



Ermittlung der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen aus dem Endenergieverbrauch für die Stadt Aachen

Bearbeitung:

Arnold Niederau, Dipl.-Ing.
Christiane Schneider, Dr.-Ing.
Jürgen Vogt, Dipl.-Biol.

Aachen, Juli 1999

(Projekt: BKR18)

**Im Auftrag des Büros für Kommunal- und Regionalplanung und
der Stadt Aachen, Modellprojekt „Ökologische Stadt der Zukunft“**

Dr.-Ing. H. Heusch / Dipl.-Ing. J. Boesefeldt

Beratende Ingenieure für Verkehrstechnik
und Datenverarbeitung GmbH

Liebigstraße 20

D-52070 Aachen

Telefon: (0241) 9669-0

Telefax: (0241) 9669-155

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Kfz-Jahresfahrleistung Stadt Aachen.....	2
2.1	Kfz-Jahresfahrleistung im Analysejahr 1998.....	2
2.2	Entwicklung der Fahrleistung 1990 bis 1998.....	3
2.3	Prognose der Kfz-Fahrleistungsentwicklung bis zum Zeithorizont 2010.....	4
2.4	Fahrleistung des ÖPNV.....	6
2.5	Kfz-Jahresfahrleistung 1990, 1998 und 2010 für die Stadt Aachen.....	7
3	Spezifisches Energieverbrauchs- und Emissionsverhalten der Fahrzeuge.....	10
4	Endenergieverbrauch und CO ₂ -Emissionen des Straßenverkehrs 1990 bis 2010 für die Stadt Aachen.....	12
5	Bewertung der CO ₂ -Minderungspotentiale.....	16
5.1	Maßnahmen zur CO ₂ -Minderung im Straßenverkehr.....	16
5.2	Bewertung der CO ₂ -Minderungspotentiale für die Stadt Aachen.....	16
	Literaturverzeichnis.....	21
	Anhang	

Bilderverzeichnis

- Bild 3.1:** Relative Veränderung der spezifischen CO₂-Emissionen für Pkw, INfz, sNoB (schwere Nutzfahrzeuge ohne Busse) und LBus (Linienbusse) für 1998 und 2010 in bezug auf die Emissionsfaktoren 1990 für Innerortsstraßen..... 11
- Bild 4.1:** Relative Veränderung von Jahresfahrleistung und CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs pro Fahrzeuggruppe für die Jahre 1998 und 2010 im Vergleich zu 1990, Stadt Aachen (**ohne Autobahn**) 14

Tabellenverzeichnis

- Tab. 2.1:** Jahresfahrleistung Straßenverkehr für die Stadt Aachen, Analysejahr 1998 /HB 1998/ 3
- Tab. 2.2:** Veränderung der Verkehrsleistung Stadt Aachen (ohne Autobahn) 1994 bis 2010 gemäß VEP /STADT AACHEN 1999/ 5
- Tab. 2.3:** Anteile der Verkehrsmittel am Wegeaufkommen gemäß VEP Aachen /VEP 1994/ 6
- Tab. 2.4:** Jahresmittlere Fahrleistung des ÖPNV mit Bussen (Nutz-Wagen-Kilometer und Leerfahrten) im Stadtgebiet Aachen für die 6 betrachteten Berechnungsfälle in Wagen-Kilometer pro Tag 7
- Tab. 2.5:** Jahresfahrleistung des Straßenverkehrs für die Stadt Aachen, differenziert nach Fahrzeuggruppen, für den Referenzfall 1990, die Analysesituation 1998 und die Prognosefälle 2010 (**ohne Autobahn**)..... 8
- Tab. 4.1:** Endenergieverbrauch und CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs (**ohne Autobahn**), Stadt Aachen für die Bezugsjahre 1990, 1998 und 2010 12
- Tab. 4.2:** CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs (**ohne Autobahn**), differenziert nach Fahrzeuggruppen, Stadt Aachen für die Bezugsjahre 1990, 1998 und 2010 13
- Tab. 5.1:** CO₂-Minderungspotentiale für den Straßenverkehr (**ohne Autobahn**), Stadt Aachen 17

1 Einleitung

Für die Stadt Aachen wird eine Leitfibel ‚Klima-Energie-Luft-Lärm‘ erstellt. Hierbei werden auch die Beiträge des Verkehrs zum Endenergieverbrauch und zu den CO₂-Emissionen betrachtet.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Ermittlung des verkehrsbedingten Endenergieverbrauchs und der verkehrsbedingten CO₂-Emissionen für die Stadt Aachen. Es werden insgesamt sechs verschiedene Berechnungsfälle unterschieden. Dies sind neben der Analysesituation (Bezugsjahr 1998) der Referenzfall 1990 und die Betrachtung von 4 Prognosefällen (Trendprognose und 3 Prognoseszenarien) für das Bezugsjahr 2010.

Die ermittelten CO₂-Emissionen der verschiedenen Berechnungsfälle werden vergleichend gegenübergestellt und die CO₂-Minderungspotentiale für die 3 Prognoseszenarien bewertet. Die CO₂-Minderungen werden in bezug auf das Referenzjahr 1990 angegeben.

Zusätzlich werden Ergebnisse aus anderen Studien herangezogen und die dort ermittelten CO₂-Minderungspotentiale den Ergebnissen für die 3 Prognoseszenarien gegenübergestellt.

Die Betrachtungen beschränken sich auf den Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs, d.h. der Endenergieverbrauch durch die Dieseltraktion der Schiene wird in dieser Studie nicht berücksichtigt.

2 Kfz-Jahresfahrleistung Stadt Aachen

Im Hinblick auf die Berechnung des verkehrsbedingten Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen für die Stadt Aachen ist zunächst die Ermittlung der Gesamtfahrleistung des Straßenverkehrs für die Stadt Aachen eine notwendige Voraussetzung.

Im Rahmen dieser Studie werden Gesamtbetrachtungen für das Stadtgebiet Aachen durchgeführt, wobei die Fahrleistung nach Fahrzeuggruppen und Straßenklassen differenziert wird. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Fahrleistung des Straßenverkehrs für die verschiedenen Berechnungsfälle wird im folgenden erläutert.

2.1 Kfz-Jahresfahrleistung im Analysejahr 1998

Im Rahmen des landesweiten Emissionskatasters Nordrhein-Westfalen /HB 1998/ liegen für das gesamte klassifizierte Straßennetz und einen Teil der Gemeindestraßen abschnittsfein Fahrleistungen für das Bezugsjahr 1997 vor. Die Restfahrleistung (übriges nicht klassifiziertes Straßennetz und Flächenquellen) wurde im Rahmen des landesweiten Emissionskatasters über einen statistischen Berechnungsalgorithmus anhand bekannter Strukturgrößen auf Kreisebene ermittelt. Somit liegen fundierte Schätzungen der Gesamtfahrleistung des Straßenverkehrs in Nordrhein-Westfalen auf Kreisebene vor.

Die Daten des landesweiten Emissionskatasters für den Bereich des Stadtkreises Aachen wurden in aggregierter Form als Grundlage für die weiteren Berechnungen im Rahmen dieser Studie genutzt. Die Ergebnisse wurden zur Beschreibung der Istsituation (Bezugsjahr 1998) angesetzt (d.h. in Anlehnung an die Prognose der zukünftig nur langsam ansteigenden Verkehrsentwicklung (vgl. **Kapitel 2.3**) wurde keine Veränderung der Verkehrswerte zwischen dem Bezugsjahr 1997 des landesweiten Emissionskatasters und der hier betrachteten Analysesituation 1998 zugrundegelegt).

Pro Straßenklasse (Autobahn, Bundesstraße, Landesstraße, Kreisstraße, Restlinien- und Flächenquelle) und pro Fahrzeuggruppe (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge (lNfz), schwere Nutzfahrzeuge (sNfz) und Krafträder (Krad)) wurde die Jahresfahrleistung für die Analysesituation 1998 berechnet. In **Tabelle 2.1** ist die Gesamtfahrleistung für die Stadt Aachen differenziert nach Straßenklasse und Fahrzeuggruppe aufgeführt. Insgesamt wurde vom Straßenverkehr im Jahresmittel eine tägliche Fahrleistung von 4,2 Mio. Fahrzeug-Kilometern erbracht. Der Anteil der Pkw liegt bei 88%, der Anteil der leichten und schweren Nutzfahrzeuge bei 10%.

Die Verteilung auf die einzelnen Straßenklassen zeigt, daß ca. 28% der Jahresfahrleistung auf den Autobahnen im Stadtgebiet erbracht werden, weitere 49% auf den übrigen klassifizierten Straßen (Bundes-, Landes- und Kreisstraßen) und die übrigen 23% auf den sonstigen Straßen (Gemeindestraßen, Restlinien- und Flächenquellen).

