

**Der Einfluß höherer Kraftstoffpreise
auf die Luftschadstoffbelastung durch den Personenverkehr
privater Haushalte**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft
(doctor rerum oeconomicarum)
am Fachbereich Wirtschaftswissenschaft
der Bergischen Universität – Gesamthochschule Wuppertal

vorgelegt von
Diplom-Ökonom Dirk Kuhne
aus Wuppertal

Wuppertal, im Juli 2001

Diese Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20050126

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20050126>]

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung und Aufbau der Untersuchung.....	5
2	Das Niveau und die Entwicklung luftgetragener Schadstoffe im Personenverkehr privater Haushalte.....	10
2.1	Ursachen.....	14
2.1.1	Fahrzeugspezifische Emissionscharakteristiken.....	14
2.1.2	Die Entwicklung der privaten Verkehrsleistungen.....	18
2.1.3	Zwischenergebnis.....	21
3	Verkehrspreise und Verkehrsausgaben privater Haushalte.....	23
3.1	Die Höhe und Struktur der Kraftstoffpreise im privaten Pkw-Verkehr.....	23
3.2	Transportpreisrelationen im privaten Personenverkehr.....	26
3.3	Höhe und Struktur der Verkehrsausgaben privater Haushalte.....	31
3.4	Pkw-Kosten.....	34
3.5	Zwischenergebnis.....	39
4	Umweltökonomische Argumente für höhere Kraftstoffpreise.....	41
4.1	Der Beitrag der Umweltökonomie zur umweltpolitischen Zielfindung im Verkehrsbereich.....	41
4.1.1	First-Best-Lösungen.....	43
4.1.2	Second-Best-Lösungen.....	48
4.2	Internalisierung durch Umweltabgaben auf Kraftstoffe.....	53
4.3	Zwischenergebnis.....	59
5	Theoretische Grundlagen der Modellierung.....	60
5.1	Der Erklärungsbeitrag der traditioneller Nachfragetheorie sowie der Haushaltsproduktionstheorie.....	60
5.2	Eine kurze Darstellung der dem Modell zugrunde gelegten ökonometrischen Grundtypen.....	65
6	Ein ökonometrisches Modell zur Abbildung der Luftschadstoffbelastung im privaten Personenverkehr.....	69
6.1	Anmerkungen zu den statistischen Methoden.....	70
6.2	Datenbasis.....	76
6.2.1	Pkw-Verkehr.....	78
6.2.2	ÖSPV.....	80
6.2.3	Eisenbahnverkehr.....	82
6.2.4	Flugverkehr.....	83
6.2.5	Fahrrad- und Fußgängerverkehr.....	84
6.2.6	Abbildung der Emissionen im Modell.....	85

6.3	Konzeption und Aufbau.....	86
6.4	Determinanten der Verkehrsnachfrage.....	90
6.4.1	Verkehrsaufkommen.....	95
6.4.2	Durchschnittliche Entfernungen der Wege.....	96
6.4.3	Modal Split.....	100
6.5	Pkw-Verkehr.....	102
6.5.1	Höhe und Kraftstoffeffizienz des privaten Pkw-Bestands.....	103
6.5.2	Fahrtzweckspezifische Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch der Diesel- und Otto-Pkw.....	108
6.6	Modellvalidierung.....	111
7	Simulationsergebnisse.....	115
7.1	Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf den privaten Pkw-Bestand.....	116
7.2	Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf Verkehrsleistung und Modal Split....	122
7.3	Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf die Auslastungsgrade der Pkw.....	126
7.4	Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf Emissionen und Verkehrsausgaben privater Haushalte.....	128
7.7	Zusammenfassende Betrachtung.....	132
8	Schlußbemerkung.....	135
Anhang		
Anhang A	Verzeichnis der im Modell verwendeten Variablen.....	137
Anhang B	Daten des Modells.....	141
Anhang C	Modellgleichungen.....	146
Anhang D	Prüfmaße einer dynamischen ex post-Prognose.....	153
Anhang E	Ergebnisse der Simulationsrechnungen.....	156
	Auswirkungen einer erhobenen Umweltabgabe von 6 Pf/l.....	156
	Auswirkungen des umweltpolitischen Vorschlags der „Grünen“.....	159
	Literaturverzeichnis.....	162

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 2.1:	Die Entwicklung luftgetragener Emissionen im privaten Personenverkehr.....	12
Abbildung 2.2:	Die Entwicklung der verkehrsträgerspezifischen Verkehrsleistungen im privaten Personenverkehr.....	19
Abbildung 2.3:	Die Entwicklung der privaten Verkehrsleistungen differenziert nach Fahrtzwecken und Verkehrsmittel.....	20
Abbildung 3.1:	Höhe und Struktur der Verkehrsausgaben in Relation zum verfügbaren Einkommen.....	33
Abbildung 3.2:	Durchschnittliche Verbrauchsstruktur für Kfz-Mobilität.....	36
Abbildung 3.3:	Preisindizes der Kfz-Ausgaben privater Haushalte.....	37
Abbildung 4.1:	Optimale Umweltqualität und paretoeffiziente Umweltabgaben in der Modellbetrachtung.....	46
Abbildung 4.2:	Optimale Umweltqualität und Abgabensatz in Abhängigkeit vom Verlauf der Grenzvermeidungskostenfunktion.....	47
Abbildung 4.3:	Funktionsweise des Standard-Preis-Ansatzes.....	52
Abbildung 6.1:	Die Modellstruktur.....	87
Abbildung 6.2:	Die Abbildung der Verkehrsnachfrage im Modell.....	91
Abbildung 6.3:	Die Entwicklung der fahrtzweckspezifischen Verkehrsaufkommen.....	95
Abbildung 6.4:	Durchschnittliche Entfernung: Freizeitverkehr.....	98
Abbildung 6.5:	Das Wachstum der fahrtzweckspezifischen durchschnittlichen Entfernungen.....	99
Abbildung 6.6:	Verkehrsleistung ÖSPV: Freizeitverkehr.....	101
Abbildung 6.7:	Die Entwicklung des privaten Pkw-Bestands: Diesel-Pkw.....	104
Abbildung 6.8:	Die Entwicklung des durchschnittlichen Hubraums: Otto-Pkw.....	106
Abbildung 6.9:	Die Entwicklung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs: Otto-Pkw .	107
Abbildung 6.10:	Die Entwicklung der fahrtzweckspezifischen Auslastungsgrade.....	109
Abbildung 6.11:	Die Entwicklung der durchschnittlichen Auslastungsgrade: Freizeitverkehr.....	110
Abbildung 6.12:	Anpassungsgüte des Modells.....	113
Abbildung 7.1:	Ex post-Prognose des privaten Pkw-Bestands.....	119
Abbildung 7.2:	Ex post-Prognose des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Otto-Pkw.....	120
Abbildung 7.3:	Ex post-Prognose der durchschnittlichen Entfernungen im Berufsverkehr.....	123
Abbildung 7.4:	Effekte höherer Kraftstoffpreise auf die privaten Verkehrsemissionen.....	129
Abbildung 7.5:	Effekte höherer Kraftstoffpreise auf die privaten Transportausgaben.....	131

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2.1:	Emissionskoeffizienten des Pkw-Verkehrs nach Straßenkategorien....	15
Tabelle 2.2:	Emissionskoeffizienten von Personenverkehrsmitteln im Vergleich...	17
Tabelle 3.1:	Höhe und Struktur der Kraftstoffpreise im Zeitraum 1978 bis 1998....	24
Tabelle 3.2:	Transportpreise im privaten Personenverkehr.....	28
Tabelle 3.3:	Transportpreisrelationen im Freizeitverkehr.....	30
Tabelle 3.4:	Monatliche Ausgaben ausgewählter privater Haushalte für Kfz-Mobilität im Jahr 1998.....	38
Tabelle 6.1:	Die Abgrenzung des ÖSPV nach Verkehrsarten bzw. Fahrscheinkategorien.....	81
Tabelle 6.2:	Fahrleistungen der Pkw nach Fahrzwecken und Straßenkategorien....	85
Tabelle 6.3:	Der Erklärungsbeitrag von Determinanten auf die Verkehrsnachfrage im Modell.....	93
Tabelle 7.1:	Die Effekte höherer Kraftstoffpreise auf die monatliche Ausgabenstruktur ausgewählter privater Haushalte für Kfz-Mobilität im Jahr 1998.....	117
Tabelle 7.2:	Kraftstoffpreiselastizitäten der Verkehrsträger nach Fahrtzwecken....	124
Tabelle 7.3:	Auslastungsgrade der Pkw nach Fahrtzwecken.....	126
Tabelle 7.4:	Kraftstoffpreiselastizitäten der Emissionen und Grenzkosten der Vermeidung.....	130

1 Problemstellung und Aufbau der Untersuchung

Die deutsche Volkswirtschaft sieht sich zunehmend mit einer immer komplexeren verkehrspolitischen Herausforderung konfrontiert. Einerseits muß die Verkehrspolitik die Bereitstellung einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur garantieren. Andererseits müssen die negativen Auswirkungen des Verkehrs auf Mensch und Umwelt minimiert werden. Gerade im Bereich des privaten Personenverkehrs wird – mit Blick auf die Verkehrsentwicklung der letzten Jahrzehnte und die Verkehrszuwachsprögnosen – die eminente Wichtigkeit einer adäquaten Einbeziehung ökologischer Aspekte in die verkehrspolitischen Zielsetzungen und Konzepte besonders deutlich.

Die Diskussion um angemessene verkehrspolitische Strategien wird in den letzten Jahren immer häufiger unter dem Begriff der „Nachhaltigkeit“ geführt. Nachhaltigkeit im Verkehrsreich bedeutet im einzelnen,

- daß Mobilität möglichst umweltgerecht bewältigt wird, und daß die vom Verkehr ausgehenden Umweltkosten in ihrer ungefähren Dimension verursachergerecht angelastet werden (ökologische Nachhaltigkeit);
- daß die Mobilitätsbedürfnisse volkswirtschaftlich effizient befriedigt werden und die Infrastrukturkosten für den Staat tragbar bleiben (wirtschaftliche Nachhaltigkeit);
- daß alle Bevölkerungsgruppen und Landesteile Zugang zur Mobilität haben (soziale Nachhaltigkeit).

Unstrittig ist es, daß bei vielen Fahrten ein eklatantes Mißverhältnis zwischen den von den einzelnen Verkehrsteilnehmern bezahlten Preisen und den verursachten Kosten besteht. Insbesondere die externen Kosten durch den Straßenverkehr sind beträchtlich. Lediglich über die genaue Höhe bestehen unterschiedliche Auffassungen. Die Bandbreite der Schätzungen liegen für Deutschland zwischen 40 und 250 Mrd. DM pro Jahr. Diese erheblichen Unterschiede sind Resultate sehr unterschiedlicher Abgrenzungen der berücksichtigten externen Kostenarten und unterschiedlicher zugrundegelegter Monetarisierungsmethoden. So werden Gesundheitsbeeinträchtigungen, Flächenverbrauch, Unfallkosten und Auswirkungen durch den Treibhauseffekt in sehr unterschiedlichem Maße erfaßt.¹ Die Berücksichtigung aller möglichen Belastungskomponenten durch den Personenverkehr privater Haushalte und die Quantifizierung aller Schäden ist im Rahmen dieser Arbeit weder sinnvoll noch machbar. Der Fokus wird ausschließlich auf die Entwicklung der mengenmäßig bedeutsamsten verkehrsbedingten Luftschadstoffe

- Kohlendioxid (CO₂),
- Kohlenmonoxid (CO),

¹ Eine Übersicht verschiedener Versuche der Monetarisierung externer Effekte im Straßenverkehr finden sich in: Becker, U.; Bertram, M.: Externe Effekte im Straßenverkehr; in: Prognos-Schriftenreihe; Identifizierung und Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung Bd. 2; Basel 1992; S. 49 ff.

- Stickoxid (NO_x)
- und Kohlenwasserstoffe (HC)

gelegt. Ausgangspunkt dieser Arbeit ist der Befund, daß eine Luftschadstoffbelastung durch den Personenverkehr privater Haushalte in einer Höhe vorliegt, die keine Vernachlässigung duldet. Aus gesellschaftlicher, volkswirtschaftlicher und umweltpolitischer Sicht ist eine Reduktion dieser Belastungen anzustreben.

Thema dieser Arbeit ist die Preisgestaltung durch Umweltabgaben auf Kraftstoffe. Der Schwerpunkt der Verkehrspolitik lag in der Vergangenheit vor allem auf direkten Reglementierungsmaßnahmen. Rechtsvorschriften haben zwar in einigen Bereichen deutliche Verbesserungen bewirkt, waren aber nicht in der Lage, das gesamte Potential an Lösungsmöglichkeiten freizusetzen, das durch Preissignale erschlossen werden kann. Auf den Preisen basierende Konzepte können bei Bürgern und der Automobilindustrie Anreize für die Suche nach Problemlösungen schaffen. Das Ziel – ein auf Dauer tragbarer Verkehr – setzt auch voraus, daß sich die Knappheit der natürlichen Ressourcen, die ansonsten nicht genügend berücksichtigt würden, in den Preisen widerspiegelt. Die Entscheidung der Individuen über die Wahl des Verkehrsmittels, ihren Standort und ihre Investitionen basieren größtenteils auf den Preisen. Folglich müssen die Preise richtig gestaltet werden, um den Verkehr in die richtige Richtung zu lenken.

In den letzten Jahren hat sich die Diskussion um die ökologisch-soziale Steuerreform stark auf den Punkt des zukünftig zu erwartenden Kraftstoffpreises zugespitzt. Insbesondere der Beschluß des Magdeburger Parteitages der „Grünen“ im März 1998, den Kraftstoffpreis im Laufe von 10 Jahren auf 5 DM ansteigen zu lassen, polarisiert die Gemüter.² Beschlossen wurde dann von der deutschen Bundesregierung – am 1.4.1999 – eine stufenweise Erhöhung des Kraftstoffpreises um jährlich 6 Pf/l in den folgenden drei Jahren.³ Eine darüber hinausgehende Kostenbelastung wurde von dem Regierungspartner SPD als nicht verkraftbar angesehen. Im Verkehrsbereich verspricht man sich von diesem Einstieg in die ökologische Steuerreform die Lösung mehrerer Probleme. Zunächst soll sich aufgrund des pretialen Lenkungseffekts ein Umsteigen des Individualverkehrs auf den Öffentlichen Personennahverkehr ergeben, was Umwelt und Infrastruktur gleichermaßen entlasten würde. Weiter sollen sparsamere Pkw von der Industrie entwickelt und von den Haushalten nachgefragt werden. Zudem sollen die Mineralölsteuerhöhungen zu erheblichen staatlichen Mehreinnahmen führen und die Absenkung der Lohnnebenkosten finanzieren.

Zur Quantifizierung von Kraftstoffpreiselastizitäten liegen zahlreiche ökonometrische Untersuchungen vor; weit weniger bekannt sind hingegen die Wirkungen von Kraftstoffpreiserhö-

² Schriftlich fixiert wurde in Magdeburg zum einen die Forderung nach einer Umlage der Kfz-Steuer auf die Mineralölsteuer. Angestrebt wird eine einmalige Erhöhung der Mineralölsteuer im ersten Jahr um 50 Pfennig je Liter und danach schrittweise um jeweils 30 Pfennig je Liter Kraftstoff, bis zu einem Preis von circa 5 DM je Liter Benzin.

hungen auf die Gesamtverkehrsnachfrage privater Haushalte und der damit verbundenen Emissionen. Mit der vorliegenden Arbeit soll der Versuch unternommen werden, die Effekte höherer Kraftstoffpreise abzuschätzen. Dazu wurde ein ökonometrisches Verkehrsmodell entwickelt, welches versucht, diesen Weg aufbauend auf der neoklassischen Theorie des Konsums zu beschreiben. Die Verkehrsnachfrage privater Haushalte ist selbst abhängig von einem komplexen Wirkungsgefüge, dessen Analyse differenzierte Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Mobilitätsbedürfnis, Verkehrsmittelwahl und Preisen voraussetzt.

