 des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ erfolgte im März 1999.

Das ifeu kommt in dem 2000er Bericht zu dem Ergebnis, dass im Verkehrssektor bezüglich des Energieverbrauchs und der klimarelevanten Kohlendioxidemissionen bisher keine Umkehr eingetreten und ohne unter regulierender Maßnahmen bis 2020 auch nicht zu erwarten ist.

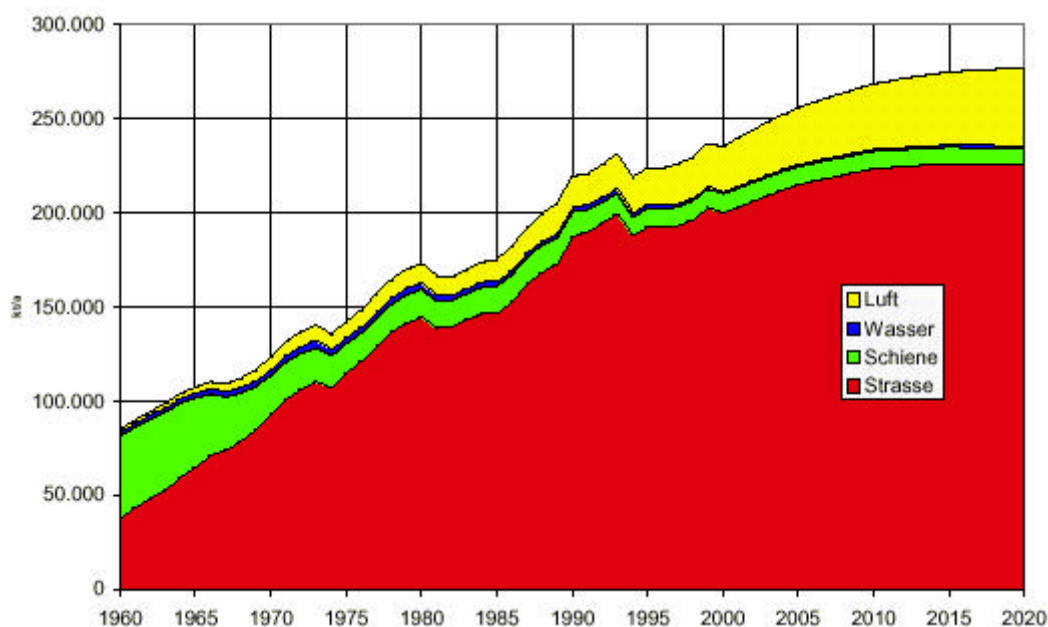


Abb. 2.1.5-1: Kohlendioxidemissionen des Verkehrsbereich von 1960 bis 2020, TREMOD 2000



Ursache ist das erwartete Verkehrswachstum insbesondere im Straßen- und Flugverkehr, das die bisher erkennbaren spezifischen Energieeinsparungen mehr als kompensiert. Das Ergebnis für das Basis-Szenario in Bezug auf die CO₂-Emissionen aus dem Verkehr zeigt **Abbildung 2.1.5-1**.

Inzwischen wurde vom ifeu eine Aktualisierung des 2000er Berichtes erarbeitet, deren Veröffentlichung für die nächste Zeit geplant ist. Deshalb wird darauf verzichtet, den alten Bericht weiter zu besprechen.

Der 2001er Bericht wird insbesondere die neue Verkehrsprognose 2015 für den Bundesverkehrswegeplan berücksichtigen, nicht nur für den Straßenverkehr sondern auch für die anderen Verkehrsträger. Ebenfalls einbezogen werden soll die Selbstverpflichtungserklärung der europäischen Automobilindustrie, die CO₂-Emissionen der Neuwagenflotte bis 2008 auf 140 g CO₂/km zu senken. Insgesamt wird sich, so das ifeu, eine ganz andere Entwicklung für die Kohlendioxidemissionen des Straßenverkehrs wie auch des gesamten Verkehrs abzeichnen.



2.1.6 ESSO-Energieprognose

ESSO-Energieprognose 2000, „Zukunft sichern – Energie sparen“

In der ESSO Energieprognose wird die Entwicklung des Energieverbrauchs in der Bundesrepublik Deutschland für den Zeitraum 1999 bis 2020 analysiert. Ausgehend vom Primärenergieverbrauch, unterteilt nach Energieträgern, werden auch kurz die verschiedenen Sektoren entsprechend der Struktur der Energiebilanz betrachtet, ausführlich jedoch der Verkehrssektor.

Für die Prognose wurden die in der nachfolgenden **Tabelle 2.1.6-1** zusammengestellten Annahmen festgelegt.

		1999	2005	2010	2020
Bevölkerung	Mio.	82,1	82,3	82	81,3
Bruttoinlandsprodukt	(%/a)*	1,4	2,3	2,3	2
Industrieproduktion	(%/a)*	0,5	2,2	2	1,8
Inflationsrate	(%/a)*	0,6	2	2	2
Bruttoinlandsprodukt	(TDM/Kopf)*	45,2	52	58,5	72
Energieverbrauch	[t SKE/Kopf]	5,9	5,9	5,9	5,7

*1995 = 100

Tab 2.1.6-1: Für die Prognose festgesetzten Rahmendaten

ESSO erwartet, dass sich einerseits die Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch fortsetzt, und es andererseits zu einer massiven Energieeinsparung in allen Bereichen kommt, so dass der Primärenergieverbrauch langfristig zurückgeht, bis 2020 gegenüber 1999 um 5 % auf 13.511 PJ. In der Struktur der Energieträger wird es zu deutlichen Verschiebungen kommen, zu Gunsten von Erdgas sowie „erneuerbare Energieträgern“ und im wesentlichen zu Lasten von Kernenergie und Mineralöl.

Im Zuge der Analyse der Sektoren wird auch der Verkehrsbereich untersucht. Starke Impulse zur Einsparung erwartet ESSO insbesondere bei den Personenkraftwagen. U.a. stützt sich diese Erwartung darauf, dass der Verband der Automobilindustrie eine freiwillige Selbstverpflichtung zur Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs von neuen Pkw bis 2005 um 29 % gegenüber den Verbräuchen von 1990 eingegangen ist. Der spezifische Verbrauch pro 100 Kilometer wird für die Benzin-Pkw-Flotte zwischen 1998 und 2020 auf 6,2 l und für die Diesel-Pkw auf 4,3 l/100km zurückgehen. Beeinflusst wird diese Entwicklung von effizienterer Motorentechnik und auch von der Erwartung, dass sich 2–3 Liter-Autos als Zweit- oder Drittfahrzeuge einführen lassen und schließlich moderne Verkehrslogistik Staubildung vermeiden hilft.



Wichtige Kennzahlen für die Analyse des Kraftstoffverbrauchs sind in **Tabelle 2.1.6-2** aufgelistet. Sie zeigen für den Pkw-Bereich und damit für den Großteil des motorisierten Individualverkehrs einen weiteren Anstieg der Bestandszahlen, eine strukturelle Verschiebung zwischen Otto- und Dieselfahrzeugen und u.a. eine abnehmende spezifische Jahresfahrleistung, woraus sich ableiten lässt, dass der Kraftstoffbedarf in diesem Segment insgesamt zurückgeht, sich aber eine höhere Dieselnachfrage entwickelt.

	1990	1998	2005	2010	2020
Kraftfahrzeugdichte (Pkw/1000 Einwohner)	449	508	558	588	588
Anzahl Pkw (Mio.)	35,5	41,7	45,9	48,2	47,8
davon					
Benzin-Pkw	31,3	36,2	38,8	38,2	33
Diesel-Pkw	4,2	5,5	7	9,5	12,3
sonstige Pkw			0,1	0,5	2,5
spezifischer Kraftstoffverbrauch (l/100 km)					
Benzin -Pkw	9,6	8,8	8	7,4	6,2
Diesel-Pkw	8,1	7,2	6,2	5,7	4,3
Jahresfahrleistung (km/Jahr)					
Benzin-Pkw	13.100	12.000	11.700	11.500	11.000
Diesel-Pkw	17.500	16.500	15.500	15.000	14.500

Tab. 2.1.6-2: Kennzahlen zum Pkw-Bereich nach ESSO

Die Gesamtnachfrage nach Dieselmotorkraftstoff, dessen Absatz sich im Pkw-Bereich erhöht, wird auch vom Straßengüterverkehr bestimmt, der zu einem überwiegenden Anteil mit Dieselmotorkraftstoff versorgt wird. Wegen der Zunahme des Straßengüterverkehrs sinkt der Dieselmotorkraftstoffabsatz für den Straßenverkehr bis 2020 nicht unter das Niveau von 1990 ab. Für die Binnenschifffahrt, den Schienenverkehr und die Landwirtschaft sieht ESSO keine steigende Dieselnachfrage.

ESSO erwartet, dass bis 2020 etwa 2,5 Millionen Personenkraftwagen mit alternativen Kraftstoffen betrieben werden oder über alternative Antriebsarten verfügen, zu denen insbesondere Hybrid- und/oder Brennstoffzellenantriebe zählen.

Trotz Effizienzsteigerung technischer wie logistischer Art (um ca. 40 % von 1998 bis 2020) weist die Prognose für den Personen- und Frachtluftverkehr eine spürbare Zunahme des Verbrauchs von Flugkraftstoff aus.

Bezüglich der Kohlendioxidemissionen errechnet ESSO in der Prognose, dass die anvisierte Reduktionsrate von 25 % zwischen 1990 und 2005 nur zu etwa 60 % erreicht wird und die Reduktionsverpflichtung 2008/2012 auch nur zu 80 % erfüllt werden kann. Da ESSO in der Prognose eine sektorale Emissionsermittlung vornimmt, ist der Umwandlungssektor als die



wichtigste Kohlendioxidemissionsquelle ausgewiesen, vgl. Abbildung 2.1.6-1. Der Sektor Verkehr ist der zweit-wichtigste Emittent, er verursacht 1990 rd. 17 % der Gesamtemission (1017 Mio. t CO₂), 1998 rd. 22 %, 2005 rd. 22 % , 2010 etwa 21 % und 2020 noch 19 % (846 Mio. t CO₂).

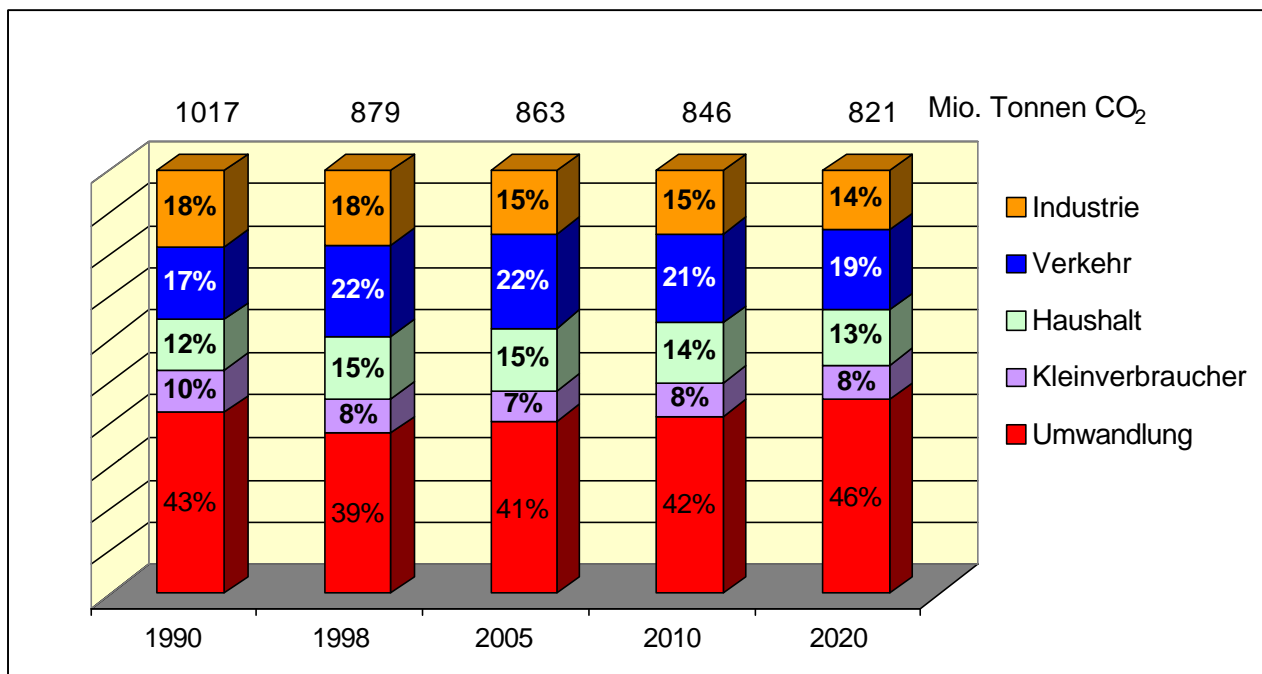


Abb. 2.1.6-1: Sektorale CO₂-Emissionen nach ESSO Energieprognose 2000

Maßnahmen, mit denen das von der Politik gesetzte Ziel erreicht werden könnte schlägt ESSO nicht vor, sondern führt zur Begründung der Forderung, die Verpflichtung zu überdenken, ins Feld, dass gesetzliche Restriktionen die wirtschaftliche Entwicklung behindern und zu Einbußen beim Lebensstandard sowie der Mobilität führen würden. Außerdem weist die Studie darauf hin, dass bei einer Umsetzung der CO₂-Minderungsziele der Bundesregierung eine gleichmäßige Verteilung der mit der Minderung verbundenen Lasten in der EU nicht gegeben ist, denn bei einem Energieträger-Verbrauchsanteil von 25 % würde Deutschland etwa 75 % der Gesamtbelastung der Minderungsverpflichtung der europäischen Staatengemeinschaft tragen müssen.



2.1.7 Pällmann-Gutachten

Bericht der Kommission Verkehrsinfrastrukturfinanzierung (Pällmann-Kommission)

Die Kommission erhielt 1999 vom Bundesminister für Verkehr, Bau und Wohnungswesen den Auftrag, konkrete Empfehlungen für die zukünftige Finanzierung der Bundesfernstrassen, der Bundesschienenwege und der Bundeswasserstrassen zu geben.

Anlass für den Auftrag war die zunehmende Diskrepanz zwischen den Haushaltsmitteln für die Verkehrsinfrastrukturfinanzierung und dem Mittelbedarf für die qualifizierte Substanzerhaltung sowie den weiteren Ausbau der Bundesverkehrswege im Rahmen der europäischen Wegenetze.

Die Kommission hat keine eigenen Berechnungen über die zukünftige Verkehrsentwicklung oder Verschiebungen innerhalb der Verkehrsträgerstrukturen durchgeführt. Sie hat auch keine Berechnungen zur Emissionsentwicklung durchgeführt und publiziert.

Sie hat sehr wohl auf die Bedeutung und Wichtigkeit der Gesamtheit bzw. das Zusammenwirken der verschiedenen Verkehrsträger hingewiesen und auch darauf, dass es bei Umsetzung der Vorschläge zu Verschiebungen innerhalb der Strukturen kommen kann/wird, da Wegenutzungsgebühren im Straßenverkehr zu einer Verteuerung führen, die andere Verkehrsmittel attraktiver werden lässt.

Die Kommission hat auch auf die besondere Bedeutung der bundesdeutschen Verkehrsinfrastruktur für die europäische Wirtschaftsentwicklung hingewiesen und deutlich gemacht, dass ein Ausbau notwendig ist.

Grundlagen und Rahmenbedingungen der Verkehrsentwicklung

In der bisherigen Verkehrsentwicklung nimmt der motorisierte Straßenverkehr auf den Bundesverkehrswegen eine dominierende Rolle ein und hat eine hohe Bedeutung für die Bevölkerung, die Wirtschaft und den Standort Deutschland. Eisenbahn und Binnenschifffahrt sind aufgrund der Konfiguration ihrer Streckennetze und ihrer Systemspezifika nicht in der Lage, eine Trendwende im Wettbewerb der Verkehrsträger zu bewirken.

- Folglich ist eine nachhaltige Entlastung der Bundesfernstraßen durch Verkehrsverlagerungen auf Schiene oder Binnenwasserwege mittelfristig nicht realistisch.
- Eine Verringerung nachteiliger ökologischer Wirkungen des Automobilverkehrs ist wesentlich wirkungsvoller am „System Straße“ selbst zu erreichen, als durch ordnungspolitische Eingriffe mit dem Ziel von Verkehrsverlagerungen.
- Trotzdem sind Eisenbahnen und der Binnenschifffahrt unerlässliche Verkehrsträger mit wichtigen Funktionen auf den Hauptverkehrs-Korridoren oder in Agglomerationsräumen. Sie



besitzen auch ein positives umwelt- und strukturpolitisches Wirkungspotential, so dass diese Systeme dort, wo ihre Vorteile zum Tragen kommen, gefördert werden müssen.

Volkswirtschaftliche Bedeutung der Bundesverkehrswege

Wirtschaftliches Wachstum benötigt arbeitsteilige Prozesse, die heute ein leistungsfähiges Verkehrssystem erfordern. Aufgrund der geographischen Lage Deutschlands haben die Bundesverkehrswege in einem zusammenwachsenden Europa zentrale volkswirtschaftliche und politische Bedeutung. Eine Verkehrsinfrastruktur auf einem leistungsfähigen Niveau sichert heimische Standorte.

Kosten und Finanzierung der Bundesverkehrswege

Der Rückstand bei Neu- und Ausbau sowie in der qualifizierten Substanzerhaltung der Infrastruktur wird einerseits als bereits kritisch angesehen, andererseits wird auf die Fehlbeträge in den Haushaltsansätzen zum Bereich Bundesfernstraßen hingewiesen. Die Situation in Bezug auf die Finanzierung der Bundesschienenwege, die nur etwa zu einem Drittel von der DB AG aufgebracht werden muss, wird ebenfalls als problematisch angesehen. Schließlich ist auch für den Erhalt und Ausbau der Wasserstraßen eine Finanzierungslücke erkennbar.

Insgesamt befürchtet die Kommission, dass Neu- und Ausbauinvestitionen in Zukunft nicht mehr bedarfsgerecht fortgeführt werden können, wenn nicht andere Finanzierungsmöglichkeiten praktiziert werden.

Bedarfsplanung für die Bundesverkehrswege

Unter Trendbedingungen ist für die Zukunft mit einem weiteren Anstieg des Personen- wie Güterverkehrs auszugehen. Bis 2010 ist mit einem Zuwachs im Personenverkehr von 10 bis 15 % gegenüber dem Stand von 2000 zu rechnen, im Güterverkehr kann die Steigerung 30 bis 50 % betragen. Die Kommission stützt sich in ihrer Bewertung der Verkehrsentwicklung auf Statistiken, Studien und Prognosen.

Interdependenzen mit Verkehrswegen anderer Kategorien und Träger

Im Gegensatz zu Bundesschienenwegen und Bundeswasserstraßen, die praktisch die Gesamtnetze von Eisenbahn und Binnenschifffahrt darstellen, bilden die Bundesfernstraßen nur einen Teil der differenzierten Infrastruktur für den Straßenverkehr. Veränderungen und Eingriffe im Bereich der Bundesfernstraßen haben in der Regel Auswirkungen auf die Straßen anderer Kategorien, die zu berücksichtigen sind.



Lösungskonzepte der Kommission

Es wird eine Umstellung von der derzeit üblichen Haushaltsfinanzierung auf eine Nutzerfinanzierung empfohlen, weil dadurch eine Abkopplung vom Bundeshaushalt erreicht wird, eine Konzentration auf sachbezogene Gesichtspunkte und eine Trennung der Diskussion über Wegekosten und Steuern (Verwendung von Mineralöl- und Kraftfahrzeugsteuer).

- Anwendung des Nutzer-/Veranlasserprinzips
- Ausgliederung der Bundesverkehrswege aus der Bundesverwaltung und Gründung privatrechtlich organisierter Finanzierungs- und später Betreibergesellschaften
- Neuordnung und Abgrenzung der Bundesverkehrswege
- Erweiterung der Möglichkeiten der Privatfinanzierung und Ausschöpfung der Möglichkeiten der Beteiligung Dritter an der Finanzierung



2.1.8 EU-Weißbuch

Weißbuch "Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft", Brüssel, den 12/09/2001; Kommission der Europäischen Gemeinschaften

Im allgemeinen enthält ein Weißbuch Vorschläge für ein Tätigwerden der Gemeinschaft in einem bestimmten (Politik-) Bereich und dient dazu, diesen Bereich zu entwickeln. Mit dem Weißbuch "Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft" will die Kommission auf die Notwendigkeit hinweisen, dass es zu einer gemeinsamen europäischen Verkehrspolitik kommt, ohne die das Zusammenwachsen und die Entwicklung Europas stark behindert würde.

Zusammenfassung

Im Weißbuch der EU ist das Ziel definiert, die europäische Verkehrspolitik in den nächsten zehn Jahren stärker auf die Nachfrage und den Bedarf der Menschen auszurichten. Bis 2010 ist geplant, zunächst den Schienenverkehr zu revitalisieren, die See- und Binnenschifffahrt zu fördern und den intermodalen Verkehr auszubauen. Auf diesem Weg soll eine Ausgewogenheit der Verkehrsträgeranteile erreicht werden. Der Ausbau des europäischen Verkehrssystems soll Effizienz, Qualität, Sicherheit und Wettbewerbsfähigkeit gewährleisten.

Umweltbelastungen und die Verkehrsüberlastung müssen vermindert werden, ohne die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit der Europäischen Union zu beeinträchtigen. Eine Entkopplung des Wirtschaftswachstums von der ständigen Verkehrszunahme gilt es zu erreichen.

Die Europäische Kommission schlägt in ihrem Weißbuch ein umfangreiches Maßnahmenbündel vor, um eine nachhaltige Verkehrspolitik, auch in Anpassung an den Bedarf der europäischen Bevölkerung, zu entwickeln. Das Weißbuch ist in vier Teile gegliedert:

- Schaffung eines ausgewogeneres Verhältnis zwischen den Verkehrsträgern,
- Beseitigung von Engpässen,
- Ausrichtung der Verkehrspolitik auf die Bedürfnisse der Menschen und
- der Globalisierung des Verkehrs Herr werden.

Dabei sind u. a. folgende Themen von Bedeutung: Verbesserung des Straßenverkehrs, Wiederbelebung des Schienenverkehrs, Bewältigung des Luftverkehrsanstieges, Entwicklung gemeinsamer Strategien für alle Verkehrsträger, Abbau der Überlastung der Verkehrswege, Schaffung eines auf Dauer tragbaren Verkehrssystems, Vorrang für die Sicherheit im Verkehr, Harmonisierung der Kraftstoffbesteuerung im gewerblichen Straßenverkehr, Intermodalität im Personenverkehr, Aufstellung international akzeptierter Regeln, Koordination und Entwicklung großer Infrastrukturvorhaben in Bezug auf die transeuropäischen Netze.



Das europäische Verkehrssystem steht vor großen Problemen, da eine gemeinsame Verkehrspolitik noch nicht verwirklicht ist und sich die verschiedenen Verkehrsträger ungleich entwickelt haben:

Der Straßenverkehr hat am Güterverkehr inzwischen einen Anteil von 44 % gegenüber einem Anteil von 41 % des Kurzstreckenseeverkehrs, der Schiene von 8 % und der Binnenschifffahrt von 4 %. Im Personenverkehr sind die Relationen noch extremer, der Anteil des Personenkraftwagenverkehrs erreicht ca. 79 %, der Anteil der Bahn 6 % und der Anteil des Luftverkehrs 5 %.

Die Unausgewogenheit der Verkehrsträgeranteile führt zur Überlastung von Hauptverkehrswegen, mit allen nachteiligen Konsequenzen, von Behinderung der Wettbewerbsfähigkeit bis hin zu Belastungen der Umwelt und Gefährdungen der Gesundheit der Menschen, wobei auch an die hohe Zahl von Unfallopfern gedacht ist.