	Fahrleistung in Kfz-km / Tag (Jahresmittel)					Anteil innerorts	Anteil an Gesamt
	Pkw	INfz	sNfz	Krad	Gesamt		
Autobahn	946.387 82,1%	37.711 3,3%	151.922 13,2%	16.052 1,4%	1.152.072 100,0%	0,0%	27,7%
Bundesstraße	734.856 88,3%	51.633 6,2%	26.693 3,2%	18.841 2,3%	832.023 100,0%	71,7%	20,0%
Landesstraße	896.102 91,2%	36.800 3,7%	31.500 3,2%	18.062 1,8%	982.465 100,0%	38,4%	23,6%
Kreisstraße	197.271 91,3%	8.364 3,9%	5.415 2,5%	5.069 2,3%	216.119 100,0%	54,1%	5,2%
Gemeindestraße	191.336 85,6%	20.417 9,1%	7.004 3,1%	4.642 2,1%	223.400 100,0%	84,5%	5,4%
Restlinienquellen	364.299 91,1%	20.769 5,2%	6.260 1,6%	8.682 2,2%	400.010 100,0%	100,0%	9,6%
Flächenquellen	321.360 91,1%	18.320 5,2%	5.532 1,6%	7.656 2,2%	352.868 100,0%	100,0%	8,5%
Gesamt	3.651.617 87,8%	194.015 4,7%	234.325 5,6%	79.004 1,9%	4.158.962 100,0%	48,9%	100,0%
Gesamt ohne Autobahn	2.705.224 90,0%	156.304 5,2%	82.404 2,7%	62.952 2,1%	3.006.884 100,0%	67,6%	

Tab. 2.1: Jahresfahrleistung Straßenverkehr für die Stadt Aachen, Analysejahr 1998 /HB 1998/

Diese differenzierten Daten zur Kfz-Jahresfahrleistung für das Analysejahr 1998 bilden die Grundlage der Ermittlung der Jahresfahrleistungen für alle weiteren betrachteten Berechnungsfälle.

2.2 Entwicklung der Fahrleistung 1990 bis 1998

Um die Entwicklung der Fahrleistung bis 1998 und darüber hinaus bis zum Prognosezeithorizont 2010 zu beurteilen, wurde als Referenzjahr das Jahr 1990 gewählt.

Angaben zur Verkehrsentwicklung von 1990 bis zum Analysejahr 1998 wurden für die Stadt Aachen aus den Daten der Straßenverkehrszählungen (SVZ'90 und SVZ'95) und der Dauerzählstellen im Raum Aachen abgeleitet.

Die mittlere Entwicklung der Verkehrsstärken von 1990 bis 1995 an allen SVZ-Zählstellen im Stadtgebiet Aachen liegt bei knapp +7% für den Gesamtverkehr und etwas über 7% für den Pkw-Verkehr.

Für den gesamten Güterverkehr (leichte und schwere Nutzfahrzeuge des Güterverkehrs) ergab sich eine nur geringfügige Steigerung der Fahrleistung von 1990 bis 1995 von 0,9%, dagegen liegt die Entwicklung des schweren Nutzfahrzeugverkehrs (schwerer Güterverkehr und Personenverkehr (Busse)) bei knapp 7%, d.h. etwa genauso hoch wie beim Gesamtverkehr.

Es liegen zusätzlich Ergebnisse von 5 Dauerzählstellen im Raum Aachen für die Jahre 1990 bis 1997 vor. Im Mittel über die 5 Zählstellen liegt die Veränderung der Verkehrsstärken des Gesamtverkehrsaufkommens für diesen Zeitraum bei +6,4%, wobei aber für die einzelnen Zählstellen deutliche Schwankungen der Verkehrsentwicklung in dem betrachteten Zeitraum auftreten und die Ableitung eines einheitlichen Trends nur bedingt möglich ist.

Zur Ableitung der Entwicklung der Jahresfahrleistung vom Referenzjahr 1990 bis zum Analysejahr 1998 wurde daher angenommen, daß die mittlere Zunahme der Fahrleistung (für alle Straßenklassen) für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge und Krafräder bei 1,4% pro Jahr lag. Dies entspricht der mittleren Entwicklung an den SVZ-Zählstellen zwischen den Jahren 1990 und 1995.

Für den schweren Nutzfahrzeugverkehr (ohne ÖPNV) wurde eine gedämpftere Entwicklung mit knapp 0,2% pro Jahr angesetzt. Für den übrigen schweren Nutzfahrzeugverkehr (Busse des ÖPNV) wird die prognostizierte Entwicklung der Fahrleistung in **Kapitel 2.4** separat erläutert.

2.3 Prognose der Kfz-Fahrleistungsentwicklung bis zum Zeithorizont 2010

Im Rahmen des Verkehrsentwicklungsplans der Stadt Aachen wurden im Hinblick auf die zukünftige Verkehrsentwicklung für die Stadt Aachen verschiedene Zukunftsbilder entworfen /VEP 1994/. Dies sind im einzelnen

1. das Trendszenario (die Verkehrspolitik erfährt gegenüber der im Analysejahr 1994 des VEP aktuellen Verkehrspolitik keine Veränderung)
2. das Szenario Pull (Fußgänger, Radfahrer und der öffentliche Personennahverkehr (der Umweltverbund) werden mit allen Mitteln gefördert. Es werden zwei Unterszenarien unterschieden, Pull-Bus und Pull-Bahn, letztere mit der Annahme, daß die Stadtbahn Aachen realisiert und dadurch der ÖPNV durch Busse entlastet wird)
3. das Szenario Push+Pull (neben der intensiven Förderung des Umweltverbundes werden hier zusätzliche Einschränkungen für den Autoverkehr angenommen)

Die einzelnen Maßnahmen im Verkehrssystem der Stadt Aachen, die den drei Szenarien zugrundegelegt sind, sind in /VEP 1994/ ausführlich beschrieben. Dies sind neben der Förderung des Umweltverbundes vor allem Veränderungen im Straßennetz der Stadt, die zu einer Entlastung der Innenstadt oder zu einer stärkeren Bevorrechtigung des ÖPNV im Straßenraum führen. Daneben sind Maßnahmen zur Ausdehnung des Anwohnerparkens in verschiedenen Stadtvierteln und zum Ausbau des P+R-Systems in Aachen enthalten.

Auf der Grundlage der Daten des VEP wurden die in **Tabelle 2.2** ausgewiesenen werktäglichen Verkehrsleistungen (ohne Autobahn) für den Personenverkehr ermittelt und im Rahmen dieser Studie zur Verfügung gestellt /STADT AACHEN 1999/.

Die aus diesen Daten abgeleiteten prozentualen Veränderungen der Verkehrsleistung bis zum Prognosejahr 2010 wurden zur Ableitung der Jahresfahrleistungen für die verschiedenen Berechnungsfälle im Prognosejahr 2010 auf der Grundlage der Daten des Analysejahrs 1998 (vgl. **Tabelle 2.1**) verwendet.

	Verkehrsleistung Kfz-km / Werktag Stadt Aachen (ohne Autobahn)	Veränderung gegenüber Analyse VEP 1994	Veränderung ge- genüber Bezugs- jahr 1998 *
Analyse VEP 1994	2.674.000		
Trend 2010	2.791.000	+4%	+3%
Pull (Bus) 2010	2.096.000	-22%	-17%
Pull (Bahn) 2010	2.008.000	-25%	-19%
Pull+Push	1.737.000	-35%	-26%

* Annahme: lineare Veränderung zwischen 1994 und 2010

Tab. 2.2: Veränderung der Verkehrsleistung Stadt Aachen (ohne Autobahn) 1994 bis 2010 gemäß VEP /STADT AACHEN 1999/

Die Verkehrsleistung des VEP und die Verkehrsleistung aus dem landesweiten Emissionskataster für das Analysejahr 1998 (**Tab. 2.1**) sind nur bedingt vergleichbar, da im VEP nur die Fahrten des Personenverkehrs modelliert sind, d.h. die des Güterverkehrs nicht explizit enthalten sind.

Daher wurden die prozentualen Veränderungen der Verkehrsleistung gemäß VEP nur für die Fahrzeuggruppen Pkw, leichte Nutzfahrzeuge und Kräder angesetzt.

Bezüglich der Entwicklung der Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge finden sich im VEP keine Angaben. So wurde aufgrund des allgemeinen Trends, daß insbesondere innerstädtisch der Fahrleistungsanteil der schweren Nutzfahrzeuge (ohne Busse des ÖPNV) zukünftig eher stagnieren wird, die Jahresfahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge (ohne Busse des ÖPNV) des Analysejahrs 1998 unverändert auch für alle Berechnungsfälle des Prognosejahres 2010 angesetzt. Bezüglich der Fahrleistungsentwicklung der Busse des ÖPNV sei auf **Kapitel 2.4** verwiesen.

2.4 Fahrleistung des ÖPNV

Die Fahrleistung des ÖPNV mit Linienbussen wird im Rahmen dieser Studie extra ausgewiesen.

Von der ASEAG wurden die folgenden Angaben zur Fahrleistung (Nutz-Wagen-Kilometer) des ÖPNV im Stadtgebiet Aachen zur Verfügung gestellt /ASEAG 1999a/:

9.606.447 km im Jahr 1997

7.661.588 km im Jahr 1990

Dies zeigt, daß seit 1990 die Fahrleistung (Nutz-Wagen-Kilometer) des ÖPNV in Aachen sehr deutlich, um 25%, zugenommen hat.