Um eine möglichst präzise Beschreibung des Verkehrsgeschehens innerhalb eines formalen Modells zu gewährleisten, empfiehlt sich eine Analyse auf geringstmöglichem Aggregationsniveau bei möglichst homogenen Mobilitätsanlässen. So finden in der Berufswelt zwangsläufig Fahrten zwischen Wohnort und Arbeitsplatz statt. Auch ist hier die Wahl der Verkehrsmittel aufgrund von Erreichbarkeits- und Zeitrestriktionen ohnehin stark eingeschränkt. Wird hingegen Mobilität mit Lebensqualität verbunden, z.B. in Form von Wegen zum Kino, Ausflugs- und Urlaubsfahrten usw., ist die Häufigkeit und die Länge von Wegen von den Haushalten wählbar. Die Datensammlung des Bundesministers für Verkehr „Verkehr in Zahlen“ ermöglicht eine Disaggregation des Personenverkehrs nach folgend aufgeführten Verkehrszwecken:⁴

- Ausbildungsverkehr
- Berufsverkehr
- Einkaufsverkehr
- Freizeitverkehr
- Urlaubsverkehr

Da jeder dieser Verkehre anderen Bestimmungsgründen folgt und daher auch von höheren Kraftstoffpreisen unterschiedlich stark beeinflusst wird, strebt die detaillierte Vorgehensweise des vorliegenden ökonometrischen Verkehrsmodells hierdurch ein höchstmögliches Maß an Prognosegenauigkeit an.

Kapitel 2 und 3 umspannen den empirischen Teil dieser Arbeit. In Kapitel 2 werden zunächst die einzelnen Komponenten der Emissionsentstehung analysiert. So ist das Ausmaß der Luftschadstoffbelastung durch den privaten Personenverkehr zum einen abhängig von den fahrzeugspezifischen Emissionscharakteristiken und zum anderen von der Verkehrsentwicklung. Die Verkehrsmittel tragen in unterschiedlicher Höhe zur Luftschadstoffbelastung bei. Während Fahrten mit dem Bus oder der Bahn vergleichsweise umweltfreundlich sind, partizipierten von dem Verkehrswachstum der letzten Jahrzehnte in erster Linie der emissionsintensive

³ Daneben wurde eine allgemeine Stromsteuer in Höhe von 20 DM/MWh eingeführt. Steuerschuldner sind hier die Stromversorger bzw. Eigenerzeuger.

⁴ Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B5: Personenverkehr – Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung – Anteile der Fahrtzwecke an den Verkehrsbereichen; Berlin, verschiedene Jahrgänge.

Pkw- und Flugverkehr. Anschließend steht in Kapitel 3 die Entwicklung der Transportpreisrelationen in den letzten zwanzig Jahren im Mittelpunkt der Betrachtung. Die Analyse beschränkt sich nicht allein auf die differenzierte Abbildung der Preisbestandteile der Transportkosten des Pkw-Verkehrs; auch Komponenten der Preisbildung bei Eisenbahn, ÖSPV und Flugverkehr werden detailliert besprochen.⁵ Die Aufwendungen für Kraftstoffe bilden nur einen Teil der Verkehrsausgaben privater Haushalte. Daher werden in Kapitel 3 neben den Kraftstoffkosten auch die Ausgaben für Bahn-, Bus- und Flugreisen sowie die weiteren Kostenbestandteile des Pkw-Besitzes näher untersucht. Mit den hier vorgelegten Ergebnissen wird der Stellenwert der Verkehrsausgaben für die privaten Haushalte – auch nach Einkommensklassen differenziert – dargestellt und die Bedeutung zusätzlicher Belastungen, die sich aus Preiserhöhungen für Kraftstoffe ergeben, im Rahmen der Verbrauchsrechnung der Haushalte sichtbar gemacht.

In Kapitel 4 wird die in der Arbeit behandelte Problematik aus Sicht der neoklassischen Umweltökonomie diskutiert. Im einzelnen werden sogenannte „First- und Second-Best-Lösungen“ besprochen. First-Best-Ansätze verstehen Umweltprobleme grundsätzlich als eine Optimierungsaufgabe, die unter Kenntnis von anfallenden Vermeidungs- und Schadenskosten stets eindeutig zu lösen ist. Versuche, die theoretischen Ansätze zu operationalisieren, waren jedoch bislang fruchtlos. Über eine kritische Auseinandersetzung mit den Prämissen von First-Best-Lösungen soll begründet werden, warum Second-Best-Lösungen in der pragmatisch orientierten Literatur größere Bedeutung zukommt. Diese Ansätze lassen sich dadurch charakterisieren, daß sie die ökologische Zielfrage zu einer gesamtgesellschaftlichen und damit politischen Entscheidung erklärt. Das Ziel von Second-Best-Lösungen ist es, Instrumente zu erhalten, mit denen zumindest Effizienz erreicht werden kann. Im Anschluß an die umweltökonomische Diskussion höherer Kraftstoffpreise wird in Kapitel 5 zunächst geprüft, inwieweit die formal einfach zu handhabende traditionelle Nachfragetheorie zur Erklärung der privaten Verkehrsnachfrage herangezogen werden kann. Eine Kritik an dem traditionellen neoklassischen Ansatz leitet über zum theoretischen Analysekonzept der Haushaltsproduktionstheorie. Es soll gezeigt werden, daß die Haushaltsproduktionstheorie zum einen eine geeignete Basis zur theoretischen Fundierung dynamischer Anpassungsprozesse im privaten Personenverkehr darstellt und zum anderen mit dem traditionellen Ansatz vereinbar ist.

Mit der hier beschrittenen Vorgehensweise wird ein tief disaggregiertes Modell angestrebt, welches das komplexe Zusammenwirken zwischen Kraftstoffpreis, privatem Fahrzeugpark, Verkehrsleistung, Modal Split und damit verbundenen Luftschadstoffemissionen analysieren und prognostizieren kann.⁶ Das ökonometrische Modell wird in Kapitel 6 detailliert dargestellt. Bei der Beschreibung wird besonders darauf Wert gelegt, die verwendete Datenbasis dem Leser transparent zu machen. So ist es für den Verkehrsbereich schwierig, kongruentes Datenmaterial zusammenzustellen. Das verfügbare Datenmaterial stammt aus unterschiedli-

⁵ Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Verkehr mit Bus, Stadtbahn (U-Bahn), und Straßenbahn unter dem Begriff ÖSPV (Öffentlicher Straßenpersonenverkehr) zusammen erfaßt.

⁶ Als Synonym für die Aufteilung der Verkehrsleistung auf verschiedene Verkehrsmittel wird in der allgemeinen Verkehrsforschung üblicherweise der Begriff „Modal Split“ verwendet.

chen Quellen, in denen vielfach voneinander abweichende Abgrenzungen vorgenommen werden., so daß eine statistische Weiterverarbeitung dieser Daten ohne vorhergehende Plausibilitätsprüfungen sowie gegebenenfalls erforderliche Korrekturen problematisch ist. Das Modell bildet letztendlich die Grundlage, um den Einfluß höherer Kraftstoffpreise auf die Luftschadstoffbelastung durch den privaten Personenverkehr zu simulieren. In Kapitel 7 werden die Ergebnisse zweier Simulationsrechnungen den Ergebnissen der Referenzrechnung (bzw. der ex post-Prognose) gegenübergestellt und deren Implikationen auf Mobilität und Emissionen vergleichend analysiert. Im Hinblick auf die am 1. April 1999 in Kraft getretenen Ökosteuer werden einmal die Effekte einer sukzessiven Anhebung der Umweltabgabe um jährlich 6 Pf je Liter Kraftstoff und parallel dazu die Wirkungen der auf dem Magdeburger Parteitag der Grünen beschlossenen deutlichen Anhebung der Kraftstoffpreise simuliert. Eine Schlußbemerkung und ein Anhang mit einer Darstellung der Daten, des Modells und der Simulationsergebnisse beschließen die Arbeit.

2 Das Niveau und die Entwicklung luftgetragener Schadstoffe im Personenverkehr privater Haushalte

Bei den vom Personenverkehr ausgehenden Luftschadstoff-Emissionen ist grundsätzlich zwischen direkten und indirekten Emissionen zu unterscheiden. Als direkte Emissionen werden diejenigen Luftschadstoffe bezeichnet, die bei der Energienutzung als Abgas- und Verdunstungsemissionen anfallen. Indirekte Emissionen entstehen dagegen in räumlicher Distanz zum Fahrzeug. Zu diesen Emissionen zählen vor allem die Schadstoffe, die in Kraftwerken bei der Stromproduktion für elektrisch betriebene Verkehrsmittel freigesetzt werden, und außerdem sämtliche Emissionen, die unabhängig von den einzelnen Transportvorgängen verursacht werden. Strenggenommen müßten also sämtliche Vorleistungsprozesse, wie z.B. der Energieeinsatz zur Produktion von Fahrzeugen, mit berücksichtigt werden. Eine vollständige Analyse der Prozeßketten will die vorliegende Arbeit nicht leisten.⁷ Statt dessen werden ausschließlich die direkten Abgas-Emissionen sowie die indirekten Emissionen des Stromverbrauchs erfaßt. Weiterhin werden auch nur die mengenmäßig bedeutsamsten Emissionen betrachtet. D.h. neben Kohlendioxid (CO₂) allein die durch die Abgasgesetzgebung limitierten Emissionen Kohlenmonoxid (CO), Stickoxid (NO_x) und Kohlenwasserstoffe (HC), mit Ausnahme der Partikel-Emissionen (Staub).⁸ Die Quantifizierung von spezifischen Emissionen unterschiedlicher Fahrzeuge wurde auf Grundlage der unveröffentlichten Emissionsdatei „Tremod“ des Umweltbundesamtes vorgenommen. Der Beginn des Analysezeitraums ist 1980.⁹

Der private Personenverkehr ist der Hauptverursacher von CO und NO_x. An der Emission flüchtiger organischer Verbindungen ist der Personenverkehr mit dem Ausstoß von HC im großen Umfang beteiligt. An der CO₂-Emission in Deutschland betrug sein Anteil 1997 etwa 12,5 v.H.¹⁰ Von diesen Emissionen trägt allein CO₂ unmittelbar zum globalen Treibhauseffekt bei, wohingegen die letztgenannten in erster Linie regional begrenzt wirken. Von diesen rückten vor allem das Kohlenmonoxid und die Stickoxide bereits in früheren Jahren in den Blickpunkt des öffentlichen Interesses (Smog), da sie in der Atemluft gefährliche Schadstoffe darstellen. Da diese Schadstoffe im Gegensatz zu denen von Kraftwerken und Industrie ausschließlich bodennah freigesetzt werden und daher vor allem die Nahbereichsimmissionen mitbestimmen, kann hier von einem ausgeprägten räumlichen Zusammentreffen von starken

⁷ Diese Zusammenhänge lassen sich auf der Basis von gesamtwirtschaftlichen Input-Output-Tabellen analysieren. Einen detaillierten Überblick über die Konzeption von umweltökonomischen Input-Output-Modellen liefert Hohmeyer, O.; u.a.: Methodenstruktur zur Emittentenstruktur in der Bundesrepublik Deutschland. –Verknüpfung von Wirtschaftsstruktur und Umweltbelastungsdaten; Karlsruhe 1992.

⁸ Von den Partikel-Emissionen steht vor allem Dieselruß im Fokus der umweltpolitischen Betrachtung, da Dieselruß das Krebsrisiko erhöht. Das Umweltbundesamt stellt für diese Immission Emissionskoeffizienten zur Verfügung. Ursächlich für die Belastung ist aber in erster Linie der Verkehr mit Nutzfahrzeugen. Daher wurde in dieser Arbeit auf eine explizite Darstellung von Partikel-Emissionen verzichtet.

⁹ Die Zeitreihe der Emissionsdatei „Tremod“ beginnt mit dem Jahr 1980.

¹⁰ Ein jährlicher Überblick über die aggregierten Verkehrsemissionen im Vergleich zur Gesamtemissionssituation findet sich in den jährlichen Veröffentlichungen des Umweltbundesamtes: Daten zur Umwelt 19xy; Berlin; hier Tab. III 2: Emissionen nach Emittentengruppen in Deutschland; und Tab. III 7: Emissionen des Verkehrs in Deutschland; sowie in Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Bonn und Berlin; hier Tabellen B7: Umweltbelastung.

Emissionen und gesundheitsgefährdenden Immissionsbelastungen gesprochen werden. Eine Risikobeschreibung der mobilitätsbedingten Massenluftschadstoffe läßt sich wie folgt kurz zusammenfassen:¹¹

- CO₂ entsteht bei der Verbrennung fossiler Energieträger. Neben der verbrannten Energiemenge ist die CO₂-Emission abhängig von dem Kohlenstoffgehalt des jeweils verbrannten Energieträgers. Ist bei den Verbrennungsmotoren die Höhe des Kraftverbrauchs relevant, so ist bei dem Verbrauch von Elektrizität der öffentlichen Verkehrsträger der vorgelagerte Primärenergieeinsatz ausschlaggebend. CO₂-Emissionen können nicht über end-of-pipe-Technologien begrenzt werden. CO₂ reichert sich zumindest teilweise in der Atmosphäre an und trägt dort, als sogenanntes „Treibhausgas“, zu einer Erwärmung der Erdatmosphäre bei.¹²
- CO stellt in der Atemluft ein gefährliches Gas dar. CO ist die mengenmäßig bedeutsamste Emission des Pkw-Verkehrs. In sehr hoher Konzentration verursacht dieser Schadstoff akute Gesundheitsschäden. Eine chronische Gesundheitsbeeinträchtigung in Folge langdauernder Einwirkung existiert jedoch wegen der hier voll reversiblen Primärwirkung nicht. Gesundheitsgefährdende Konzentrationen traten in Deutschland zuletzt in den siebziger Jahren auf (Smog). Die Höhe der CO-Emissionen ist abhängig vom technischen Wirkungsgrad der Motoren. Es entsteht bei unvollständiger Verbrennung. Da geringere mittlere Fahrgeschwindigkeit und ungleichmäßiges Fahrverhalten eine unvollständige Verbrennung begünstigen, ist die CO-Emission und –Immission vor allem ein Problem in den Agglomerationen.
- NO_x entsteht vor allem bei sehr hohen Verbrennungstemperaturen, d.h. bei sehr hohen Geschwindigkeiten. NO_x wird daher besonders stark auf Autobahnen und Schnellstraßen emittiert. Als Spurengas trägt es vor allem zur Ozonbildung (bodennahes Ozon) bei. Desweiteren trägt NO_x in der Luft zur Säurebildung bei. Die Emission von NO_x stellt kurzfristig für den Menschen ein Gesundheitsrisiko dar. Langfristig werden hierüber auch die Funktionen der natürlichen Systeme geschwächt.¹³ Die technischen Reduktionsmöglichkeiten von NO_x stehen häufig in Konflikt zu Maßnahmen zur Senkung anderer verkehrsbedingter Emissionen, da mit einer Optimierung der Verbrennungsprozesse in Motoren i.d.R. höhere Verbrennungstemperaturen verbunden sind, welche die Entstehung von NO_x begünstigen. Über den Einsatz von geregelten Dreiweg-Katalysatoren kann diese Emission jedoch spürbar reduziert werden.¹⁴

¹¹ Eine ausführliche Darstellung der gesundheitlichen Wirkungen von Luftschadstoffen aus dem Verkehrsbereich findet sich in: Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994: Für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung; Stuttgart 1994; S. 244 ff.; sowie in: Höpfner, U.; u.a.: Pkw, Bus oder Bahn? Schadstoffemissionen und Energieverbrauch im Stadtverkehr 1984 und 1995; IFEU-Bericht Nr. 48; Heidelberg 1988; S. 12 ff.

¹² Pflanzen können CO₂-Emissionen absorbieren. Allerdings steht die Menge der heutzutage emittierten CO₂-Emissionen in keinem Verhältnis zu den Aufnahmemöglichkeiten der Natur. Die mit dem Pkw-Verkehr verbundene Flächennutzung trägt auch zur Verschlechterung des Verhältnisses bei.