Nach Überzeugung der Kommission wird die Verkehrsnachfrage weiterhin ansteigen. Der PKW-Bestand liegt bei ca. 175 Mio. und wird sich mit die Erweiterung der EU und dem Nachholbedarf in den Beitrittsländern noch weiter erhöhen.

Der Wandel der europäischen Wirtschaft und des Produktionssystems gilt als Grund für den Zuwachs im Güterverkehr. In den zurückliegenden zwei Jahrzehnten erfolgte die Umstellung von einer lagerhaltungsorientierten Wirtschaftsweise auf eine produktionssynchron belieferte Wirtschaft. Verstärkt wurde dieses Phänomen durch die Abwanderung von Branchen – vor allem mit arbeitsintensiver Güterproduktion –, die dadurch die Produktionskosten auf ein Minimum senken können, auch wenn die Produktionsorte Hunderte oder selbst Tausende von Kilometern von der Endmontagestätte oder dem Verbraucher entfernt sind. Die Beseitigung der Grenzen in der Gemeinschaft hat zur Einführung eines s.g. „Just in Time“- und „Zero Stock“-Systems beigetragen.

Es gibt keinen Zweifel, dass das Wirtschaftswachstum in den Beitrittsländern steigen wird und Randregionen erschlossen werden, was insgesamt zu einem Anstieg der Verkehrsströme führen wird, die mit steigender Tendenz über das Straßennetz abgewickelt werden. Ohne weitreichende Eingriffe ist für den Zeitraum 1998 bis 2020 mit einer Zunahme des Straßenschwerlastverkehrs um fast 50 % zu rechnen. Als Folge würden bereits jetzt stark belastete Regionen und Transitachsen noch stärker in Anspruch genommen werden.

Das Erreichen eines ausgewogeneren Nutzungsverhältnisses der verfügbaren Verkehrsträger wurde von der Kommission zum zentralen Punkt der Strategie erhoben, um zu einer auf Dauer tragbaren Entwicklung und damit zu einem nachhaltigen Verkehrssystem zu kommen. Zeithorizont für die Umsetzung bzw. das Erreichen des Ziels sind 30 Jahre.

In der Gemeinschaft waren 1998 etwa 28 % der gesamten CO₂-Emissionen auf den Energieverbrauch im Verkehrssektor zurückzuführen. Nach den jüngsten Schätzungen könnten die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors (zu über 80 % vom Straßenverkehr verursacht) zwischen 1990 und 2010 bis auf 1,113 Mrd. Tonnen und damit um etwa 50 % ansteigen (1990: 739 Mio. Tonnen).



Es muß den ökologischen Erfordernissen und den Besorgnissen der Menschen Rechnung getragen werden, ohne dabei die Wettbewerbsfähigkeit des Verkehrssystems und damit der Wirtschaft in Frage zu stellen. Die begonnenen Anstrengungen zur Erhaltung der Luftqualität und Minderung der Lärmbelastung müssen fortgesetzt werden. Die Drosselung des Verkehrsbedarfs erscheint notwendig und ist eine komplexe Aufgabe:

- Wirtschaftswachstum führte bislang fast automatisch zu einer höheren Verkehrsnachfrage (veranschlagt werden bis 2010 beim Güterverkehr +38 % und beim Personenverkehr +24 %);
- die EU-Erweiterung wird eine Verkehrsexplosion in den neuen Mitgliedstaaten zur Folge haben, insbesondere in den Grenzgebieten;
- die Beseitigung von Engpässen auf den großen Verkehrsachsen, der Anschluss abgelegener Gebiete und von Regionen in äußerster Randlage sowie der Ausbau der Infrastrukturen in den Beitrittsländer erfordern beträchtliche Investitionen.

Im Rahmen einer ökonomischen Betrachtung und unter Berücksichtigung der Befugnisse der Europäischen Union erscheinen ihr drei Optionen prinzipiell vorstellbar, mit denen der Verkehr in eine auf Dauer tragbare Entwicklung einzubinden ist.

- Ein erste Ansatz (Option A) konzentriert sich auf den Straßenverkehr, der Gegenstand von Maßnahmen zur Tarifierung ist. Begleitmaßnahmen für andere Verkehrsträger erfolgen bei dieser Option nicht. Sie könnte kurzfristig eine Verlangsamung des Straßenverkehrswachstums bewirken, hauptsächlich durch die zu erwartende Steigerung der Auslastung von LKW und PKW aufgrund gestiegener Verkehrspreise. Fehlende Maßnahmen zur Revitalisierung anderer Verkehrsträger und besonders die geringen Produktivitätssteigerungen im Schienenverkehr sowie die unzureichende Infrastrukturkapazität würden aber verhindern, dass andere, umweltfreundlichere Verkehrsträger ihre Position verbessern.
- Ein zweiter Ansatz (Option B) stellt zwar auch die Tarifierung des Straßenverkehrs in den Mittelpunkt, aber es werden ergänzende Maßnahmen getroffen, um die Effizienz der anderen Verkehrsträger zu erhöhen (Verbesserung der Dienstqualität und der Logistik, Umsetzung technischer Maßnahmen). Der Ansatz umfasst jedoch keine Investitionen in neue Infrastruktur und keine besonderen Maßnahmen zur Erreichung einer ausgewogeneren Verteilung der Verkehrsträgeranteile, auch ermöglicht er es nicht, den territorialen Zusammenhalt in der Gemeinschaft besser zu gewährleisten. Zwar könnte dieser Ansatz eine größere Entkoppelung ermöglichen, doch behielte der Straßenverkehr seinen beherrschenden Marktanteil bei und würde sich weiterhin auf überlastete Korridore und bestimmte, sensible Gebiete konzentrieren, wobei er der die Umwelt am stärksten belastende Verkehrsträger bliebe. Der Ansatz würde auch nicht ausreichen, um die notwendige Verlagerung der Verkehrsträgeranteile zu gewährleisten, und stellt keinen wirklichen Beitrag zu einer auf Dauer tragbaren Entwicklung im Sinne des Europäischen Rates von Göteborg dar.



- Das Weißbuch stützt sich inhaltlich auf einen dritten Ansatz (Option C), bei dem abgestimmte Maßnahmen ergriffen werden sollen, um die Tarifierung der Infrastrukturnutzung zu vereinheitlichen, andere Verkehrsträger als den Straßenverkehrs zu revitalisieren und gezielt in das transeuropäische Verkehrsnetz zu investieren.

Dieser integrierte Ansatz kann zu einer gegenüber der Trendentwicklung ausgewogeneren Struktur der Verkehrsträgeranteile führen. Dabei handelt es sich um einen weitaus ehrgeizigeren Ansatz, als es den Anschein hat, wenn man das seit 50 Jahren gewachsene Ungleichgewicht zugunsten des Straßenverkehrs berücksichtigt. Dieser Ansatz wurde auch im Beitrag der Kommission für den Europäischen Rat von Göteborg gewählt, der die Erreichung ausgewogenerer Verkehrsträgeranteile insbesondere durch Investitionen in die Infrastruktur für den Schienenverkehr, die Binnenschifffahrt, den Kurzstreckenseeverkehr und den intermodalen Verkehr vorsieht.

Die Umsetzung der Maßnahmen des Weißbuchs könnte wesentlich zur Entkoppelung von Verkehrszunahme und Wirtschaftswachstum beitragen, ohne dass dafür eine Beschränkung der Mobilität von Personen und Gütern erforderlich wäre. Der Straßengüterverkehrs würde bei der bessere Nutzung anderer Verkehrsträger nicht so stark zunehmen (+38 % statt +50 % zwischen 1998 und 2010). Diese Entkoppelung wäre beim Straßenpersonenverkehr noch größer (Verkehrsanstieg von 21 % verglichen mit einer Zunahme des BIP um 43 %).

Die im Weißbuch formulierten Vorschläge, beziehen sich auf Maßnahmen, die auf Gemeinschaftsebene getroffen werden können, wie etwa

- Wiederbelebung des Schienenverkehrs,
- Verbesserung des Straßenverkehrs,
- Förderung der See- und Binnenschifffahrt
- Verwirklichung der Intermodalität,
- Ausbau des transeuropäischen Verkehrsnetzes,
- Erhöhung der Straßenverkehrssicherheit,
- Wirksame Tarifierungspolitik (Harmonisierung der Besteuerung, Berücksichtigung externer Kosten)
- Verbesserung des Nahverkehrs,
- Erforschung umweltfreundlicher und leistungsfähiger Verkehrsmittel,
- u.a., wie etwa Entwicklung geeigneter Informationssysteme.

Die Kommission erachtet es als notwendig, eine Wende in der europäischen Verkehrspolitik einzuleiten, die im Weißbuch vorgesehenen Maßnahmen stellen die ersten Etappen einer längerfristigen Strategie dar. Die Ziele können aber nicht realisiert werden, wenn entsprechende und begleitende Maßnahmen nicht auch auf nationaler und regionaler Ebene getroffen werden. Sie berühren Stadtplanung und Raumordnungspolitik, städtische Verkehrspolitik, Haushalts- wie Finanzpolitik, Sozial- und Bildungspolitik, o.ä.



In **Tabelle 2.1.8-1** sind Maßnahmen aufgelistet, die zu einer Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Verkehrszunahme führen und die Entwicklung des Verkehrs auf Dauer tragbar

Bereich der Entkoppelung	Wirtschaftstätigkeit	Verkehrssystem	Umweltauswirkungen
Indikator	BIP (Personen- und Tonnenkilometer)	Fahrzeugkilometer	Schadstoffemissionen
Maßnahmen zur Entkopplung (Beispiele)	<ul style="list-style-type: none"> • Stadtplanung • Organisation der Arbeit (Telearbeit) • System der industriellen Produktion • Raumordnung 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifierung • Intelligente Verkehrssysteme • Verlagerung der Verkehrsträgeranteile • Bessere Fahrzeugauslastung 	<ul style="list-style-type: none"> • schadstoffärmere Kraftstoffe & Fahrzeuge • Geschwindigkeitsbeschränkungen • Energieeffizienz der Motoren

Tab 2.1.8-1: Arten der möglichen Entkoppelung von Wirtschaftswachstum und Verkehrszunahme (Quelle: 5. Forschungsrahmenprogramm der Kommission, SPRITE: „SePaRating the Intensity of Transport from Economic growth“)

machen können. Zusätzlich zu dem Maßnahmenprogramm des Weißbuchs müssen übergreifende Aktionen in anderen Wirtschaftsbereichen als dem Verkehr erfolgen, um den Erfolg der vorgeschlagenen Optionen, insbesondere der Option C, zu ermöglichen. Auswirkungen der mit den Optionen verbundenen Maßnahmen auf die Entwicklung verschiedener Leitgrößen für 2010, ausgehend vom Stand 1998, sind in Tabelle 2.1.8-2 skizziert.

1998 = 100	Personen-kilometer	Tonnen-kilometer	Fahrzeugkilo-meter	CO ₂ -Emis-sionen
EU 15				
Tendvorher-sage	124	138	126	127
Option A	124	138	115	117
Option B	124	138	115	115
Option C	124	138	112	110
BIP	143	143	143	143

Tab 2.1.8-2: Quantitativer Vergleich der Optionen im Verkehrssektor– Zunahme der Auswirkungen zwischen 1998 und 2010



		1998			2010 Trendvorhersage			2010 Optin A			2010 Optin B			2010 Optin C		
		Mrd. Pkwn/1km	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂	Mrd. Pkwn/1km	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂	Mrd. Pkwn/1km	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂	Mrd. Pkwn/1km	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂	Mrd. Pkwn/1km	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂
Personenverkehr	PKW	3776	2221,2	434,2	4650	2735,3	453,4	4650	2486,6	412,2	4650	2486,6	412,2	4559	2438	404,1
	BUS	415	24,4	18,7	441	25,9	19,8	441	25,9	19,8	441	23,6	18	501	26,8	20,5
	U/Str. Bahn	50	0,5	0	53	0,5	0	53	0,5	0	53	0,5	0	61	0,5	0
	Eisenb	290	1,5	6,4	327	1,7	7,2	327	1,7	7,2	327	1,5	6,5	400	1,8	8
	Luftverkehr	241	1,9	59,3	458	3,7	112,7	458	3,7	112,7	458	3,3	102,4	408	3	91,2
	Personenverkehr gesamt	4772	2249,5	518,6	5929	2767,1	593,1	5929	2518,4	551,9	5929	2515,5	539,1	5929	2470,1	523,8
	Wachstum 1998 - 2010				24%	23%	14%	24%	12%	6%	24%	12%	4%	24%	10%	19%
Güterverkehr	Straßenverkehr	1255	313,8	271,1	1882	470,5	406,5	1882	427,7	369,6	1882	427,7	369,6	1736	394,5	340,9
	Eisenbahn	241	1,3	1,9	272	1,5	2,2	272	1,5	2,2	272	1,4	2	333	1,7	2,4
	Binnenschifffahrt	121	0,3	3,6	138	0,4	4,1	138	0,4	4,1	138	0,4	3,8	167	0,4	4,6
	Rohrleitungswerk	87		1	100		1	100		1	100		1	100		1
	Kurzstrecken- seeverkehr	1166	0,3	23,3	1579	0,4	31,69	1579	0,4	31,6	1579	0,4	28,7	1635	0,4	29,7
	Güterverkehr gesamt	2870	315,7	300,9	3971	472,8	445,49	3971	430	408,5	3971	429,9	405,1	3971	397	378,6
	Wachstum 1998 - 2010				38%	50%	48%	38%	36%	36%	38%	36%	35%	38%	26%	26%
Gesamt		2565,2	819,5		3239,9	1038,59		2948,4	960,4		2945,4	944,2		2867,1	902,4	
Wachstum 1998 - 2010					26%	27%		15%	17%		15%	15%		12%	10%	
BIP-Wachstum 1998 - 2010					43%	43%		43%	43%		43%	43%		43%	43%	

Tab. 2.1.8-3: Darstellung der aus den Ansätzen (Optionen) folgenden Schätzungen der Kommissionsdienststellen

Tabelle 2.1.8-3 zeigt detaillierte Ergebnisse der Berechnungen verschiedener Kommissionsdienststellen auf der Grundlage der drei Optionen. Bemerkenswert ist die Entwicklung im Flugverkehr, dessen Zunahme u.a. nur durch den Ausbau und die Einrichtung von Hochgeschwindigkeitsbahnstrecken gedämpft werden kann, weil es dann zu Verlagerungen vom Luft- zum Bahnverkehr kommen kann.



3 Vergleich der Verkehrs-Prognosen und Szenarien

Um die Entwicklungen im Verkehrsbereich in Zukunft bewerten zu können, ist die Voraus-schätzung von Einflussfaktoren und deren Auswirkungen auf die charakteristischen Merkmale des Verkehrs (Verkehrsleistung, Fahrzeugbestand, Besetzungs- bzw. Beladungszahlen, Emissions- und Verbrauchsfaktoren) notwendig. In diesem Kapitel werden die Rahmenbedingungen der Prognosen und Szenarien sowie die daraus abgeleiteten Verkehrs-/ Fahrleistungen und Kenn-größen des Fahrzeugbestands für den Personen- und Güterverkehr und die ausgewiesenen CO₂-Emissionen verglichen.

Zur Einordnung der deutschen Rahmenbedingungen des Verkehrs in den europäischen Kontext wird das Weißbuch der Europäischen Kommission "Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft" separiert von den landesspezifischen Vergleichen in Kapitel 3.5 aufgeführt. Ferner erlaubt der Vergleich mit den Aussagen des Weißbuchs zu den im europäischen Verkehr zu treffenden Maßnahmen die Feststellung, in wie weit die in den Länder-studien unterstellten Maßnahmen im Einklang mit den Vorstellungen zur europäischen Verkehrs-politik stehen.

Der Einbezug des Pällmann-Gutachtens erweitert den Blickwinkel, weil dort Aussagen aus Sicht der für den Verkehr erforderlichen Infrastruktur und der sich dort abzeichnenden Begrenzungen und Erfordernissen gemacht werden. Es kann somit teilweise eine Bewertung der in praktisch allen Prognosen/ Szenarien gemachten Unterstellung erfolgen, dass seitens der Infrastruktur für die untersuchten Varianten keine begrenzenden Faktoren vorliegen bzw. dass die Infrastrukturaus-wirkungen nicht untersucht werden (vgl. Kapitel 3.4.3).

3.1 Vergleich der Rahmenbedingungen

Allen Prognosen und Szenarien sowie den anschließenden Emissionsrechnungen ist gemein, dass jeweils auf Basis von spezifischen demografischen und gesamtwirtschaftlichen Rahmen-bedingungen die zukünftigen Entwicklungen im Verkehrssektor fortgeschrieben werden. Die historischen Datenreihen der Statistik werden hierzu einer Trendanalyse unterzogen und durch bereits sichtbare und erwartete Entwicklungen ergänzt. Die Rahmendaten der Prognosen und Szenarien umfassen neben qualitativen Grundtendenzen auch quantifizierbare zeitabhängige Größen, die eine Umsetzung der Grundannahmen in charakteristische demographische und gesamtwirtschaftliche Faktoren erlaubt.

Ist die regionale Feingliederung der Rahmenbedingungen nicht gegeben und erstreckt sich die Studie auf eine aggregierte Länderebene, so handelt es sich um das Verfahren der Makro-Verkehrsprognose. Dieser Ansatz folgt dem methodischen Vorgehen einer Top-Down-Analyse.

Die in der vorliegenden synoptischen Analyse enthaltene IFO-Studie führt parallel zu dem makroskopischen Ansatz eine mikroskopische Verkehrsprognose durch. Bei der Mikroprognose werden die Auswirkungen von Veränderungen der Rahmendaten sehr kleinräumig und



differenziert nach unterschiedlichen Regionen (Kriterien: Bevölkerungsdichte, Infrastrukturgegebenheiten, regionale Wirtschaftsstrukturen usw.) betrachtet. Dieser Bottom-Up-Analyse schließt sich ein Prozess der Datenaggregation an. In der IFO-Studie finden beide Prognose-Methoden Anwendung und werden mit Hilfe einer iterativen Abstimmung der Ergebnisse vereint.

Die Prognos/EWI-Studie, die Politikszenerarien und die ESSO-Energieprognose gehören zur Kategorie der energiewirtschaftlichen Prognosen bzw. Szenarien. Es werden Aussagen zu allen Wirtschaftssektoren – und damit auch für den Verkehrssektor – gemacht. Die Shell-Szenarien werden exklusiv nur für den Pkw-Bereich ausgewiesen. Sie fügen sich in den Rahmen eines sozioökonomischen und politischen Gesamtzenarios ein. Eine Betrachtung des Straßengüter-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehrs wird nicht angeführt.

Zur Systematisierung des Vergleiches der Rahmendaten verschiedener Szenarien und Prognosen wird zum Verständnis die methodische Vorgehensweise der verschiedenen Verkehrsprognosen und Szenarien im Folgenden kurz beschrieben.

3.1.1 Methodisches Vorgehen

Eine Auswahl an makroskopischen Einflussfaktoren auf den Personen- und Güterverkehr sowie die daraus resultierende Berechnung der direkten Verkehrsemissionen und der vorgelagerten Emissionen der Kraftstoffkette sind in den folgenden **Abbildungen 3.1-1** und **Abbildungen 3.1-2** schematisch dargestellt.

Zentrale Parameter einer Verkehrsprognose sind die Verkehrsleistungen des Personen- und Güterverkehrs sowie deren Aufteilung auf die verschiedenen Verkehrsmittelarten (Modal Split). Ferner sind Annahmen zur Entwicklung und Zusammensetzung des Fahrzeugbestands zu treffen. Die ESSO-Energieprognose und die Shell-Pkw-Szenarien verfolgen den Ansatz einer Fahrleistungsprognose. Eine Angabe der Verkehrsleistungen und Personenbesetzungszahlen erfolgt nicht.

Ausgehend von den Fahrleistungen werden durch spezifische Emissions- und Verbrauchsfaktoren die direkten Emissionen für eine Beförderungsmittelart (z. B. Pkw, Krafträder, Bus, Bahn, Flugzeug) errechnet. Über den Verbrauch von Endenergieträgern und entsprechenden CO₂-Faktoren kann die Emissionsmenge der Kraftstoffbereitstellungskette, welche die Schritte Exploration, Umwandlungen und Distribution bewerten, errechnet werden.

Die Emissionsrechnungen für den Personen- und Güterverkehr unterscheiden sich durch die Einflussfaktoren auf die Verkehrsleistung. Die nachfolgenden Berechnungsschritte unterscheiden sich nicht. Es bleibt zu vermerken, dass die durchgeführten Emissionsrechnungen in den betrachteten Studien sich wesentlich durch den Detaillierungsgrad der fahrzeugspezifischen Daten unterscheiden. Somit sind, abgesehen von verschiedenen Rahmenbedingungen, auch prinzipiell bedingte Abweichungen in den errechneten CO₂-Emissionen zu erwarten.

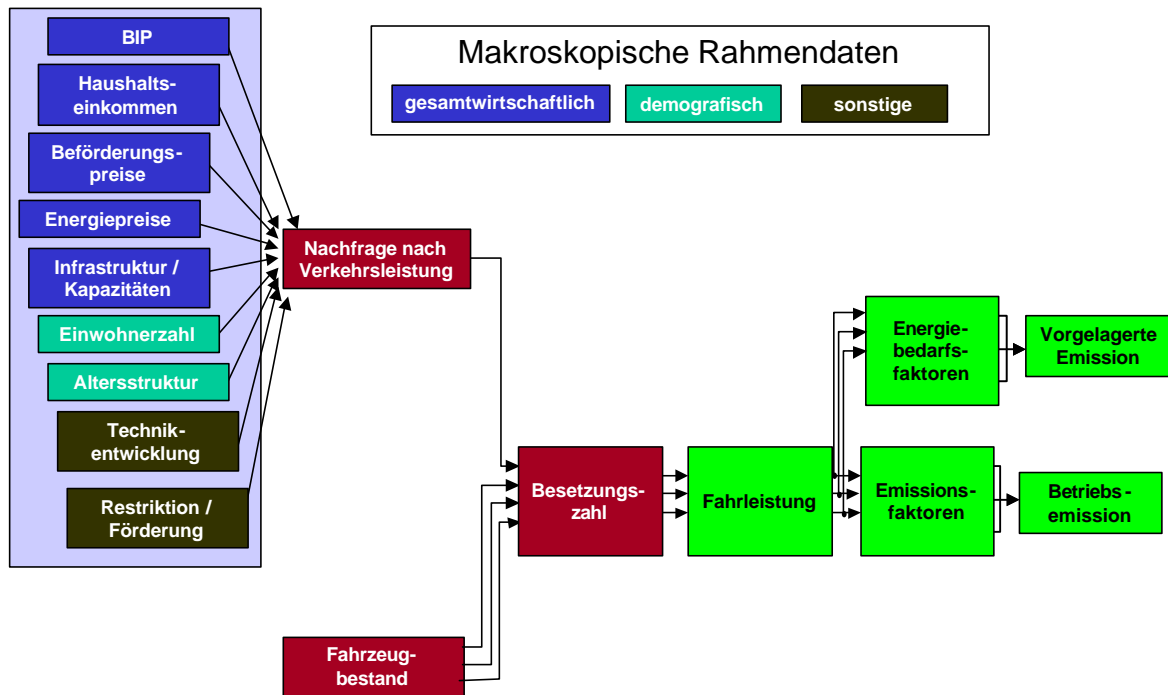


Abb. 3.1-1: Auswahl an makroskopischen Einflussfaktoren auf die zukünftige Entwicklung im Personenverkehr

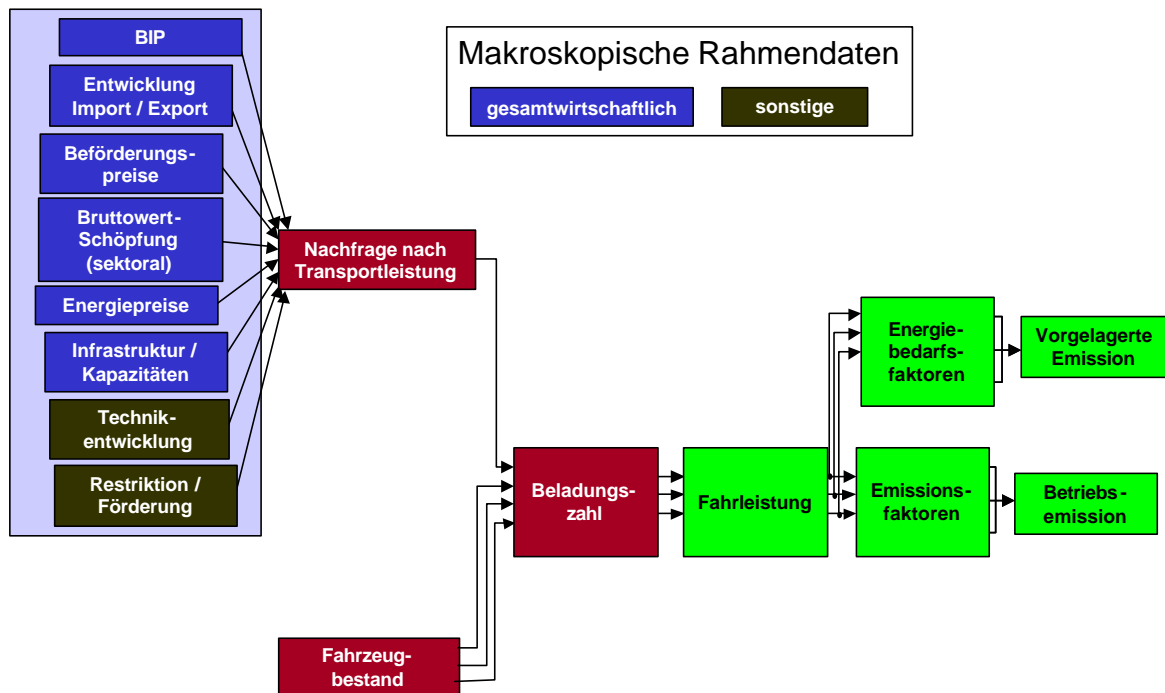


Abb. 3.1-2: Auswahl an makroskopischen Einflussfaktoren auf die zukünftige Entwicklung im Güterverkehr

Für die Konstruktion eines Szenarios oder einer Prognose ist die Existenz der zukünftigen Entwicklung von makroskopischen Einflussfaktoren notwendig. Die Gegenüberstellung von Prognose- und Szenario-Ergebnissen ist eng mit dem Vergleich der charakteristischen Einfluss-



faktoren auf die Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr verbunden. Der Vergleich der Rahmendaten wird in demografische, gesamtwirtschaftliche und sonstige Faktoren unterteilt.