Die Angaben der Nutz-Wagen-Kilometer enthalten die gesamten im Liniendienst gefahrenen Kilometer im Stadtgebiet Aachen. Nicht enthalten sind die gefahrenen Kilometer der Leerfahrten der Busse des ÖPNV und auch nicht die Kilometer, die andere Busunternehmen im Stadtgebiet Aachen fahren. Diese zusätzlichen Kilometer können mit ca. 10% der oben aufgeführten Nutz-Wagen-Kilometer abgeschätzt werden. Die Fahrleistung 1997 wird hier vereinfacht auch für das Analysejahr 1998 angesetzt.

Zur Prognose der Fahrleistung des ÖPNV (bis 2010) werden Angaben aus dem VEP Aachen /VEP 1994/ und einer zusätzlichen Studie über die Realisierung einer Stadtbahn in Aachen /ASEAG 1999b/ verwendet.

In **Tabelle 2.3** sind die Anteile der einzelnen Verkehrsmittel am werktäglichen Wegeaufkommen im Aachener Stadtgebiet gemäß VEP aufgeführt /VEP 1994/. Der Anteil des ÖPNV liegt danach für die Analysesituation des VEP (1994) bei 12% und wird bis 2010 deutlich zunehmen, so daß er einen maximalen Anteil von 22% im Szenario Push+Pull erreicht.

Unter der Voraussetzung, daß die mittlere Weglänge der mit dem ÖPNV zurückgelegten Wege und der mittlere Besetzungsgrad der Busse sich zukünftig nicht verändern wird, können die Änderungen des Anteils des ÖPNV am Wegeaufkommen direkt als Änderungen der Fahrleistung des ÖPNV angesetzt werden.

	Pkw, Fahrer	Pkw, Mitfahrer	ÖPNV	Fahrrad	Fuß- gänger
VEP, Analyse 1994	44%	14%	12%	8%	22%
VEP, Trend 2010	45%	10%	15%	8%	22%
VEP, Pull-Bus 2010	34%	15%	18%	10%	23%
VEP, Pull-Bahn 2010	32%	15%	20%	10%	23%
VEP, Push+Pull 2010	28%	16%	22%	11%	23%

Tab. 2.3: Anteile der Verkehrsmittel am Wegeaufkommen gemäß VEP Aachen /VEP 1994/

Wird die Stadtbahn eingeführt (Szenario Pull-Bahn und Szenario Push+Pull), dann verteilt sich die Fahrleistung des ÖPNV auf Busse und Stadtbahn. Gemäß der ASEAG-Studie /ASEAG 1999b/ kann bei Realisierung des Netzes der Stadtbahn für die Teilstrecken Bushof-Brand, Bushof-Klinikum/Vaals, Bushof-Kohlscheid und Bushof-Würselen mit einer Einsparung von 2.400.600 Wagen-Kilometern pro Jahr im ÖPNV mit Bussen gerechnet werden. Es wird davon ausgegangen, daß 90% dieser Wagen-Kilometer im Stadtgebiet Aachen eingespart werden. Des weiteren wird davon ausgegangen, daß die, im Vergleich zu Szenario Pull-Bus, zusätzliche Steigerung der Fahrleistung im ÖPNV in den Szenarien Pull-Bahn und Push-Pull über die Stadtbahn und die noch vorhandenen Kapazitäten der Busse (vor allem im Zubringerbereich zur Stadtbahn) abgedeckt wird.

Aus den obigen Angaben lassen sich die in **Tabelle 2.4** aufgeführten Bus-Fahrleistungen des ÖPNV für die 6 betrachteten Berechnungsfälle ableiten.

	Wagen-Km / Tag (Jahresmittel)	Veränderung gegenüber Analysesituation 1998
Referenzjahr 1990	23.090	
Bezugsjahr 1994*	26.020	
Analysesituation 1998	28.951	
Trend 2010	32.525	+12,3%
Pull-Bus 2010	39.031	+34,8%
Pull-Bahn 2010	33.111	+14,4%
Push+Pull 2010	33.111	+14,4%

* Annahme einer linearen Entwicklung zwischen 1990–1998

Tab. 2.4: *Jahresmittlere Fahrleistung des ÖPNV mit Bussen (Nutz-Wagen-Kilometer und Leerfahrten) im Stadtgebiet Aachen für die 6 betrachteten Berechnungsfälle in Wagen-Kilometer pro Tag*

2.5 Kfz-Jahresfahrleistung 1990, 1998 und 2010 für die Stadt Aachen

Auf der Grundlage der in den **Kapiteln 2.1 bis 2.4** erläuterten Daten wurde die Jahresfahrleistung des Straßenverkehrs für die Stadt Aachen, differenziert nach Fahrzeuggruppen und Straßenklassen, für die 6 betrachteten Berechnungsfälle ermittelt. Die Fahrleistung auf den Autobahnen wurde hier und in den weiteren Betrachtungen nicht berücksichtigt, da die verwendeten Daten des VEP zur Veränderung der Verkehrsleistung für die Stadt Aachen die Autobahn nicht berücksichtigen (vgl. **Tab. 2.2**).

In **Tabelle 2.5** sind die Jahresfahrleistungen (ohne Autobahn) für alle Berechnungsfälle aufgeführt.

Der Anteil der einzelnen Fahrzeuggruppen am Gesamtverkehrsaufkommen ist für jeden Berechnungsfall angegeben. Hierbei sind die Nutzfahrzeuge differenziert nach Nutzfahrzeuge ohne ÖPNV und Busse des ÖPNV angegeben. (Der Anteil der Stadtbahn am Verkehrsaufkommen ist hier nicht aufgeführt, da diese bei den weiteren Betrachtungen bezüglich Endenergieverbrauch und CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs nicht berücksichtigt wird.)

Im Referenzjahr 1990 lag die Jahresfahrleistung des Straßenverkehrs in Aachen (ohne Autobahn) bei 2,7 Mio. Fzg-km/Tag. Der Anteil der Pkw lag bei ca. 90%, der Anteil der Nutzfahrzeuge (incl. ÖPNV) bei 8%. Nur ca. 2% der Jahresfahrleistung werden von den Krafträdern erbracht.

Beim Vergleich mit den weiteren Berechnungsfällen zeigen sich nur geringe Veränderungen bezüglich der Anteile der einzelnen Fahrzeuggruppen am Gesamtverkehrsaufkommen.

	Pkw	INfz	sNfz (ohne Busse)	sNfz Busse	sNfz Gesamt	Krad	Gesamt
Jahresfahrleistung in Fzg-km / Tag							
Referenzjahr 1990	2.432.756 89,9%	140.561 5,2%	52.694 1,9%	23.090 0,9%	75.784	56.612 2,1%	2.705.712 100,0%
Analysesituation 1998	2.705.224 90,0%	156.304 5,2%	53.453 1,8%	28.951 1,0%	82.404	62.952 2,1%	3.006.884 100,0%
Trend 2010	2.786.381 89,9%	160.993 5,2%	53.453 1,7%	32.512 1,0%	85.965	64.841 2,1%	3.098.179 100,0%
Pull-Bus 2010	2.258.862 89,1%	130.514 5,1%	53.453 2,1%	39.026 1,5%	92.478	52.565 2,1%	2.534.419 100,0%
Pull-Bahn 2010	2.197.995 89,3%	126.997 5,2%	53.453 2,2%	33.120 1,3%	86.572	51.149 2,1%	2.462.713 100,0%
Push+Pull 2010	1.995.103 88,9%	115.274 5,1%	53.453 2,4%	33.120 1,5%	86.572	46.427 2,1%	2.243.377 100,0%
Veränderung gegenüber Referenzjahr 1990 in %							
Analysesituation 1998	11,2%	11,2%	1,4%	25,4%	8,7%	11,2%	11,1%
Trend 2010	14,5%	14,5%	1,4%	40,8%	13,4%	14,5%	14,5%
Pull-Bus 2010	-7,1%	-7,1%	1,4%	69,0%	22,0%	-7,1%	-6,3%
Pull-Bahn 2010	-9,6%	-9,6%	1,4%	43,4%	14,2%	-9,6%	-9,0%
Push+Pull 2010	-18,0%	-18,0%	1,4%	43,4%	14,2%	-18,0%	-17,1%

Tab. 2.5: Jahresfahrleistung des Straßenverkehrs für die Stadt Aachen, differenziert nach Fahrzeuggruppen, für den Referenzfall 1990, die Analysesituation 1998 und die Prognosefälle 2010 (ohne Autobahn)

Gegenüber dem Referenzjahr 1990 ist die Jahresfahrleistung des gesamten Straßenverkehrs bis zum Analysejahr 1998 um ca. 11% angestiegen. Für das Trendszenario 2010 wird ein weiterer Anstieg der Fahrleistung, wenn auch deutlich gedämpfter, um ca. 4%-Punkte prognostiziert. Dagegen wurde für alle drei Szenarien 2010 eine Abnahme der Jahresfahrleistung im Vergleich zum Referenzjahr 1990 ermittelt, die im Bereich von -6% (Szenario Pull-Bus) bis -17% (Szenario Push+Pull) liegt.