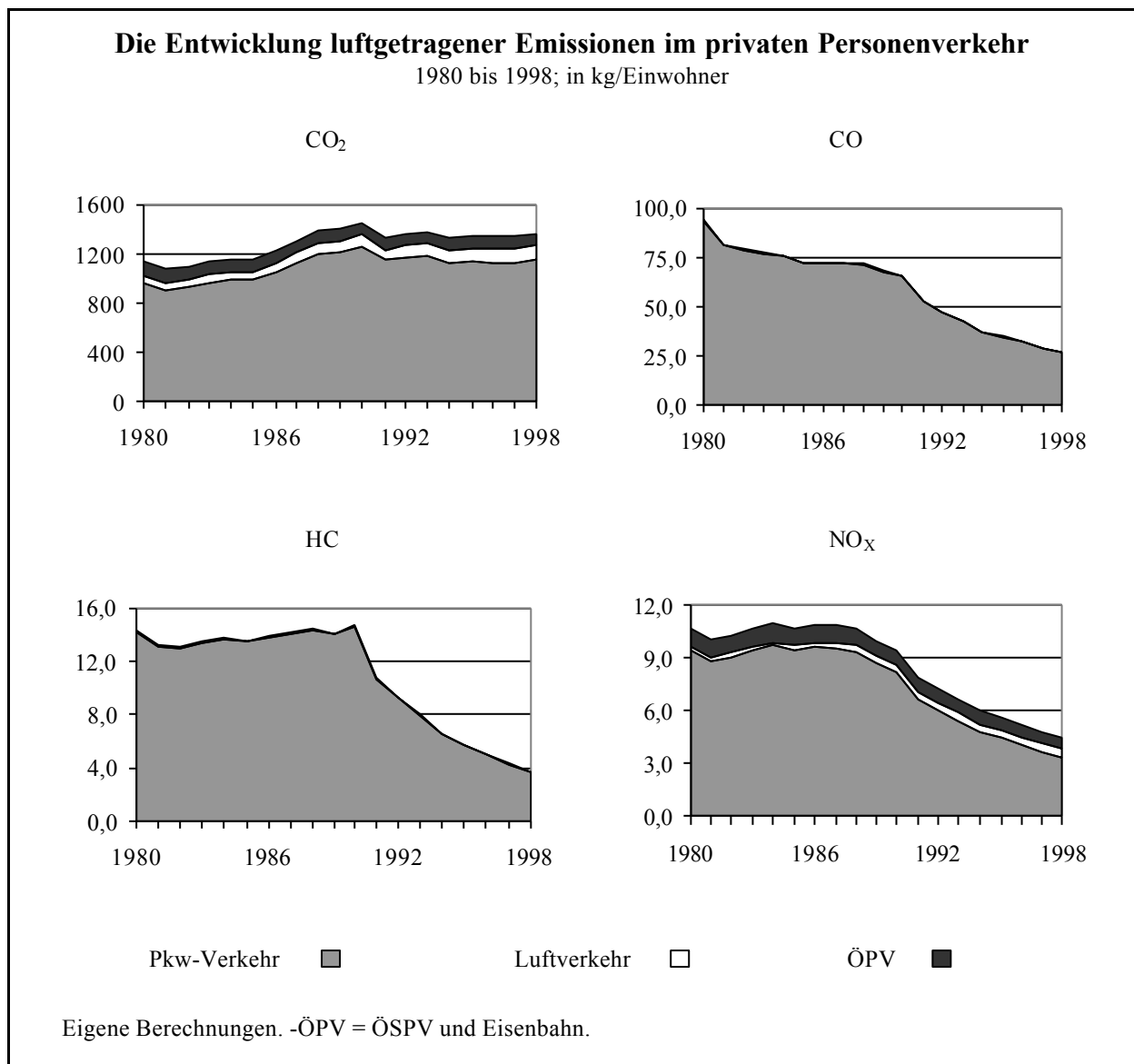
¹³ vgl. Umweltbundesamt; Luftreinhalteplan '88, Tendenzen-Probleme-Lösungen; Berlin 1989; S. 300.

¹⁴ NO_x wird im Katalysator je nach Luft/Kraftstoffverhältnis reduziert. Vgl. Höpfner, U.; u.a.: Motorisierter Verkehr in Deutschland - Energieverbrauch und Luftschadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in der DDR, Berlin (Ost) und in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1988 und in Deutschland im Jahr 2005; Heidelberg 1992; S. 215 ff.

- Kohlenwasserstoffe stellen eine sehr heterogene Gruppe (über 200) flüchtiger organischer Verbindungen dar. Einzelne Komponenten gelten als extrem gesundheitsgefährlich, wie z.B. das krebserregende Benzol. HC gilt auch als Vorläufersubstanz für bodennahes Ozon. Da die Freisetzung von HC hauptsächlich das Ergebnis unvollständiger Verbrennung ist, stellt sie ähnlich wie CO ein vorrangiges Problem innerstädtischer Verkehrsabläufe dar.¹⁵

Abbildung 2.1 stellt die Entwicklung der Verkehrsemissionen in Relation zur Einwohnerzahl dar. Mit der deutschen Wiedervereinigung haben sich zwei Staatsgebiete mit zu Beginn unterschiedlichen Motorisierungsgraden zusammengeschlossen. Aufgrund der engen Verbindung zwischen Pkw-Fahrleistung und verkehrsbedingter Luftschadstoffbelastung lagen die spezifischen Emissionswerte je Einwohner zu Beginn der Wiedervereinigung z.T. deutlich niedriger.

Abbildung 2.1



¹⁵ vgl. Umweltbundesamt (1997b): Nachhaltiges Deutschland. Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung; Berlin 1997; S. 88.

Insgesamt sind zwischen 1980 und 1998 im privaten Personenverkehr die CO₂-Emissionen je Einwohner um 20,1 v.H. gestiegen. Demgegenüber entwickelte sich das Niveau der Belastung durch andere Schadstoffe stark rückläufig. Dieses gilt besonders für CO und HC, deren einwohnerspezifische Emissionen im gleichen Zeitraum von 94,0 kt/a auf 27,4 kt/a bzw. von 14,4 kt/a auf 3,7 kt/a sanken. Fast ebenso deutlich ist bei der Emission von NO_x eine Reduktion um 58,1 v.H. festzustellen. Ursächlich für die Belastungen ist in erster Linie der Pkw-Verkehr. Infolgedessen folgt die Entwicklung der Emissionen im privaten Personenverkehr weitestgehend der des Pkw-Verkehrs. Während dessen Anteil an der Gesamtverkehrsleistung 1998 bei 70,6 v.H. (1980 = 70,8 v.H.) lag, waren 1998

- 98,9 v.H. an Kohlenmonoxid (1980 = 99,5 v.H.),
- 97,6 v.H. an Kohlenwasserstoffen (1980 = 98,9 v.H.),
- 84,5 v.H. an Kohlendioxid (1980 = 84,3 v.H.),
- 74,1 v.H. an Stickoxiden (1980 = 88,2 v.H.)

der mobilitätsbedingten Emissionen auf den Pkw-Verkehr zurückzuführen. Im Trend ist allerdings, wegen schärferer Grenzwertvorschriften für Schadstoffemissionen in Automobilabgasen, eine spürbare Verringerung der regional wirksamen Luftschadstoffbelastung nachzuweisen. Aufgrund der, besonders von Seiten der Bundesregierungen, angestrebten Verschärfung der Grenzwertvorschriften innerhalb der EU, ist in Zukunft eine weitergehende deutliche Reduktion der Belastungen zu erwarten.¹⁶ Jedoch deutet der trendmäßige Anstieg der CO₂-Emissionen darauf hin, daß die technisch möglichen Reduktionpotentiale der regional wirksamen Emissionen auf Grenzen stoßen dürften. Die steigende Intensität der Nutzung emissionsintensiver Verkehrsmittel kompensiert z.T. die technischen Verbesserungen an den Fahrzeugen, was besonders in den Agglomerationen nachzuweisen ist.¹⁷

Mit der deutschen Wiedervereinigung zeigen sich zwei gegensätzliche Effekte. Wegen der relativ geringen Pkw-Dichte in der ehemaligen DDR sinken zum einen die einwohnerspezifischen Emissionen für Gesamtdeutschland. Zum anderen weisen jedoch die ostdeutschen Fahrzeuge z.T. wesentlich ungünstigere Emissionscharakteristiken auf als die westdeutschen Pkw, was im Fall der regional wirksamen Emissionen den zuerst genannten Effekt abschwächt.¹⁸ Beide Effekte wirken temporär. Das zeigt, daß sich die Verhältnisse zwischen alten und neuen Bundesländern weitestgehend angepaßt haben. Neben der Emissionsentwicklung im allgemeinen muß auch auf die Bedeutung des Luftverkehrs hingewiesen werden, welcher im Beobachtungszeitraum deutlich an Gewicht zunimmt. Die Emissionen des Luftverkehrs werden in verschiedenen, teilweise sensiblen Höhenbereichen der Atmosphäre aus-

¹⁶ In der deutschen Politik besteht zwischen allen wichtigen Parteien ein Konsens darüber, daß die Auflagenpolitik im Verkehrsbereich z.Z. das wichtigste umweltpolitische Instrument darstellt. Die Forderung nach einer beschleunigten europaweiten Umsetzung strenger Grenzwertvorschriften wird zumeist von deutscher Seite her gestellt.

¹⁷ Als Synonym für Ballungsräume/Städte wird in der allgemeinen Verkehrsforschung üblicherweise der Begriff Agglomeration verwendet.

¹⁸ Ein Vergleich zwischen den Strukturen in der DDR und in der alten Bundesrepublik findet sich bei Höpfner, U. u.a. (1992); S. 169 ff.

gestoßen. Die in der regulären Reiseflughöhe emittierten NO_x-Emissionen, die im Beobachtungszeitraum deutlich zugenommen haben, tragen wesentlich zum Abbau der schützenden Ozonschicht bei.¹⁹

2.1 Ursachen

Das Ausmaß der Luftschadstoffbelastung durch den privaten Personenverkehr ist zum einen abhängig von den fahrzeugspezifischen Emissionscharakteristiken und zum anderen von der Verkehrsentwicklung. Strategien zur Reduktion der mobilitätsbedingten Umweltbelastungen setzten an beiden Ursachen an. In der verkehrspolitischen Praxis dominieren bislang vorwiegend emissionsorientierte Minderungsstrategien, welche sich vor allem in einer stufenweisen Verschärfung der Grenzwerte für neu zuzulassende Pkw niederschlagen.²⁰ Allerdings stoßen technische Verbesserungen an den Fahrzeugen an ihre Grenzen. Insbesondere eine Reduzierung der CO₂-Emissionen ist mit technischen Maßnahmen allein nicht zu erreichen. Konsequenterweise gewinnen daher in letzter Zeit verstärkt verkehrsplanerische Konzepte an Bedeutung. Im Fokus steht hier eine Veränderung des Verkehrsverhaltens und der Verkehrsmittelwahl. Um eine spürbare Verbesserung der Emissionssituation im privaten Personenverkehr zu erreichen, ist es notwendig, beide Komponenten gleichermaßen zu berücksichtigen.

2.1.1 Fahrzeugspezifische Emissionscharakteristiken

Die Emissionen im Personenverkehr werden zum einen durch die Qualität der Kraftstoffe bestimmt. Diese sind z.B. entscheidend für die Höhe und Zusammensetzung der HC-Emissionen. Zum anderen werden die fahrzeugspezifischen Emissionscharakteristiken durch die Art des Motors und der katalytischen Abgasbehandlung determiniert. Das Fahrverhalten auf Straßen beeinflusst über beide Komponenten das Ausmaß der Luftschadstoffbelastung. So sind die Abgas-Emissionen von Pkw je Fahrzeugkilometer bei eher ruhiger Fahrweise auf Bundes- und Landstrassen i.d.R. deutlich niedriger als bei unruhiger Fahrweise im Innerortsverkehr und bei sehr hohen Geschwindigkeiten auf Autobahnen. Die fahrzeugspezifischen Emissionscharakteristiken werden durch Emissionskoeffizienten beschrieben. Im Straßenverkehr beziehen sich diese üblicherweise auf Schadstoffmengen je Fahrzeugkilometer.²¹ Über Emissionskoeffizienten wird versucht, die typischen Verkehrsabläufe repräsentativ zu erfassen. Wegen der Vielzahl von Umständen, die sich meist nicht quantitativ angeben lassen, ist dieses jedoch nur unter großen Einschränkungen möglich. Daher sind Berechnungen der mo-

¹⁹ vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 248.

²⁰ ebenda; S. 272.

²¹ vgl. hierzu die verschiedenen Veröffentlichungen zur Luftschadstoffbelastung durch Kraftfahrzeuge des Umweltbundesamtes bzw. des ifeu-Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg.

bildungsbedingten Emissionen grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet.²² Die Berechnungen sind das Ergebnis von experimentellen Verfahren. Die Grundlage bilden gewählte Fahrzykluskonzepte. Ein Fahrzyklus beschreibt eine genau definierte zeitliche Folge verschiedener Fahrzustände. Im einzelnen können Kaltstart-, Leerlauf-, Beschleunigungs-, Konstantfahrt- und Bremsverzögerungsphasen unterschieden werden. Es existiert kein einheitlich gültiges Konzept.²³ Welche Gewichtung von Phasen herangezogen wird, bleibt daher grundsätzlich offen. Im Fall der Luftschadstoffe CO, NO_x und HC des Pkw-Verkehrs werden vom Umweltbundesamt Emissionskoeffizienten nach Straßenkategorien berechnet, da sich hier, im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln, die Verkehrsabläufe wesentlich komplexer darstellen. Straßenkategorien lassen sich als typische Verkehrsabläufe interpretieren, die sich aus einem mittleren kollektiven Fahrverhalten ergeben.

Tabelle 2.1

Emissionskoeffizienten des Pkw-Verkehrs nach Straßenkategorien						
1980 zu 1998; g/fzkm						
Fahrzeuge nach Straßenkategorien	CO		NO _x		HC	
	1980	1998	1980	1998	1980	1998
Pkw-Otto						
Innerorts	32,55	8,77	2,00	0,62	6,32	1,50
Außerorts	14,77	2,52	2,58	0,54	1,88	0,24
Autobahn	26,36	4,98	3,32	0,70	1,72	0,17
Pkw-Diesel						
Innerorts	1,56	0,68	0,87	0,64	0,51	0,13
Außerorts	0,73	0,27	0,75	0,47	0,12	0,04
Autobahn	0,69	0,25	0,94	0,59	0,09	0,04

Quelle: Umweltbundesamt; Unveröffentlichte Emissionsdatei „Tremod“.

Hinsichtlich CO und HC besitzen Diesel-Pkw deutlich günstigeres Emissionsverhalten als Otto-Pkw, was auf die vollständigere Verbrennung des zugefügten Kraftstoffs in Dieselmotoren zurückzuführen ist.²⁴ Die Belastung durch CO und HC ist vor allem im Innerortsverkehr, aufgrund der hier typischen „Stop- and Go-Phasen“, am größten. Die Höhe der spezifischen NO_x-Emission ist abhängig von der Bauart der Fahrzeuge. Bei herkömmlicher Bauart weisen Diesel-Pkw wesentlich günstigere Charakteristiken auf als Otto-Pkw. Aufgrund der ehemals geringen Verbreitung von Katalysatoren-Fahrzeuge wurde in der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1985 bis 1989 die Anschaffung von Diesel-Pkw steuerlich gefördert.²⁵ Fahrzeug-

²² Als Folge unterscheiden sich Emissionskoeffizienten zwischen den Quellen. Auch werden die Berechnungen ständig aktualisiert, so daß ein Vergleich dieser Größen zu verschiedenen Zeitpunkten auch innerhalb einer Quelle nur bedingt möglich ist.

²³ Eine Übersicht zur Methodik verschiedener Konzepte sowie eine Bewertung findet sich in: Storchmann, K.-H.: Abgaben auf den Pkw-Verkehr und ihre Wirkungen auf den Kraftstoffverbrauch im internationalen Vergleich; in RWI-Mitteilungen, Jg. 44; Essen 1993; S. 350; Höpfner U. u.a. (1988); S. 19 ff. und Moussiopoulus; N.; Oehler, W.; Zellner, K.: Kraftfahrzeugemissionen und Ozonbildung; Berlin 1993; S. 21 ff.