Die vollständige Datenverfügbarkeit der Prognose/ Szenario-Rahmendaten oder die Berechnung der fehlenden Größen aus den Angaben ist nicht in allen Studien gegeben. Die Gegenüberstellung der Rahmendaten ist somit nicht umfassend für alle Faktoren und Prognosen/ Szenarien möglich. Eine Beschränkung des Vergleichs auf eine eng begrenzte Auswahl an Einflussfaktoren ist notwendig.

Der Einbezug der TREMOD-Studie in den Vergleich der Rahmendaten entfällt, da wie bereits in den Studienbeschreibungen erwähnt, die Rahmendaten auf den Szenario-Annahmen der IFO-Studie aufbauen.

3.1.2 Demografische Rahmendaten

Die Bevölkerungsentwicklung beeinflusst das Personenbeförderungsaufkommen und die Menge der transportierten Konsumgüter. Die **Tabelle 3.1.2-1** gibt Aufschluss über die in den Prognosen/ Szenarien erwartete Entwicklung der **Einwohnerzahl** in Deutschland.

	Bevölkerung [Mio.]					Veränderung [%]
	2000	2005	2010	2015	2020	2000 / 2020
IFO-Studie	82,2			83,5		+ 1,6 *
Prognos/EWI-Studie	82,2		82,6		80,8	- 1,7
Politikszenerien	82,7	83,8	82,9		81,2	- 1,7
ESSO Energieprognose	82,1	82,3	82,0		81,3	- 1,0
Shell-PKW-Szenarien "One World"	82,3	82,3	82,0	82,0	81,8	- 0,6
Shell-PKW-Szenarien "Kaleidoskop"	82,3	82,2	81,4	80,40	79,0	- 4

* Änderung über den Zeitraum 2000 bis 2015

Tab. 3.1.2–1: Vergleich der Bevölkerungsprognosen für die Bundesrepublik Deutschland

Die IFO-Studie geht im Gegensatz zu den anderen betrachteten Prognosen/ Szenarien von einer steigenden Einwohnerzahl im Zeitraum von 2000 bis 2015, dem Ende des Betrachtungszeitraums bei IFO, aus. Gründe, die für diese Entwicklung angeführt werden, sind die Zuwanderungsentwicklung und der Anstieg der Lebenserwartung im Prognosezeitraum. Alle anderen Studien, deren Zeithorizont bis 2020 reicht, gehen langfristig von einer sinkenden Einwohnerzahl, unter anderem geprägt durch den Geburtenrückgang, aus. Der mittlere Rückgang der Bevölkerung wird hierbei auf einen Bereich zwischen - 0,6 % und - 4 % bis zum Jahr 2020 abgeschätzt.



Die **Alterstruktur** der Bevölkerung und die **Zahl der Auszubildenden** hat ebenfalls Einfluss auf die Nachfrage nach Personenverkehrsleistung. Die Gruppe der über 18 Jährigen beeinflusst die Verkehrsleistung in diesem Segment über die Zahl der gültigen Führerscheine und damit der Möglichkeit einer aktiven Teilnahme am motorisierten Verkehr. Da der Anteil der Auszubildenden an den beförderten Personen des Öffentlichen Personenverkehrs (ÖPV) im Vergleich zu anderen Bevölkerungsgruppen höher ist (Anteil 1999 an den gesamten beförderten Personen des ÖPV annähernd ein Drittel; vgl. Verkehr in Zahlen 2001/2002), spiegelt sich ein gesteigerter Anteil von Auszubildenden an der gesamten Einwohnerzahl auch in einer gesteigerten Verkehrsnachfrage vordringlich im ÖPV wieder.

Die Annahmen der IFO-Studie gehen von einer Steigerung des Anteils der Einwohner über 18 bis 2015 von ca. 6 % aus. Die Shell-Studie unterstellt im Zeitraum von 2000 bis 2020 in ihren Szenarien "One World" bzw. "Kaleidoskop" ebenfalls eine Steigerung des Anteils der über 18 jährigen Einwohner an der Gesamtbevölkerung um ca. 4 % bzw. ein Wachstum bis 2010 mit anschließendem Rückgang auf den Wert des Jahres 2000. Die fehlende Datengrundlage der anderen Studien lässt eine Bewertung der Alterstruktur und der Zahl der Auszubildenden nicht zu.

3.1.3 Gesamtwirtschaftliche Rahmendaten

Wichtiger Einflussfaktor für die Verkehrsleistungen im Personen- und Gütertransport ist die Entwicklung des realen Wirtschaftswachstums. Zur Bewertung der zukünftige Entwicklung der Wirtschaft wird in den betrachteten Studien durchgängig die durchschnittliche jährliche Änderungsrate des **Brutto-Inlandsprodukts** (BIP) verwendet. Die Analyse von historischen statistischen Datenreihen zeigt, dass eine Abhängigkeit der Entwicklungen der Güterverkehrsnachfrage und der jährlichen Änderungsrate des BIP existiert. Es wird in den Studien zukünftig mit einer stärkeren Entkopplung des BIP-Wachstums und der Güterverkehrsleistung gerechnet.

Einen Vergleich der erwarteten jährlichen Änderungsraten des Brutto-Inlandsprodukt zeigt die folgende **Tabelle 3.1.3-1**.

	Veränderung Brutto-Inlandsprodukt [% p.a.]					Veränderung gesamt [%]
	2000	2005	2010	2015	2020	2000 /2020
IFO-Studie	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1	+ 2,1		+ 46 *
Prognos/EWI-Studie	+ 2,0	+ 2,0	+ 1,7	+ 1,7	+ 1,7	+ 38
Politikszenerarien	+ 2,0	+ 1,8	+ 1,8	+ 1,8	+ 1,8	+ 41
ESSO-Energieprognose	+ 1,4	+ 2,3	+ 2,3	k. A.	+ 2,0	+ 48
Shell-PKW-Szenarien "One World"	+ 1,80	+ 1,80	+ 1,80	+ 1,80	+ 1,80	+ 43
Shell-PKW-Szenarien "Kaleidoskop"	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40	+ 1,40	+ 32

* Änderung über den Zeitraum 2000 bis 2015

Tab. 3.1.3-1: Vergleich der Annahmen für die Entwicklung der BIP-Änderungsrate



Weiterhin hat die **sektorale Differenzierung** der **Bruttowertschöpfung** (BWS) Einfluss auf das Verkehrsaufkommen insbesondere im Güterverkehr. In den Wirtschaftssektoren Verkehr, Nachrichtenübermittlung und Dienstleistung werden die höchsten Zuwachsraten in der IFO- bzw. Prognos/EWI-Studie für den Zeitraum 2000 bis 2015 bzw. 2020 prognostiziert. Die Angaben in den anderen Studien lassen eine Bewertung der sektoralen Struktur der Wirtschaft nicht zu.

Die Zahl der **Erwerbstätigen** beeinflusst wesentlich das Verkehrsaufkommen des motorisierten Individualverkehrs und des Öffentlichen Personenverkehrs. Der Anteil der beruflich bedingten Personenkilometer (Pkm) an der gesamten Verkehrsleistung des MIV bzw. ÖPV lag im Jahr 1999 bei ca. 20 % bzw. 11 % (vgl. Verkehr in Zahlen 2001/2002). In den Rahmendaten der Politikszenerien wird ein Anstieg der Erwerbstätigenzahlen von 35 Mio. (1995) auf 35,9 Mio. im Jahr 2005 (ca. 3 %) unterstellt. Im Zeitraum zwischen 2005 und 2020 folgt laut Politikszenerien dann ein leichter Rückgang. Die IFO-Studie geht von einer Zunahme der Erwerbstätigen bis zum Jahr 2015 aus (vgl. **Tabelle 3.1.3-2**). Die absolute Zahl der Erwerbstätigen unterscheidet sich in den Studien durch die unterschiedliche Abgrenzung der Erwerbstätigen nach dem Inländer- (IFO-Studie) bzw. dem Inlands-Konzept (Politikszenerien). Die Entwicklung der Erwerbstätigen ist in den restlichen Szenarien nicht explizit ausgewiesen und kann somit keinem Vergleich unterzogen werden.

	Erwerbstätige [Tsd.]				
	2000	2005	2010	2015	2020
IFO-Studie	34350			34473	
Politikszenerien		38700	38000		36600

Tab. 3.1.3-2: Vergleich der Prognosen für die Zahl der Erwerbstätigen in Deutschland

Die unterschiedlichen prognostizierten Verkehrsleistungen und Emissionen der Szenario-Varianten resultieren aus der Berücksichtigung verschiedener Maßnahmen und Maßnahmenpakete im Verkehrsbereich über das im Trendszenario erwartete Maß hinaus. In diesen Varianten sind quantitativ messbare Beeinflussungen durch Maßnahmen gewollt, um deren Auswirkungen auf die zukünftige Verkehrs- und Emissionsentwicklung zu zeigen. Die demographischen und gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten in den Basis-Szenarien und Varianten werden mit Ausnahme der Shell-Pkw-Szenarien keiner Modifikation unterzogen. Bei den beiden Szenarien der deutschen Shell AG werden unterschiedliche Entwicklungen bereits bei den Rahmendaten unterstellt. Diese verschiedenen Szenario-Annahmen wurden mit dazu konsistenten Maßnahmenpaketen überlagert.



3.1.4 Sonstige Rahmendaten

Die vergleichende Beschreibung der wichtigsten sonstigen Einflussgrößen auf die Entwicklung des Verkehrs und der CO₂-Emissionen erfolgt anhand einer tabellarischen Auflistung für die unterschiedlichen Prognosen/ Szenarien (folgende **Tabelle 3.1.4-1** bis **Tabelle 3.1.4-5**). Hierbei sind qualitative Aussagen zu den Grundtendenzen, den Preis- und Technikentwicklungen sowie Restriktionen und Förderungen im Verkehrssektor getroffen und gegenübergestellt worden. Das TREMOD-Szenario wurde keiner expliziten Nennung unterzogen, da wie bereits erwähnt, die Szenario-Rahmenbedingungen der IFO-Studie übernommen wurden.

<i>Prognos/EWI-Studie</i>	<i>Einflussgrößen und Rahmendaten</i>
Trendprognose	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo; weitergehende zukünftige Dominanz des Transportsystem Straße im Personen- und Güterverkehr
Preisentwicklung	Steigende Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Pkw/ Lkw-Bereich
Technikentwicklung	Angeregt durch die höheren Kraftstoffpreise erfolgt eine Reduktion des spezifischen Energiebedarfs der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; keine Marktpenetration alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Geringer politischer Einfluss auf die Steuerung der Verkehrsentwicklung gefördert durch die Verkehrsmarkliberalisierung und die EU-Osterweiterung

Tab. 3.1.4-1: Kurzcharakteristik der Prognos/ EWI-Trendprognose

Die Prognos/EWI-Studie weist eine Prognose der Entwicklung für die Energiewirtschaft aus. Der Teilbereich Verkehr wird vor dem Hintergrund des Endenergieverbrauchs durch eine detaillierte Trendfortschreibung beschrieben.

<i>IFO-Studie</i>	<i>Einflussgrößen und Rahmendaten</i>
Szenario Trend	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo
Preisentwicklung	Sinkende Nutzerkosten für den Pkw sowie für die Binnenschifffahrt
Technikentwicklung	Reduktion des spezifischen Energiebedarfs der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; keine Marktpenetration alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Einführung einer fahrleistungsabhängigen Straßennutzungsgebühr für Lkw, ansonsten keine weiteren verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung, die über bereits gesetzgeberische verabschiedete Maßnahmen hinaus reichen

Tabellenfortsetzung nächste Seite



<i>IFO-Studie</i>	<i>Einflussgrößen und Rahmendaten</i>
Szenario Laisser-faire	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo
Preisentwicklung	Sinkende reale Nutzerkosten für den Pkw und Lkw-Bereich sowie für die Binnenschifffahrt durch Effizienzverbesserungen
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; keine Marktpenetration alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung, die über bereits gesetzgeberische verabschiedete Maßnahmen hinaus reichen
Szenario Integration	
Grundtendenz	Reduktion der Umweltbelastung im Einklang mit dem Ziel der Mobilitätssicherung; moderate preispolitische Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl
Preisentwicklung	Steigende Nutzerkosten für den Pkw -Bereich; Massive Senkung der Beförderungspreise für den schienengebundenen Personen- und Güterverkehr; steigende Kosten des Luftverkehrs
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken, motiviert durch die höheren Nutzerkosten
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Preispolitische Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung, die über bereits gesetzgeberische verabschiedete Maßnahmen hinaus reichen

Tab. 3.1.4-2: Kurzcharakteristik der Szenarien der IFO-Studie

Die Verkehrsprognose für das Jahr 2015 der IFO-Studie beinhaltet drei Szenarien mit unterschiedlichen Tendenzen in der Preis- und Technikentwicklung und in energiepolitischen Förderungen und Restriktionen. Die Szenarien Laisser-Faire und Trend unterscheiden sich nur durch die Einführung einer fahrleistungsbezogenen Straßennutzungsgebühr für Lkw.

<i>Politiksznarien</i>	<i>Einflussgrößen und Rahmendaten</i>
Referenzszenario	
Grundtendenz	Trendfortschreibung zum Status quo; weitergehende zukünftige Dominanz des Transports auf der Straße
Preisentwicklung	Steigende Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Pkw und Lkw-Bereich
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken;
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung
Tabellenfortsetzung nächste Seite	



40 % Reduktionsszenario	
Grundtendenz	Hohe Kostenbelastung des Straßenverkehrs
Preisentwicklung	Steigerungen der Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Straßenverkehr
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch hohe Treibstoffpreise; Einführung kohlenstoffarmer bzw. freier Kraftstoffe
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Senkung der Höchstgeschwindigkeit; fahrleistungsabhängige Straßenverkehrsgebühren; drastische Anhebung der Mineralölsteuer
Variante zum 40 % Reduktionsszenario	
Grundtendenz	Hohe Kostenbelastung des Straßenverkehrs, Lenkung der Verkehrsnachfrage und Verkehrsmittelwahl durch Kostenstrukturen, umfangreiche Reglementierungen
Preisentwicklung	Drastische Steigerungen der Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Straßenverkehr
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Restriktionen Einführung; kohlenstoffarmer bzw. freier Kraftstoffe
Energiepolitik/ Restriktion/ Förderung	Senkung der Höchstgeschwindigkeit; fahrleistungsabhängige Straßenverkehrsgebühren; drastische Anhebung der Mineralölsteuer; preispolitische Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung und Modal Split zwischen den Verkehrsträgern

Tab. 3.1.4-3: Kurzcharakteristik der Politikszenerarien 2000

Das 40 % Reduktionsszenario zielt auf die Verringerung des CO₂-Ausstosses in der gesamten Energiewirtschaft um die im Titel bereits genannten 40 % von 1990 bis 2020 ab. Es werden in den Endenergiesektoren Industrie, Haushalte, Kleinverbraucher und Verkehr sowie in den Energieumwandlungssektoren Stromerzeugung und Sonstige Reduktionspotenziale aufgezeigt. Das Szenario Variante geht zusätzlich von einer gegenüber dem 40 % Reduktionsszenario veränderten Modal Split-Verteilung der Verkehrsträger aus. Die Verkehrsleistung wird hierbei tendenziell stärker von energieeffizienten Verkehrsträgern und Fahrzeugen erbracht.

Shell-Pkw-Szenarien	Einflussgrößen und Rahmendaten
Szenario One World (nur Pkw-Bereich)	
Grundtendenz	Politische und wirtschaftliche Liberalisierung; Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur durch private Betreibermodelle;
Preisentwicklung	Steigende Nutzerkosten für den Pkw-Bereich
Technikentwicklung	Verstärkter Einsatz alternativer Kraftstoffe und langfristig Marktpenetration alternativer Antriebstechniken; Reduktion des spezifischen Energiebedarfs der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung
Tabellenfortsetzung nächste Seite	



<i>Shell-Pkw-Szenarien</i>	<i>Einflussgrößen und Rahmendaten</i>
Szenario Kaleidoskop (nur Pkw-Bereich)	
Grundtendenz	Starker staatlicher Einfluss auf die Verkehrsentwicklung; umfangreiche Reglementierungen
Preisentwicklung	Steigerungen der Treibstoffpreise und Nutzerkosten für den Straßenverkehr
Technikentwicklung	Reduktion des spezifische Energiebedarf der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken; wegen fehlender Kosteneffizienz nur geringfügiger Einsatz alternativer Antriebstechniken
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Anhebung der Mineralölsteuer und sonstiger Abgaben

Tab. 3.1.4-4: Kurzcharakteristik der Shell-Pkw-Szenarien

Die Shell-Pkw-Szenarien weisen keine Trendentwicklung aus, sondern zeigen nur eine Bandbreite mit einem unteren und oberen begrenzenden Szenario auf. In den Vorhersagen der Verkehrsentwicklung wird nur der Pkw-Bereich in Deutschland bis zum Jahr 2020 einbezogen. Aussagen zu den Bereich ÖPV sowie Straßengüter-, Schienen-, Schiffs- und Luftverkehr werden nicht getroffen.

<i>ESSO-Energieprognose</i>	<i>Einflussgrößen und Rahmendaten</i>
Szenario Kaleidoskop (nur Pkw-Bereich)	
Grundtendenz	Entkopplung zwischen Wirtschaftswachstum und Energieverbrauch; Verschärfung des Wettbewerbs auf dem Energiemarkt; zunehmende Globalisierung
Preisentwicklung	Zukünftig weiterhin preiswerte Energieversorgung; weitere Anhebung von energiespezifischen Abgaben
Technikentwicklung	Verstärkter Einsatz alternativer Kraftstoffe und alternativer Antriebstechniken; Reduktion des spezifischen Energiebedarfs der Fahrzeuge durch Effizienzverbesserung konventioneller Techniken
Energiepolitik Restriktion/ Förderung	Bei der Reduktion der CO ₂ -Emissionen haben Selbstverpflichtungen Vorrang vor ordnungspolitischen Maßnahmen; Keine verkehrspolitischen Maßnahmen zur Steuerung der Verkehrsentwicklung

Tab. 3.1.4-5: Kurzcharakteristik der ESSO-Energieprognose

Die ESSO-Energieprognose reiht sich in den Bereich der energiewirtschaftlichen Gesamtprognosen ein. Das Hauptaugenmerk der Prognose liegt auf dem Bedarf an Primär- und Endenergieträgern für Deutschland bis zum Jahr 2020.

Die in den **Tabellen 2.2.4-1 bis 5** gezeigten Maßnahmen zur Restriktion bzw. Förderung im Verkehrssektor sowie die Preisentwicklung finden Eingang in die Prognose der Verkehrs-/ Fahrleistungen und deren Verteilung auf die verschiedenen Verkehrsmittel (Modal Split). Die Technikentwicklungen steigern die Energieeffizienz der Fahrzeugantriebe und Gesamtfahrzeugkonzepte



und/ oder erlauben den Einsatz kohlenstoff-armen bzw. -freier Kraftstoffe und Primärenergieträger. Der mit der Umsetzung der Verkehrsleistung in Fahrleistung verbundene Endenergiebedarf und die damit verbundenen CO₂-Emissionen werden somit reduziert.

Die betrachteten Szenarien setzen bewusst gezielte Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete zur CO₂-Reduktion ein, um deren Wirksamkeit und maximales CO₂-Reduktionspotenzial mit Hilfe der Szenario-Ergebnisse abschätzen zu können.

3.2 Personenverkehr

Die bereits beschriebenen Rahmendaten und Annahmen der Prognosen und Szenarien führen zu den im Folgenden beschriebenen Entwicklungen des Personenverkehrs in Deutschland. Da die Szenarien von Shell und ESSO eine fahrleistungsbezogene Vorhersage des Pkw-Verkehrs ausweisen, werden auch die Fahrzeugkilometer (Fzkm) der Pkw verglichen.

3.2.1 Verkehrs- und Fahrleistungen des Personenverkehrs

Die Personenverkehrsleistungen der verschiedenen Studien und ihrer Varianten zeigt **Abbildung 3.2.1-1**. Die Shell- und ESSO-Szenarien können aus den bereits angeführten Gründen nicht in den Vergleich einbezogen werden. Die IFO-Projektionen haben den Zeithorizont 2015.