Hinzuweisen ist auf die Entwicklung der Jahresfahrleistung des ÖPNV mit Bussen. Gegenüber dem Referenzjahr 1990 ist die Jahresfahrleistung bis zum Analysejahr 1998 um ca. 25% deutlich angestiegen (vgl. Kap. 2.4). Bis 2010 wird ein weiterer deutlicher Anstieg prognostiziert, so daß für das Trendszenario die Jahresfahrleistung der Busse 41% über der des Referenzszenarios liegt, im Szenario Pull-Bus sogar 69% darüber. Für die Szenarien mit Stadtbahn (Pull-Bahn und Push+Pull) geht aufgrund der Konkurrenzsituation auf bestimmten Relationen die Jahresfahrleistung mit Bussen etwas zurück und liegt nur noch knapp über der des Trendszenarios. Die zusätzliche Fahrleistung des ÖPNV wird in diesen Szenarien überwiegend durch die Stadtbahn erbracht.

Im Hinblick auf die Verteilung der Fahrleistung nach Straßenklassen wurde für die Prognosefälle keine Veränderung gegenüber dem Analysejahr 1998 (vgl. Tab. 2.1) angenommen. Für die Linienbusse des ÖPNV wurde angenommen, daß diese ausschließlich im klassifizierten Straßennetz fahren.

3 Spezifisches Energieverbrauchs- und Emissionsverhalten der Fahrzeuge

Die Grundlage der Berechnung des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen bilden neben den Fahrleistungen (vgl. **Kap. 2**) spezifische Emissionsfaktoren, die auf der Grundlage des aktuellen ‚Emissionsfaktorenhandbuchs‘ des Umweltbundesamtes /INFRAS 1995, INFRAS 1999/ ermittelt wurden.

Unter Berücksichtigung der regionalen Bestandszusammensetzung für den Zulassungsbezirk Aachen wurden pro Fahrzeuggruppe fahrleistungsgewichtete Emissionsfaktoren ermittelt. Die Emissionsfaktoren wurden für verschiedene charakteristische Verkehrssituationen bestimmt.

Für das Bezugsjahr 1998 lagen diese Daten aus den Feinscreening-Untersuchungen im Rahmen der Umsetzung des §40.2 BImSchG bereits vor /HB 1998/.

Unter Berücksichtigung der Bestandszusammensetzung im Jahr 1990 wurden auch für das Referenzjahr 1990 Emissionsfaktoren ermittelt. Ebenso wurde für das Prognosejahr 2010, unter Berücksichtigung der zukünftig zu erwartenden Verschärfung der Abgasgesetzgebung, die Bestandszusammensetzung prognostiziert und entsprechende Emissions- und Verbrauchsfaktoren ermittelt.

Anzumerken ist, daß die verschärfte Abgasgesetzgebung vor allem die Emissionen der durch die Grenzwerte limitierten Schadstoffe CO, OGD, NO_x und Partikel deutlich reduzieren wird. Eine Reduzierung der CO₂-Emissionen kann dagegen nur durch eine Minderung des Kraftstoffverbrauchs erzielt werden.

In **Bild 3.1** sind die mittleren relativen Änderungen der spezifischen CO₂-Emissionen für 1998 und 2010 im Vergleich zu 1990 dargestellt. Da die CO₂-Emissionen sich direkt aus dem Kraftstoffverbrauch berechnen (3.175 kg CO₂ pro kg Benzin bzw. Diesel /INFRAS 1999/), ergeben sich für die spezifischen CO₂-Emissionen und den spezifischen Kraftstoffverbrauch die gleichen Differenzen zwischen den verschiedenen Bezugsjahren.

Es zeigt sich, daß zwischen 1990 und 1998 für alle Fahrzeuggruppen (außer den Krädern) geringfügige Abnahmen der spezifischen CO₂-Emissionen ermittelt wurden. Bis 2010 werden sich die Abnahmen etwas erhöhen und liegen je nach Fahrzeuggruppe im Bereich von ca. -2% bis -15%.

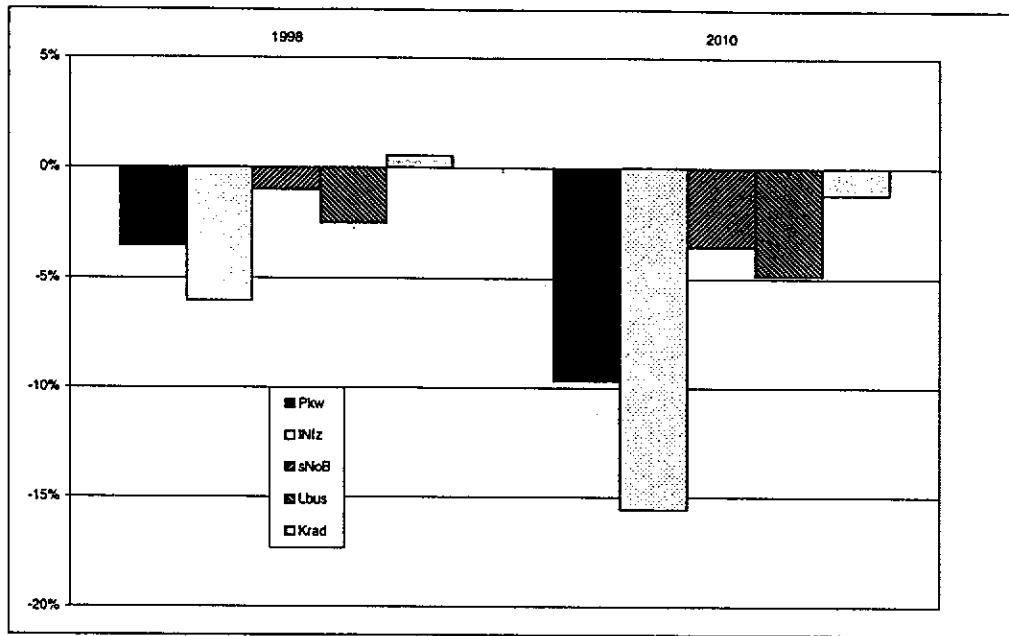


Bild 3.1: Relative Veränderung der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren für Pkw, INfz, sNoB (schwere Nutzfahrzeuge ohne Busse), LBus (Linienbusse) und Kräder für 1998 und 2010 in bezug auf die Emissionsfaktoren 1990 für Innerortsstraßen

4 Endenergieverbrauch und CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs 1990 bis 2010 für die Stadt Aachen

Grundsätzlich wird die Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Emissionen des Straßenverkehrs wesentlich durch 2 Einflüsse geprägt.

Zum einen ist dies die Entwicklung der Fahrleistungen im motorisierten Verkehr, die wiederum durch Faktoren, wie das individuelle Mobilitätsverhalten, aber auch durch die sonstigen wirtschaftlichen, politischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen beeinflusst wird. Die für die Stadt Aachen ermittelte Jahresfahrleistung des Straßenverkehrs für die Jahre 1990 und 1998 und die auf der Grundlage des Verkehrsentwicklungsplans der Stadt Aachen für den Zeithorizont 2010 prognostizierten Jahresfahrleistungen wurden in **Kapitel 2** beschrieben und bilden die Grundlage der Kraftstoffverbrauchs- und CO₂-Emissionsberechnungen.

Daneben spielen die Fortschritte der Fahrzeugtechnik und das damit verbunden veränderte spezifische Kraftstoffverbrauchs- und Emissionsverhalten der Fahrzeuge eine wesentliche Rolle für die Entwicklung der Endenergie- und Emissionsbilanzen. Hierbei sind zum Teil gegenläufige Tendenzen zu beobachten. Den Bemühungen, sparsamere Fahrzeuge zu entwickeln und zu verkaufen, steht ein Trend zu leistungsstärkeren Fahrzeugen mit entsprechend höherem Energieverbrauch gegenüber. Dies wurde in den prognostizierten Entwicklungen der spezifischen Kraftstoffverbrauchs- und CO₂-Emissionswerten in **Kapitel 3**, die den Emissionsberechnungen zugrundegelegt wurden, berücksichtigt.

Durch Verknüpfung der Jahresfahrleistungen pro Fahrzeuggruppe und Straßenklasse mit den spezifischen Kraftstoffverbrauchs- und CO₂-Emissionsfaktoren wurden für die 6 betrachteten Berechnungsfälle der jährliche Endenergieverbrauch und die jährlichen CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs ermittelt. In **Tabelle 4.1** sind die Berechnungsergebnisse zusammengefaßt aufgeführt, in **Tabelle 4.2** zusätzlich die CO₂-Emissionen, differenziert nach Fahrzeuggruppen.

Berechnungsfall	KV t/a	Diff. zu 1990 %	CO ₂ t/a	Diff. zu 1990 %
Referenzfall 1990	70.721		224.539	
Analysefall 1998	75.304	6,5%	239.092	6,5%
Trendprognose 2010	72.667	2,8%	230.717	2,8%
Szenario Pull-Bus 2010	60.421	-14,6%	191.836	-14,6%
Szenario Pull-Bahn 2010	58.330	-17,5%	185.198	-17,5%
Szenario Push+Pull 2010	53.749	-24,0%	170.652	-24,0%

Tab. 4.1: Endenergieverbrauch und CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs (ohne Autobahn), Stadt Aachen für die Bezugsjahre 1990, 1998 und 2010

Im Referenzjahr lag der Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr bei 70 kt/a und die daraus entstandenen verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bei 224 kt/a.