²⁴ vgl. Güntensperger, H.: Die Nachfrage nach Pkw und Kraftstoffen im Individualverkehr; in: Schriften des Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität Köln; Bd. 43, München 1993; S. 54 ff.

²⁵ Die Grundlage bildet das „Gesetz über steuerliche Maßnahmen zur Förderung des schadstoffarmen Personenkraftwagens“ vom 1.7.1985. Danach werden schadstoffarme Neuwagen sowie unter der Voraussetzung der Um-

seitige Verbesserungen durch z.B. moderne Einspritztechnik, elektronische Motorenmanagementsysteme und die Katalysatortechnik in Verbindung mit besseren Kraftstoffen haben jedoch auch dazu geführt, daß im Jahr 1998 Otto-Pkw deutlich weniger der durch die Gesetzgebung limitierten Schadstoffe emittieren.

In Deutschland werden Grenzwertvorschriften bezüglich der Reduktion von CO- und Kohlenwasserstoffemissionen durch Pkw erstmals mit Wirkung ab dem 1.10.1971 mit der Richtlinie der Economic Commission for Europe der UNO (ECE) R 15/00 eingeführt. Bis Mitte der achtziger Jahre wurden diese sukzessiv ergänzt. Ab 1985 orientieren sich die Richtlinien zunehmend an den strengen US-Abgasnormen.²⁶ In Deutschland wurden ab 1990 fast nur noch schadstoffreduzierte Pkw, welche die US- oder die EURO-Norm erfüllen, zugelassen. Deren Anteil am Gesamtbestand steigt von faktisch Null im Jahr 1980 auf 87,8 v.H. bei den Otto-Pkw und auf 95,1 v.H. bei den Diesel-Pkw im Jahr 1998.²⁷ Als Folge liegen die regional wirksamen Schadstoffemissionen, die pro Fahrzeugkilometer im Jahr 1998 von den Pkw verursacht wurden, deutlich unter denen des Jahres 1980. Über die geplante weitergehende Verschärfung der Grenzwertvorschriften werden sich die Emissionscharakteristiken der Pkw, insbesondere durch die Nutzung des geregelten Dreiweg-Katalysators, in Zukunft noch deutlich verbessern.²⁸

Um zu einer Beurteilung der Emissionssituation im privaten Personenverkehr zu gelangen, ist es notwendig, die Emissionscharakteristiken aller hier eingesetzter Verkehrsmittel miteinander zu vergleichen. Korrespondierend zur Betriebs- und Verkehrsleistung stehen Emissionsdaten der öffentlichen Verkehrsmittel und im Flugverkehr zur Verfügung. Im öffentlichen Verkehr werden dabei eine Vielzahl unterschiedlicher Verkehrsmittel eingesetzt. Diese werden sowohl mit Diesel- als auch mit Elektromotoren betrieben. Im Fall des Elektroantriebs werden vom Umweltbundesamt die Emissionen der öffentlichen und der betriebseigenen Kraftwerke ermittelt. Diese werden, bezogen auf den Endenergieverbrauch der Verkehrsmittel, anteilmäßig den Elektrofahrzeugen zugerechnet. Die Gesamtemissionen öffentlicher Verkehrsmittel setzen sich so zusammen aus den direkten Emissionen durch Dieselmotoren

rüstung mit Katalysatoren auch Wagen des Bestandes im Vorgriff auf die in der EU beabsichtigten zukünftigen Grenzwerte steuerlich gefördert. Zu diesem Zeitpunkt standen die gesundheitsgefährdenden Staub-Partikelemissionen von Diesel-Pkw nur selten im Fokus der Betrachtung. Grenzwerte für Staub-Partikel wurden erst im Jahr 1990 verbindlich festgeschrieben. Auch wegen der Durchsetzung der Katalysatortechnik wurde in den neunziger Jahren die steuerliche Bevorzugung von Diesel-Pkw, insbesondere über die Kfz-Steuer, zurückgeführt. Vgl. Sprenger, R.-U. u.a.: Das deutsche Steuer- und Abgabensystem aus umweltpolitischer Sicht; ifo Studien zur Umweltökonomie 18; München 1994; S. 313 ff.

²⁶ vgl. Höpfner, U. u.a. (1992); S. 49 ff.

²⁷ vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 1999; Tabellen B2: Kraftfahrzeugverkehr; hier: Neuzulassungen und Bestand schadstoffreduzierter Personen- und Kombinationskraftwagen; S. 145.

²⁸ Mit der zweiten Stufe der Richtlinie 98/69/EG soll ab dem Jahr 2005 das Niveau der kalifornischen ULEV-Norm erreicht werden. Unter Berücksichtigung der Änderungsvorschläge des Europäischen Parlaments begrenzt diese sogenannte EURO 4-Norm die spezifischen CO-Emissionen für Otto-Pkw auf 1,0 g/fzkm und für Diesel-Pkw auf 0,5 g/fzkm. Die Grenzwerte für Stickoxidemissionen (Kohlenwasserstoffemissionen) liegen bei 0,08 g/Fzkm (0,1 g/fzkm) für Otto- und bei 0,25 g/Fzkm (0,07 g/fzkm) für Diesel-Pkw. Vgl. Umweltbundesamt (1997a): Jahresbericht 1997; Berlin 1997; S. 209.

und aus den indirekten Emissionen durch Elektroantrieb.²⁹ Um zu einer sinnvollen Beurteilung der Emissionscharakteristiken öffentlicher Verkehrsmittel zu gelangen, ist es notwendig, die Auslastung der Fahrzeuge mit zu berücksichtigen. Insbesondere je nach Betriebszeit unterscheiden sich die Auslastungsgrade wesentlich. Dahingehende statistische Zeitreihen stehen jedoch nicht zur Verfügung. Infolgedessen können auch keine, nach Antriebsenergien differenzierte, Emissionskoeffizienten abgeleitet werden. Es wird daher hilfswise angenommen, daß zwischen den fahrzeugspezifischen Betriebsleistungen und der Verkehrsleistung im öffentlichen Personenverkehr eine proportionale Beziehung besteht. Ein Vergleich der spezifischen Emissionskoeffizienten erfolgt, wie auch in den anderen Quellen, in Relation zu den verkehrsträgerspezifischen Verkehrsleistungen.

Tabelle 2.2

Emissionskoeffizienten von Personenverkehrsmitteln im Vergleich				
Bezugsjahr 1998; Emissionen in Gramm Schadstoff je Personenkilometer				
	CO ₂	CO	NO _x	HC
Pkw				
Emissionskoeffizient	150,6	3,555	0,436	0,480
Flugzeuge				
Emissionskoeffizient	121,4	0,142	0,501	0,026
In Relation zum Pkw	80,6 v.H.	4,0 v.H.	114,8 v.H.	5,4 v.H.
Eisenbahn				
Emissionskoeffizient	68,2	0,054	0,287	0,016
In Relation zum Pkw	45,3 v.H.	1,5 v.H.	65,8 v.H.	3,3 v.H.
ÖSPV				
Emissionskoeffizient	48,4	0,125	0,495	0,055
In Relation zum Pkw	32,1 v.H.	3,5 v.H.	113,4 v.H.	11,5 v.H.
Eigene Berechnungen nach Angaben des Umweltbundesamtes.				

Im Vergleich zum Pkw sind die CO- und HC-Emissionen durch öffentliche und gewerbliche Verkehrsmittel um ein vielfaches niedriger. Daß die durch CO und HC hervorgerufenen Umweltbelastungen vor allem ein Problem in den Agglomerationen darstellt, unterstreicht die verkehrs- bzw. die umweltpolitische Bedeutung dieser Verkehrsmittel im Nahverkehr. Bezogen auf den Personenkilometer liegen die CO₂- und NO_x-Emissionswerte der Flugzeuge in etwa auf dem Niveau der Pkw. Da diese Schadstoffe in großen Höhen emittiert werden und dort den Treibhauseffekt verstärken, ist der Flugverkehr als besonders problematisch einzustufen. Wegen der höheren Anzahl an Insassen je Fahrzeug weisen die Eisenbahn und der ÖSPV im Mittel deutlich geringere CO₂-Werte auf als der motorisierte Individualverkehr.³⁰ Im Vergleich zum Pkw sind allerdings in den letzten Jahren höhere durchschnittliche NO_x-Emissionswerte der Verkehrsmittel im ÖSPV festzustellen. Die Unterschiede in den Relatio-

²⁹ Zu den Berechnungen vgl. Höpfner, U. u.a. (1992); S. 12 ff.

³⁰ Gesicherte Informationen zu den Auslastungsgraden existieren nicht. Auf der Grundlage verschiedener Quellen kann jedoch z.B. von einer durchschnittlichen Auslastung von circa 20 Personen je Fahrzeug im ÖSPV ausgegangen werden. Vgl. Storchmann, K.-H.: Das Defizit im öffentlichen Personennahverkehr in Theorie und Empirie; Berlin 1999; Tabelle 11: Auslastung ausgewählter ÖPNV-Unternehmen nach Verkehrszeiten; S. 63.

nen resultieren in erster Linie daher, daß im Gegensatz zum Eisenbahnverkehr im ÖSPV die mit Dieselkraftstoff betriebenen Kraftomnibusse dominieren. Der NO_x-Ausstoß schwerer Dieselmotoren liegt besonders im niedrigen Geschwindigkeitsbereich, welcher typisch für den Linienverkehr mit Bussen in den Ballungsräumen ist, um ein vielfaches höher als der von Pkw.³¹ Der Eisenbahnpersonenverkehr wird dagegen zum größten Teil über Elektrotraktion abgewickelt, wodurch die spezifischen Emissionen des Eisenbahnverkehrs im wesentlichen durch den vorgelagerten Energieumwandlungsprozeß der Kraftwerke determiniert werden.³² Kraftwerke werden mit sehr hohen Verbrennungstemperaturen betrieben. Infolgedessen werden in Kraftwerken nur sehr geringe Mengen an CO und HC emittiert. Weiterhin müssen die Kraftwerksbetreiber in Deutschland strenge Umweltauflagen in Form der Großfeuerungsanlagenverordnung (GFAVO) einhalten, die Grenzwerte für NO_x-Emissionen mit einschließen.³³ In diesem Vergleich müssen jedoch ebenfalls die hohen Umwandlungsverluste bei der Elektrizitätserzeugung berücksichtigt werden. Besonders deutlich werden diese im Fall der CO₂-Emissionen des Eisenbahnverkehrs sichtbar. Die spezifischen CO₂-Emissionen der Eisenbahnen liegen im betrachteten Zeitraum stets rund 1,5mal höher als im ÖSPV.

2.1.2 Die Entwicklung der privaten Verkehrsleistungen

Vor der deutschen Wiedervereinigung sind die privaten Verkehrsleistungen von 571,6 Mrd. pkm im Jahr 1980 auf 688,3 Mrd. pkm im Jahr 1990 angewachsen. Der trendmäßige Zuwachs setzte sich auch nach der deutschen Wiedervereinigung ungebrochen fort. Zwischen 1991 und 1998 stiegen die privaten Verkehrsleistungen von 818,6 auf 891,1 Mrd. pkm. Von der Entwicklung partizipieren vor allem der Pkw- und der Flugverkehr. Nennenswert ist vor allem der rasante Anstieg des Flugverkehrs, der sich zwischen 1980 und 1998 verdreifacht hat. Auffällig ist allerdings auch der sprunghafte Anstieg der Pkw-Verkehrsleistungen ab dem Jahr 1985. Im Jahr 1998 beträgt der Anteil des Pkw-Verkehrs an der Gesamtverkehrsleistung 70,1 v.H. Demgegenüber ist innerhalb des betrachteten Zeitraums der Anteil der öffentlichen Verkehrsmittel von 19,0 v.H. auf 15,2 v.H. und der Anteil der nicht motorisierten Verkehrsträger von 7,2 v.H. auf 5,8 v.H. gesunken. Der immer weitergehende Trend zur Individualisierung der Verkehrsabläufe kennzeichnet die Entwicklung im Personenverkehr. Die Erklärung dieses Phänomens ist vielschichtig. Unter den Bestimmungsfaktoren, die mittelbar und unmittelbar mobilitätsauslösend wirken, sind ökonomische und gesellschaftliche Gegebenheiten zu sub-

³¹ vgl. Schmitz, S: Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland; in: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung; Forschungen zur Raumentwicklung Bd. 19; Bonn 1990; S. 92.

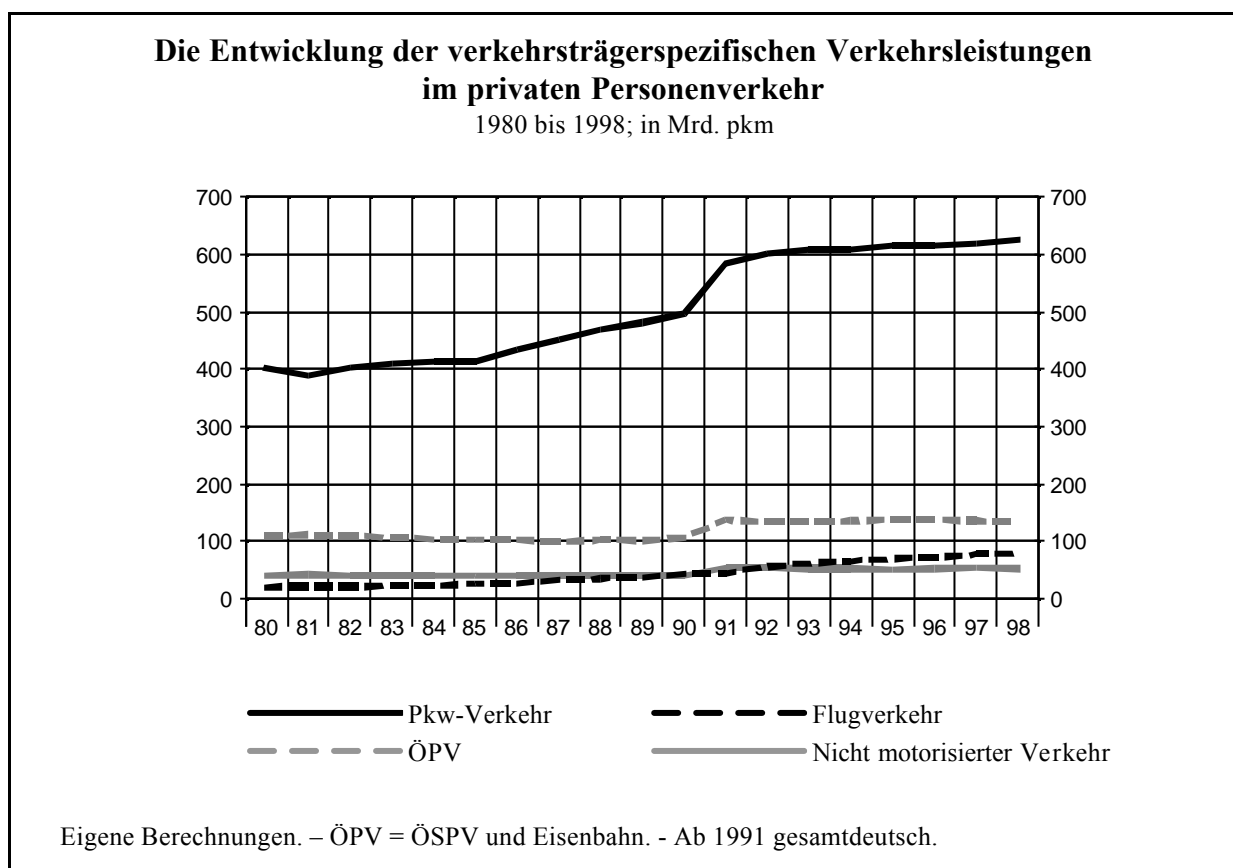
³² Im Jahr 1983 entfielen nach Schätzung des DIW circa 83,7 v.H. der Personenverkehrsleistungen im Eisenbahnverkehr auf die Elektrotraktion. Vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Der Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr nach Subsektoren sowie nach Verwendungsarten und Verkehrsbereichen; in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung/Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln/ Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Endenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland; Köln 1986; Tabellen 17 und 18: Energieverbrauch im Eisenbahnverkehr der Deutschen Bundesbahn; S. 71 ff.