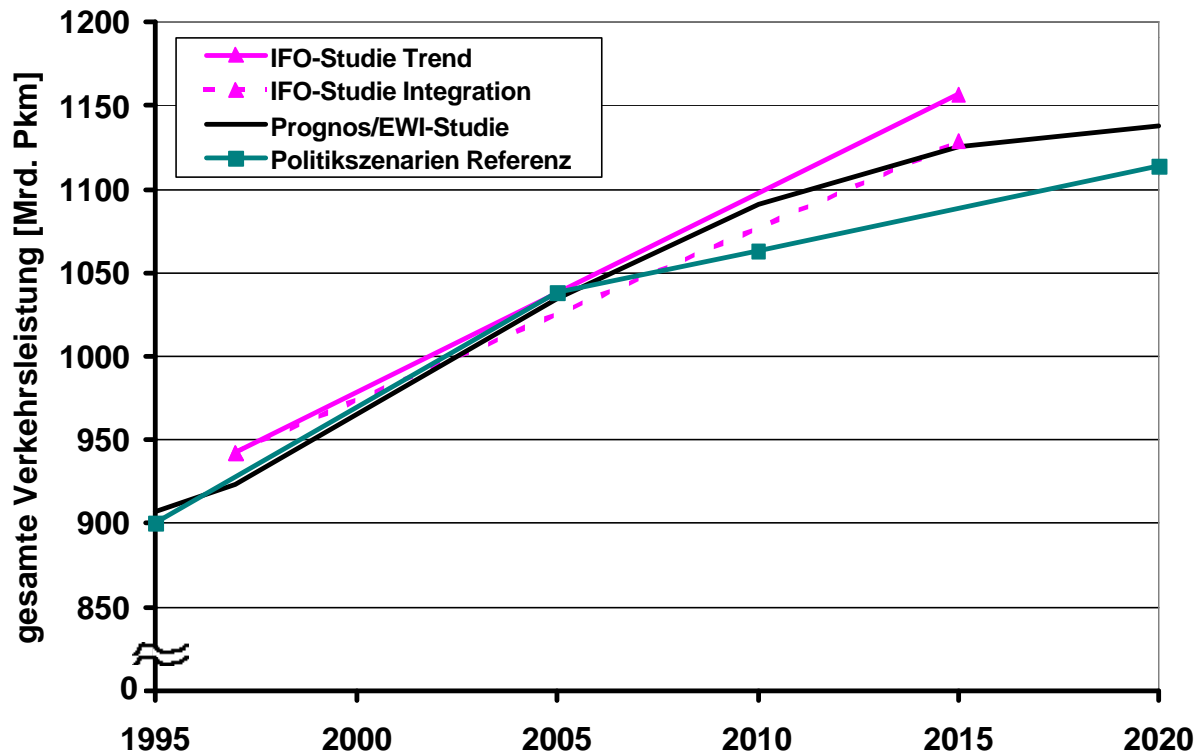


Abb. 3.2.1-1: Prognostizierte Entwicklung der (motorisierten) Personenverkehrsleistung in Deutschland



Die erbrachte Verkehrsleistungen der Fußgänger und Radfahrer sind nicht in **Abbildung 3.2.1-1** enthalten. Es handelt sich ausschließlich um den motorisierten Verkehr. Die Angaben der Verkehrsleistungen des Straßen- und Schienenverkehrs enthalten die Bereiche Inlandsverkehr, grenzüberschreitender und Transit-Verkehr. Der Luftverkehr bezieht sich nur auf den innerdeutschen Verkehr. Dies entspricht der internationalen Vereinbarung für CO₂-Emissionsrechnungen. Die IFO-Studie weist weitere Verkehrsleistungen des Luftverkehrs nach dem Territorial- und Standortprinzip aus. Wegen der fehlenden Vergleichbarkeit mit anderen Studien soll in den weiteren Gegenüberstellungen nur auf den innerdeutschen Flugverkehr eingegangen werden.

Die Prognosen/ Szenarien gehen von einer Steigerung der Verkehrsleistungen von 1995 bis 2015 im Personenverkehr zwischen 17 % und 22 % aus. Die Verläufe der Verkehrsleistungen des Personenverkehrs der Prognos/ EWI-Studie und der Politiksznarien weisen eine abflachende Tendenz bis zum Jahr 2020 aus.

Der Personenverkehr in Deutschland wird maßgeblich durch die Entwicklung des motorisierten Individualverkehr (MIV) geprägt. Der Anteil des MIV an den gesamten Personenverkehrsleistungen betrug im Jahr 2000 knapp 80 % (vgl. Verkehr in Zahlen 2001/2002). Den Aussagen der Prognosen und Szenarien zur Folge wird die Dominanz des MIV auch zukünftig erhalten bleiben.

Die folgenden **Abbildung 3.2.1-2a und b** zeigen die Annahmen zu den Verteilungen der Verkehrsleistungen auf die verschiedenen Verkehrsträger. Es wird die **Modal Split**-Verteilung des Personenverkehrs für die Jahre 1997, 2005, 2010, 2015 und 2020 für verschiedene Studien angegeben und verglichen.

Die Angabe des Modal Splits für die Szenarien der Shell AG und ESSO AG ist nicht möglich, da dort nur der Pkw-Verkehr betrachtet wird und keine explizite Differenzierung der verschiedenen Verkehrsträgern ausgewiesen ist.

Für den Anteil des MIV wird im Jahr 2020 ein Anteil zwischen 76 % und 81,5 % vorhergesagt. Zusammen mit der mit der in **Abbildung 3.2.1-1** gezeigt gesamten Verkehrsleistung entspricht dies einer absoluten Erhöhung der Verkehrsleistung des MIV von 1995 auf 2020 zwischen ca. 11 % und 25 %.

Die stärksten Zuwächse verzeichnet bei allen Studien der Luftverkehr. Bezogen auf die Verkehrsleistungen von 1995 wird in den Studien ein absolutes Wachstum des Personenluftverkehrs mit einer Bandbreite zwischen 50 % und 200 % angegeben. Hierbei ist zu bemerken, dass die Verkehrsleistungen des Luftverkehrs insgesamt auf vergleichsweise niedrigem Ausgangsniveau gegenüber den anderen Verkehrsträgern liegen.

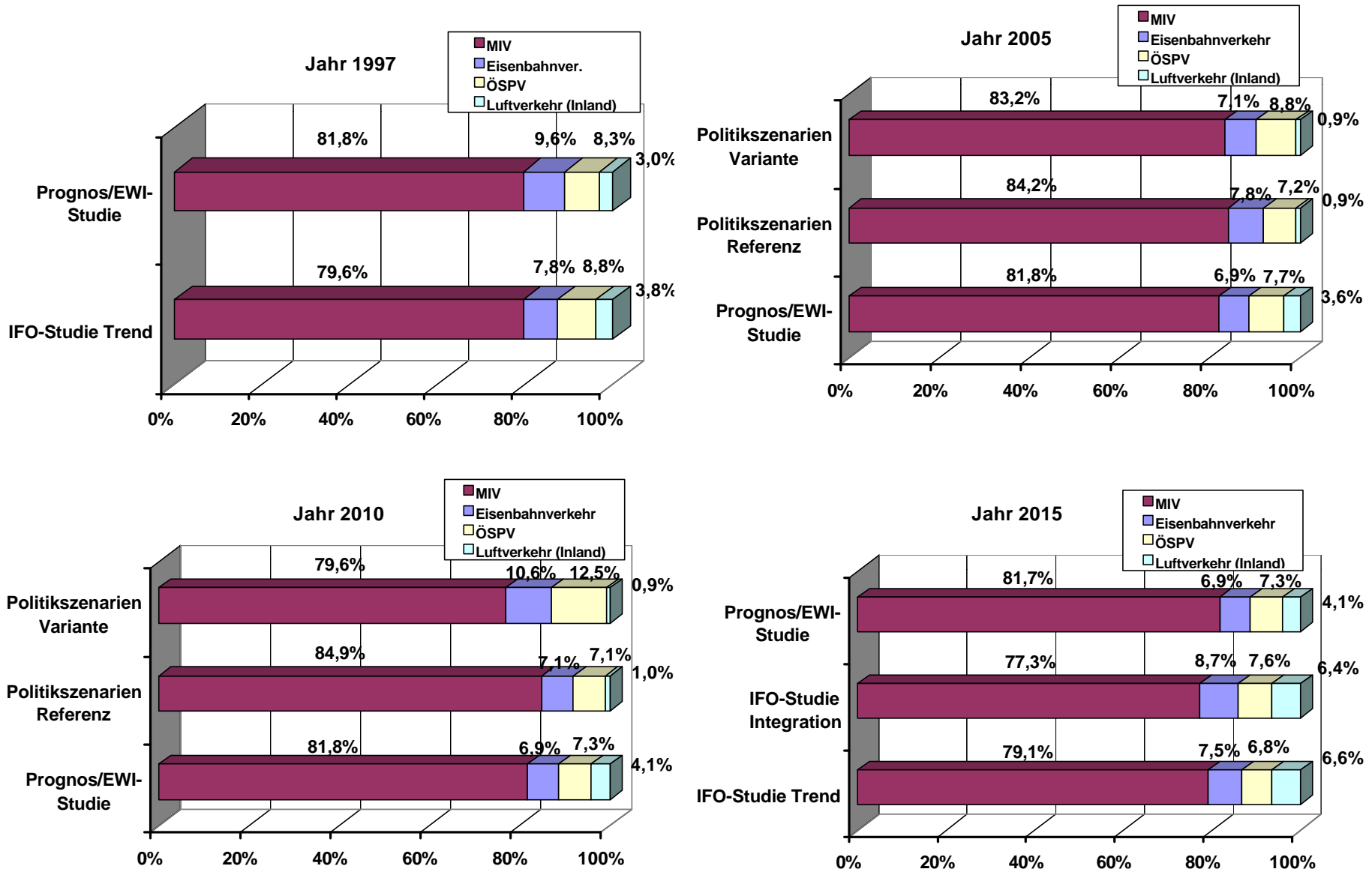


Abb. 3.2.1-2a: Vergleich der Verkehrsmittelverteilung im Personenverkehr

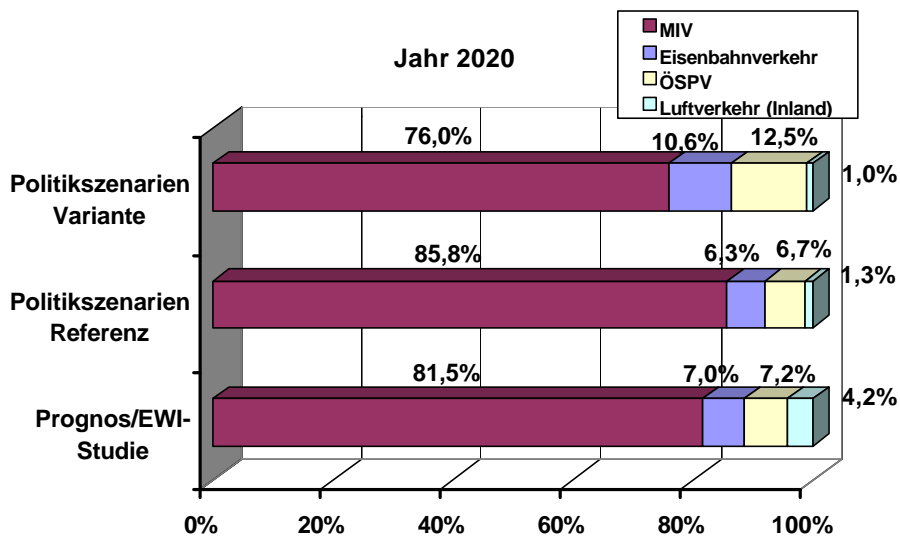


Abb. 3.2.1-2b: Vergleich der Verkehrsmittelverteilung im Personenverkehr

Die erwarteten Anteile des Öffentlichen Straßenpersonenverkehrs (ÖSPV) bzw. des Schienenpersonenverkehrs belaufen sich auf einen Bereich zwischen ca. 7 und 11 % bzw. ca. 7 bis 13 %. Die hohen Anteile des ÖSPV und des Eisenbahnpersonenverkehrs im Politiksznario Variante gehören zum Maßnahmenpaket des Szenarios (Verkehrsverlagerung) und werden bewusst durch feste Modal Split-Vorgaben gesetzt.

Die Berechnung der Emissionen des Verkehrs mit der Hilfe von fahrleistungsspezifischen Emissionsfaktoren setzt die Bestimmung der **Fahrleistungen** für die einzelnen Verkehrsmittel voraus.

Die gesamten Fahrleistungen des Pkw-Verkehrs, welcher den höchsten Anteil an den gesamten Personenverkehrsleistungen in allen Jahren hat, werden in **Abbildung. 3.2.1-3** verglichen.

Die Fahrleistungen ergeben sich bei den Studien von IFO, Prognos/ EWI und Politiksznarien aus der mittleren Personenbesetzungszahl der Pkw und den gezeigten Verkehrsleistungen in Kombination mit der Modal Split-Verteilung.

Die Personenbesetzungszahlen (PBZ) der Pkw für die Politiksznarien entstammen zusätzlichen Informationen des IKARUS LP-Modells, welches den CO₂-Rechnungen der Szenarien zu Grunde liegt. Es wurde mit einer PBZ im Jahr 2005 und 2020 von 1,25 Pkm/Fzkm im Nahverkehr und 1,47 Pkm/Fzkm im Jahr 2005 bzw 1,55 Pkm/Fzkm im Jahr 2020 für den Fernverkehr gerechnet.

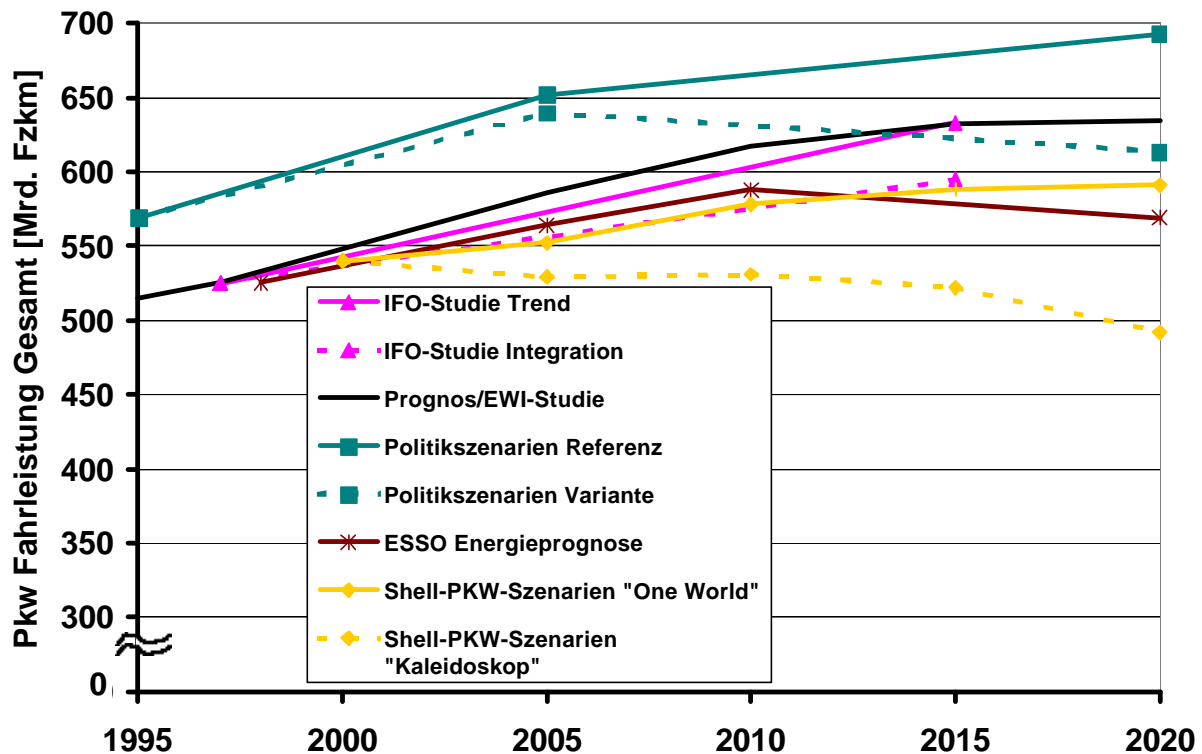


Abb. 3.2.1-3: Resultierende Fahrleistungen im Pkw-Verkehr

Die Fahrleistungen des Pkw-Verkehrs erhöhen sich nach den Prognosen und Szenarien zwischen 7 % und 20 %. Einzig das Shell-Pkw-Szenario Kaleidoskop, welches als Grundtendenz mit einer starken staatlichen Lenkung der Verkehrsentwicklung belegt ist, geht von einem ca. 6 % Rückgang der gesamten Pkw-Fahrleistung aus.

Die höheren Fahrleistungen in den Politikszzenarien erklärt sich aus den niedrigeren Annahmen der PBZ. Die IFO-Studie und die Prognos/ EWl-Studie rechnen mit einer höheren PBZ von 1,43 und 1,47 im Jahr 2015 für den gesamten Pkw-Verkehr.

Die große Bandbreite der Ergebnisse erklärt sich einerseits aus den unterschiedlichen Annahmen der Besetzungszahlen und andererseits aus dem Anteil der ausgewiesenen Verkehrsleistung, die vom Pkw-Verkehr abgedeckt wird. Hier unterscheiden sich die Studien und insbesondere die Variante der Politikszzenarien, da letztere u. a. eine Verkehrsverlagerung hin zu den Öffentlichen Verkehrsträgern unterstellt.

Um die Sensitivität der Einflussgröße **Besetzungszahl** (beförderte Personen bzw. befördertes Gütergewicht pro gefahrenen Fahrzeugkilometer) auf die Umrechnung der Verkehrsleistungen in Fahrleistungen aufzuzeigen, wurde in der folgenden **Abbildung 3.2.1-4** am Beispiel des Shell-Pkw-Szenarios "One World" die Rückrechnung der Verkehrsleistungen aus den angegebenen Fahrleistungen (Abbildung 3.2.1-3) mit verschiedenen Annahmen der Personenbesetzungszahl (PBZ) vollzogen.

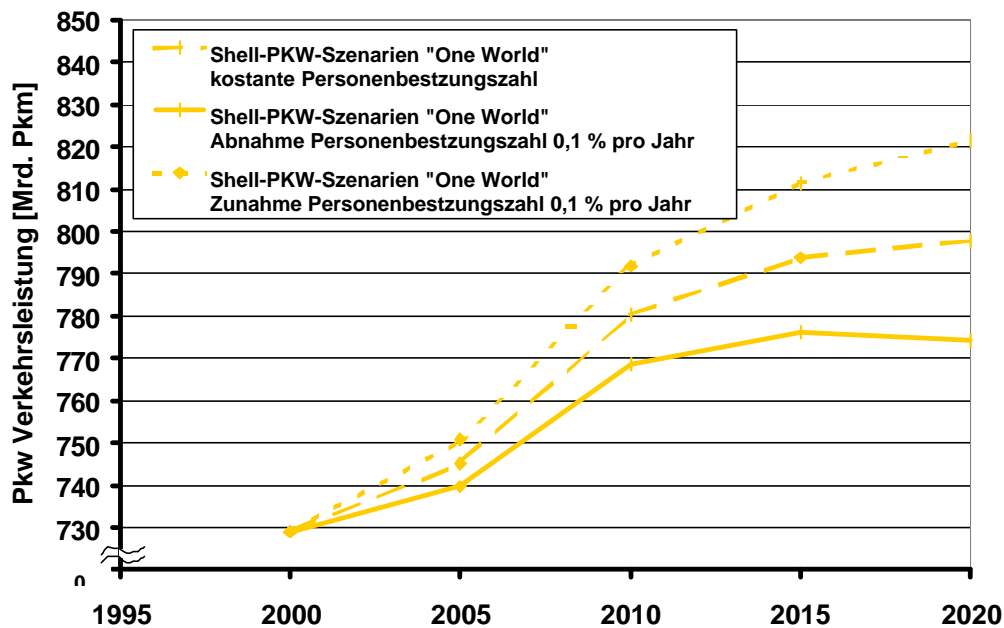


Abb. 3.2.1-4: Sensitivitätsrechnung zu den Personenbesetzungszahlen (Beispiel Shell-Szenario)

Ausgangspunkt der Sensitivitätsrechnung ist das Jahr 2000 mit einer mittleren PBZ von 1,41 Pkm/Fzkm. Die Rechnungen wurden mit konstanter, abnehmender (-0,1 % pro Jahr) und steigender (+0,1 % pro Jahr) PBZ durchgeführt. Dies erscheint mit Blick auf die derzeitige Entwicklung eine denkbare Bandbreite der Entwicklung zu sein. Durch die unterstellte Entwicklung der PBZ entsteht bis 2020 eine Bandbreite der Verkehrsleistungen von ca. 7 % bei sonst gleichen Ausgangsbedingungen. Die Unsicherheit der Vorausschätzung dieser Entwicklung geht mit in die CO₂-Emissionsrechnungen ein.

3.2.2 Kenngrößen des Personenfahrzeugbestands

Da derzeit ca. 95 % der direkten CO₂-Emissionen des Personenverkehrs im Pkw-Bereich emittiert werden, liegt der Fokus des Kapitels zur Charakterisierung des Fahrzeugbestands im Personenverkehr nur auf den Kenngrößen des Pkw-Sektors.

Die folgenden **Abbildung 3.2.2-1** zeigt die verschiedenen Annahmen zur Entwicklung des Pkw-Bestands in den Jahren 1997/2000, 2010 und 2020. Es wird unterschieden zwischen den Antriebsarten Ottomotor (Benzin), Dieselmotor und sonstigen Antriebsarten. Zu den letztgenannten Antrieben zählen sowohl alternative Energiewandlungsverfahren (z. B. elektromotorischer Antrieb in Kombination mit Brennstoffzelle) als auch die innermotorische Verbrennung alternativer Kraftstoffe wie z. B. Erdgas, Liquefied Petrol Gas (LPG), Wasserstoff, Biodiesel.

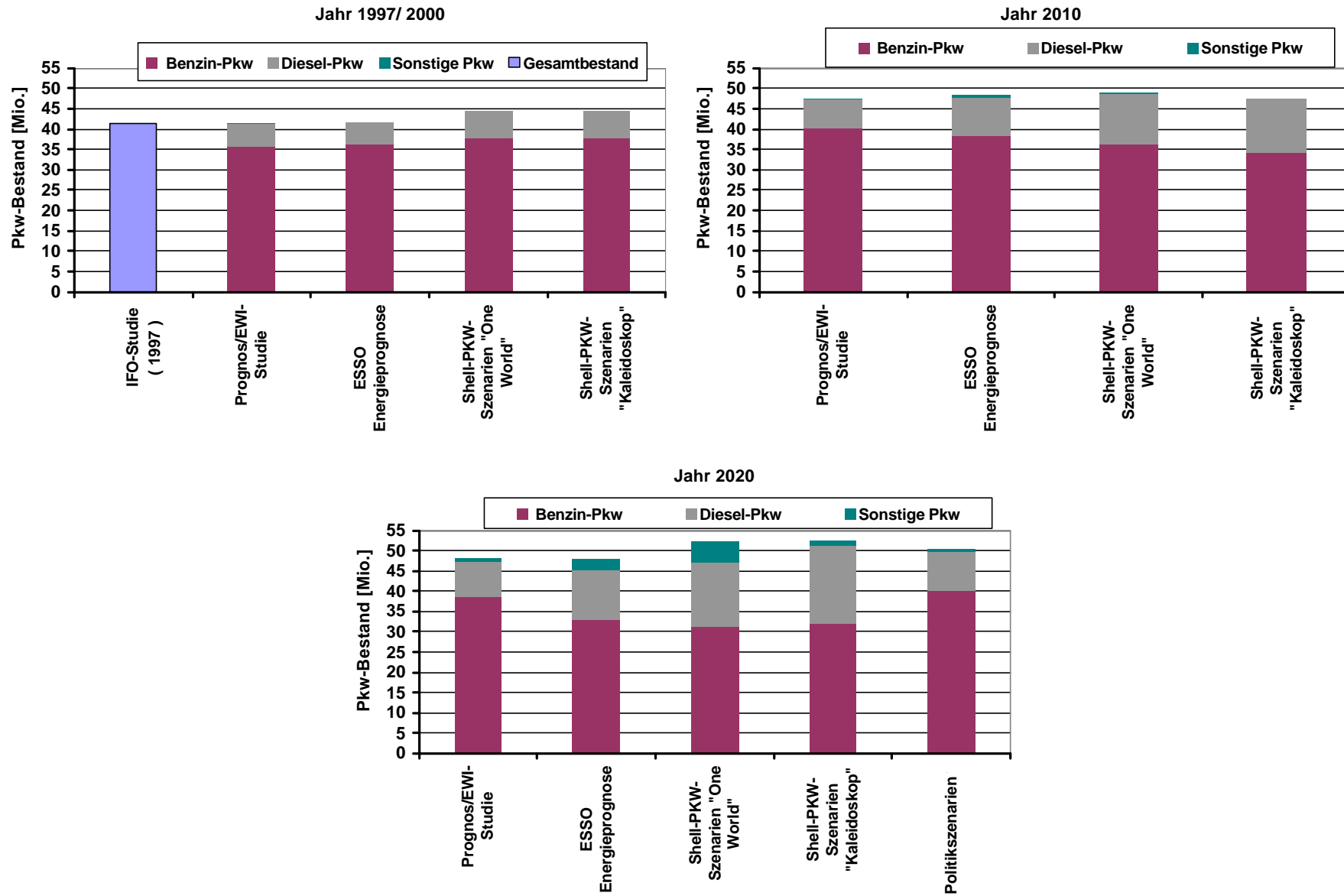


Abb. 3.2.2-1: Vergleich der erwarteten Entwicklung des Pkw-Bestands



Der Bestandsanteil der sonstigen Pkw wird im Jahr 2020 zwischen 1,4 % (Politikszenerarien) und 10 % (Shell-Pkw-Szenario "One World") abgeschätzt. Das Shell Szenario geht von einer flächendeckenden Markteinführung der Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge im Jahr 2015 aus.