	Pkw	Nfz	sNfz (ohne ÖPNV)	Busse ÖPNV	sNfz Gesamt	Krad	Gesamt
CO ₂ -Emissionen in t/a							
Referenzjahr 1990	182.002 81,1%	15.941 7,1%	15.456 6,9%	9.445 4,2%	24.902	1.695 0,8%	224.539 100,0%
Analysesituation 1998	194.155 81,2%	16.180 6,8%	15.329 6,4%	11.548 4,8%	26.877	1.880 0,8%	239.092 100,0%
Trend 2010	186.122 80,7%	14.903 6,5%	15.118 6,6%	12.657 5,5%	27.776	1.916 0,8%	230.717 100,0%
Pull-Bus 2010	148.435 77,4%	11.959 6,2%	14.896 7,8%	14.995 7,8%	29.891	1.550 0,8%	191.836 100,0%
Pull-Bahn 2010	144.436 78,0%	11.637 6,3%	14.896 8,0%	12.720 6,9%	27.617	1.508 0,8%	185.198 100,0%
Push+Pull 2010	131.103 76,8%	10.563 6,2%	14.896 8,7%	12.720 7,5%	27.617	1.369 0,8%	170.652 100,0%
Veränderung gegenüber Referenzjahr 1990 in %							
Analysesituation 1998	6,7%	1,5%	-0,8%	22,3%	7,9%	10,9%	6,5%
Trend 2010	2,3%	-6,5%	-2,2%	34,0%	11,5%	13,1%	2,8%
Pull-Bus 2010	-18,4%	-25,0%	-3,6%	58,8%	20,0%	-8,5%	-14,6%
Pull-Bahn 2010	-20,6%	-27,0%	-3,6%	34,7%	10,9%	-11,0%	-17,5%
Push+Pull 2010	-28,0%	-33,7%	-3,6%	34,7%	10,9%	-19,2%	-24,0%

Tab. 4.2: CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs (ohne Autobahn), differenziert nach Fahrzeuggruppen, Stadt Aachen für die Bezugsjahre 1990, 1998 und 2010

Insgesamt sind seit 1990 bis zum Analysejahr 1998 Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen um knapp 7% angestiegen. Da die CO₂-Emissionen bei vollständiger Umwandlung des Kraftstoffs sich direkt aus dem Kraftstoffverbrauch berechnen lassen, sind die Änderungen für diese beiden Größen stets gleich groß.

Für die Trendprognose 2010 werden zwar geringere CO₂-Emissionen als für 1998 ermittelt, aber immer noch knapp 3% mehr als für das Referenzjahr 1990. Für die drei Szenarien 2010 werden im Vergleich zu 1990 deutlich geringere CO₂-Emissionen prognostiziert, wobei die Reduktionen im Bereich von -15% bis -24% liegen.

Betrachtet man die einzelnen Fahrzeuggruppen (Tab. 4.2), dann zeigt sich, daß die Pkw im Referenzjahr 1990 mit 81% zu den CO₂-Emissionen beitragen, die Nfz (ohne Busse) zu 14% und die Busse des ÖPNV zu 4%. Bis zum Szenario Push+Pull 2010 verschiebt sich diese Verteilung etwas, so daß die Pkw dann zu ca. 77% zu den CO₂-Emissionen beitragen, die Nfz und Busse zusammen zu 22%.

Die Veränderungen des Endenergieverbrauchs und der CO₂-Emissionen müssen in direktem Zusammenhang mit der Veränderung der Jahresfahrleistung gesehen werden. In Bild 4.1 sind pro Fahrzeuggruppe für alle Berechnungsfälle die relativen Veränderungen von Jahresfahrleistung und CO₂-Emissionen im Vergleich zum Referenzfall 1990 dargestellt.

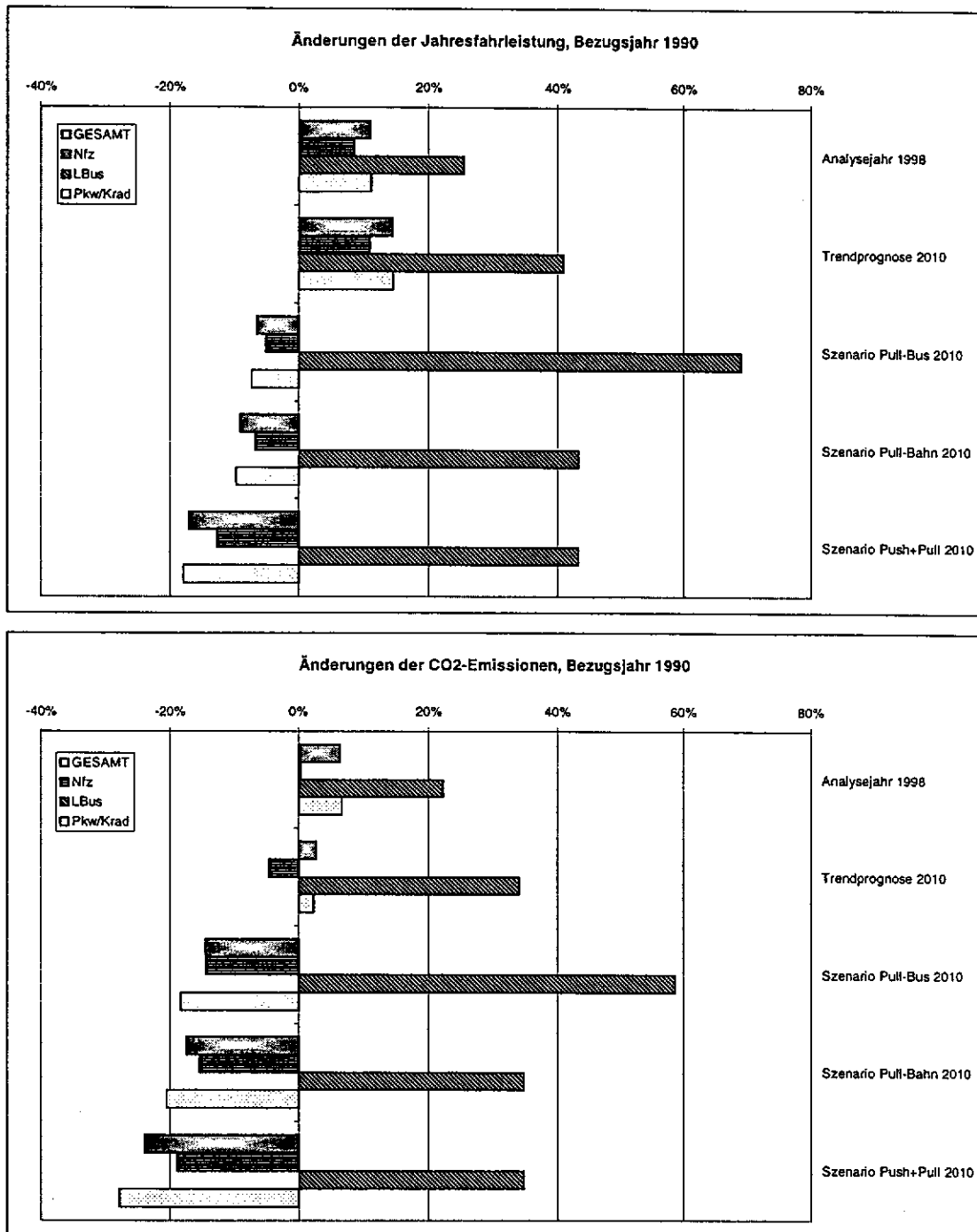


Bild 4.1: Relative Veränderung von Jahresfahrleistung und CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs pro Fahrzeuggruppe für die Jahre 1998 und 2010 im Vergleich zu 1990, Stadt Aachen (ohne Autobahn)

Schon für das Analysejahr 1998 zeigt sich, daß für jede Fahrzeuggruppe die Erhöhung der CO₂-Emissionen im Vergleich zum Referenzjahr 1990 geringer ausfällt als die Erhöhung der Jahresfahrleistung. Ursache hierfür liegt in der Bestandsumwandlung, die zu geringeren spezifischen Kraftstoffverbräuchen führt (vgl. Kap. 3). Für das Trendszenario zeigt sich dieser Effekt noch verstärkter, so daß trotz gestiegener Jahresfahr-

leistung gegenüber 1998 vergleichsweise geringe Zunahmen der CO₂-Emissionen für den gesamten Straßenverkehr prognostiziert werden.

Sehr deutlich zeigt sich auch hier, daß der gedämpften Zunahme (Trend 2010) bzw. Abnahme (Szenarien 2010) der Fahrleistung im motorisierten Individualverkehr (MIV) deutliche Zunahmen der Fahrleistung und der CO₂-Emissionen des ÖPNV mit Bussen gegenüberstehen. Insgesamt trägt aber der ÖPNV selbst in der maximalen Variante (Szenario Push+Pull) nur mit 8% zu den gesamten CO₂-Emissionen bei, obwohl ca. 22% des Wegeaufkommens des Personenverkehrs über den ÖPNV abgedeckt sind (vgl. Tab. 2.3).

5 Bewertung der CO₂-Minderungspotentiale

Im folgenden wird die in **Kapitel 4** beschriebene prognostizierte Entwicklung der straßenverkehrsbedingten CO₂-Emissionen im Hinblick auf ihr CO₂-Minderungspotential für die Stadt Aachen bewertet.