³³ vgl. Hödl, E; Kuhne, D.; Voßnacke, M.: Strukturanalyse der Luftschadstoffemissionen durch Energieverbräuche in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1970 –86; Arbeitspapiere des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Universität-Gesamthochschule Wuppertal, Nr. 170; Wuppertal 1995; S. 30.

sumieren. In der Literatur werden für diese Entwicklung häufig folgende Faktoren ursächlich gemacht:

- Das Bevölkerungswachstum, der Trend zu kleineren Haushaltsgrößen sowie die steigende Zahl an Erwerbstätigen verbunden mit einem höherem Pro-Kopf-Einkommen führen allgemein zu einem größerem Verkehrsaufkommen.³⁴
- Einkommensentwicklung, ein ausgeprägter Individualismus, Arbeitsteilung, Siedlungsstruktur und die Angebotsvielfalt an Freizeiteinrichtungen bewirken eine zunehmende Ausdifferenzierung des sozio-ökonomischen Systems, parallel verlaufend mit einer Erhöhung der durchschnittlichen Entfernung je Weg.³⁵

Abbildung 2.2



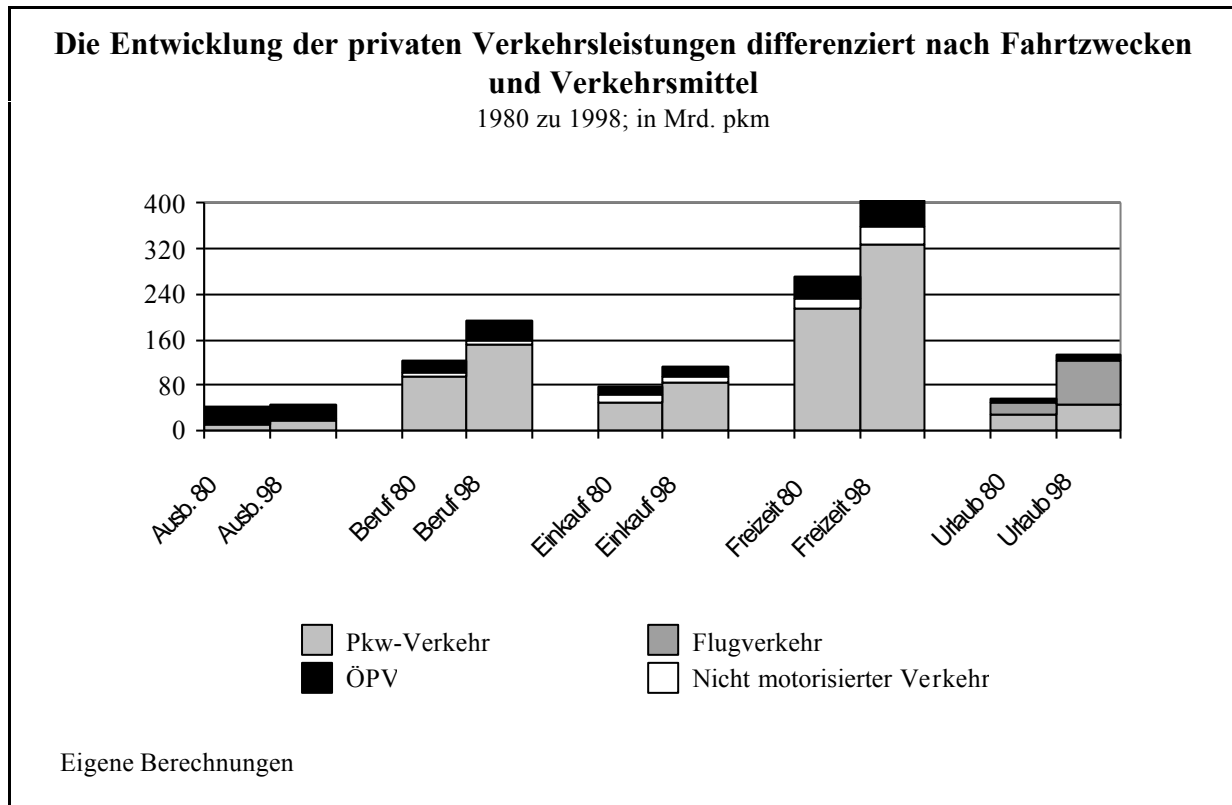
Der Begriff „Mobilitätsphänomen“ kennzeichnet die ungebrochene Verkehrsspirale. Mit dieser Bezeichnung soll vor allem zum Ausdruck gebracht werden, daß sich Pkw-Nutzung, verkehrsaufwendige Raumstrukturen und Lebensstile wechselseitig anregen und verstärken. Der Pkw-Verkehr und die damit verbundenen Umweltbelastungen entwickelt sich infolgedessen

³⁴ vgl. Hautzinger, H. u.a.: Mobilität der westdeutschen Bevölkerung; in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft M55; Heilbronn 1996.

³⁵ vgl. Franz, P.: Soziologie der räumlichen Mobilität; Frankfurt a.M. 1984; S.185 ff.

seit Jahrzehnten entgegen den Vorstellungen vieler Verkehrs- und Raumplaner.³⁶ Das Mobilitätsphänomen drückt sich im Beobachtungszeitraum auch in einer Relationsverschiebung von den öffentlichen Verkehrsmitteln zugunsten der Motorisierung der privaten Haushalte aus. Jeder neu zugelassene Pkw entlastet nicht andere Verkehrsbereiche, sondern führt zu einer noch höheren Verkehrsleistung.³⁷

Abbildung 2.3



Mobilität ist meist kein Selbstzweck. Mobilität ist vielmehr die Bewegung zu einem bestimmten Ziel mit der Absicht einer bestimmten Tätigkeit am Zielort. D.h., die Nachfrage nach individuellen Aktivitäten verursacht Mobilität. Eine Analyse der Entwicklung im Personenverkehr muß daher konsequenterweise an Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage ansetzen.³⁸ Diesbezüglich ist es sinnvoll, nach erzwungenen und gewünschten Mobilitäten zu unterscheiden. Besonders im Berufs- und Ausbildungsverkehr sind die Mobilitätsanlässe objektivierbar und können deshalb als Zwangsmobilitäten interpretiert werden. Demgegenüber kann Wunsch-Mobilität eher mit einem steigenden Einkommen und wachsender Freizeit in

³⁶ vgl. Aberle, G.: Das Phänomen Mobilität - beherrschbarer Fortschritt oder zwangsläufige Entwicklung? in: Internationales Verkehrswesen Jg.45 (1993); S. 405.

³⁷ Der Einfluß des Pkw-Besitzes auf die Verkehrsentwicklung sollte allerdings nicht überschätzt werden. Sie stellt eine wesentliche Determinante der Verkehrsnachfrage dar, aber auch nicht mehr. Vgl. Wermuth, M. (1978a): Der Einfluß des Pkw-Besitzes auf die Fahrtenhäufigkeit und Wahl der Verkehrsmittel; in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 265/1978.

³⁸ Hierüber besteht in der Verkehrswissenschaft ein Konsens. Einen umfassenden Überblick über die Form der Analyse findet sich in: Wermuth, M. (1978b): Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs; München 1978.

Verbindung gebracht werden.³⁹ Um zu einer genaueren Form der Analyse der Entwicklung des privaten Personenverkehrs zu gelangen, ist es daher angebracht, diese nach Fahrtzwecken und Verkehrsmitteln getrennt zu untersuchen.

Mit Ausnahme des Ausbildungsverkehrs sind die fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen insgesamt deutlich angewachsen. Die Berufs- und Freizeitverkehre stellen die quantitativ bedeutsamsten Fahrtzwecke dar, und zwar im Jahr 1998 mit einem Anteil von 21,6 v.H. bzw. 45,4 v.H. an der privaten Verkehrsleistung. Deutlich wird in dieser Betrachtung die Dominanz des Freizeitverkehrs. Von dem Verkehrswachstum hat in erster Linie der Pkw-Verkehr profitiert. Können im Berufsverkehr 80,3 v.H. der Wachstumsrate dem Pkw-Verkehr zugeschrieben werden, sind es im Freizeitverkehr 87,0 v.H. Während im Berufsverkehr, durch die Zentralisierung der Wohnstätten und die zunehmende Verdichtung der Arbeitsstätten, die Bedeutung des Pkw-Verkehrs zwangsläufig zunimmt, wird eine steigende Freizeitzunahme von den Haushalten häufig in Pkw-Mobilität umgesetzt.⁴⁰ Bis auf den Urlaubsverkehr, wo das Verkehrswachstum eindeutig auf die wachsende Bedeutung der Flugreisen zurückzuführen ist, gewinnt der Pkw-Verkehr überall an Gewicht. Die für die allgemeine Verkehrsentwicklung zum großen Teil ursächliche räumliche Konzentration der Einkaufs- und Freizeitstätten in und außerhalb der Stadtzentren, die Verdichtung der Arbeits- und Ausbildungsstätten, insbesondere die Konzentration des Dienstleistungsgewerbes in den Stadtzentren, verbunden mit der Verlagerung der Wohnsiedlungen in die Peripherie der Städte, wären allerdings ohne stadtplanerische und raumordnungspolitische Entscheidungen in der Vergangenheit kaum möglich gewesen.⁴¹ Eine Politik der zukunftsfähigen Mobilität müßte daher vor allem auf eine gleichmäßigere Verteilung der Wohn- und Gewerbesiedlungsstruktur hinwirken, die Zwangsmobilität so weit wie möglich vermeidet.⁴²

2.2 Zwischenergebnis

Der Pkw-Verkehr ist der Hauptverursacher von Luftschadstoffemissionen im privaten Personenverkehr. Im betrachteten Zeitraum ist die Belastung durch Pkw am größten. Die ständige Verschärfung der Grenzwertvorschriften führte in den letzten Jahren allerdings auch dazu, daß sich die spezifischen Nahbereichsemissionen der unterschiedlichen Fahrzeugtypen auf einem niedrigen Niveau immer weiter angleichen. Im Beobachtungszeitraum 1980 bis 1998 sind die möglichen Reduktionspotentiale nur teilweise sichtbar. Eine weitgehende Entlastung heute noch belasteter Innerortsbereiche ist bei den bestehenden Entwicklungspotentialen kon-

³⁹ vgl. Seidenfus, H. S.: „Sustainable Mobility“ – Kritische Anmerkungen zum Weißbuch der EG-Kommission; in: RWI-Mitteilungen, Jg. 44; Berlin 1993; S. 287 f.

⁴⁰ vgl. Seidenfus, H. S. (1993); S. 287 f.

⁴¹ Die steigende Pkw-Mobilität der Haushalte stellt ein wesentliches Kriterium der Raumordnungspolitik dar. Die Gewährleistung zügiger Erreichbarkeit von Reisezielen durch Pkw bestimmt weitgehend den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur. Mit wachsender Verkehrsdichte hat sich die entsprechend notwendige Versorgungsstruktur mit entwickelt, so daß es mit erheblichen Widerständen verbunden sein dürfte, auf alternative Verkehrskonzepte umzustellen. Vgl. Waldmann, R.; Kaufmann, L.: Kraftfahrzeug und räumliche Entwicklung; in: Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. Nr. 34; Frankfurt a.M. 1981.

⁴² vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 291.

ventionell betriebener Verbrennungsmotoren möglich und schon heute absehbar. Allerdings stoßen technische Möglichkeiten auch auf Grenzen. Angesichts von Dauerbelastungen, möglicher langfristiger Folgewirkungen und vielfältiger Wirkungsüberlagerungen, die immer empfindlichere Reaktionen von Mensch und Umwelt zur Folge haben, kann deshalb angezweifelt werden, ob nachgelagerter Emissionsschutz auf Dauer hilft, die Probleme in den Griff zu bekommen.

Die Umweltprobleme durch den privaten Personenverkehr sind in erster Linie Folge des unbremsten Wachstums des Pkw-Verkehrs. Die Ursachen hierfür sind vor allem berufs- und freizeitbedingt. Von der steigenden Bedeutung des Berufs- und Freizeitverkehrs partizipiert im Beobachtungszeitraum fast ausschließlich der Pkw-Verkehr. Die Erklärung dieses Phänomens ist vielschichtig. Die Bestimmungsfaktoren, die zum einen mobilitätsauslösend wirken und zum anderen den Modal Split beeinflussen, stellen ein äußerst komplexes Gefüge dar, bei dem auch sozialpsychologische Faktoren eine große Rolle spielen. Eine Reduktion der Personenverkehrsnachfrage auf rein ökonomische Funktionsabläufe ist daher kaum zu rechtfertigen. Dies setzt auch ökonomischen Anreizmechanismen zu einer etwaigen Trendumkehr Grenzen. Weiterhin wurde die Präferenz zu mehr Mobilität durch verkehrspolitische Entscheidungen in der Vergangenheit mitbestimmt. „Mobil sein“ wurde bereits in den frühen Nachkriegsjahren zu einem der wichtigsten Konsumbedürfnisse in der Bundesrepublik Deutschland. Dem wurde von staatlicher Seite durch den konsequenten Ausbau des Straßennetzes und seiner Bereitstellung als „scheinbar kostenfreie“ Infrastruktur zu jeder Zeit Rechnung getragen, womit die Luftschadstoffbelastung anscheinend gesellschaftlich legitimiert und als notwendiges Übel geduldet wurde.

3 Verkehrspreise und Verkehrsausgaben privater Haushalte

In der aktuellen verkehrspolitischen Diskussion spielt die Frage eine zentrale Rolle, ob das Instrument von Umweltabgaben auf Kraftstoffe ein geeigneter Hebel zum Einstieg in die nachhaltige Umgestaltung des Verkehrssystems sein kann. Über den Preis als Steuerungsparameter soll versucht werden, eine umweltpolitisch sinnvolle Reduktion des Kraftstoffverbrauchs zu erreichen. Nicht allein der Kraftstoffverbrauch soll hierdurch gedrosselt werden. Durch eine Änderung der Transportpreisrelationen soll der Modal Split zugunsten der umweltfreundlicheren öffentlichen Verkehrsmittel und zuungunsten des Pkw-Verkehrs beeinflusst werden. Ab Ende der achtziger Jahre wurden die Mineralölsteuersätze bereits deutlich erhöht. Diese fiskalischen Maßnahmen waren zum großen Teil ökologisch motiviert. Zuvor war das Niveau der Kraftstoffpreise, in Abhängigkeit von der Entwicklung der Rohölimportpreise, z.T. großen Schwankungen unterworfen, die auf eine gewisse Preisabhängigkeit der Pkw-Nutzung hindeuten.⁴³ Ob allerdings in Zukunft eine weitergehende drastische Anhebung der Kraftstoffpreise politisch umgesetzt wird, ist auch abhängig von dem Anteil der Aufwendungen für Kraftstoffe an den Gesamtverkehrsausgaben privater Haushalte. Eine spürbare und vor allem einseitige Belastung der Haushalte dürfte in der Öffentlichkeit auf keine Akzeptanz stoßen. Auf der Grundlage des empirischen Datenmaterials für den Zeitraum 1980 bis 1998 werden im weiteren Verlauf folgende objektive Sachverhalte näher analysiert:

- Die Höhe und Struktur der Kraftstoffpreise im privaten Pkw-Verkehr
- Die Transportpreisrelationen im privaten Personenverkehr
- Die Höhe und Struktur der Verkehrsausgaben der privaten Haushalte
- Die Kostenentwicklung im privaten Pkw-Verkehr

3.1 Die Höhe und Struktur der Kraftstoffpreise im privaten Pkw-Verkehr

Als Kraftstoffe sind grundsätzlich Diesel- und Ottokraftstoffe zu unterscheiden. Die Gruppe der Ottokraftstoffe subsumieren bleifreies und verbleites Benzin sowie Normal- und Superbenzin. Da neben der Preis- auch die Absatzentwicklung der Produkte bekannt ist, wurde für diese Arbeit ein Durchschnittspreis für Ottokraftstoffe aus den Absatzzahlen und Preisen von Normalbenzin, Superbenzin unverbleit und Superbenzin verbleit berechnet.⁴⁴ Die für die privaten Haushalte relevanten Tankstellenabgabepreise lassen sich in zwei Komponenten aufteilen. Zum einen sind das die Erzeugerpreise und zum anderen die Steuerbelastung durch die Mineral- und Mehrwertsteuer. Aufgrund der sich ändernden Struktur werden in Tabelle 3.2

⁴³ vgl. Teichmann, U.: Die Nachfrageelastizität im innerstädtischen Individualverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 54 (1983); S. 76.