Da die direkten CO₂-Emissionen der Pkw annähernd proportional zur Verbrauchsreduktion sinken, ist in der folgenden **Abbildung 3.2.2-2** die Entwicklung des volumetrischen **Durchschnittsverbrauchs** des gesamten Pkw-Bestands gezeigt. Dieser kann nicht mit dem Kraftstoffverbrauchswerten, ermittelt im Neuen Europäische Fahrzyklus (NEFZ) nach der Richtlinie 91/441/EWG für Neufahrzeuge, verglichen werden. Die hier gezeigten Verbrauchswerte sind durch die verbrauchten Volumina an Benzin-/ Dieselkraftstoff und der Gesamtfahrleistung der Pkw ermittelt worden. Eine energetische Bewertung der verbrauchten Kraftstoffe wurde nicht vorgenommen.

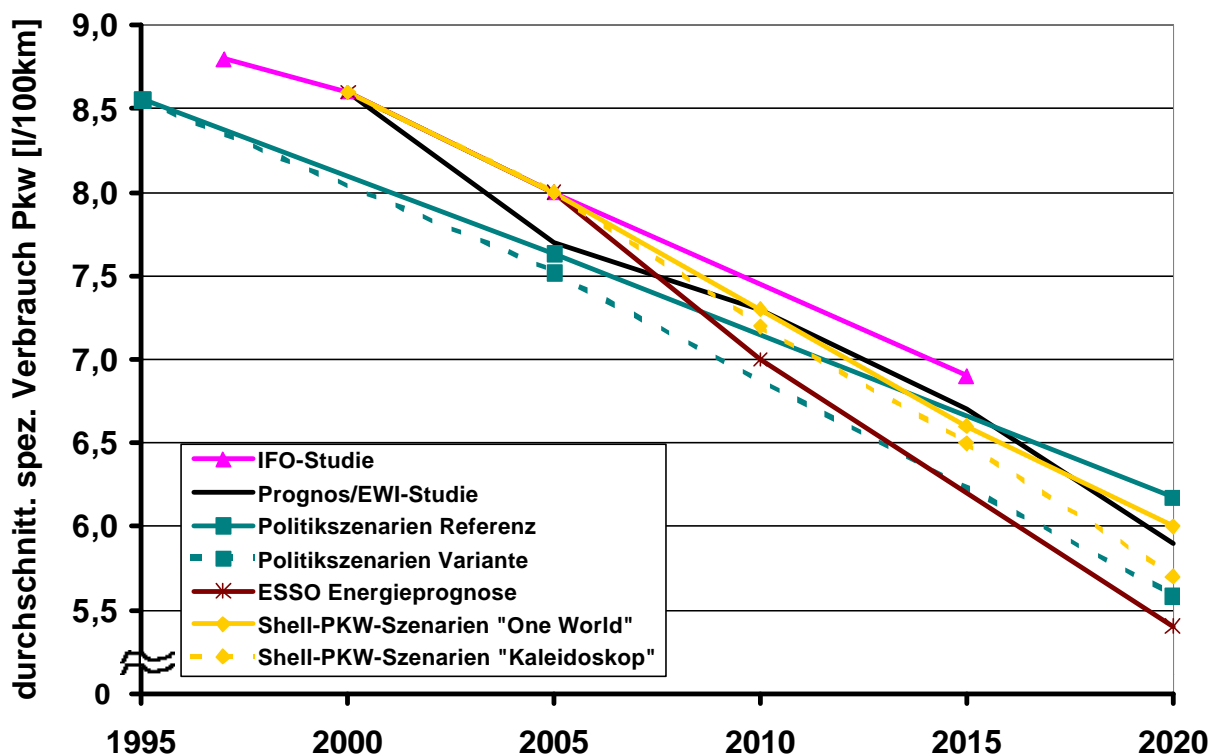


Abb. 3.2.2-2: Volumetrischer Durchschnittsverbrauch des Pkw-Bestands

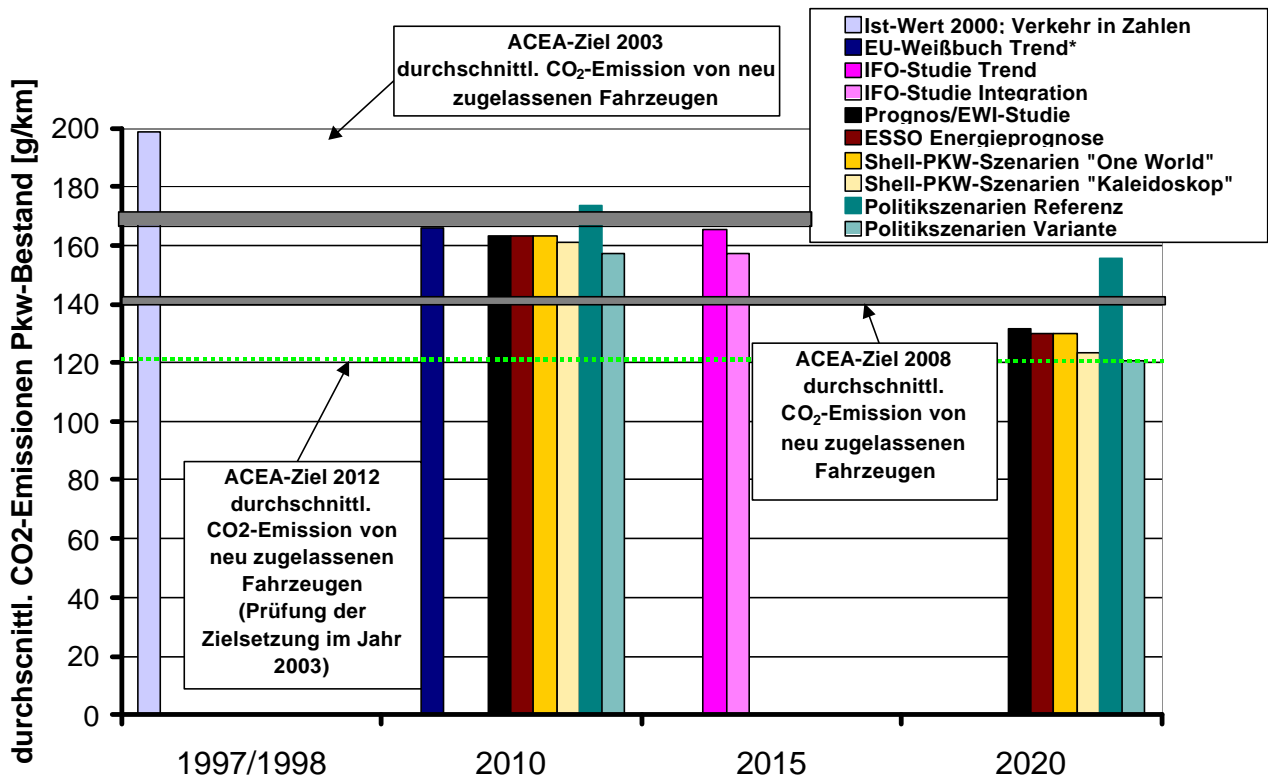
Die Studien gehen von einer 22 % bis 37 % Reduktion des Bestandsverbrauchs von 1997 bis 2020 aus. Die ESSO-Energieprognose geht von der größten Verbrauchsreduzierung aus. Die IFO-Studie bildet die untere Grenze der Verbrauchsreduktion.

Der in allen Prognosen und Szenarien vorhergesagte steigende Anteil der Dieselfahrzeuge ist teilweise für die Verringerung des volumetrischen Durchschnittsverbrauch verantwortlich, so dass die Reduktion nicht vollständig den effizienzverbessernden Technik-Maßnahmen zugeschrieben werden kann.

Die folgende **Abbildung 3.2.2-2** zeigt den Vergleich der direkten fahrleistungsspezifischen CO₂-Pkw-Emissionen der verschiedenen Studien mit der Selbstverpflichtung des Verbands der



europäischen Automobil-Hersteller (ACEA) für den CO₂-Ausstoß der Neuwagenflotte. Die spezifischen CO₂-Emissionen wurden aus den Angaben der Studien für den Verbrauch an Diesel, Benzin und sonstigen Energieträgern Pkw in Form unterschiedlichen Emissionsfaktoren (Benzin: 2,28 kg_{CO2}/l_{Benzin}; Diesel: 2,58 kg_{CO2}/l_{Diesel}) errechnet.



(140 g_{CO2}/km entsprechen einem Verbrauch von 6,1 l_{Benzin}/100 km bzw. 5,4 l_{Diesel}/100 km
 120 g_{CO2}/km entsprechen einem Verbrauch von 5,3 l_{Benzin}/100 km bzw. 4,7 l_{Diesel}/100 km)

Abb. 3.2.2-3: Entwicklung der spezifischen CO₂-Emission der Pkw in den Szenarien (Bestandsdurschnitt)

Die ACEA-Ziele für die CO₂-Emissionen beziehen sich auf die aus dem Kraftstoffverbrauch nach Richtlinie 91/441/EWG für Neufahrzeuge errechneten Wert für die spezifischen Emissionen.

Beim Vergleich der ACEA-Reduktionsziele mit dem Bestandsverbrauch muss die zeitliche Verschiebung der Bestandserneuerung von derzeit 11 Jahren (vgl. Verkehr in Zahlen 2001/2002) Berücksichtigung finden. Das noch zu überprüfende ACEA-Ziel für 2012 von 120 g_{CO2}/km muss im Jahr 2020 weitestgehend für den Bestand erreicht sein. Alle Studien mit Ausnahme des Politikszenarios "Referenz" erreichen die Werte entsprechend der ACEA-Selbstverpflichtung für 2008.



3.3 Güterverkehr

Wesentlich verantwortlich für die Entwicklungen des Güterverkehrsverkehrs in Deutschland sind die gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten, die Annahmen zu Technik- und Preisentwicklungen des Güterverkehrs und die unterstellte energiepolitische Restriktionen und Förderungen in den jeweiligen Prognosen und Szenarien.

Da der Fokus der Szenarien von Shell und ESSO auf der zukünftigen Entwicklung des Pkw-Verkehrs liegt und keine Aussagen zu den Entwicklung im Güterverkehr getroffen bzw. keine separaten Ergebnisse für den Güterverkehr ausgewiesen werden, können diese Szenarien in den Vergleich der Prognosen für den Güterverkehr nicht einbezogen werden.

3.3.1 Verkehrs- und Fahrleistungen des Güterverkehrs

Die **Güterverkehrsverkehrsleistungen** der verschiedenen Studien und ihrer Varianten zeigt **Abbildung 3.3.1-1**. Im Gegensatz zur Prognos/EWI-Studie und den Politiksznarien hat die Vorhersage der IFO-Studie analog zum Personenverkehrs-Sektor einen Zeithorizont bis 2015.

Die Angaben zum Straßen-, Schienen- und Binnenschiff-Güterverkehr beinhalten den Inlandsverkehr, den grenzüberschreitender und den Transit-Verkehr. Analog zum Personenverkehr bezieht sich der Luftfrachtverkehr nur auf den innerdeutschen Verkehr um eine Vergleichbarkeit zwischen den Szenario-Ergebnissen zu gewährleisten. Der Transport mittels Rohrleitungen ist in der Darstellung einheitlich nicht enthalten, der Kurzstrecken-Seeverkehr ebenfalls nicht.

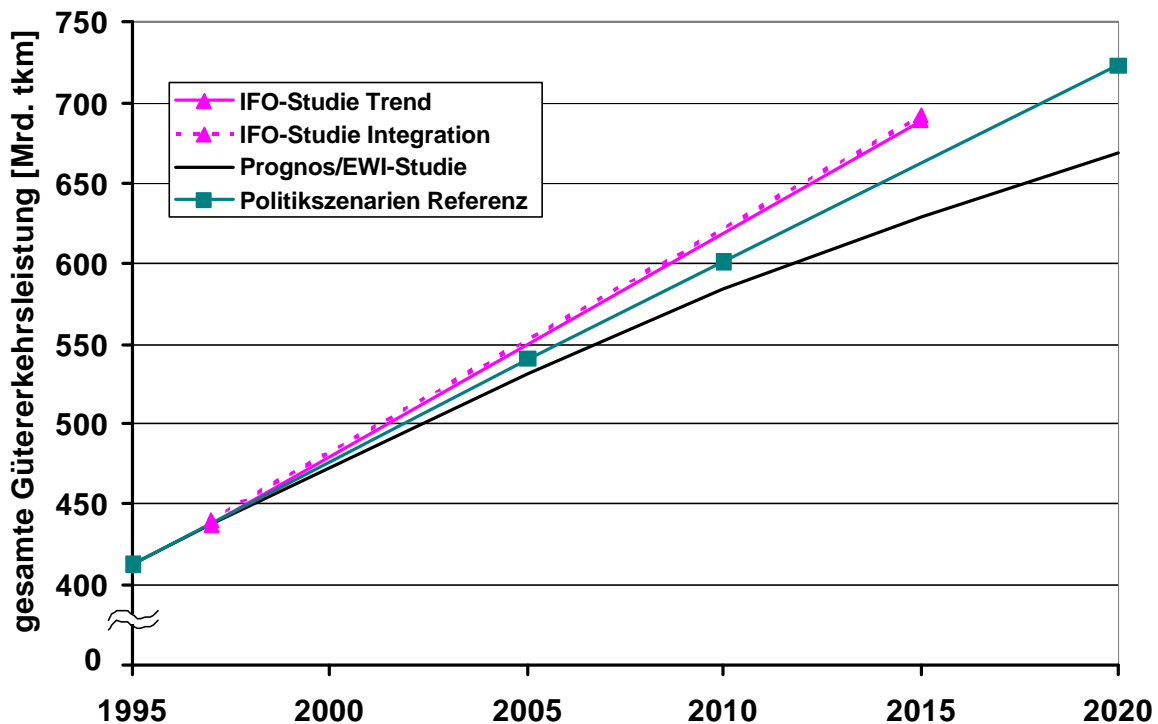


Abb. 3.3.1-1: Prognostizierte Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland



Die absoluten Verläufe der Güterverkehrsleistungen in den beiden Szenarien der IFO-Studie weisen die gleiche Entwicklung auf. Sie unterscheiden sich jedoch wesentlich in der Verteilung der Verkehrsleistung auf die einzelnen Güterverkehrsträger.

Die verschiedenen Prognosen und Szenarien weisen eine Steigerung der Güterverkehrsleistung von 1997 bis 2015 zwischen ca. 41 % (Prognos/EWI-Studie) und 58 % (IFO-Studie) aus. Die Bandbreite der Steigerung von 1997 bis 2020 liegt zwischen 53 % und 65 %. Der Verlauf der prognostizierten Güterverkehrsleistungen nimmt bei allen untersuchten Studien einen annähernd linearen Verlauf an.

Der Güterverkehr in Deutschland wird maßgeblich durch die Entwicklung des Straßengüterverkehrs geprägt. Der Anteil des Transports von Gütern auf der Straße an den gesamten Verkehrsleistungen des Güterverkehrs betrug im Jahr 2000 knapp 71 % (vgl. Verkehr in Zahlen 2001/2002).

Die folgenden **Abbildung 3.3.1-2a und b** zeigen die Annahmen der Verteilung der Güterverkehrsleistungen auf den Straßen-, Eisenbahn-, Binnenschiff-Güterverkehr. Die Verteilung wird für die Jahre 1997, 2005, 2010, 2015 und 2020 für die verschiedenen Studien angegeben und verglichen. Der Luftfrachtverkehr wird nur für das Jahr 2020 ausgewiesen. Die Verteilung des Güterverkehrs für das Politikscenario "40% Reduktion" entspricht der des Szenarios "Referenz".

Für den Anteil des Straßengüterverkehr am gesamten Güterverkehr wird im Jahr 2015 ein Anteil zwischen 70 % und 74 % vorhergesagt. Zusammen mit der in **Abbildung 3.3.1-1** gezeigten gesamten Verkehrsleistung entspricht dies einer absoluten Erhöhung des Güternah- und Güterfernverkehrs von 1997 bis 2015, die zwischen 6 % bis 12 % liegt. Der Straßenverkehr verzeichnet auch in Zukunft nach den Aussagen der Studien die größten Zuwächse.

Für den Straßengüterverkehr wird im Jahr 2020 ein Anteil zwischen 53,4 % und 74 % vorhergesagt. Das Politikscenario "Variante" bildet bei Entwicklung des Straßengüterverkehrs eine Ausnahme und gleichzeitig die untere Grenze des Modal Split Anteils. Das Szenario setzt bewusst auf eine gesteuerte Verkehrsverlagerung vom Güterverkehr auf der Straße hin in zu den Bereichen Eisenbahngüterverkehr und Binnenschifffahrt. Während das genannte Szenario von einer Güterverkehrsverteilung der Eisenbahn und Binnenschifffahrt in 2020 von ca. 47 % ausgeht, prognostiziert die Prognos/EWI-Studie einen Anteil des Schienen- und Binnengewässerverkehrs von nur ca. 26 % im Jahr 2020.

Die IFO-Szenarien und die Prognos/EWI-Studie gehen in ihren Zeithorizonten langfristig von einem sinkendem Anteil des Eisenbahngüterverkehrs und des Binnenschiffverkehrs aus. Das Politikscenario "Referenz" hingegen unterstellt von 1997 bis 2020 einen um 10 Prozentpunkte steigendem Anteil des Eisenbahnverkehrs.

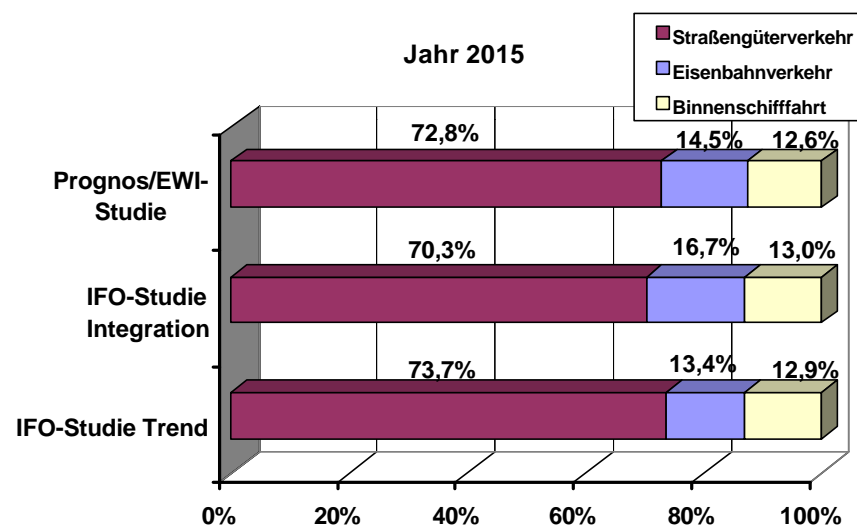
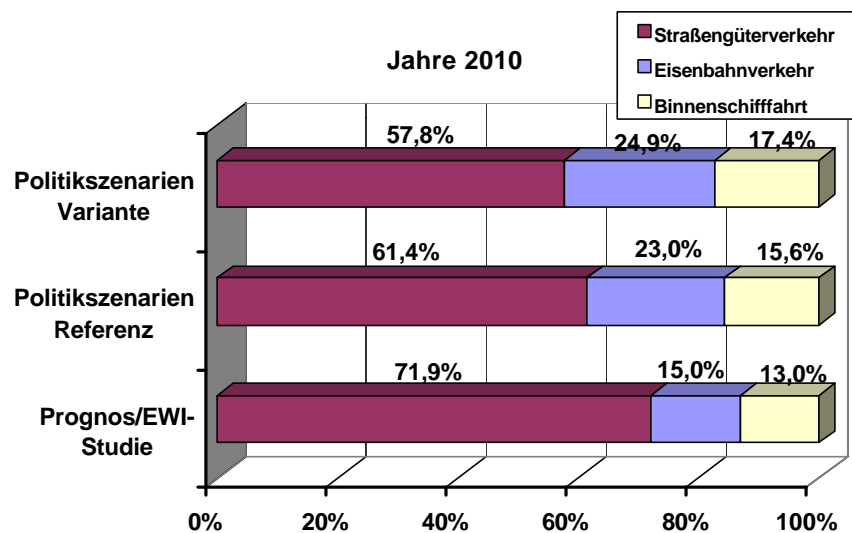
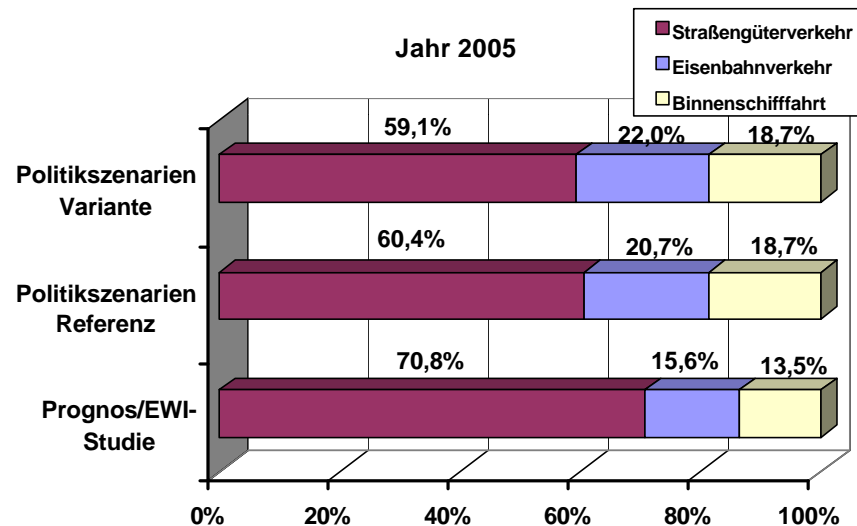
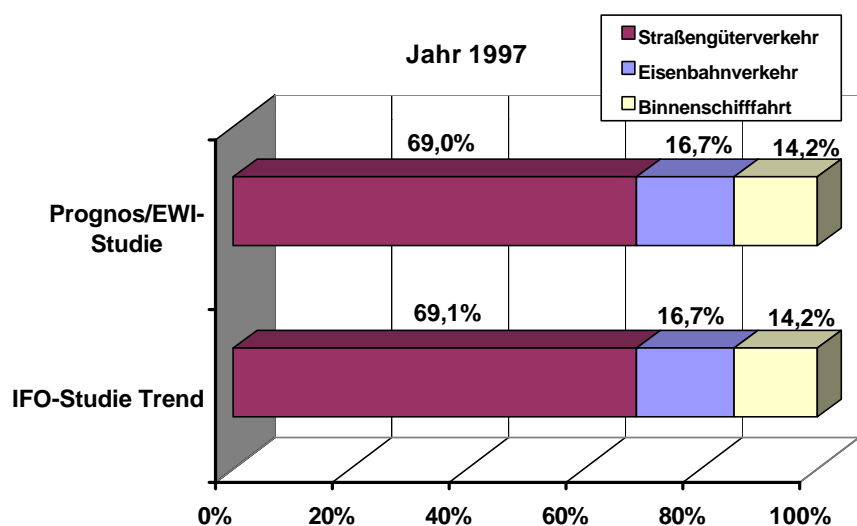


Abb. 3.3.1-2a: Vergleich der Verkehrsmittelverteilung im Güterverkehr

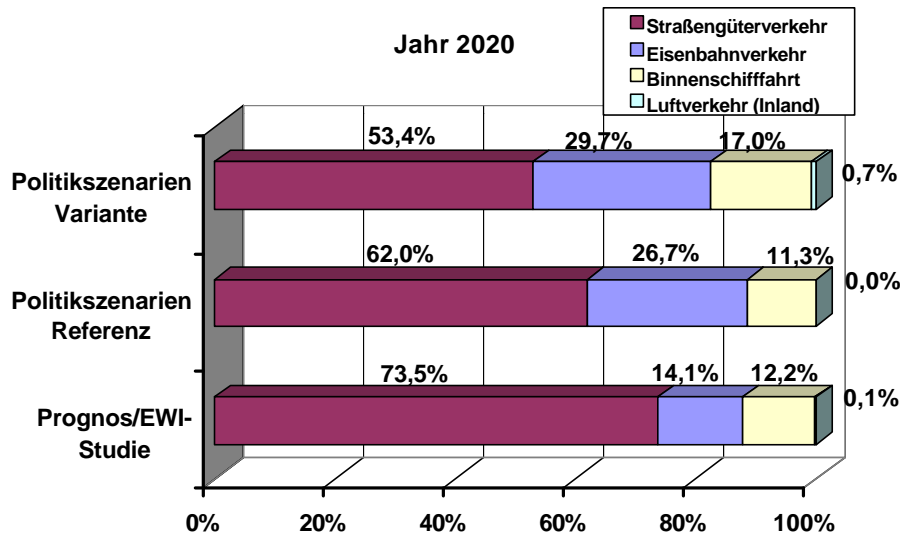


Abb. 3.3.1-2b: Vergleich der Verkehrsmittelverteilung im Güterverkehr

Zu bemerken bleibt, dass neben dem Straßengüterverkehr auch der in der Abbildungen nur für das Jahr 2020 gezeigte Luftverkehr Zuwächse in allen Studien verzeichnet. Hierbei liegt die Verkehrsleistungen des Luftfrachtverkehrs insgesamt auf vergleichsweise sehr niedrigem Ausgangsniveau gegenüber den anderen Verkehrsträgern.