Hierfür werden zunächst in allgemeiner Form die grundsätzlich möglichen Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs beschrieben.

5.1 Maßnahmen zur CO₂-Minderung im Straßenverkehr

Kraftstoffverbrauchs- und CO₂-Emissionsreduktionen können grundsätzlich über die folgenden Wirkungsmechanismen erzielt werden:

- **Verringerung von Verkehrsleistung** im motorisierten Kraftfahrzeugverkehr von Verbrennungsmotoren (z.B. durch Verkehrsvermeidung oder Verlagerung auf energieverbrauchsgünstigere Verkehrsmittel, z.B. dem Umweltverbund (ÖPNV, Rad- und Fußgängerverkehr))
- **Verringerung des spezifischen Energieverbrauchs** der Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren durch fahrzeugtechnische Maßnahmen (z.B. 3-Liter-Auto)
- **Verbesserung des Verbrauchsverhaltens** der Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren **durch Verbesserung des Verkehrsablaufs** (z.B. durch Stauvermeidung, Verkehrsverflüssigung und Geschwindigkeitsbeschränkung)
- Verringerung der CO₂-Emissionen durch **Kraftstoffsubstitution**

Im Hinblick auf die Verkehrspolitik können für verschiedene ‚Handlungsfelder‘ Maßnahmenbereiche definiert werden. Im **Anhang** finden sich für diese einzelnen ‚Handlungsfelder‘ der Verkehrspolitik Maßnahmenbeispiele, und deren Priorität für den Klimaschutz wird in allgemeiner Form kurz beschrieben.

5.2 Bewertung der CO₂-Minderungspotentiale für die Stadt Aachen

In **Kapitel 4** wurde aufgezeigt, daß die CO₂-Minderungspotentiale für den Straßenverkehr in Aachen für die drei betrachteten Szenarien 2010 (Pull-Bus, Pull-Bahn und Push+Pull), bezogen auf 1990, bei -15%, -18% bzw. -24% liegen. In **Tabelle 5.1** sind die Minderungspotentiale nochmals aufgeführt, zusätzlich differenziert nach unterschiedlichen Ursachen.

		Analysejahr 1998	Trend 2010	Szenario Pull-Bus 2010	Szenario Pull-Bahn 2010	Szenario Push+Pull 2010
CO ₂ - Emissionen im Referenzjahr 1990	t/a	224.539	224.539	224.539	224.539	224.539
Effekte aus der Flottenzusammensetzung	%	-4,6%	-11,8%	-6,9%	-7,3%	-5,7%
Effekte aus Fahrleistungsänderung	%	11,1%	14,5%	-6,3%	-9,0%	-17,1%
Effekte aus Verkehrsablauf (Stauabbau)	%	0,0%	0,0%	-1,3%	-1,3%	-1,2%
Insgesamt	%	6,5%	2,8%	-14,6%	-17,5%	-24,0%
CO ₂ - Emissionen im Prognosejahr	t/a	239.092	230.717	191.836	185.198	170.652

Tab. 5.1: CO₂-Minderungspotentiale für den Straßenverkehr (ohne Autobahn), Stadt Aachen

Zwei Haupteinflüsse bewirken die in **Tabelle 5.1** ausgewiesenen CO₂-Minderungspotentiale, zum einen die Wirkungen der Maßnahmen des VEP, die zu einer Reduktion der Jahresfahrleistung im Stadtgebiet Aachen führen und zum anderen der Effekt der veränderten Flottenzusammensetzung, der bis 2010 zu einer Reduktion des spezifischen Kraftstoffverbrauchs führen wird.

Die prognostizierte CO₂-Minderung durch die Reduktion der Fahrleistung liegt bei -6%, -9% bzw. -17% für die Szenarien Pull-Bus, Pull-Bahn bzw. Push+Pull.

Die den 3 Szenarien zugrundeliegenden Maßnahmenbündel betreffen vor allem die folgenden Bereiche

- Stärkung des ÖPNV
- Anlage von Busspuren bzw. Gleiskörpern und Radwegen zu Lasten des Kfz-Verkehrs
- Ausbau eines zusammenhängenden Radwegenetzes
- Reduktion der Stellplätze in der Innenstadt
- Einführung einer differenzierten Parkraumbewirtschaftung und des Anwohnerparkens
- Ausweitung der Fußgängerbereiche
- Bündelung des Kfz-Verkehrs auf dem Vorbehaltsnetz
- Ausbau des P+R-Systems

Das Szenario Push+Pull enthält das weitreichendste Maßnahmenbündel /VEP 1994/, so daß hierfür die größte Fahrleistungsreduktion mit -17% (bezogen auf 1990) prognostiziert wurde.

Die oben aufgeführten Maßnahmen wurden im VEP Stadt Aachen nicht vorrangig aus Gründen des Klimaschutzes vorgeschlagen. Vielmehr werden diese Maßnahmen, die das Ziel haben, die Fahrleistungen zu reduzieren oder den Verkehrsablauf zu optimieren, vorrangig unter dem Aspekt der Erhaltung der Mobilität, der Verbesserung der

Verkehrsstruktur und der effizienten Ausnutzung der Systemleistungsfähigkeiten gesehen.

Trotzdem finden sich in den Maßnahmen des VEP Aachen viele Maßnahmen wieder, die auch im Sinne des Klimaschutzes positiv wirken (vgl. **Anhang**).

Die Effekte der veränderten Flottenzusammensetzung auf die CO₂-Minderung liegen im Bereich von ca. -7% für die Szenarien Pull-Bus und Pull-Bahn, d.h. sie bewirken bei diesen beiden Szenarien ca. die Hälfte der CO₂-Minderung, neben der CO₂-Minderung durch die Reduktion der Fahrleistung. Dagegen wird im Szenario Push+Pull ca. 71% der CO₂-Minderung durch die Fahrleistungsreduktion erzielt und nur etwa 24% durch den Effekt der Flottenumwandlung.

Der CO₂-Minderungseffekt durch die Verbesserung des Verkehrsablaufs ist gering und liegt in allen drei Szenarien bei ca. 1%.

Anzumerken ist, daß die ermittelten CO₂-Minderungspotentiale für die Stadt Aachen ohne Berücksichtigung der Autobahnen gelten. Die Autobahnen sind überwiegend durch den Fern- und Transitverkehr geprägt, so daß die lokalen Maßnahmen der Stadt Aachen dort nur geringe Wirkungen zeigen werden. Die Einbeziehung der Autobahnen würde daher die ausgewiesenen CO₂-Minderungspotentiale verringern.

Vergleich mit anderen Studien

Im folgenden werden kurz die Ergebnisse von zwei weiteren Studien erläutert, die in ausführlicher Form die Möglichkeiten der CO₂-Minderung des Straßenverkehrs für zwei andere Städte behandeln.

So zeigen die Ergebnisse des Klimaschutzkonzepts Stuttgart /KLIKS 1997/, daß maximal, im sogenannten Wunschscenario, eine Reduktion der CO₂-Emissionen von -27%, bezogen auf 1990, erzielt werden kann (im eher realistischen Sparszenario eine Reduktion von -22%), wobei für Stuttgart in der Trendprognose nur ein geringfügiger Anstieg der Jahresfahrleistung (+1%) im Vergleich zu 1990 prognostiziert wurde und daher schon für die Trendprognose ein Rückgang der CO₂-Emissionen aufgrund der Flottenumwandlung erwartet wird.

Der Haupteffekt der CO₂-Minderung kommt auch im Wunschscenario aus der Flottenzusammensetzung und beträgt ca. 50% der erzielbaren Gesamtreduktion 2010. Die auf die Fahrleistungsreduktion abzielenden Maßnahmen (wie Attraktivitätssteigerung des ÖPNV, Mobilitätsberatung, Maßnahmen zur Verkehrserziehung) leisten einen weiteren Beitrag zur CO₂-Minderung, der maximal im Wunschscenario in der Größenordnung des Flotteneffektes, d.h. bei 50%, liegen wird. Der Beitrag der Maßnahmen, die den Verkehrsablauf bzw. die Fahrweise im Hinblick auf den Kraftstoffverbrauch optimieren sollen, ist insgesamt nur als marginal zu bezeichnen.

Als weiteres Beispiel sei die Studie für die Stadt Hannover genannt /HANNOVER 1997/. Dort wurde für den Raum Hannover nachgewiesen, daß bis 2010 die Fahrleistung (Gesamtverkehr), bezogen auf 1990, in der Trendprognose deutlich zunehmen wird (+17% für den Personenverkehr, +34% für den Güterverkehr) und damit auch die CO₂-Emissionen deutlich ansteigen werden (+12%). Durch Maßnahmen kann maximal eine Reduktion der CO₂-Emissionen von -8%, bezogen auf 1990, erzielt werden. Dieses Ziel wird aber nur beim Zusammenwirken von lokalen Maßnahmen (Förderung des Umweltverbundes und Beschränkung des MIV) und bundesweiten fiskalen und ordnungspolitischen Maßnahmen (z.B. höhere Mineralölsteuern) zu erreichen sein.