⁴⁴ Bei der Berechnung wurde aus Gründen der Vereinfachung nicht zwischen privatem Verkehr und Geschäftsverkehr unterschieden. Zeitreihen zur Preis- und Absatzentwicklung von Ottokraftstoffen finden sich bei Mohnfeld, J.; u.a.: Die Entwicklung des Mineralölmarkts in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 19xy; in: Zeitschrift für Energiewirtschaft (19xy); hier: Tabelle 8: Absatz an Benzin nach Sortengruppen; und Tabelle 30: Preisentwicklung von Mineralölprodukten.

die Kraftstoffpreise vor und nach Steuern differenziert ausgewiesen. Da die erhobenen Mehrwert- und Mineralölsteuersätze gesetzlich festgelegt sind, lassen sich aus den Kraftstoffpreisen die Erzeugerpreise herausrechnen.⁴⁵ Die Steuerbelastung subsumiert die von den Konsumenten zu entrichtenden Mineralöl- und Mehrwertsteuer.

Tabelle 3.1

Höhe und Struktur der Kraftstoffpreise im Zeitraum 1978 bis 1998						
Preise und Steuern in Pf/l						
	Ottokraftstoff			Dieselkraftstoff		
	Kraftstoffpreis	Erzeugerpreis	Steuern	Kraftstoffpreis	Erzeugerpreis	Steuern
1978	89,5	36,6	52,9	86,2	35,7	50,5
1979	98,7	44,9	53,8	97,1	45,5	51,6
1980	116,6	61,0	55,6	114,2	60,9	53,3
1981	140,2	76,2	64,0	127,2	69,6	57,6
1982	136,9	70,7	66,2	130,4	70,9	59,5
1983	136,0	69,4	66,6	127,0	67,4	59,6
1984	136,2	69,5	66,7	129,7	69,8	59,9
1985	139,8	71,2	68,6	133,2	72,9	60,3
1986	106,5	41,6	64,9	99,1	42,3	56,8
1987	101,5	37,5	64,0	91,6	35,4	56,2
1988	98,9	36,5	62,4	88,6	32,7	55,9
1989	116,8	42,2	74,6	95,3	38,6	56,7
1990	120,3	45,7	74,6	102,0	44,5	57,5
1991	133,8	44,5	89,3	107,1	43,9	63,2
1992	139,3	38,7	100,6	106,0	38,0	68,0
1993	139,4	38,1	101,3	108,6	39,4	69,2
1994	154,9	35,9	119,0	114,5	37,6	76,9
1995	154,1	35,4	118,7	113,0	36,3	76,7
1996	160,1	40,9	119,2	122,0	44,1	77,9
1997	164,8	45,3	119,5	124,6	46,3	78,3
1998	157,1	37,7	119,4	114,8	37,2	77,6

Quelle: Eigene Berechnungen nach Mohnfeld, J.

Im Beobachtungszeitraum sind z.T. kräftige Kraftstoffpreissprünge zu beobachten. Während die Kraftstoffpreise zwischen 1981 bis 1985 allgemein auf einem sehr hohen Niveau liegen,

⁴⁵ Ab dem 1.4.1985 gelten getrennte Steuersätze für verbleites und unverbleites Benzin. Auf der Grundlage der Absatzentwicklung von verbleiten Kraftstoffen und unter Berücksichtigung der Bestandsentwicklung der privaten Pkw-Flotte bzw. dem Durchschnittsalter der Fahrzeuge wurden die Anteile von verbleiten Kraftstoffen geschätzt. Im Beobachtungszeitraum gelten folgende Mineralölsteuersätze:

Dieselmkraftstoff: bis 31.3.1981 = 42 Pf/l; 1.4.1981 bis 31.12.1990 = 45 Pf/l; 1991 = 50 Pf/l; 1992 bis 1993 = 55 Pf/l; ab 1994 = 62 Pf/l.

Bleifreies Benzin: 1.4.1985 bis 31.12. 1985 = 49 Pf/l; 1.1.1986 bis 31.3.1987 = 46 Pf/l; 1.4.1987 bis 31.3.1988 = 47 Pf/l; 1.4.1988 bis 31.12.1988 = 48 Pf/l; 1.1.1989 bis 31.12.1990 = 57 Pf/l; 1.1.1991 bis 30.6.1991 = 60 Pf/l; 1.7.1991 bis 31.12.1993 = 82 Pf/l; ab 1994 = 98 Pf/l.

Verbleites Benzin: bis 31.3.1981 = 44 Pf/l; 1.4.1981 bis 31.3.1985 = 51 Pf; 1.4.1985 bis 31.12. 1988 = 53 Pf/l; 1.1.1989 bis 31.12.1990 = 65 Pf/l, 1.1.1991 bis 30.6.1991 = 67 Pf/l, 1.7.1991 bis 31.12.1993 = 92 Pf/l, ab 1994 = 108 Pf/l.

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B7: Steuerbelastung des Kraftfahrzeugverkehrs.

fallen sie danach deutlich. Im Jahr 1988 lagen die durchschnittlichen Nominalpreise für Ottokraftstoffe und Diesel 29,5 v.H. bzw. 30,3 v.H. unter denen des Jahres 1981. Ab dem Jahr 1989 steigen die Preise wieder sukzessiv an. Die deutliche Anhebung der Mineralölsteuersätze im Jahr 1994 legt die Preise auf einem vergleichsweise sehr hohen Niveau fest. Die preisliche Entwicklung verläuft in dieser Phase aber vor allem zuungunsten der Ottokraftstoffe. Im Vergleich zum Jahr 1978 lag der durchschnittliche nominale Kraftstoffpreis im Jahr 1997 hier um 84,1 v.H. höher, was gleichzeitig mit 164,8 Pf/l den Höchststand im betrachteten Zeitraum entspricht. Demgegenüber steigt der durchschnittliche nominale Dieselpreis im gleichen Zeitraum nur um 44,5 v.H.

Allein zu Beginn der achtziger Jahre, während der zweiten Erdölkrise, dominieren die Erzeugerpreise das Niveau der Kraftstoffpreise im Beobachtungszeitraum. Auch wenn die Rohölimportpreise weitestgehend die Preisbildung determinieren, bilden sich die Erzeugerpreise weniger als Addition einzelner Kostenelemente der inländischen Mineralölindustrie, sondern vielmehr nach Maßgabe von Angebot und Nachfrage auf den internationalen Produktmärkten.⁴⁶ Die Höhe der Erzeugerpreise von Benzin sind in etwa identisch mit denen von Diesel. Allerdings variieren die Größenordnungen zwischen den Produkten zeitweilig. Wegen der weitgehenden chemischen Identität zwischen Diesel und leichtem Heizöl orientiert sich die Entwicklung der Erzeugerpreise von Diesel mehr am Heizöl- als am Benzinmarkt. Insbesondere die Absatzentwicklung von leichtem Heizöl beeinflusst dabei die Entwicklung der Erzeugerpreise von Diesel.⁴⁷

Die Kraftstoffpreise werden in einem zunehmenden Maße fiskalpolitisch bestimmt. Neben der Mehrwertsteuer als klassische Form der Steuer, da ihr keine direkten staatlichen Leistungen gegenüberstehen, werden die Autofahrer in erster Linie durch die Mineralölsteuer belastet. Bestand die Rechtfertigung relativ hoher Sätze auf Kraftstoffe ursprünglich aus der Erfordernis der Straßenfinanzierung, gewinnt das Ziel der fiskalischen Mittelbeschaffung zu Beginn der achtziger Jahre immer mehr an Bedeutung.⁴⁸ So stellt heute der private Verbrauch von Vergaser- und Dieselmotoren die bedeutsamste Gruppe von steuerpflichtigen Mineralölen dar. Besonders deutlich gilt dieses für die Gruppe der Ottokraftstoffe. Der Anteil der Steuerbelastung am durchschnittlichen Kraftstoffpreis liegt hier 1998 bei 76 v.H., wohingegen Diesel deutlich geringer belastet wird. Da im Gegensatz zu Ottokraftstoffen die Tankstellenabgabe von Diesel vor allem von Transportunternehmen in Anspruch genommen wird, gewinnt der hohe Satz auf Ottokraftstoffe zunehmend den Charakter einer Konsumsteuer.⁴⁹

⁴⁶ Aufgrund des freien Marktzugangs wird der deutsche Mineralölmarkt in einem hohem Maße mit Halbfertig- und Fertigprodukten versorgt. Vgl. Schmidt, G.: Die Mineralölwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland und der Binnenmarkt für Energie; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 42, Berlin 1991; S. 141 ff. sowie Meyerhöfer, W.: Die Vertriebsstrukturen auf dem Mineralölmarkt der Bundesrepublik Deutschland; Berlin 1979; S.94 ff.

⁴⁷ vgl. Mohnfeld, J.; Hachmeier, W.: Die Entwicklung des Mineralölmarkts in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1986; in: Zeitschrift für Energiewirtschaft; Heft 2, Juni 1987; S. 96 f.

⁴⁸ vgl. Suntum, U. van: Ökosteuern im Verkehr?; in: Wirtschaftsdienst; 1989/XI; S. 559.

⁴⁹ Sind zuerst wettbewerbspolitische Gründe ausschlaggebend für die relativ niedrigen Steuersätze auf Diesel, limitieren niedrige Steuersätze auf Diesel in der EU gleichzeitig die pretialen Spielräume einzelner EU-Länder nach oben, da die EU-Richtlinien zur Harmonisierung der Mineralölsteuer von den Mitgliedsländern weitestge-

Neben der fiskalischen Bedeutung spielen seit 1985 vor allem auch ökologische Überlegungen bei der Ausgestaltung der Mineralölsteuer eine wichtige Rolle. So entspricht die differenzierte Besteuerung verbleiteter und unverbleiteter Ottokraftstoffe umweltpolitischen Zielen. Im Vorgriff zum „Gesetz über steuerliche Maßnahmen zur Förderung des schadstoffarmen Personenkraftwagens vom 1.7.1985 wurden erstmals am 1.4.1985 die Steuersätze für bleifreies und unverbleites Benzin um 4 Pf/l gespreizt. Während die Mineralölsteuersätze für verbleites Benzin bis Ende 1988 bei 53 Pf/l lagen, wurden 1986 die Sätze für unverbleites Benzin auf 46 Pf/l gesenkt, was einer Spreizung von 7 Pf/l entspricht. Das einsetzende Absatzwachstum von bleifreiem Benzin gab ab 1987 den Anlaß, die Spreizung fiskalisch orientiert auf 5 Pf/l zurückzunehmen.⁵⁰ Bis zum Einstieg in die ökologische Steuerreform mit der Änderung des Mineralölsteuergesetzes am 1.4.1999 wurden ab 1989 die Mineralölsteuersätze in vier Stufen z.T. deutlich angehoben. Das Ziel bestand aber weniger darin, dem Umweltargument mehr Geltung zu verschaffen, sondern vielmehr darin, die deutsche Einheit zu finanzieren.

3.2 Transportpreisrelationen im privaten Personenverkehr

Über den Transportpreis je Personenkilometer stehen die öffentlichen und gewerblichen Verkehrsunternehmen in Preiskonkurrenz zum Pkw-Verkehr. Je geringer deren Tarife im Verhältnis zu den variablen Transportkosten des Pkw-Verkehrs sind, um so eher wird der Modal Split zugunsten der Verkehrsunternehmen ausfallen und umgekehrt. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden unter den variablen Ausgabearten für Pkw-Transport allein die Kraftstoffkosten subsumiert, weil nutzungsabhängige Ausgaben wie Reparaturen oder Ersatzteile nur schwer auf eine Einheit Verkehrsleistung zu beziehen sind, da sie in unregelmäßigen Abständen anfallen und Inspektionen nicht von allen Pkw-Besitzern gleichmäßig in Anspruch genommen werden. Sind die vorherrschenden Kraftstoffpreise für die Pkw-Nutzer bindend, können sie kurzfristig die Kraftstoffkosten je Fahrt allein über eine Anpassung des Fahrverhaltens und der durchschnittlichen Auslastung der Pkw beeinflussen. Daneben muß vor allem die jährliche Entwicklung der spezifischen Kraftstoffverbräuche Berücksichtigung finden, die entweder als autonomer technischer Fortschritt oder als Impuls auf Veränderungen der Kraftstoffpreise zu werten sind. Grundsätzlich lassen sich die Transportpreise des Pkw-Verkehrs durch Division der Kraftstoffausgaben privater Haushalte mit den entsprechenden Pkw-Verkehrsleistungen berechnen. In der Datensammlung des Bundesministeriums für Verkehr werden die Kraftstoffausgaben privater Haushalte hinreichend genau nach Ausgaben für Diesel- und Ottokraftstoffen aufgeschlüsselt. Hingegen handelt es sich bei den Verkehrsleistungen des privaten Pkw-Verkehrs um geschätzte bzw. durch Stichprobenbefragung gewonnene Daten. Insofern können Annahmen über Verkehrsleistungen die Transportpreise des privaten Pkw-Verkehrs erhöhen oder senken.⁵¹

hend eingehalten werden müssen. Vgl. z.B. Sprenger, U. (1994); S. 271; sowie Fiederer, H. J.: Umlage der Kfz-Steuer auf die Mineralölsteuer; Tübingen 1996; S. 56.

⁵⁰ vgl. Sprenger, R.-U. (1994); S. 270.

⁵¹ Zur Höhe der Kraftstoffausgaben privater Haushalte vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B7: Ausgaben Privater Haushalte für Kraftstoffe zum Betrieb von Personenkraftwagen.

Für die öffentlichen und gewerblichen Verkehrsträger lassen sich die durchschnittlichen Beförderungspreise durch Division der Umsätze aus dem privaten Personenverkehr mit den korrespondierenden Verkehrsleistungen berechnen.⁵² Der Eisenbahnverkehr umfaßt den Schienenverkehr der Deutschen Bahn bzw. Bundesbahn (einschließlich der S-Bahn) und der Nichtbundeseigenen Eisenbahnen. Der öffentliche Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) umfaßt den gesamten Kraftomnibusverkehr sowie den Verkehr mit Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen. Die Verkehrsleistungen und Einnahmen aus dem Geschäftsverkehr, die nicht dem Konsum zuzurechnen sind, wurden in der Datenbank des Modells mit Hilfe von Annahmen und Hilfsrechnungen von den Gesamtgrößen abgezogen.⁵³ Schwierig ist die Datenlage für den Flugverkehr. Das Problem ist, daß die Verkehrsstatistik allein die Umsätze deutscher Fluggesellschaften ausweist. Die Umsätze ausländischer Unternehmen aus dem innerdeutschen und grenzüberschreitenden Flugverkehr sind unbekannt. Infolgedessen können allein die durchschnittlichen Tarife deutscher Fluggesellschaften berechnet werden.⁵⁴ Die in Tabelle 3.2 aufgeführten Zahlen sind dementsprechend unter Vorbehalt aufzunehmen.

Besonders auf den kurzen und mittleren Distanzen steht der Pkw in direkter Konkurrenz zu dem ÖSPV und der Eisenbahn. Im gesamten Beobachtungszeitraum liegen die durchschnittlichen Kraftstoffkosten je Personenkilometer stets unter den durchschnittlichen Transportpreisen öffentlicher Verkehrsträger. Allein kurz nach der deutschen Wiedervereinigung wird die Diskrepanz, auf Grund der zu diesem Zeitpunkt noch sehr niedrigen Tarife der Reichsbahn und der ostdeutschen Verkehrsverbände, abgeschwächt. Bei der Entwicklung der Pkw-Transportpreise fällt auf, daß sich das Niveau der Kraftstoffpreise nicht im vollen Umfang widerspiegelt. Die Gründe hierfür sind darin zu suchen, daß sich zum einen die Kraftstoffeffizienz der Pkw-Flotte ständig verbessert, und zum anderen, daß in Phasen hoher Kraftstoffpreise die Effekte über das Fahrverhalten und den durchschnittlichen Auslastungsgrad der Fahrzeuge abgeschwächt werden und umgekehrt.