Die Berechnung der Emissionen des Verkehrs mit der Hilfe von fahrleistungsspezifischen Emissionsfaktoren (z. B. Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 1999) setzt die Bestimmung der **Fahrleistungen** für den Güterverkehr voraus. Die gesamten Fahrleistungen des Straßengüterverkehrs, welcher den höchsten Anteil an den Güterverkehrsleistungen und den CO₂-Emissionen im Güterverkehrssektor hat, werden in **Abbildung. 3.3.1-3** verglichen.

Die Fahrleistungen ergeben sich bei den Studien aus der mittleren Beladungszahl der Straßengüterverkehrsfahrzeuge und den gezeigten Verkehrsleistungen in Kombination mit der prognostizierten Modal Split-Verteilung. Die mittlere Beladungszahl gibt die gravimetrische Menge an beförderten Transportgut pro gefahrenem Fahrzeugkilometer an.

Die Beladungszahlen des Straßengüterverkehrs für die Politikszenerarien entstammen zusätzlichen Informationen des IKARUS LP-Modells, welches den CO₂-Rechnungen der Szenarien zu Grunde liegt. Es wurde mit einer Beladungszahlen im Jahr 2005 und 2020 von 1,82 tkm/Fzkm im Nahverkehr und 7,43 tkm/Fzkm für den Fernverkehr gerechnet.

Für die unterschiedlichen Ausgangspositionen der Fahrleistungen in den Jahren bis 2000 sind die unterschiedlichen Abgrenzungen des Lkw-Verkehrs verantwortlich. Entscheidet hierbei ist der Einbezug der sogenannten übrigen Kfz (Sonderfahrzeuge) für die absolute Höhe der Fahrleistungen. In den Angaben der IFO-Studie und der Politikszenerarien ist diese Fahrzeugkategorie im Gegensatz zur Prognos/EWI-Studie nicht enthalten.

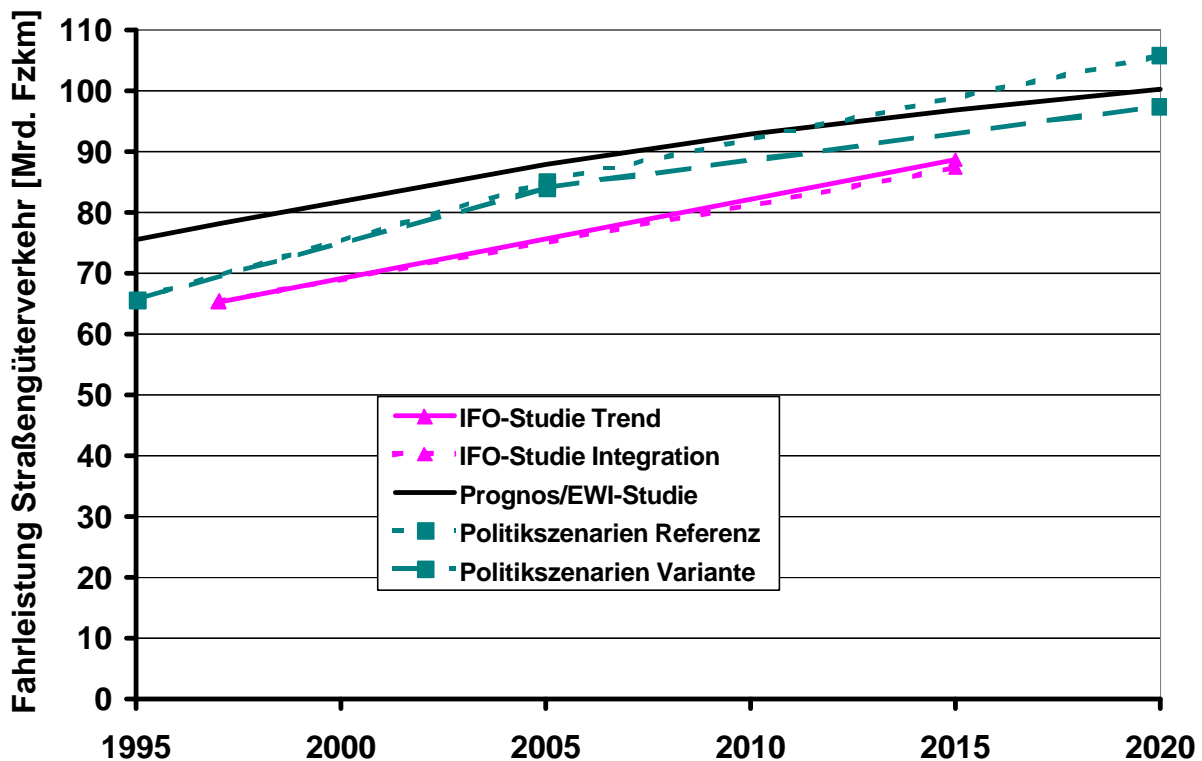


Abb. 3.2.1-2: Vergleich der Fahrleistungen im Straßengüterverkehr in Deutschland

Insgesamt wird in allen Szenarien von einem Anstieg der Fahrleistungen im Straßengüterverkehr ausgegangen. Die Bandbreite der Steigerung der Fahrleistung von 1997 nach 2015 liegt zwischen ca. 24 % und 34 % bzw. von 1997 nach 2020 zwischen ca. 28 % und 50 %. Die höchste Steigerung weist hierbei das Politikszenario "Referenz" auf.

3.3.2 Kenngrößen des Güterfahrzeugbestands

Da derzeit und zukünftig der größte Anteil der direkten CO₂-Emissionen des Güterverkehrs vom Straßengüterverkehr emittiert wird, werden nur die Kenngrößen des Lkw-Sektors näher betrachtet.

Der Güterverkehr auf der Straße wird fast ausschließlich durch den Einsatz von Dieselaggregaten abgewickelt. Es wird in allen Studien kein Durchbruch beim Einsatz alternativer Antriebstechniken und Kraftstoffe zukünftig erwartet. Eine Bestandsverteilung der Güterverkehrsfahrzeuge nach unterschiedlichen Antriebsarten analog zu den Pkw liefert somit keinen zusätzlichen Informationsgehalt.

Da die direkten CO₂-Emissionen des Straßengüterverkehrs analog zum Pkw annähernd proportional zur Verbrauchsreduktion sinken, ist in der folgenden **Abbildung 3.3.2-1** die Entwicklung des volumetrischen **Durchschnittsverbrauchs** der gesamten Güterverkehrsfahr-



zeuge gezeigt. Die Verbrauchswerte sind durch die verbrauchten Volumina an Dieselmotorkraftstoff und aus der Gesamtfahrleistung aller Straßengüterfahrzeuge ermittelt und gegenüber gestellt worden.

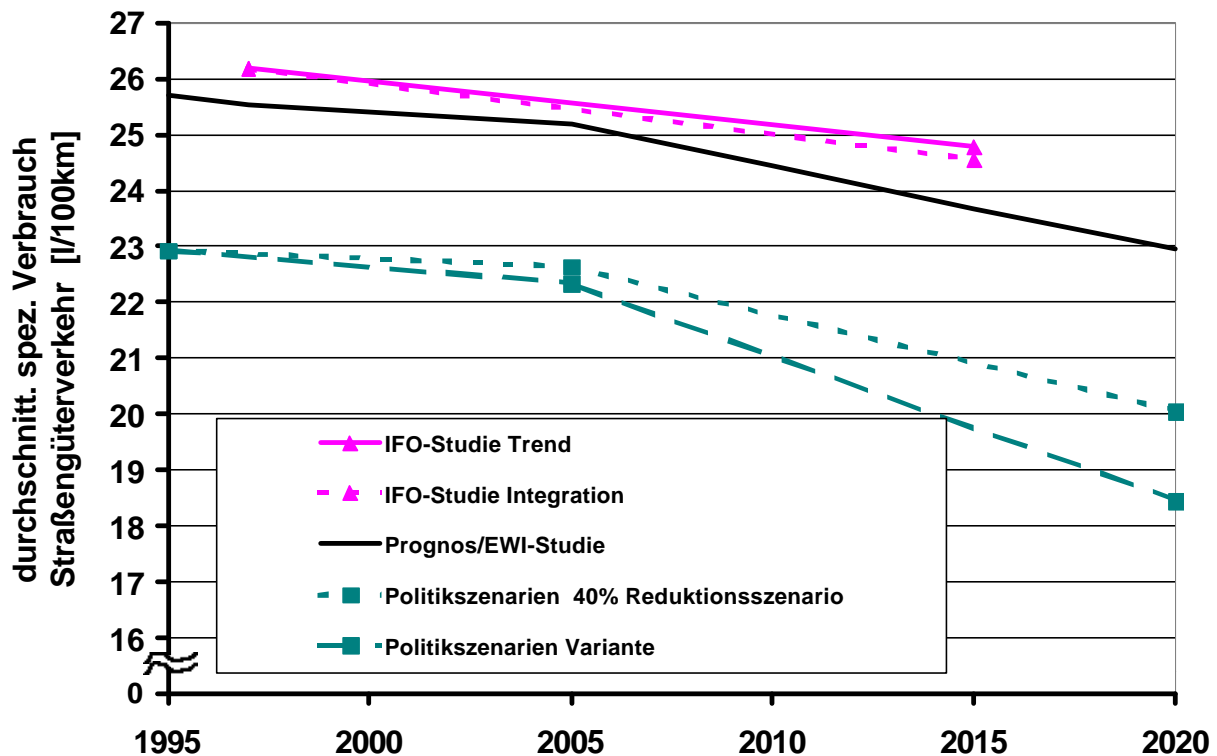


Abb. 3.3.2-1: Volumetrischer Durchschnittsverbrauch des Lkw-Bestands

Auffällig ist die große Bandbreite der durchschnittlichen spezifischen Verbräuche in den verschiedenen Prognosen und Szenarien. Die Politikszenerien gehen insgesamt von einem niedrigeren Durchschnittsverbrauch der Lkw aus. Dies kann teilweise durch die unterschiedliche Struktur des Straßengüterfahrzeug-Bestand (z. B. höherer Anteil kleiner Lkw) begründet werden.

Das Politikszenerio "Variante" geht zusätzlich vom verstärkten Einsatz sogenannter Sparfahrzeuge aus. Dies sind Fahrzeuge, die in ihrer Energieeffizienz gegenüber dem jeweiligen Technikstand verbessert worden sind und somit niedrigere spezifische CO₂-Emissionen aufweisen. Es wird somit eine zusätzliche Reduktion des Durchschnittsverbrauchs um 8 % im Jahr 2020 gegenüber dem Referenz-Szenario erreicht.

Die IFO- bzw. Prognos/EWI-Studie geht von einer 10 % bzw. 5 % bis 7 % Reduktion des Bestandsverbrauchs von 1997 bis 2015 aus. Es bleibt zu vermerken, dass die Studien den Straßengüterverkehrsfahrzeugen ein niedrigeres Kraftstoffverbrauch-Reduktionspotential im Vergleich zum Pkw-Sektor unterstellen. Dort werden Reduktionspotentiale bis zu 28 % im Jahr 2015 angenommen.



3.4 Entwicklung der CO₂-Verkehrsemissionen

Die bereits verglichen Rahmendaten und Verkehrs- und Fahrleistungen sowie Kenngrößen des Fahrzeugbestands im Personen- und Güterverkehr fließen in die Berechnung der CO₂-Emissionen des Fahrzeugbetriebs (direkte Emissionen) ein. Über den Bedarf an Endenergieträgern können durch Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Kraftstoffbereitstellungsketten, welche die Schritte Exploration, Umwandlungen, und Distribution der Endenergieträger vor dem Hintergrund der entstehenden Emissionen bewerten, die vorgelagerten Emissionen errechnet werden.

Die CO₂-Emissionen des Verkehrs werden nachfolgend für den Bereich des Fahrzeugbetriebs und der vorgelagerten Kraftstoffkette für die Studien ausgewiesen.

3.4.1 Direkte CO₂-Emissionen des Verkehrssektors

Der Verkehrsbereich hatte im Jahr 1999 einem Anteil von 22 % an den gesamten Kohlendioxid-emissionen der energieverbrauchenden Sektoren. Die folgende **Abbildung 3.4.1** zeigt die ausgewiesenen direkten CO₂-Emissionen des Personen- und Güterverkehrs in Deutschland. Die Emissionen des Luftverkehrs werden nur für den Inlandsverkehr berücksichtigt. Die Shell-Szenarien können in diesen Vergleich nicht einbezogen werden, da Angaben zu den CO₂-Emissionen des gesamten Verkehrs fehlen.

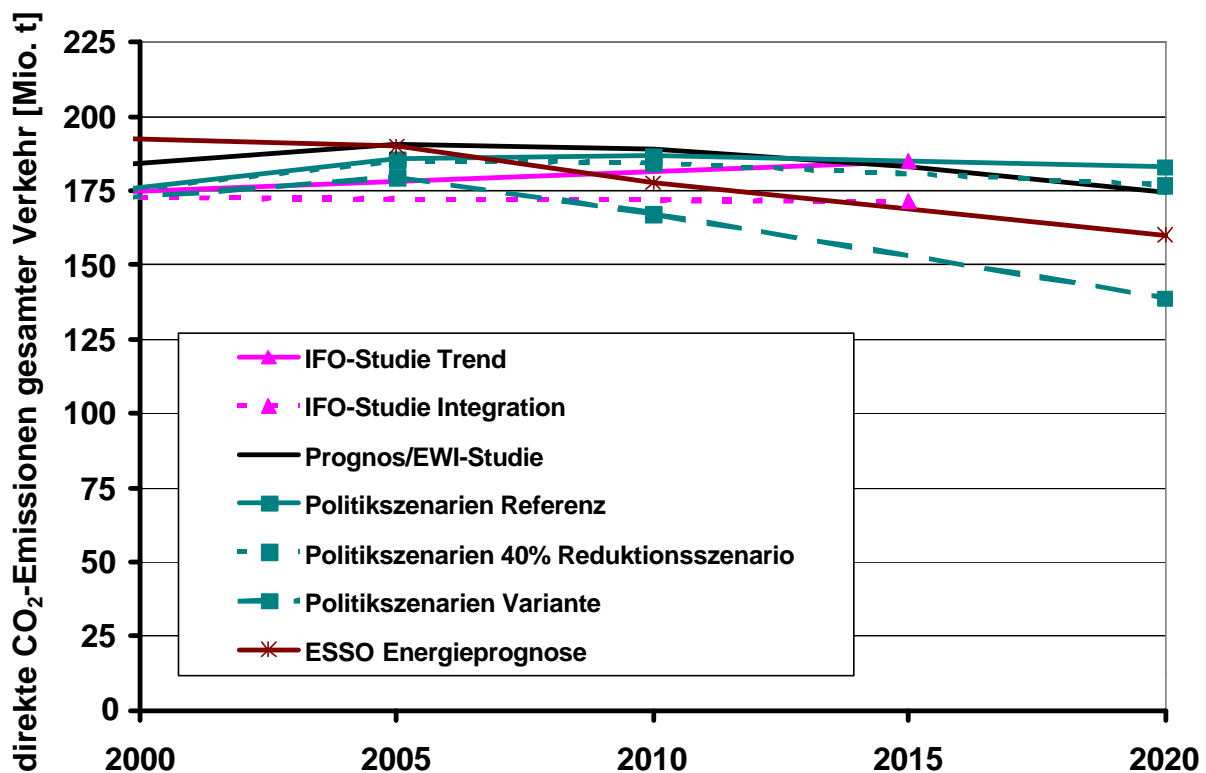


Abb. 3.4.1-1: Vergleich der direkten CO₂-Emissionen im gesamten Verkehr



Die Abbildung zeigt, dass alle Studien mit Ausnahmen des IFO-Szenarios "Trend" von einem leichten Rückgang ab 2005 bis 2010 ausgehen. Dieser Rückgang wird fast ausschließlich vom MIV getragen. In den Bereichen des Flug- und Straßengüterverkehrs werden bis auf das PolitikszENARIO "Variante" steigende Tendenzen bei den CO₂-Emissionen unterstellt (vgl. **Abbildungen 3.4.1-2**).

Die prognostizierten CO₂-Emissionen der Studien einschließlich ihrer unterschiedlichen Szenarien mit Ausnahmen des Politikszenarios "Variante" liegen trotz der teilweise sehr verschiedenen Rahmendaten und prognostizierten Verkehrs-/Fahrleistungen über dem gesamten Zeitraum bis 2020 in einem sehr engen Fenster mit einer geringer Bandbreite von maximal 10 %. Dies ist das Ergebnis trotz unterschiedlicher erwarteter Einzelentwicklungen, wie sie der Abbildungen 3.4.1-2 entnommen werden können.

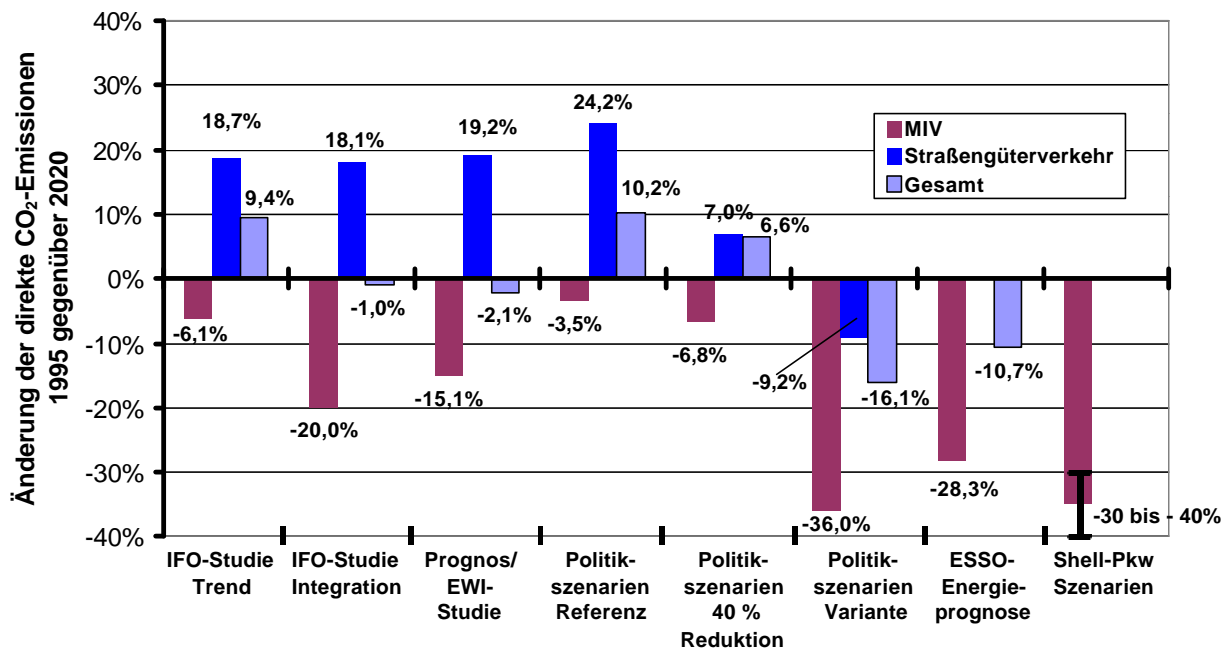


Abb. 3.4.1-2: Änderung der direkten CO₂-Emissionen von 1995 zu 2020 (Extrapolation IFO-Werte); differenziert nach MIV, Straßengüterverkehr und gesamter Verkehr

Die Abbildung 3.4.1-2 stellt die Änderungen zwischen 1995 und 2020 der CO₂-Emissionen für die Bereiche Motorisierter Individualverkehr und Straßengüterverkehr sowie für den gesamten Verkehr der einzelnen Prognosen und Szenarien gegenüber. Die Emissionen der IFO-Szenarien wurden aus Gründen der Vergleichbarkeit für diesen Zweck extrapoliert. Für die Pkw-Szenarien kann nur eine Bandbreite der CO₂-Emissionen für den MIV angegeben werden. Der Straßengüterverkehr ist in der ESSO-Energieprognose nicht explizit ausgewiesen.

Das stärkste Wachstum der direkten CO₂-Emissionen lässt sich im Sektor des Straßengüterverkehrs nach den Angaben der Studien lokalisieren. Die größten Reduktionspotenziale werden dem Bereich des MIV zugesprochen. Dies wird trotz steigender Fahrleistungen (vgl. Abbildung 3.2.1–3) erreicht.



3.4.2 Vorgelagerte CO₂-Emissionen des Verkehrssektors

Die emissionsseitige Bewertung der vorgelagerten Kraftstoffkette erfolgt additiv zu den direkten Verkehrsemissionen, um Informationen über die Lokalisierung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen zu erhalten. Bei einem verstärkten Stromeinsatz bzw. auch Wasserstoffeinsatz als Mineralölproduktsubstitut wird zwar das Verkehrsmittel CO₂-frei, aber es fallen dann in Abhängigkeit von der Art der Bereitstellung des Substitutionsenergieträgers vergleichbar hohe Emissionen im Umwandlungsbereich an, so dass de facto keine oder nur geringe CO₂-Einsparungen erreicht werden. Es erfolgt keine Emissionsvermeidung sondern nur eine Emissionsverlagerung vom eigentlichen Fahrzeugbetrieb in die vorgelagerte Kraftstoffkette. Dies gilt sicher für den Betrachtungszeitraum, kann aber langfristig durch den Aufbau einer kohlenstofffreien Energierohstoffbasis verbessert werden.