Bewertung für die Stadt Aachen

Der Vergleich der für die Stadt Aachen ermittelten CO₂-Minderungspotentiale mit den Ergebnissen der beiden oben aufgeführten Studien zeigt, daß die im Szenario Push+Pull prognostizierte CO₂-Minderung von -23%, die eine Fahrleistungsreduktion für Aachen von -17%, bezogen auf 1990, impliziert, ein sehr ehrgeiziges Ziel ist, zu dessen Realisierung große Anstrengungen notwendig sein werden. Die Umsetzung des Push+Pull-Szenarios, d.h. das Zusammenspiel von erweiterten, umweltfreundlichen Verkehrsangeboten auf der einen Seite und der Einschränkung des motorisierten Individualverkehrs auf der anderen Seite enthält aber für die Stadt Aachen im Hinblick auf die CO₂-Minderung die größten Potentiale.

Neben der Reduktion der Fahrleistung hat die veränderte Bestandszusammensetzung maßgebenden Anteil an der prognostizierten CO₂-Minderung.

Tabelle 5.1 zeigt, daß durch die Verbesserung im Verkehrsablauf nur sehr geringe Beiträge zur CO₂-Minderung erzielt werden können. Daher sind Maßnahmen, die nur auf eine Verbesserung des Verkehrsablaufs abzielen, auch für Aachen im Sinne der CO₂-Minderung nicht von hoher Priorität. Daneben ist aber zu beachten, daß zur Realisierung der angestrebten Fahrleistungsreduktion um -17% eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen im Straßennetz der Stadt Aachen notwendig sein werden, die auch zu Veränderungen im Verkehrsablauf führen werden. Diese Maßnahmen sollten stets auch im Hinblick auf ihre Wirkung auf die CO₂-Emissionen geprüft und optimiert werden, d.h. kontraproduktive Effekte, wie z.B. Stauerzeugung, minimiert werden.

Ein weiterer Aspekt, der bisher noch nicht angesprochen wurde, ist der Einsatz alternativer Kraftstoffe, wie Gas oder Biodiesel, im Hinblick auf eine CO₂-Reduktion.

Die ASEAG hat eine Studie zum möglichen Einsatz von Gas statt schwefelarmen Dieselmotorkraftstoff für die Busse des ÖPNV in Aachen durchführen lassen /ASEAG 1999c/. Das Ergebnis zeigt, daß bei kompletter Umstellung der Busse von Diesel auf Gas im Hinblick auf die CO₂-Emissionen nur eine Reduktion von -5% erreicht wird, wobei aber die Betriebskosten sich bei Gasbetrieb etwas erhöhen werden. Bezogen auf die gesamten CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs ist diese Einsparung mit ca. 0,5% sehr

gering. Anzumerken ist, daß die Reduktionen für andere Schadstoffe, wie z.B. Partikel, bei der Umstellung auf Gas wesentlich größer ausfallen.

Auch durch den Einsatz von regenerativen Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen, wie z.B. Biodiesel (aus Raps hergestelltes Pflanzenölmethylester (PME)), kann die CO₂-Gesamtbilanz positiv beeinflusst werden, da bei Berücksichtigung der gesamten Entstehungs- und Verarbeitungskette Biodiesel praktisch CO₂-neutral ist. Bei der Bilanzierung der aus dem Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs entstehenden CO₂-Emissionen wird dieser Effekt nicht direkt sichtbar. Eine Erhöhung des Anteils regenerativer Energiequellen ist aber grundsätzlich auch im Sinne des Klimaschutzes und der Ressourcenschonung anzustreben.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die konsequente Unterstützung der Flottenumwandlung hin zu verbrauchsärmeren Fahrzeugen für Pkw und Nutzfahrzeuge ein wichtiges CO₂-Minderungspotential für den Straßenverkehr in Aachen darstellt. Daneben sind vor allem die Effekte durch die Reduktion der Fahrleistung aufgrund von Verkehrsverlagerungen hin zum Umweltverbund von großer Bedeutung. Das CO₂-Minderungspotential aus diesen Effekten ist im Szenario Push+Pull sogar größer als die Effekte aus der Bestandsumwandlung. In diesem Sinne sollte die Verkehrspolitik in Aachen im Hinblick auf eine maximale CO₂-Minderung weiter verfolgt werden. Die Information und Einbindung der einzelnen Verkehrsteilnehmer ist hierbei wichtig, da fast alle Maßnahmen von den Verkehrsteilnehmern eine aktive Beteiligung erfordern, entweder im Sinne einer Verhaltensänderung oder durch die Nutzung eines alternativen Verkehrsmittels.

Literaturverzeichnis

ASEAG 1999a

Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG
Mündliche Mitteilung von Herrn Schäfer, ASEAG
Aachen 1999

ASEAG 1999b

Aachener Straßenbahn und Energieversorgungs-AG
Untersuchung über die Realisierung einer Stadtbahn in Aachen
Aachen 1999

ASEAG 1999c

FEV Motorentechnik GmbH
Studie zur Bewertung des ökologischen und wirtschaftlichen Potentials von
erdgasbetriebenen Linienbussen im Vergleich zum Dieselbetrieb
Aachen 1999

HANNOVER 1997

Ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg; PROGNOSE AG Basel
CO₂-Minderungsstudie Verkehr Großraum Hannover
Im Auftrag des Kommunalverbands Großraum Hannover und des Niedersächsischen
Umweltministeriums
Heidelberg, Basel 1997

HB 1998

Heusch/Boesefeldt GmbH
Fortschreibung und Erweiterung des Emissionsmodells Straßenverkehr zur Ermittlung
von Art, Umfang und räumlicher Verteilung der Emissionen des Straßenverkehrs für
das Land Nordrhein-Westfalen
Aachen 1998

INFRAS 1995

INFRAS AG
Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
Bern 1995

INFRAS 1999

INFRAS AG
Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 1.2
Bern 1999

KLIKS 1997

Enerko; Heusch/Boesefeldt; Steierwald Schönharting & Partner
Klimaschutzkonzept Stuttgart
Aldenhoven, Aachen, Stuttgart 1997

STADT AACHEN 1999

Fax der Stadt Aachen vom 11.05.99
Aachen 1999

VEP 1994

Stadt Aachen
Verkehrsentwicklungsplan Aachen
Aachen 1994

ANHANG

Maßnahmen zur CO₂-Minderung im Straßenverkehr

Im Hinblick auf die Verkehrspolitik können für verschiedene ‚Handlungsfelder‘ Maßnahmenbereiche definiert werden. Im folgenden werden diese einzelnen ‚Handlungsfelder‘ der Verkehrspolitik mit Maßnahmenbeispielen und deren Priorität für den Klimaschutz kurz beschrieben.

Siedlungsstrukturelle Maßnahmen

Vom Ansatz her sind siedlungsstrukturelle Maßnahmen ein plausibler (und politisch konsensfähiger) Beitrag zur Verkehrsvermeidung und zur Reduktion von Verkehrsleistung (‚Stadt der kurzen Wege‘). Neuere Untersuchungsergebnisse zeigen jedoch, daß das Wirkungspotential häufig überschätzt wird und die Wirkungen nur mittel- und langfristig realisiert werden können.

Bauliche und technische Maßnahmen

Hierunter zählen z.B. Maßnahmen zur *Einrichtung von Busspuren* mit dem Ziel der ÖPNV-Beschleunigung. Teilweise kann dies in hochausgelasteten Straßen zu Lasten von MIV-Kapazitäten geschehen. In Einzelfällen können dabei auch kontraproduktive Effekte (erhöhter CO₂-Ausstoß infolge provozierten Staus) auftreten.

Die Ausgestaltung der Haltestellen und Maßnahmen zur Erhöhung des Fahrkomforts und der Sicherheit und die Ausstattung von Haltestellen mit dynamischen Anforderungs- und Informationssystemen dienen generell der *Attraktivitätssteigerung und der Imageverbesserung des ÖPNV*.

Für die *Förderung des Radverkehrs* sind der Bau und die Ausweisung von Radwegen von zentraler Bedeutung.

Die Umgestaltung von *lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten* in Kreisverkehrsplätze weist ein Reduktionspotential für CO₂-Emissionen auf.

Grundsätzlich bietet die Einrichtung von *P+M-Plätzen* (zur Erhöhung des Besetzungsgrads von Fahrzeugen) und von *P+R-Plätzen* (Umstieg auf den ÖPNV) Möglichkeiten zur Reduktion der Fahrleistung des MIV.

Betriebliche Maßnahmen

Im Bereich des ÖPNV zählen zu den betrieblichen Maßnahmen die Ausweitung der Betriebszeiten und die Flexibilisierung der Betriebszeiten (z.B. Rufbus, Sammeltaxis mit Anforderung und Auftragsbestätigung an Haltestellen).

Zur besseren Verknüpfung der Verkehrssysteme und zur Anschlußsicherung ist auf die neuen technologischen Ansätze im Zusammenhang mit der Telematik (dynamische Anschlußsicherung) hinzuweisen. Dies gilt auch für die Priorisierung des ÖPNV an LSA, deren Ausweitung nach konventionellen Methoden aufgrund der Einschränkun-

gen für den MIV evtl. Widerstände entgegenstehen, die mit dynamischen Steuerungen (über Erfassung der aktuellen MIV-Situation und Einführung von Wartezeitkriterien) abgebaut werden können.