Im Unterschied zu allen anderen Verkehrsmitteln haben sich die nominalen Transportpreise des Flugverkehrs wenig verändert. 1998 ist mit durchschnittlich 19,43 Pf/pkm in etwa der gleiche nominale Preis zu zahlen wie 1982. Real bedeutet das einen Rückgang um 30,5 v.H.⁵⁵ Zwischen den Fluggesellschaften herrscht ein immer intensiver werdender Preiskampf. Die Auslandsreiseintensität der Bevölkerung nimmt, vor allem wegen des immer größer werdenden Einkommens, ständig zu. Die steigende Nachfrage wird durch die zügige Bereitstellung von Infrastruktur, in Deutschland wie in den Urlaubsländern, unterstützt. Daneben haben sich,

⁵² Die Transportpreise im Eisenbahnverkehr und im ÖSPV wurden berechnet aus: Statistisches Bundesamt: Eisenbahnverkehr 19xy; Fachserie 8, Reihe 2; Tabelle 1: Gesamtübersicht; sowie Statistisches Bundesamt: Straßenpersonenverkehr 19xy; Fachserie 8, Reihe 3; Tabelle 1: Straßenpersonenverkehr nach Unternehmensformen sowie Verkehrsarten und -formen, und Tabelle 3: Allgemeiner Linienverkehr nach Unternehmensformen und Fahrausweisarten.

⁵³ Die Grundlage hierfür bildet die Schätzung der fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen im Modell. Diese orientieren sich an den Ergebnissen der „Kontinuierlichen Erhebung des Verkehrsverhaltens“ (KONTIV).

⁵⁴ vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen A2: Fluggesellschaften.

⁵⁵ Gewichtet mit dem Preisindex für die Lebenshaltung; 1985 = 100.

mit der EWG-Verordnung 3975/87 über die Einzelheiten der Anwendung der Wettbewerbsregeln auf Luftfahrtunternehmen vom 14.12.1987, die Bedingungen auf Seiten des Angebots grundlegend verändert. Zum einen wurden die Möglichkeiten des Marktzutritts weitgehend liberalisiert. Zum anderen wurde die Preiskontrolle dahingehend gelockert, daß zwar Normaltarife weitgehend genehmigt werden müssen, das Unterbieten bereits existenter Tarife jedoch keinen hinreichenden Grund mehr für die Regulierungsbehörde darstellt, einem Unternehmen die Genehmigung zu verweigern. Die Rückführung der staatlichen Tarifgenehmigungsvorschriften und die verstärkte Anwendung des Wettbewerbsrechts fördern einen zunehmenden Wettbewerbsdruck der Fluggesellschaften und wirken somit generell preissenkend.⁵⁶

Tabelle 3.2

Transportpreise im privaten Personenverkehr				
1978 bis 1998; Pf/pkm				
	Pkw-Verkehr	Eisenbahnverkehr	ÖSPV	Flugverkehr
1978	5,37	9,46	8,36	13,36
1979	6,03	10,42	8,54	13,74
1980	7,17	10,54	8,80	16,22
1981	8,40	11,02	9,39	18,18
1982	8,18	11,12	9,95	19,52
1983	8,23	11,58	10,38	19,66
1984	8,32	11,90	10,92	20,30
1985	8,51	11,38	11,21	20,04
1986	6,57	11,78	11,24	17,93
1987	6,37	12,52	11,61	16,85
1988	6,32	12,08	11,66	17,02
1989	7,51	12,49	11,81	17,40
1990	7,91	12,96	11,68	17,40
1991	8,58	12,40	10,62	18,07
1992	8,86	13,11	11,35	19,38
1993	8,87	13,52	11,84	18,65
1994	9,36	12,95	12,48	19,32
1995	9,34	13,76	13,09	18,19
1996	9,70	13,76	13,55	18,83
1997	9,94	14,59	13,96	18,91
1998	9,48	14,57	14,12	19,43
Eigene Berechnungen				

Die durchschnittlichen Transportpreise des Eisenbahnverkehrs und des ÖSPV sind das gewogene Mittel einer Vielzahl von unterschiedlichen Tarifen, die nach zurückzulegenden Entfernungen, Zeit der Nutzung und Art der Häufigkeit zu differenzieren sind.⁵⁷ Dabei gilt es zu

⁵⁶ vgl. Wenglorz, G. W.; Wittmann, M.: Tarife im EG-Linienflugverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 62 (1991); S. 144 ff. sowie Jäckel, K.: Der Prozeß der Deregulierung des EG-Luftverkehrs; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 64 (1993); S. 163 ff.

⁵⁷ vgl. Albers, S.: Absatzplanung von ÖPNV-Ticketarten bei differenzierter Preispolitik; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 67 (1997); S. 122 ff.

beachten, daß es sich hierbei um Tarifeinnahmen ohne Ausgleichszahlungen zu Sozialtarifen handelt. D.h., die Summe der Einnahmen der Verkehrsunternehmen entspricht der Summe der Ausgaben privater Haushalte für diese Verkehrsmittel. Ausgleichszahlungen sind definiert als Zahlungen der öffentlichen Hand, die mit der Personenbeförderung in direktem Zusammenhang stehen, d.h. unter Ausschluß von Investitionsbeihilfen und Formen des Defizitausgleichs.⁵⁸ Grundsätzlich lassen sich hier zwei Gruppen unterscheiden:

- Zum einen Ausgleichszahlungen nach der EG-Verordnung 1191/69 zugunsten des Eisenbahnverkehrs. Diese Leistungen werden gewährt, weil auf bestimmten Teilmärkten keine Kostendeckung zu erzielen ist, wovon in erster Linie die Ausbildungs- und Berufsverkehre profitieren. Dabei konzentrieren sich die Leistungen, ausschließlich des Bundes, in erster Linie auf den öffentlichen Personennahverkehr.⁵⁹ Diese werden hier so bemessen, daß die Gesamtkostendeckung in den Ballungsräumen zwischen 80 v.H. und 90 v.H. sowie im übrigen Schienennahverkehr zwischen 70 v.H. und 90 v.H. liegt. Für die Deutsche Bundesbahn bzw. Deutsche Bahn stellen diese Ausgleichszahlungen eine bedeutende Einnahmequelle dar, deren Gewicht nach der deutschen Wiedervereinigung sogar noch deutlich zunimmt. Über 40 v.H. der Gesamteinnahmen sind ab 1991 auf Ausgleichszahlungen nach der EG-Verordnung 1191/69 zurückzuführen.⁶⁰
- Zum anderen Ausgleichszahlungen nach § 45aPBefG vor allem zugunsten des ÖSPV.⁶¹ Hierbei handelt es sich um Leistungen für Schüler, Studenten und andere Auszubildende, Schwerbehinderte sowie andere begünstigte Gruppen, z.B. Rentner. Hier entstehen den Verkehrsunternehmen geringere Einnahmen, als es ihren tatsächlichen Kosten entspricht. Hier wird von der öffentlichen Hand, vor allem von den Ländern, die Hälfte der Differenz zwischen den entsprechenden vergünstigten Tarifen und den durchschnittlichen verkehrsspezifischen Kosten erstattet.⁶² Knapp ein Viertel der Gesamteinnahmen des ÖSPV sind, vor und nach der Wiedervereinigung, auf Ausgleichszahlungen nach § 45aPBefG zurückzuführen.⁶³

⁵⁸ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 67.

⁵⁹ Im Jahr 1988 entfallen auf den Nahverkehr 3335 Mio. DM. Im Fernverkehr liegt im gleichen Jahr der Anteil bei 67 Mio. DM. Vgl. Ratzenberger, R.; Hahn, W.: Aufkommens-, Verteilungs- und Wirkungsanalyse der Finanzleistungen für den ÖPNV; in: ifo Studien zur Verkehrswirtschaft 25; München 1992; S. 68 f. sowie Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 1997; Tabellen A2: Deutsche Bahn AG –Erwerbstätige, Einnahmen–; S. 63.

⁶⁰ vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B1: Deutsche Bahn AG – Erwerbstätige, Einnahmen.

⁶¹ Für den Eisenbahnverkehr sind, mit Ausnahme der nichtbundeseigenen Eisenbahnen, die entsprechenden Leistungen bereits weitestgehend mit der EG-Verordnung 1191/69 abgegolten.

⁶² Zur Höhe und Struktur der Ausgleichszahlungen nach § 45aPBefG vgl. Ratzenberger, R.; (1992); Tabelle 25: Finanzleistungen der öffentlichen Hand für den ÖPNV im Jahr 1988 nach Art, Herkunft, Zielländern, Raumtypen und Unternehmensarten –Leistungen aufgrund anderer Politikbereiche zusammen–; S. 94

⁶³ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 67.

Tabelle 3.3

Transportpreisrelationen im Freizeitverkehr			
1978 bis 1998; Pf/pkm			
	Pkw	Eisenbahn	ÖSPV
1978	4,26	10,46	11,24
1979	4,78	11,65	11,44
1980	5,74	11,25	11,74
1981	6,63	12,04	12,21
1982	6,41	12,22	12,63
1983	6,56	12,54	12,85
1984	6,75	13,33	13,30
1985	6,85	12,60	13,40
1986	5,31	12,86	13,12
1987	5,33	13,83	13,62
1988	5,44	13,17	13,53
1989	6,61	13,60	13,75
1990	7,09	14,01	13,61
1991	7,74	13,96	12,51
1992	8,12	14,95	13,74
1993	8,10	15,29	14,50
1994	8,33	14,95	15,30
1995	8,33	15,46	15,91
1996	8,64	15,19	16,46
1997	8,93	16,34	16,82
1998	8,62	16,16	16,85

Eigene Berechnungen

Die Eisenbahn und die öffentlichen Unternehmen des ÖSPV verfolgen in erster Linie nicht das Ziel der Gewinn- sondern der Wohlfahrtsmaximierung.⁶⁴ Entscheidend für die Tarifgestaltung öffentlicher Unternehmen ist es, bei bestmöglicher Marktversorgung Leistungsangebot und Fahrpreisniveau so abzustimmen, daß Kostendeckung erreicht werden kann.⁶⁵ Erfahrungsgemäß wird dieses Ziel i.d.R. nicht erreicht. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, daß die aus dem Personenbeförderungsgesetz resultierende Beförderungspflicht die öffentlichen Verkehrsunternehmen dazu zwingt, ihren Kapitalstock an der Verkehrsspitze auszurichten. Wird die Verkehrsspitze durch die stark subventionierten Berufs- und Ausbildungsverkehre determiniert, wird die Schwachlast durch die anderen Verkehre bestimmt. Gleichfalls müssen die Einnahmen aus dem Gelegenheitsverkehr dazu dienen, das zwangsläufige Defizit aus dem Ausbildungs- und Berufsverkehr zumindest niedrig zu halten. Die Tarifplanung der Unternehmen muß deswegen darauf ausgerichtet sein, über tarifliche Anreize höhere Einnahmen speziell in der Schwachlastzeit zu erreichen. Da die i.d.R. sehr teuren Normaltarife nicht

⁶⁴ In den letzten Jahren wird die Eisenbahn zunehmend privatisiert. Das ändert allerdings nichts an der Tatsache, daß die Eisenbahn in der beobachteten Vergangenheit ein öffentliches Unternehmen war und selbst heute noch einen dahingehenden Charakter, speziell im streng regulierten Nahverkehr, aufweist. Zu den Charakteristiken öffentlicher Unternehmen vgl. Blankert, C. B.: Ökonomie der öffentlichen Unternehmen. Eine institutionelle Analyse der Staatswirtschaft; München 1987.

⁶⁵ vgl. Leopold, H.: Grundsätzliche und aktuelle Fragen der Tarifgestaltung im öffentlichen Personennahverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 54 (1983); S. 124 ff.

zum Umsteigen bewegen, existieren eine Vielzahl von tariflichen Maßnahmen, die helfen sollen, höhere Einnahmen durch höhere Auslastungsgrade zu realisieren.⁶⁶ Zieht man die Einnahmen aus dem Berufs- und Ausbildungsverkehr von den Gesamteinnahmen ab, lassen sich Durchschnittstarife für den Gelegenheitsverkehr der Eisenbahn und des ÖSPV ermitteln. Tabelle 3.3 stellt diese Tarife exemplarisch für den Freizeitverkehr den entsprechenden Pkw-Transportkosten gegenüber. Letztere wurden durch Division der Kraftstoffkosten je Fahrzeugkilometer mit der durchschnittlichen Fahrzeugbesetzung je Freizeitfahrt berechnet.

Die durchschnittlichen Freizeittarife im Eisenbahnverkehr und im ÖSPV liegen im Beobachtungszeitraums circa doppelt so hoch, wie die dazu konkurrierenden Kraftstoffkosten des Pkw-Freizeitverkehrs. Die Bandbreite zwischen alternativen Freizeittarifen ist jedoch sehr groß. Sie reicht zwischen sehr teuren Einzelfahrausweisen – insbesondere auf Kurzstrecken – bis hin zu Nulltarifen. Wird auf die teuren Normaltarife nur bei sehr eingeschränkter Wahlmöglichkeit zurückgegriffen, werden ermäßigte Angebote besonders im Spät- und Wochenendverkehr im zunehmenden Maße in Anspruch genommen.⁶⁷ Daneben existieren eine Vielzahl von Kooperationen zwischen öffentlichen Verkehrsunternehmen und Veranstaltungsanbietern. Das bedeutet für den Fahrgast, daß Eintrittskarten von Veranstaltungen auch als Fahrkarten akzeptiert werden.⁶⁸ Aufgrund der Vielzahl an individuell abgestimmten Sondertarifen sind diese im Modell nicht einzeln darzustellen. Allerdings wird deren zunehmende Bedeutung in Tabelle 3.2 sichtbar, da trotz ständig steigender Betriebs- und Kapitalkosten der Verkehrsunternehmen die durchschnittlichen Freizeittarife im Eisenbahnverkehr und im ÖSPV vergleichsweise moderat steigen.

3.3 Höhe und Struktur der Verkehrsausgaben privater Haushalte

Das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte ist die zentrale Größe für das Niveau der Konsumausgaben und der hierin eingeschlossenen Ausgaben für Verkehr.⁶⁹ Gleichzeitig gibt das verfügbare Einkommen die Budgetrestriktion vor.⁷⁰ Konsequenterweise sind mit einem höheren Einkommen höhere Konsumausgaben verbunden und umgekehrt. Im folgenden werden die Ausgaben privater Haushalte für Verkehr in Relation zum verfügbaren Einkommen gesetzt und analysiert. Von besonderem Interesse wird es dabei sein zu ermitteln, inwieweit sich die Höhe und Struktur der Verkehrsausgaben nach der deutschen Wiedervereinigung verändert haben. Unter den Verkehrsausgaben privater Haushalte lassen sich alle privaten

⁶⁶ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 121.

⁶⁷ vgl. Deutsche Bahn AG; Geschäftsbericht 1994; Frankfurt a.M.; S. 45.

⁶⁸ vgl. Nickel, B. E.: Vorwärtsstrategie im öffentlichen Personennahverkehr; in: Lukner, C. (Hrsg.): Umweltverträgliche Verkehrskonzepte in Kommunen; Bonn 1994; S. 170.

⁶⁹ vgl. Wenke, M.: Konsumklima und Ausgabeverhalten der privaten Haushalte. Zur Relevanz von Konsumententimmungen für die Erklärung der gesamtwirtschaftlichen Konsumnachfrage; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 42, Berlin 1991; S. 157 ff.

⁷⁰ Es wird im folgenden die Abgrenzung nach dem Ausgabenkonzept verwendet. D.h., ohne soziale Sachtransfers und monetäre Sozialleistungen des Staates. Vgl. Statistisches Bundesamt 19xy: Fachserie 18, Reihe 1.2: Konten und Standardtabellen; hier Tabelle 2.1.7: Verfügbares Einkommen der privaten Haushalte und seine Verwendung.