Zur Berechnung der vorgelagerten Emissionen wurden die folgenden kraftstoffspezifischen Emissionsfaktoren der **Tabelle 3.4.2-1** unterstellt. Eine Ausnahme bildet hier die IFO-Studie, welche die Emissionen der vorgelagerten Kraftstoffkette in ihren Rechnungen explizit ausweist.

	Benzin [g _{CO2} /MJ _{Benz.}]	Diesel [g _{CO2} /MJ _{Dies.}]	Gas [g _{CO2} /MJ _{Gas.}]	Strom [g _{CO2} /MJ _{Elektr.}]	Flugtreibstoff [g _{CO2} /MJ _{Keros.}]
1995	15	7	4	168,4	8
2010	15	7	4	139,1	8
2020	15	7	4	152,2	8

Tab. 3.4.2-1: Vergleich kraftstoffspezifischen CO₂-Emissionsfaktoren der vorgelagerten Kette

Einer zeitlichen Dynamik unterliegt nur die CO₂-Emission der Strombereitstellung. Es wurde hierbei ein Strom-Mix nach den Annahmen der Prognos/EWI-Studie unterstellt. Für die fossilen Kraftstoffe wird von einem zeitlich konstanten kraftstoffspezifischen Emissionsfaktor ausgegangen. Den Verbesserungen bei den Raffinierungsprozessen steht ein gesteigertem Aufwand zur Herstellung von "sauberen" Kraftstoffen gegenüber, so dass im Mittel keine Verschlechterung oder Verbesserung bei den Kohlendioxid-Emissionen unterstellt wird. Der Verbrauch an alternativen Kraftstoffen ist in keinem der betrachteten Szenarien der Abbildung 3.4.2-1 von Bedeutung für die Emissionsrechnung.

Die folgende **Abbildung 3.4.2-1a und b** zeigen die CO₂-Emissionen des gesamten Verkehrs für den eigentlichen Fahrzeugbetrieb und für die vorgelagerte Kraftstoffbereitstellung. Die vorgelagerten Emissionen der IFO-Studie für das Jahr 2015 wurden nicht durch die kraftstoffspezifischen CO₂-Faktoren der Tabelle 3.4.2-1 bestimmt, sondern entstammen direkt den Szenario-Angaben.

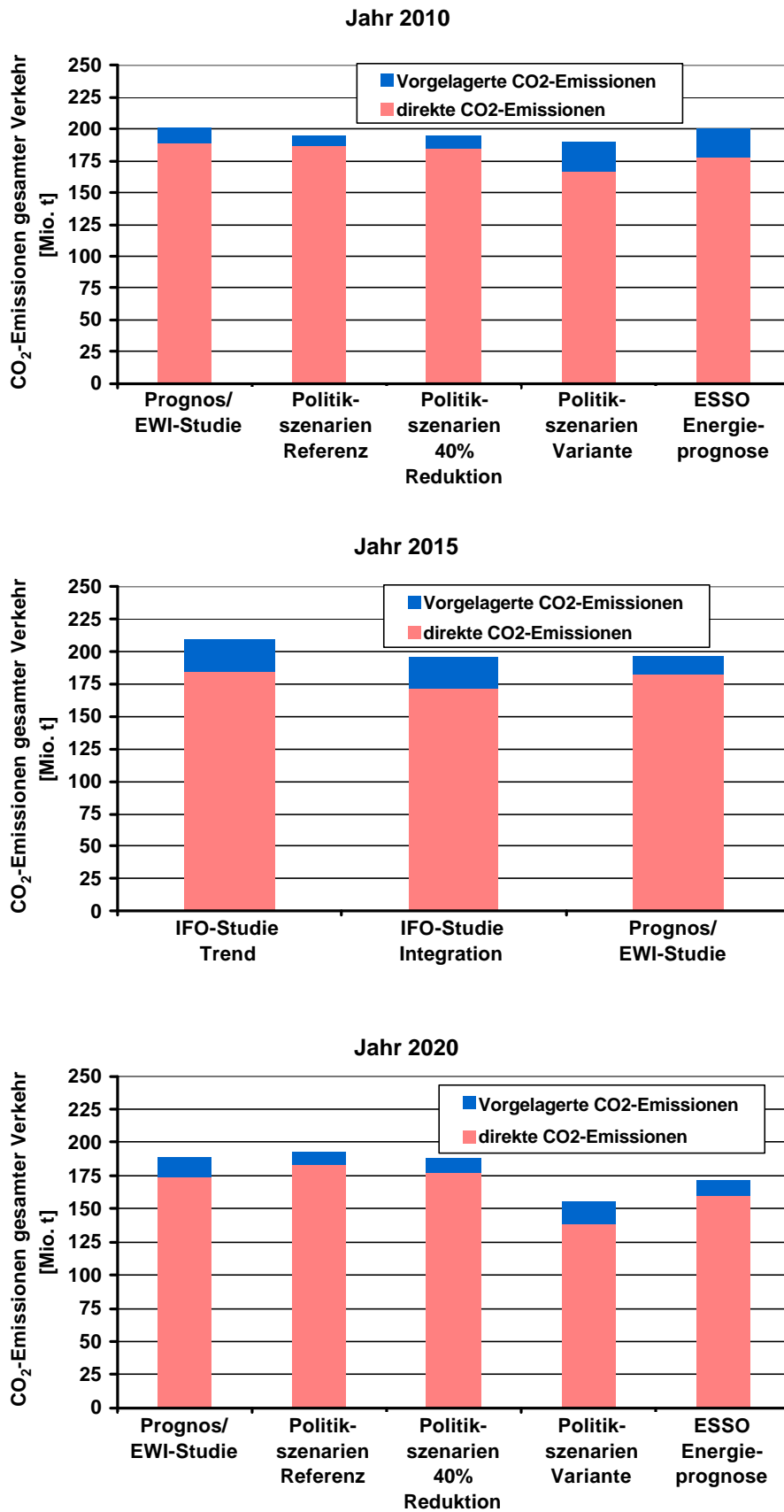


Abb. 3.4.2-1: Vergleich der direkten und vorgelagerten CO₂-Emissionen im gesamten Verkehr



Der Einbezug der vorgelagerten Emissionen verändert die absolute Höhen der Emissionen um ca. 6-14 %, kehrt aber nirgendwo die Rangfolge um. Dies liegt an der unterstellten Endenergieträgerstruktur im Verkehr, die Mineralöl geprägt ist. Die Emissionen der vorgelagerten Kette sind bei den mineralölbasierenden Endenergieträgern gering. Die Bereitstellung der gleichen energetischen Menge z. B. an elektrischer Energie emittiert die zehn bis zwanzigfache Menge an Kohlendioxid mit dem Vorteil in der nachfolgenden Energiewandlungskette CO₂-frei zu sein.

Insgesamt bleibt zu vermerken, dass bei Beibehaltung der derzeitigen Kraftstoffversorgungsstruktur die CO₂-Emissionen der vorgelagerten Kette eine eher untergeordnete Rolle spielen. Veränderungen der Kraftstoffbereitstellung, die als langfristige Maßnahmen zur CO₂-Reduktion einzustufen sind, können die Bedeutung der vorgelagerten Emissionen im Sinne einer Verlagerung der Kohlendioxidemissionen steigern.



3.4.3 Zusätzliche Minderungsmaßnahmen in den Studien

Die untersuchten Studien lassen sich unterteilen

in Prognosen

- zur zukünftigen Energiewirtschaft inklusive Verkehr:
PROGNOS/EWI-Studie, ESSO-Energieprognose;
- zur zukünftigen Entwicklung des Verkehrs:
IFO-Studie, TREMOD;

in Szenarien

- zur zukünftigen Energiewirtschaft inklusive Verkehr:
Politikszenerarien;
- zur zukünftigen Entwicklung des Pkw- Verkehrs:
Shell-Pkw-Szenarien;

und in Untersuchungen

- zu flankierenden bzw. lenkenden Verkehrsmaßnahmen:
Pällmann-Gutachten, EU-Weißbuch.

Dabei ist der Übergang zwischen Prognosen und Szenarien durchaus gleitend:

Prognosen haben zum Ziel, eine erwartete Entwicklung zu beschreiben, zeigen ergänzend aber oft mit Varianten auch weitere Entwicklungswege auf.

Szenarien haben zum Ziel, vor dem Hintergrund einer für wahrscheinlich gehaltenen Entwicklung die Abhängigkeit der Entwicklung von bestimmten unterstellten Voraussetzungen zu verdeutlichen. Dies geschieht i. Allg. dadurch, dass man einer Trendentwicklung eine oder mehrere weitere Entwicklungen zur Seite stellt, die sich nur in bestimmten deutlich herausgestellten zusätzlichen Annahmen von denen der Trendentwicklung unterscheiden (sog. Szenariotechnik).

Der Bericht der Pällmann-Kommission wie auch das EU-Weißbuch gehen von in anderen Arbeiten aufgezeigten Entwicklungen des Verkehrs aus. Sie ziehen zu bestimmten Bereichen aus der Entwicklung resultierende Folgerungen und stellen Forderungen auf, die die Beseitigung von Problemen zum Ziel haben.

PROGNOS und **ESSO** gehen von keinen gezielten Minderungsmaßnahmen aus, **PROGNOS** erwartet steigende Kraftstoffpreise und Nutzerkosten für Pkw und Lkw, **ESSO** geht allgemein von einer Erhöhung energiespezifischer Abgaben aus sowie zusätzlich für die CO₂-Minderung von der Verfügbarkeit sparsamerer Motoren und Fahrzeuge auf Grund von industrieller Selbstverpflichtung anstelle von ordnungspolitischen Maßnahmen und erwartet zusätzlich den verstärkten Einsatz alternativer Kraftstoffe und Antriebe. In beiden Studien sind diese Maß- und Annahmen bereits in



den Prognosen berücksichtigt (als wahrscheinliche Entwicklung). Varianten zu den Prognosen werden daher nicht dargestellt.

TREMOD hat die Darstellung der Entwicklung der verkehrlichen Emissionen, insbesondere der limitierten Abgase - und ergänzend auch des CO₂ -, auf Grund in Kraft getretener oder zukünftig in Kraft tretender Vorschriften und Selbstverpflichtungen zum Ziel. Dabei setzt TREMOD mit seinen Rechnungen auf vorhandene Verkehrsprognosen auf. Zusätzliche Maßnahmen sind vor dem Hintergrund dieser Zielsetzung nicht Gegenstand der Untersuchungen.

IFO soll zur Planungssicherheit für den BMVBW beitragen. Daher werden insbesondere Varianten aufgezeigt, die zu anderen Verkehrsmengen führen. Insoweit ist IFO Prognose und Szenarienangebot in einem.

Das Szenario „Integration“ unterscheidet sich vom „Trendszenario“, das bereits gegenüber dem Szenario „Laisser-faire“ die Veränderungen aufgrund der geplanten fahrleistungsabhängigen Straßenbenutzungsgebühr zusätzlich zu den in beiden Szenarien berücksichtigten, gesetzgeberisch verabschiedeten Maßnahmen aufzeigt, durch die Aufnahme von Minderungszielen. Dabei ist an monetäre Maßnahmen gedacht zur Verteuerung des Straßen- und Luftverkehrs, bei gleichzeitiger Senkung der Kosten des schienengebundenen Personen- und Güterverkehrs. Dadurch soll der Modal Split zugunsten der Schiene verschoben und eine weitere Effizienzverbesserung der Straßenfahrzeuge vorangetrieben werden.

Politiksznarien hat zum Ziel, Minderungsmaßnahmen in einem Wirkungs-Kostenranking innerhalb der gesamten Energiewirtschaft zu ermitteln. Hier werden keine Maßnahmen vorgegeben, sondern Minderungsziele, für deren Erreichung ein Optimierungsmodell aus einem Pool zur Verfügung stehender Maßnahmen die Kostengünstigsten auswählt. Für den Verkehr stehen nur andere Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antrieben (Benzin → Diesel → alternative Kraftstoffe: Methanol, Wasserstoff, Erdgas, Biodiesel u.a.), Energiespar-Fahrzeuge bei allen Verkehrsmittelarten sowie in bescheidenem Umfang Veränderung des Modal Split zur Auswahl. Um weitere Optionen deutlich zu machen wurden in der Variante zum 40% Reduktionsszenario zusätzliche Maßnahmen eingeführt: Diese sind im wesentlichen preispolitischer Art: drastische Mineralölsteuererhöhung, Straßenverkehrsgebühren zur Veränderung des Modal Split und Verkehrsabsenkung sowie zur Einführung effizienterer Fahrzeuge, begleitet durch Reglementierung (Geschwindigkeitsbegrenzung, Verkehrsüberwachung, Einhaltung von Ruhezeiten bei Lkw). Die Einführung kohlenstoffarmer bzw. -freier Kraftstoffe wird genannt. Die Umsetzbarkeit war nicht Gegenstand der Untersuchung.



Shell spannt einen Rahmen zwischen weitgehender freier Entfaltung innovativer Kräfte bei gutem Wirtschaftswachstum ohne verkehrspolitische Maßnahmen (Szenario One World) mit Einführung innovativer Fahrzeugkonzepte sowie einem durch Reglementierungen und geringeres Wirtschaftswachstum geprägten Szenario (Szenario Kaleidoskop), das im Pkw Verkehr zu höheren Nutzerkosten (Mineralölsteuererhöhung, sonstige nicht spezifizierte Abgaben) und keinen innovativen Lösungen führt, das aber im Ergebnis geringere Emissionen zur Folge hat.

Das **EU Weißbuch** regt auf Grund der erwarteten Ausweitung des Verkehrsaufkommens in der Gemeinschaft gezielt Maßnahmen an, die als geeignet angesehen werden, den Verkehr so zu beeinflussen, dass eine wirtschaftliche Weiterentwicklung nicht behindert und Nachhaltigkeitskriterien erfüllt werden. Es wird angestrebt, das überproportionale Wachsen des Straßenverkehrs soweit zu dämpfen, das sich der Modal Split nicht weiter zugunsten der Straße verschiebt.

Hierbei werden in der Reihenfolge zunehmender, positiver Auswirkung genannt:

- Tarifierung im Straßenverkehr mit dem Ziel dort steigender Verkehrspreise;
- Effizienzverbesserung (Dienstleistungsqualität, Logistik, Technik) der übrigen Verkehrsträger;
- Abstimmung von Maßnahmen, um die Tarifierung der Infrastrukturnutzung zu vereinheitlichen und gezielt in ein transeuropäisches Verkehrsnetz zu investieren und die anderen Verkehrsträger revitalisieren.

Als konkrete Maßnahmen werden genannt:

- Wiederbelebung des Schienenverkehrs
- Verbesserung des Straßenverkehrs (Engpassbeseitigung)
- Förderung der See (Küsten)- und Binnenschifffahrt
- Verwirklichung der Intermodalität
- Ausbau des transeuropäischen Verkehrsnetzes (alle Verkehrsmittel)
- Wirksame Tarifierungspolitik (Verursachergerecht und harmonisiert)
- Verbesserung des Nahverkehrs sowie
- Erforschung umweltfreundlicher Verkehrsmittel und
- anderes, wie z.B. die Entwicklung geeigneter Informationssysteme.



Ferner sind aus Sicht der Kommissionen langfristig Maßnahmen zur Entkoppelung von Wirtschafts- und Verkehrswachstum anzugehen. Als Felder für Änderungen werden zusätzlich genannt:

- Stadtplanung,
- Organisation der Arbeit (z.B. Telearbeit),
- Industrielle Produktion („Just in time“),
- Raumordnung,
- Intelligente Verkehrssysteme,
- Fahrzeugauslastung,
- Schadstoffarme Kraftstoffe und Antriebe,
- Geschwindigkeitsbegrenzungen,
- Energieeffiziente Antriebe.

Die **Pällmann-Kommission** hatte die Aufgabe, konkrete Empfehlungen für die zukünftige Finanzierung der Bundesverkehrswege vorzulegen.

Auf Grund der Aufgabenstellung analysiert die Kommission keine Emissionsminderungsmaßnahmen. Dennoch nimmt sie indirekt Stellung, indem sie darauf verweist, dass Bahn und Binnenschiff wegen der Konfiguration ihrer Streckennetze (keine Flächendurchdringung) und Systemspezifika nicht in der Lage sind, eine Trendwende im Wettbewerb der Verkehrsträger und somit eine größere Verlagerung des Verkehrs zu bewirken. Sie erachtet es als wirkungsvoller, zur Verringerung von ökologischen Belastungen des Autoverkehrs mit Maßnahmen am System „Straße“ anzusetzen, als mit ordnungspolitischen Eingriffen eine Verkehrsverlagerung zu erzwingen. Unabhängig davon, hält sie die Verkehrsträger Bahn und Binnenschiff in Hauptverkehrskorridoren und Ballungsräumen für unerlässlich und förderungswürdig.

Die vorgeschlagene Umstellung der Finanzierung der Verkehrsinfrastruktur über den Bundeshaushalt auf eine Finanzierung durch die Nutzer (Nutzer/Veranlasserprinzip) unter Einbeziehung der Möglichkeiten der Privatfinanzierung kann/würde zu einer Verschiebung der Kosten bei den Nutzern führen, die tendenziell auch Verlagerungseffekte unter den Verkehrsträgern bestärken, weg von der Straße, hin zu Schiff oder Bahn (Kombiverkehr).

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Die (deutschen) Studien enthalten entweder keine Angaben zu zusätzlichen Maßnahmen oder nur solche, die in ihrer Wirkung i. a. quantitativ merklich nur den motorisierten Personenverkehr beeinflussen. Dies ist aber das Segment, bei dem in allen Prognosen (Ausnahme IFO- Studie, die 2015 endet) bis 2020 von einem Rückgang der



CO₂-Emissionen ausgegangen wird, der die Zunahmen der Emissionen der anderen Verkehrsträger kompensiert bzw. überkompensiert.

Vom Ansatz her wird hauptsächlich von ordnungspolitischen Maßnahmen zur Mobilitätsbehinderung und einem dadurch induziertem Verkehrsträgerwechsel, im wesentlichen über zusätzliche Kostenbelastung des MIV und des Straßengüterverkehrs ausgegangen. Es sind keine Ansätze erkennbar, die Hemmnisse beim Umstieg auf andere Verkehrsträger und ihrer Nutzung (z.B. längere Reisezeiten, mangelnde Flexibilität, Service) beseitigen.

Das EU Weißbuch zeigt hingegen Ansätze auf, in Verbindung mit Nutzerkostenanhebung im Straßenverkehr die Attraktivität der anderen Verkehre zu steigern. Darüber hinaus werden auch für die Langfristperspektive begleitende Maßnahmen außerhalb des Verkehrs (z.B. Raumordnung Arbeitsorganisation) aufgezeigt, die Verkehr nicht künstlich verhindern sondern überflüssig machen.

Zusätzliche emissionsmindernde Maßnahmen müssten im Hinblick auf ihre unterschiedlichen Wirkungen für Ballungsräumen mit relativ guten Alternativangeboten und für ländliche Regionen unterschieden werden. Für den Verkehr in der dünn besiedelten Fläche wäre zusätzlich zu klären, ob z.B. die CO₂-Emission pro erbrachtem Bus-Personenkilometer bei der sich bei einem relativ guten für den Umstieg erforderlichen Angebot öffentlicher Verkehre ergebenden niedrigen Besetzungszahl von Bussen in Zukunft noch niedriger ist als beim Pkw-Personenkilometer, wenn es sich um ein emissionsarmes Fahrzeug handelt.

Insoweit müssen zusätzliche Maßnahmen möglicherweise nicht überregional oder international, sondern nach regionalen Besonderheiten getroffen werden.



3.5 Einordnung in den europäischen Kontext

Die für diese Analyse berücksichtigten nationalen Studien unterscheiden sich zum Teil in wesentlichen Bereichen wie betrachteter Zeithorizont (2015, 2020) und Untersuchungsgegenstand (gesamte Energiewirtschaft mit Betrachtung der einzelnen Energieverbrauchssektoren, gesamter motorisierter Verkehr unterteilt nach Verkehrsmitteln und Personen wie Güterverkehr, oder nur motorisierter Individualverkehr). Da die Autoren z.T. auch von unterschiedlichen Rahmendaten sowie Annahmen ausgingen, gestaltet sich der Vergleich untereinander und die Gegenüberstellung der nationalen Ergebnisse zu den mit dem Weißbuch (Zeithorizont bis 2010) von der EU anvisierten Zielen als schwierig. Eine der möglichen Ursachen ist darin zu sehen, dass die Kommission einen größeren geographischen Raum betrachtet, die beitrittswilligen Länder einbezieht und deshalb ganz andere Annahmen treffen kann, treffen muss. Ihre Vorschläge behandeln weniger einzelstaatliche Maßnahmen, wie etwa die Ökosteuer, sondern grenzüberschreitende, gemeinschaftliche Aspekte, um eine Harmonisierung innerhalb des EU-Raumes zu erreichen.

Das übergeordnete Ziel „nachhaltige und auf Dauer tragbare Entwicklung“ ist den untersuchten Studien gemeinsam. Im Detail zeigen die Vorschläge unterschiedliche Schwerpunkte. Im Weißbuch wird es als unrealistisch angesehen, durch Vorschriften einen Rückgang der Mobilität von Personen und Gütern herbeiführen zu wollen. Ökonomische Betrachtungen haben einen hohen Stellenwert, sie sollen den Rahmen vorgeben, um die Verkehrszunahme mittelfristig ohne Mobilitätsbeschränkungen vom Wirtschaftswachstum abzukoppeln. Die Maßnahmenbündel der nationalen Arbeiten konzentrieren sich mehr oder minder auf Handlungsweisen, die verstärkt eine rasche CO₂-Minderungswirkung entfalten, möglicherweise deshalb, weil der Weg zum Erreichen der Minderungsziele der Bundesregierung beschrieben werden soll. Insoweit sind die nationalen Maßnahmen in den Prognosen/Szenarien als Untermenge der im Weißbuch enthaltenen Vorschläge zu werten, die zu einer Reduktion der Umweltbelastungen führen sollen. Andere Bereiche des Gesamtkomplexes werden in den nationalen Studien nicht intensiv diskutiert und analysiert. Beispielhaft sei auf Ausführungen im EU-Weißbuch zum transeuropäischen Verkehrsnetz hingewiesen,

- Weiterentwicklung des Verkehrsnetzes auf seinen Haupttrassen mit Vorrang für den Güterverkehr, um effizientere Passagen/Korridore für das zunehmende Handelsvolumen zu schaffen
- Ausweitung des Hochgeschwindigkeitsnetz für den Personenverkehr
- Kapazitätsausbau der Flughäfen
- Verkehrsmanagement für den Straßenverkehr, zu dessen Effizienzsteigerung

Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen bzw. deren Finanzierung werden im Pällmann-Gutachten behandelt.

Eine vergleichende Darstellung der Entwicklungstrends in den Studien kann nur einen Eindruck davon vermitteln, ob sich die Erwartungen zur zukünftigen Verkehrsentwicklung grundsätzlich unterscheiden und ob es Widersprüche oder deutliche Unterschiede bei den unterstellten Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung/CO₂-Minderung gibt.



In **Abbildung 3.4-1** sind die Erwartungen zur weiteren Entwicklung der Verkehrsleistung im Personenverkehr graphisch dargestellt. Um eine Vergleichbarkeit zum Weißbuch zu ermöglichen, wurde nur die Entwicklung bis 2010 ausgewiesen. Die EU-Trendentwicklung der Personenverkehrsleistung, kleine innen liegende Grafik, weist mit einem Anstieg von etwa 24 % keine grundsätzlich andere Tendenz aus, als die Graphen nach IFO, Prognos und Politiksznarien, bei denen der Anstieg für den vergleichbaren Zeitraum in einer Bandbreite von 12 % bis 18 % liegt. Die von der Kommission in den Optionen unterstellten Maßnahmen führen zwar nicht zu einer Abnahme der Personenverkehrsleistung, aber die starke Förderung der öffentlichen Verkehrsmittel, insbesondere in Option C, begünstigt eine deutliche Verschiebung von Verkehrsleistungen zu öffentlichen Verkehrsmitteln, wie Bus Straßen-/U- und Eisenbahn.