Zur Attraktivitätssteigerung des *nicht-motorisierten Verkehrs* kann eine fußgängerfreundliche Signalisierung erheblich beitragen. Hierzu gehört die Schaltung von Sofort-Grün bei Fußgängeranforderungsampeln (die mit der gesamten Signalisierung abzustimmen ist). Im Radverkehr führt insbesondere im Zusammenhang mit der Erweiterung des Radwegenetzes die automatische Anforderung bei Annäherung (über Schleifendetektoren) mit Sofortfreigabe, so daß Radfahrer nicht absteigen müssen, zu einer Erhöhung der Geschwindigkeiten und des Komforts.

Die Verschärfung permanenter *Geschwindigkeitsbeschränkungen* gewinnt gerade im Zusammenhang mit der Reduktion der CO₂-Emissionen erneut an Stellenwert. Hinzuweisen ist darauf, daß moderate Geschwindigkeiten nur in Verbindung mit einem gleichmäßigen Verkehrsablauf zu Verbrauchseinsparungen und damit zu CO₂-Reduktionen führen.

Hinsichtlich der *Koordinierung der Signalsteuerung* (grüne Welle) sind die Zielkonflikte mit der ÖPNV-Priorisierung sowie mit der fußgänger- und fahrradfreundlichen Signalisierung zu beachten. Insbesondere in diesem Zusammenhang ist zu überprüfen, inwieweit hier noch Optimierungspotentiale zur Verflüssigung des Verkehrsablaufs liegen. Dazu gehört auch die Ausstattung der LSA mit vollverkehrsabhängigen Steuerungen.

Einen Beitrag zur Verflüssigung des Verkehrsablaufs kann – neben Anreizen zum Wechsel auf den ÖPNV – die Einrichtung von *Pförtneranlagen* liefern. Zusätzliche Potentiale zur Reduktion der CO₂-Emissionen werden hier in der Ausstattung der Anlagen mit einem Informationssystem gesehen, mit dem die Wartezeiten begründet (z.B. Überlastung der Innenstadt) und deren Dauer in Verbindung mit der Aufforderung zum Motorab- (und wieder an-)schalten angezeigt werden.

Bei *Verkehrs- und Parkleitsystemen* ist aus Sicht des Klimaschutzes die Ausgestaltung der Leitstrategien in Richtung Optimierung der Netzauslastung und zur Verringerung der Fahrleistung durch Parksuchverkehr anzuführen.

Organisatorische Maßnahmen

In diesem Zusammenhang diskutiert werden z.B. Konzepte der City-Logistik im Güterverkehr. Diese können einen, wenn auch geringen, Beitrag zur CO₂-Minderung liefern, wenn Transportleistungen reduziert bzw. auf Fahrzeuge mit geringerem spezifischen Energieverbrauch verlagert werden.

Eine weitere organisatorische Maßnahme ist der Einkaufslieferservice, der in erster Linie der generellen Attraktivitätssteigerung des ÖPNV dient.

Die Förderung verbrauchsarmer Fahrzeuge bzw. alternativer Antriebsenergien bei Behörden und Firmen weist vor allem Vorbildfunktion auf.

Mit der Organisation von optimierten Öffnungs- und Betriebszeiten kann ein Beitrag zur Entzerrung der Spitzenzeiten geleistet werden, der für die CO₂-Reduktion als Abbau von Überlastungen im Straßennetz relevant ist.

Zunehmend an Bedeutung gewinnen im Zusammenhang mit neuen Informations- und Kommunikationstechnologien die organisatorischen Konzepte zur Bildung von Fahrgemeinschaften (car-pooling und car-sharing).

Ordnungspolitische Maßnahmen

Zufahrtsbeschränkungen und Fahrverbote (areal, zeitlich, typabhängig etc.) stellen die restriktivsten Maßnahmen im MIV dar. Ihren (zumindest für die Sperrgebiete unbestritten) hohen Wirkungspotentialen steht die Gefahr negativer Folgewirkungen gegenüber, von denen als wesentlichste der Attraktivitätsverlust für die Sperrgebiete und Ausweichreaktionen und Mehrbelastungen in angrenzende Gebiete zu nennen sind. Bei der Umsetzung der Zufahrtsbeschränkungen ist daher vor allem auf die Vermeidung derartiger Folgewirkungen zu achten.

Flankierend können die Chancen, die sich aus einer Verkehrsberuhigung der Sperrgebiete zur Attraktivitätssteigerung ergeben, durch Gestaltungsmaßnahmen und Umwidmungen von Straßenflächen für den Fußgänger- und Radverkehr genutzt werden.

Parkraumrestriktionen, wie z.B. Beschränkung der öffentlich zugänglichen Parkplätze können - ähnlich wie Zufahrtssperren - durch Ausweichreaktionen und Attraktivitätsverlust zu kontraproduktiven Folgewirkungen führen. Darüber hinaus sind in hohem Maße flankierende Maßnahmen erforderlich, um den bei Parkplatzknappheit entstehenden Parksuchverkehr zu vermeiden.

Preispolitische Maßnahmen

Mit der Parkraumbewirtschaftung besteht die Möglichkeit einer räumlichen und zeitlichen Differenzierung des Parkraumangebots. Dabei sind die Bewirtschaftungskonzepte der einzelnen Stadtteile aufeinander abzustimmen, indem für ähnliche Gebietstypen gleiche Gebührensätze festgelegt werden. Dabei sollte die Gebührengestaltung das jeweilige ÖPNV-Angebot im Einzugsbereich der Parkieranlage berücksichtigen.

Ebenfalls abzustimmen ist die Parkraumbewirtschaftung mit dem P+R-Konzept. Die Gebühren in den Zielgebieten auf der einen Seite und an den P+R-Anlagen auf der anderen Seite sind so zu staffeln, daß der Übergang auf den ÖPNV möglichst nahe an der Quelle einer Fahrt stattfindet. Vorteilhaft ist eine Kombination der Parkgebühr mit dem ÖPNV-Ticket. Dabei können auch Anreize für Fahrgemeinschaften angeboten werden.

Die Erhebung von Straßengebühren zur Lenkung der Verkehrsnachfrage (road pricing) wird in Deutschland in jüngster Zeit verstärkt diskutiert. Trotz fundierter verkehrswirtschaftlicher Begründung bei vergleichsweise hohem Wirkungsgrad wurde sie bisher nirgends realisiert.

Maßnahmen der Telematik

Die Entwicklung von innovativen Informationstechnologien im Verkehrswesen hat in den letzten Jahren entscheidende Fortschritte erzielt. Dabei sind die Konzepte zunehmend über den ursprünglichen Schwerpunkt von Autofahrerleitsystemen auf eine intermodale Integration des Gesamtverkehrssystems hinausgewachsen.

Nach den bisherigen Erkenntnissen kommt dabei vor allem den Telematik-Systemen, die den Verkehrsteilnehmern vor Fahrtantritt Informationen und Empfehlungen hinsichtlich ihrer Verkehrsalternativen anbieten, ein hoher Stellenwert zu. Hier werden die größten Potentiale zur Verlagerung von Fahrten vom MIV auf den ÖPNV gesehen.

Die Nutzung der genannten Verlagerungspotentiale kann mit den übrigen Technologien der Telematik, die die Attraktivität des ÖPNV über Priorisierung, Anschlußsicherung und Effizienzsteigerung des Betriebsablaufs erhöhen, wirksam unterstützt werden. Ergänzend kommen die Möglichkeiten einer automatischen Erhebung von Straßennutzungsgebühren unter Lenkungsaspekten sowie von dynamischen P+R-Informationssystemen dem Ziel, der Verlagerung von Teilen des MIV auf den ÖPNV, entgegen.

Darüber hinaus sind im Hinblick auf umweltverträgliche Verkehrskonzepte die technischen Möglichkeiten anzusprechen, mit denen der Ablauf des nicht vermeidbaren und nicht verlagerbaren MIV zielkonform gestaltet werden kann. Hierzu zählt insbesondere die Ausrichtung der Leitstrategien von kollektiven und individuellen Zielführungssystemen auf die verkehrspolitischen Zielsetzungen (Lenkung des Verkehrs auf ein reduziertes Vorbehaltsnetz, Umfahren sensibler Bereiche, Zielführung auf P+R-Anlagen, Vermeidung bzw. Abbau von Stausituationen).

Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit

Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, daß die Erarbeitung eines konsensfähigen Maßnahmenkonzeptes, das von Verwaltung, Wirtschaft und Interessensvertretern unterstützt wird, für die Akzeptanz der Maßnahmen in der Öffentlichkeit von größter Bedeutung ist.

Darüber hinaus sind die Besonderheiten der Reduktion klimarelevanter Abgase (CO₂ als Leitkomponente) - und hier insbesondere die Unterschiede zu den immissionsrelevanten Schadstoffreduktionen (z.B. Ruß, Benzol) - auch im Rahmen der allgemeinen Verkehrserziehung und -beratung einzubeziehen.

Besondere Bedeutung zur Nutzung von CO₂-Minderungspotentialen kommt der positiven Beeinflussung der individuellen Fahrweise von Kfz-Nutzern, z.B. im Rahmen des Fahrschulunterrichts oder in Form von öffentlichen Kursen zu.