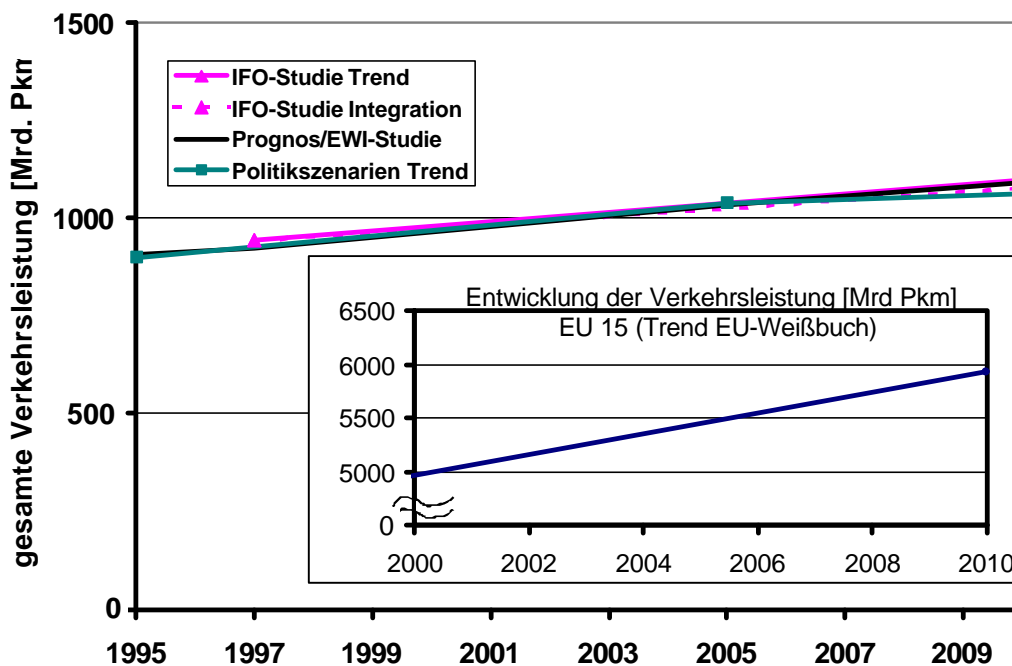


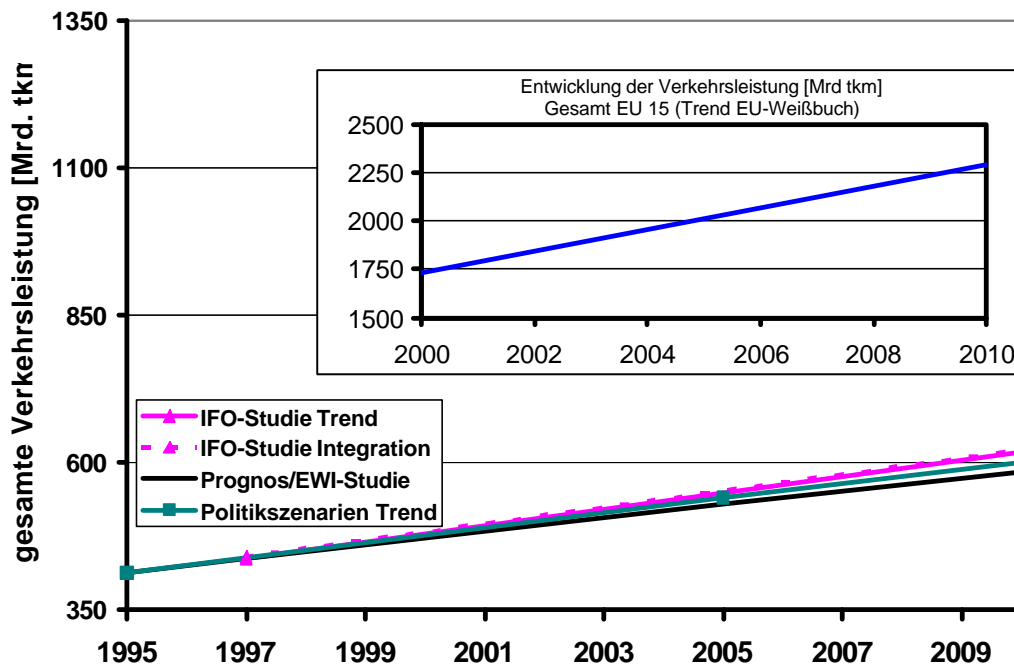
Abb. 3.4-1: Entwicklung der Personenverkehrsleistungen bis 2010

In der Tendenz zeigt sich für den Güterverkehr ebenfalls eine gute Übereinstimmung zwischen den nationalen Einschätzungen bei denen der Zuwachs zwischen 1998 und 2000 bei knapp 40 % liegt und dem Szenario des Weißbuches, für das sich ein Anstieg von etwa 42 % ergibt, siehe **Abbildung 3.4-2**. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurden der Kurve zu der EU-Option nur die Güterverkehrsleistungen der Straße, der Eisenbahn und der Binnenschifffahrt berücksichtigt. Das Weißbuch weist für den Güterverkehr zusätzlich den Rohrleitungsverkehr sowie den Kurzstrecken-Seeverkehr aus, wobei letzterer einen in etwa gleich großen Anteil an der gesamten Güterverkehrsleistung hat wie der Straßengüterverkehr.

EU-weit nimmt der Straßengüterverkehr, ohne (!) Berücksichtigung des Kurzstrecken-Seeverkehrs, eine dominierende Stellung ein und hält selbst nach Option C noch einen Anteil von fast 80 %. Ein merkbarer Zuwachs ergibt sich trotzdem für den Eisenbahnverkehr bis 2010, wobei davon ausgegangen wird, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen zu Ausbau und Förderung von Güter-



verkehrsstrecken von den nationalen Regierungen umgesetzt werden. (In Option C wird im übrigen ein Teil des Straßengüterverkehrs auf den Kurzstrecken-Seeverkehr verlagert.)



EU-Weißbuch: nur Güterverkehr Straße, Eisenbahn u. Binnensch.

Abb. 3.4-2: Entwicklung der Güterverkehrsleistung bis 2010

Ein Trendunterschied wird bei der Gegenüberstellung der direkten Kohlendioxidemissionen des Verkehrssektors erkennbar, vgl. **Abbildung 3.4-3**.

Während die in den nationalen Studien vorgeschlagenen Maßnahmen dazu führen, daß die Emissionen langsamer ansteigen und ab 2005 leicht zurückgehen, wird im Weißbuch für die Europäische Gemeinschaft nach Option C bis 2010 noch ein stärkerer Anstieg (um 10 %) über die 98er Emissionsmenge hinaus ausgewiesen. Das ist sicher damit zu erklären, dass in einigen Mitgliedsstaaten noch nicht der gleiche Motorisierungsgrad wie in Deutschland erreicht ist.

Die Intention des Weißbuches ist es nicht, den nationalen Regierungen die Umsetzung bestimmter Maßnahmen vorzuschreiben. Es soll die Richtung vorgegeben werden, an der man sich zu orientieren hat. Die im Rahmen dieser Ausarbeitung betrachteten nationalen Studien lassen grenzüberschreitende Strategien wie Wirkungen weitgehend außer Acht. Zwar besteht auch das nationale Ziel darin, das Anwachsen der Verkehrsleistungen durch Effizienzsteigerungen zu dämpfen und den Modal Split zugunsten von Schienenverkehrsträger, der öffentlichen Personenverkehrsmittel sowie der Binnenschifffahrt zu beeinflussen, aber die in den Studien vorgesehenen Maßnahmen (Ausnahme „Pällmann“) legen den Schwerpunkt auf die Pönalisierung des Straßenverkehrs. Der im EU-Weißbuch als notwendig erachtete ergänzende Ausbau und die Verbesserung sämtlicher Verkehrswege, einschließlich des Straßenwegenetzes, über das trotz

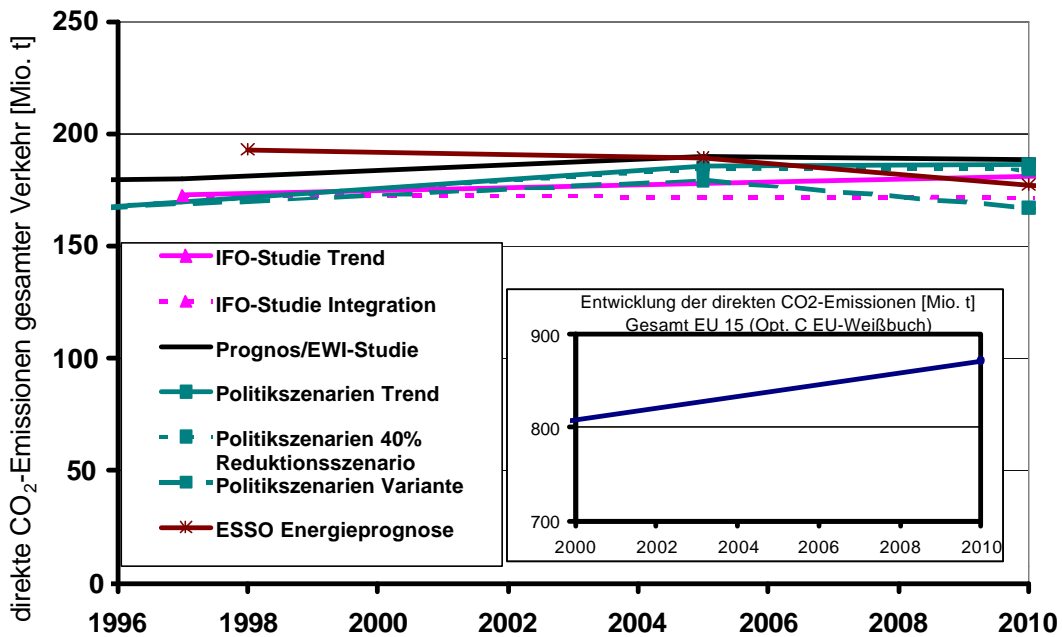


Abb. 3.4-3: Entwicklung der direkten Emissionen

Kombiverkehr nach wie vor der wesentliche Teil des Güterverkehrs abgewickelt werden wird, sowie die Revitalisierung der alternativen Verkehrsträger wird in den nationalen Maßnahmenkatalogen nicht deutlich.

Das Pällmann-Gutachten, das an der Problematik der Finanzierung der Verkehrswege ansetzt, macht zu diesem Themenbereich Aussagen, die sich im Einklang mit dem Weißbuch befinden. Um die EU-Vorschläge umzusetzen, bedarf es umfassender Investitionen, die ohne konzeptionelle Veränderungen vom Staatshaushalt nicht erbracht werden können. Deshalb wird im Pällmann-Gutachten vorgeschlagen, die bisher praktizierte staatliche Haushaltsfinanzierung des Bundesfernstraßennetzes durch eine Nutzerfinanzierung abzulösen, wobei für das Investment privates Kapital zu erschließen ist, das sich über Mauteinnahmen refinanzieren kann. Dadurch würden Handlungsfreiräume geschaffen, die für eine Verbesserung bei den anderen Verkehrsträgern genutzt werden können, mit der Konsequenz, dass es zu Verkehrsverlagerungen kommt.



4 Tendenzen für den Zeitraum 2020 - 2050

Die Mobilität, als Fähigkeit einen Ortswechsel vornehmen zu können, hat einen hohen Stellenwert in unserer Gesellschaft. Diese Grundhaltung wird sich auch in den 30 Jahren nach 2020 nicht verändern. Zugleich wächst das Verantwortungsbewusstsein für unser Umfeld, wie es im Begriff der Nachhaltigkeit zum Ausdruck kommt.

Zukünftige Entwicklungen sollten beiden Werten gerecht werden, um einen gesellschaftlichen Konsens zu erreichen.

Ansätze zur Minderung der CO₂-Emissionen sollten daher möglichst nicht durch einen erzwungenen Mobilitätsverzicht erkaufte werden.

Minderungspotenziale gibt es auf mehreren Ebenen:

Bei der **Technik** ist davon auszugehen, dass im Rahmen des technischen Fortschritts in der Antriebstechnik und im Fahrzeugbau (Reduzierung der Fahrzeugmassen) weitere Energie- und damit CO₂-Einsparungen (Größenordnung 10 – 20% im Flotten-Mix gegenüber 2020) bei Pkw realisiert werden, wobei die Fortschritte in der Antriebstechnik allen Verkehrsträgern mit Verbrennungsmotoren zu Gute kommen. Maßnahmen zur Selbstverpflichtung der Industrie können die Entwicklung absichern. Auch neue Antriebe, wie z.B. die Brennstoffzelle können langfristig noch weitere Einsparungen ermöglichen.

Bei der **Energieträgerbasis** bietet bereits der Übergang zum Erdgas als Kraftstoff ein CO₂-Minderungspotenzial von ca. 20%. Hier wären flankierende Maßnahmen zur Unterstützung des erforderlichen Umbaus/Ausbaus der Versorgungsinfrastruktur im europäischen Kontext hilfreich. Die erforderliche Technik für Versorgung und Fahrzeuge ist bereits heute verfügbar.

Der Übergang auf Wasserstoff macht erst dann Sinn, wenn seine Herstellung weitgehend CO₂ frei erfolgen kann. Optionen gibt es von der Erzeugung aus nuklearem oder regenerativen Strom bis langfristig zum Fusionsstrom. Wasserstoffmotoren existieren, die in der Entwicklung befindlichen Brennstoffzellen sind für Wasserstoff besonders geeignet. Aufwand ist außerdem noch für den Tank an Bord der Fahrzeuge zu treiben. Eine Versorgungsinfrastruktur wäre von Grund auf neu aufzubauen und bedürfte ebenfalls flankierender Maßnahmen auf europäischer Ebene.

Die Beimischung regenerativ erzeugter Energieträger (z. B. Bioethanol oder Rapsölesther zu den herkömmlichen Kraftstoffen (analog der Einspeisung regenerativen Stroms in das Leitungsnetz) senkt die CO₂ Emission der Fahrzeuge. Dies kann ein effektiverer Weg sein als der Aufbau einer eigenen Versorgungslinie mit angepasster Antriebstechnik wie beim Biodiesel.

Auf der **ordnungspolitischen Ebene** sollten bei Maßnahmen zur Veränderung des Modal Split, insbesondere in Richtung auf mehr Personen- und Güterfernverkehr mit der Bahn, nicht nur Kostenveränderungen der Mobilität im Vordergrund stehen. Wesentliches Qualitätsmerkmal der Mobilität ist der mit dem Ortswechsel verbundene Zeitaufwand. Die Fahrgastzahlen im deutschen ICE- und französischen TGV-Verkehr stützen die These. Insbesondere im Güterverkehr sind Maßnahmen zur Verkürzung der Transportzeiten (inklusive der Umlade- und



Rangierzeiten) und eine hohe Zeitverfügbarkeit (kurze Taktzeiten von Güterzügen) geeignet, die Attraktion dieser Transportart zu steigern.

Die Küstenschifffahrt bietet zu den zunehmend belasteten Ost-West Verkehrsachsen eine zusätzliche planerische Alternative für den Güterverkehr.

Beim Nahverkehr ist zu prüfen, bis zu welcher Verkehrsdichte außerhalb der Ballungsräume unter dem Kriterium der Emission pro erbrachten Pkm diese Verkehrsart im Vergleich zur Pkw Emission als Vollversorgung Substitutionscharakter haben kann oder nur unter dem Aspekt einer Grundversorgung für Mobilität betrieben werden sollte.

Dort wo ausreichende Alternativangebote fehlen, sind Maßnahmen zur Verteuerung der Pkw Nutzung auf ihre Sozialverträglichkeit zu prüfen. Die Verteuerung des Kraftstoffs trifft den Kleinwagenbesitzer härter als den Luxuswagenhalter, bei dem die relative Verteuerung der Fahrzeughaltung geringer ist und bei der nächsten Fahrzeugwahl u. U. schon durch die alleinige Änderung der Fahrzeugausstattung kompensiert werden kann. Der Kleinwagenbesitzer hat u. U. bereits Budgetprobleme und kann nicht auf ein noch billigeres Fahrzeug ausweichen.

Maßnahmen zur Verkehrsverflüssigung (Verkehrsleitsysteme, variable Geschwindigkeitsbegrenzungen, Engpassbeseitigung zur Staubeseitigung – Infrastrukturanpassung) sind zur Vermeidung von Emissionen nach Einschätzung der Verfasser wirkungsvoller als starre Geschwindigkeitsbegrenzungen.

Raumordnerische Maßnahmen greifen wegen der mit ihnen verbundenen Umsetzungszeiten in Siedlungsstrukturen nur sehr langfristig. Das Konzept der kurzen Wege zwischen Aktivitätsschwerpunkten sollte aber verstärkt in die Raumplanung einbezogen werden.

Bezogen auf den Zeitraum 2020 bis 2050 zeigt die Aufzählung, die keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, dass es eine Fülle von Maßnahmen zur CO₂-Minderung gibt. Allen ist gemeinsam, dass sie systembedingte Umsetzungszeiten erfordern, also nicht sofort wirksam werden können.

Es ist zu erwarten, dass sich die Personenverkehrsleistung im Inland gegenüber dem Zeitraum 2000 – 2020 mit geringeren Zuwachsraten erhöhen wird, wenn die Bevölkerungszahl konstant bleibt. Dabei wird weiterhin der Luftverkehr überproportional zunehmen.

Diese Entwicklung könnte abgefangen werden, wenn über die Schiene attraktive Hochgeschwindigkeitssysteme zur Verfügung stehen. Hier bieten sich auch neue Systeme wie der Transrapid an. Ein solches System würde sowohl potenzielle Fluggäste als auch Pkw Nutzer im Fernverkehr an sich binden. Es würde zudem das vorhandene Gleissystem entlasten und somit die Bahn in die Lage versetzen, zusätzliche Güterverkehrsleistung aufzunehmen. Ob letzteres gelingt, ist davon abhängig, dass die Transportzeiten in diesem systembedingten gebrochenen Verkehr einschließlich der Umladezeiten entscheidend verkürzt werden. Beide Bereiche erfordern einen Ausbau der erforderlichen an die jeweilige Aufgabe angepassten Infrastruktur. Derartige Maßnahmen sind zeitintensiv und erfordern, bis sie sich quantitativ in Verlagerungseffekten bemerkbar machen, sicherlich einen Zeitraum von 20 bis 30 Jahren. Somit müsste eine Weichenstellung spätestens bis 2020 erfolgen.



Auch ohne die angesprochenen Maßnahmen dürfte sich beim MIV die Entwicklung verbrauchsärmerer Fahrzeuge in dem Maße fortsetzen, dass die erwarteten höheren Fahrleistungen bei einem nochmals niedrigerem Emissionsniveau erbracht werden.

Es ist durchaus wahrscheinlich, dass zusätzlich Erdgasbetriebene Fahrzeuge Zugang zum Markt finden, denn es ist ohnehin mit einer Entspannung des Erdgasmarktes auf Grund erwarteter Energieeinsparungen im Wärmemarkt zu rechnen. Die Akzeptanz der Erdgasfahrzeuge und somit ihr Anteil an der Fahrzeugflotte kann durch Einführungshilfen bei der Kraftstoffsteuer (ähnlich wie bei der Einführung des bleifreien Benzins) und durch entsprechende Strategien in den Nachbarstaaten (grenzüberschreitenden Einsatz ermöglichen) bereits jetzt positiv befördert werden.

Der großtechnische Einstieg in eine Wasserstoffwirtschaft – ohne Kohlenstoffbasis – ist eher als eine Grundsatzentscheidung für die gesamte (europäische) Energiewirtschaft zu treffen. Sie ist mit langen Vorlaufzeiten verbunden und wird bis 2050 wahrscheinlich noch keine merkbare Umsetzung erfahren haben. So wird Wasserstoff abgesehen von Insellösungen im Verkehr noch keinen Eingang finden, es sei denn, er wird aus Erdgas erzeugt. Dann allerdings wird seine Einführung unter Beachtung der Emissionen entlang der Erzeugungskette allenfalls in Verbindung mit der Brennstoffzelle nur geringe CO₂-Emissionseinsparungen ermöglichen.

Der Güterverkehr im Inland wird in einer prosperierenden EU- Wirtschaft, bei der die neuen Randstaaten noch zusätzliche Förderung erhalten, etwa mit den bisherigen Wachstumsraten bei steigenden Transitverkehrsanteilen steigen. Effizienzverbesserungen können einen Anstieg der Emissionen im Straßengüterverkehr nur dämpfen, aber nicht verhindern. Inwieweit Erdgas auch im Güterverkehr die Emissionen absenken wird, ist schwer abschätzbar, da noch nicht absehbar ist, ob attraktive Fahrzeuge angeboten können werden. Darum ist es gerade im Güterverkehr wichtig, über attraktive andere Verkehrsträger eine Veränderung des Modal Split herbeizuführen.

Hier sind neben der bereits angesprochenen Bahn auch die Binnen- und die Küstenschifffahrt zu nennen, wo auch eine Beschleunigung in der Logistikkette die Attraktion steigert.

Ordnungspolitisch sollte in dem angesprochenen Zeitraum das Nutzer/Veranlasserprinzip bereits zu einer gerechteren Tarifierung zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern geführt haben.

Somit müsste mit allen angesprochenen Maßnahmen insgesamt erreicht werden können, dass sich der Modal Split nicht weiter zugunsten des Straßengüterverkehrs verschiebt, so dass in der Konsequenz der Anstieg der Güterverkehrsemissionen im betrachteten Zeitraum niedriger ist als im Zeitraum 2000 – 2020.

Es ist davon auszugehen, dass bei dem erwarteten überproportionalen Luftverkehrswachstum die entstehenden Mehremissionen nicht durch technische Maßnahmen kompensiert werden können. Einhergehend mit der angesprochenen Einführung von Hochgeschwindigkeitssystemen der Bahn kann im Inlandsflugverkehr von einem Rückgang der Flüge ausgegangen werden, so dass die Inlandsbilanz entlastet wird. Es steht aber zu befürchten, dass der Anstieg der Fernflüge weiterhin zu deutlichen Mehrbelastungen führt. Hier ist die Internationale Staatengemeinschaft zu Maßnahmen aufzufordern.

Insgesamt sollte es aber möglich sein das gesamte Emissionsniveau des Inlands Personen- und Güterverkehrs mit entsprechenden Maßnahmenbündeln (Zielgrößen: Inlandsflugverkehr und Güterverkehr) bis 2050 gegenüber 2020 in der Größenordnung > 10% abzusenken.



5 Literaturverzeichnis

Prognos/EWI-Studie

Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt, Prognos/EWI, Basel, November 1999, im Auftrag für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

IFO-Studie

Verkehrsprognose 2015 für die Bundesverkehrswegeplanung, BVU, ifo, ITP, Planco, April 2001, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

Politiksznarien

Politiksznarien für den Klimaschutz, Band 5: Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2020, Forschungszentrum Jülich GmbH, 1999, im Auftrag des Umweltbundesamtes

Shell-Pkw-Szenarien

Shell Pkw-Szenarien, „Mehr Autos – weniger Verkehr?“, Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2020, Deutsche Shell GmbH, August 2001

TREMOD

Fortschreibung Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr, „TREMOD“, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, August 2000, im Auftrag des Umweltbundesamtes

Esso Energieprognose

Esso Energieprognose 2000, Zukunft sichern – Energiesparen, ESSO Deutschland GmbH, 2000

Pällmann-Gutachten

Kommission Verkehrsinfrastrukturfinanzierung (Pällmann-Kommission), Schlußbericht, September 2000, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen sowie des Bundesministeriums der Finanzen

EU-Weissbuch

WEISSBUCH „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft“, Brüssel, den 12/09/2001; Kommission der Europäischen Gemeinschaften

Verkehr in Zahlen 2001/2002

Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Deutscher Verkehrsverlag Hamburg, 2001