Ausgaben für die Anschaffung, Unterhaltung und Nutzung von Fahrzeugen sowie für fremde Verkehrsleistungen subsumieren. Aggregiert nach Ausgaben privater Haushalte für Verkehrszwecke werden im einzelnen in der Datensammlung des Bundesministers für Verkehr unterschieden.⁷¹

1. Die Ausgaben für die Anschaffung motorisierter Fahrzeuge.⁷²
2. Die Ausgaben für den Besitz der Fahrzeuge inkl. den Ausgaben für Fahrräder.
3. Die Ausgaben für Kraftstoffe.
4. Die Ausgaben für fremde Verkehrsleistungen ohne Taxis, Reisevermittlung und Gepäckaufbewahrung.⁷³

Die Ausgaben der privaten Haushalte für Fahrräder werden in dieser Quelle zusammen mit den Ausgaben für den Besitz eigener Fahrzeuge ausgewiesen. Ab dem Jahr 1991 sind die Veröffentlichungen z.T. gesamtdeutsch, z.T. beziehen sie sich nur auf die alten Bundesländer. Während die Ausgaben für Fahrräder in den Daten für die alten Bundesländer mit eingeschlossen sind, werden für Gesamtdeutschland in dieser Quelle ausschließlich Angaben für die Jahre 1995 und 1996 gemacht.⁷⁴ Infolgedessen mußten diese Daten ab 1991 größtenteils geschätzt werden, um eine einheitliche Abbildung der Ausgabenstruktur zu gewährleisten. Weiterhin sind, abweichend von der Darstellung in „Verkehr in Zahlen“, die in Abbildung 3.1 aufgeführten Ausgaben für „fremde Verkehrsdienstleistungen“ das Ergebnis eigener Berechnungen.⁷⁵

Im Beobachtungszeitraum weisen die Verkehrsausgaben privater Haushalte, absolut wie relativ zum verfügbaren Einkommen, eine steigende Tendenz auf. Während im Jahr 1978 die privaten Haushalte 11,2 v.H. ihres verfügbaren Einkommens für Verkehrszwecke aufwandten, waren es 1990 12,5 v.H. Mit Ausnahme der Jahre 1991 und 1992 paßt sich nach der Wiedervereinigung die Struktur dem Trend in den alten Bundesländern an. So liegt der Anteil 1998 bei 12,7 v.H. Abbildung 3.1 macht deutlich, daß die Höhe der Verkehrsausgaben nahezu ausschließlich durch die private Motorisierung verursacht wurde. Zählt der Pkw zum „gehobenen

⁷¹ vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B7: Käufe der privaten Haushalte von Gütern für Verkehrszwecke.

⁷² Die Daten basieren auf einer Sonderauswertung der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Es werden hier allein vollständig die Ausgaben für Neuzulassungen erfaßt. Der Gebrauchtwagenmarkt zwischen privaten Haushalten bleibt unberücksichtigt. Weiterhin werden die Anschaffungskosten unmittelbar als Verbrauch ausgewiesen. D.h., es erfolgt keine Periodisierung über Abschreibungen. Vgl. Kohlhaas, M.; Voigt, U.: Gesellschaftliche Kosten und Nutzen der Verteuerung des Transports; in: Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des deutschen Bundestags (Hrsg.); Bonn 1994; S. 65.

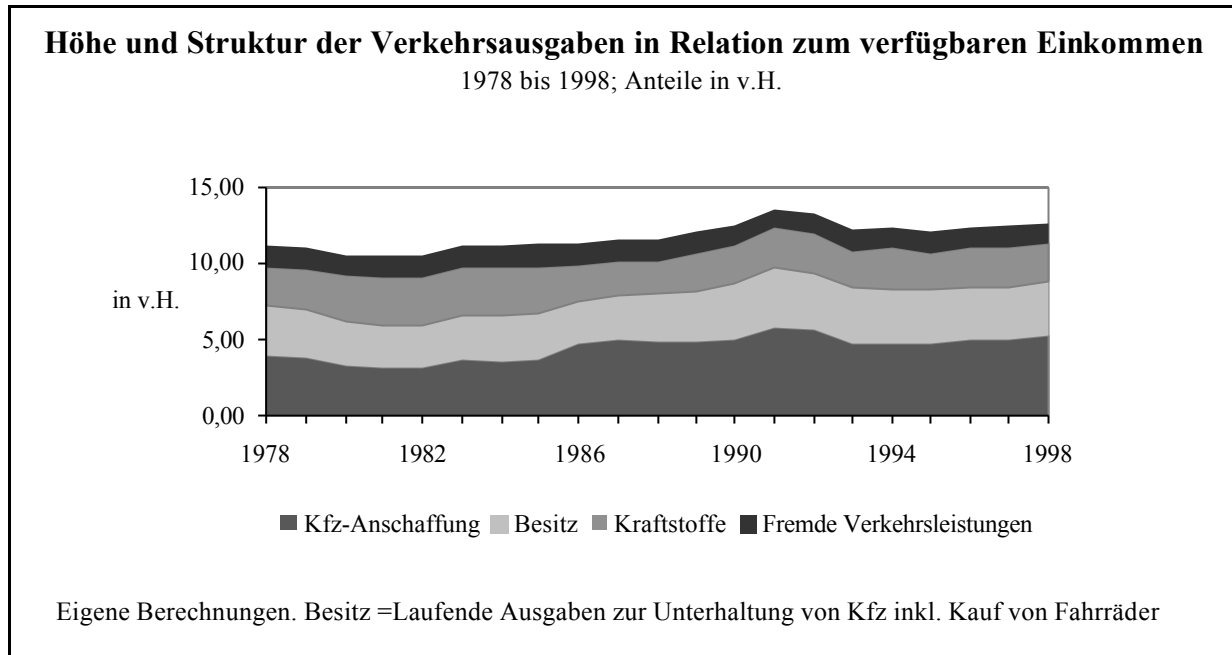
⁷³ Diese entsprechen den Einnahmen aus dem Personenverkehr privater Haushalte der Eisenbahn, des ÖSPV und des Flugverkehrs. Diese Größen sind Modellergebnisse. In der Statistik des Bundesministers für Verkehr werden die Ausgaben für Taxis, Reisevermittlung und Gepäckaufbewahrung ebenfalls berücksichtigt. Allerdings spielen letztere vom Gesamtvolumen her kaum eine Rolle. Die Aufbereitung der Daten bzw. der Inhalt der Datenbank wird in Kapitel 6.2 ausführlich erklärt.

⁷⁴ ebenda; Verkehr in Zahlen 1997; S. 266.

⁷⁵ Diese subsumieren die privaten Ausgaben für Eisenbahn-, ÖSPV- und Flugreisen. In der amtlichen Quelle werden diese unter dem Posten „fremde Verkehrsleistungen“ zusammengefaßt. Eine gesonderte Ausweisung erfolgt, im Gegensatz zu der vorliegenden Datenbasis, nicht.

Bedarf⁶, zeigt sich hier die enge Verbindung zur Einkommensentwicklung. Je höher das Einkommen, desto höher sind die Ausgaben für Pkw.⁷⁶

Abbildung 3.1



Bei den Aufwendungen für Kfz dominieren im betrachteten Zeitraum eindeutig die Ausgaben für die Anschaffung. Wurden im Jahr 1978 für 33,1 Mrd. DM Fahrzeuge angeschafft, beliefen sich 1998 die Ausgaben hierfür auf 124,9 Mrd. DM.⁷⁷ In Relation zum verfügbaren Einkommen stiegen die Ausgaben hier von 4,0 v.H. auf 5,2 v.H. Diese Entwicklung unterstreicht, daß mit zunehmendem Wohlstand immer mehr Haushalte in der Lage sind, am Pkw-Verkehr mit einem oder mehreren Fahrzeugen teilzunehmen.⁷⁸ Mit der deutschen Wiedervereinigung expandierte aufgrund der überaus starken Zunahme der Käufe von Kraftfahrzeugen ostdeutscher Haushalte das Gewicht der Verkehrsausgaben besonders kräftig.⁷⁹ Ihr Anteil am Konsum entsprach Mitte der neunziger Jahre, nach einer gewissen Normalisierung, etwa dem in den alten Bundesländern vor der Vereinigung. Seitdem ist er weiter leicht angestiegen. Eine ähnliche Entwicklung, wenn auch deutlich schwächer ausgeprägt, zeigt sich bei den Aufwendungen für den Unterhalt eigener Fahrzeuge. Lagen die Ausgaben 1978 hier bei 26,7 Mrd. DM, stiegen sie bis 1998 auf 85 Mrd. DM. Während die Aufwendungen für den Unterhalt jedoch mehr oder weniger der allgemeinen Bestands- und Preisentwicklung folgen, ist der trendmäßige

⁷⁶ vgl. Oberheitmann, A.; Wenke, M.: Strukturveränderungen des westdeutschen Privaten Verbrauchs; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 45, Berlin 1994; S. 107 ff.

⁷⁷ Die Angaben beziehen sich in dieser Arbeit allgemein, wenn nicht ausdrücklich genannt, auf nominale Größen.

⁷⁸ vgl. Hopf, R.: Projektion des Pkw-Bestandes für die Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2010; in: Wochenbericht des DIW; Nr. 36, Berlin 1989; S. 425 ff.

⁷⁹ Oberheitmann und Wenke bezeichnen diesen Zusammenhang als „Wiedervereinigungsboom“, bei dem neben Pkw, auch Geräte der Unterhaltungselektronik sowie andere ehemals in der DDR knappe oder nicht vorhandene Produkte verstärkt nachgefragt wurden. Vgl. Oberheitmann, A. (1994); S. 123.

Zuwachs der Ausgaben für Kfz-Anschaffung ein Indiz dafür, daß mit wachsendem Einkommen mehr finanzielle Mittel in Richtung leistungsstarker und fabrikneuer Fahrzeuge fließen.⁸⁰

Von 1978 bis 1998 stiegen die Ausgaben für Kraftstoffe von 20,9 Mrd. DM auf 59,4 Mrd. DM. Der Trend wird weitestgehend vom Wachstum der privaten Pkw-Flotte bestimmt. Daneben wird die Höhe der Kraftstoffausgaben von zwei weiteren Determinanten beeinflusst. Zum einen bewirken die technischen Verbesserungen der Motorwirkungsgrade sinkende spezifische Kraftstoffverbräuche. Demgegenüber steht die Entwicklung der Kraftstoffpreise. Phasen hoher Kraftstoffpreise bewirken höhere Ausgaben und umgekehrt.⁸¹ Die unterschiedlichen Einflüsse heben sich jedoch in der Summe mehr oder weniger auf. So liegt der Anteil der Kraftstoffausgaben am verfügbaren Einkommen 1978 wie 1998 bei 2,5 v.H.

Die in Abbildung 3.1 skizzierte Entwicklung zeigt auf, daß die Kraftfahrzeugausgaben der privaten Haushalte im Zeitablauf einen zunehmenden Anteil am gesamtem Konsum ausmachen, während die relativen Ausgaben für fremde Verkehrsleistungen bei circa 1,4 v.H. stagnieren. Die private Nachfrage nach den hier eingesetzten Verkehrsmitteln verläuft allerdings gegensätzlich. Während die öffentlichen Verkehrsmittel zunehmend an Bedeutung verlieren, kann im Urlaubsverkehr der Flugverkehr seine Stellung deutlich ausbauen. Zwischen den Jahren 1978 und 1998 steigen die Ausgaben privater Haushalte hier von 2,4 Mrd. DM auf 15,4 Mrd. DM. Steigende Nominaleinkommen, verbunden mit einem Mehr an Freizeit, kommen häufig weit entfernten Reisezielen zu Gute.⁸² Ist der Flugverkehr auf den langen Distanzen quasi konkurrenzlos, müssen auf den Kurz- und Mittelstrecken die öffentlichen Verkehrsträger vor allem mit dem Pkw-Verkehr konkurrieren. Parallel zur wachsenden Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte sinkt der Anteil der Ausgaben für öffentliche Verkehrsmittel am verfügbaren Einkommen im betrachteten Zeitraum um circa ein Drittel.

3.4 Pkw-Kosten

Den größten Teil der Verkehrsausgaben stellen die Ausgaben für den motorisierten Individualverkehr dar. Hierzu zählen neben dem Kauf neuer und gebrauchter Pkw und Krafträder die Aufwendungen für Kraftstoffe, Kfz-Steuer, Versicherungen, Ersatzteile und Zubehör, Inspektions- und Reparaturkosten, Garagenmieten sowie sonstige Dienstleistungen. Mit Hilfe der Datensammlung des Statistischen Bundesamtes lassen sich die Pkw-Ausgaben privater Haushalte differenziert nach den einzelnen Komponenten analysieren. In den amtlichen Quellen finden sich sowohl aggregierte Statistiken zur Preis- und Kostenentwicklung im pri-

⁸⁰ Eine gewisse Kraftstoffpreisreagibilität auf die Pkw-Nachfrage, d.h. die Menge, spiegelt sich ebenfalls in der Statistik wider. Setzt man die Anzahl der Neuzulassungen in Relation zum Bestand, fällt auf, daß zwischen 1981 und 1985 diese Zahl deutlich unterhalb des Trends liegt. Ab dem Jahr 1986, zeitgleich mit dem Fall der Kraftstoffpreise, steigt diese Relation sprunghaft an. Vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen; Tabellen B2: Kraftfahrzeugverkehr–Personenkraftwagen–Bestand, Neuzulassungen, Löschungen.

⁸¹ In der frühen Phase hoher Kraftstoffpreise zwischen 1981 bis 1985 bewegt sich der Anteil im Mittel um 3,1 v.H. Zwischen 1986 und 1988 hingegen um 2,3 v.H.

⁸² vgl. Seidenfus, H. S. (1993); S. 288.

vaten Pkw-Verkehr (Kraftfahrer-Preisindex), als auch differenzierte Angaben zu den laufenden monatlichen Aufwendungen verschiedener Einkommensklassen für Verkehr.⁸³ Dem Kraftfahrer-Preisindex kommt eine besondere Bedeutung zu, da er als ein repräsentativer durchschnittlicher Preis für den Besitz und die Nutzung von Pkw durch einen repräsentativen Haushalt interpretiert werden kann. D.h. er bildet einen repräsentativen Querschnitt über diejenigen Haushalte, welche über eigene Pkw verfügen.⁸⁴ Mit Hilfe dieser Quellen lassen sich Antworten auf folgende Fragestellungen finden:

1. Wie setzen sich die Pkw-Kosten zusammen?
2. Wie haben sich die Pkw-Kosten entwickelt?
3. Inwieweit werden untere, mittlere und obere Einkommensschichten durch Kraftstoffkosten belastet?

Unter dem Kraftfahrer-Preisindex werden neun Ausgabearten unterschieden. Die einzelnen Preisreihen werden in Form von Meßzahlen auf Grundlage des Preisstandes im Basisjahr (=100) dargestellt. Für jede Ausgabenart werden vom Statistischen Bundesamt Wägungszahlen zum Basisjahr des Index berechnet. Damit der jährliche Preisindex für kumulierte Kfz-Mobilität nur reine Preisänderungen zum Ausdruck bringt, werden die Wägungszahlen bis zur Umstellung auf ein neues Basisjahr konstant gehalten. Zwischen 1980 bis Juli 1995 bildet die geschätzte Struktur des Jahres 1985 die Basis. Mit der Neuberechnung des Index ab August 1995 (Basis 1991) bzw. ab Januar 1999 (Basis 1995) ändern sich gleichfalls die Wägungszahlen. Vergleicht man die Mengengerüste, fällt besonders eine radikale Differenz bei den Anteilen der Kfz-Versicherung auf. Da die Gewichte für Kfz-Versicherung zur Basis 1991 und 1995 nicht plausibel zu erklären sind, stützen sich die in dieser Arbeit vorgenommenen Berechnungen allein auf den Preisindex zur Basis 1985.⁸⁵

⁸³ Ab 1991 oder 1992 werden die Daten getrennt nach alten - und neuen Bundesländern ausgewiesen. Im folgenden finden allein die Daten der alten Bundesländer Verwendung. Die Primärstatistiken finden sich in: Statistisches Bundesamt; Fachserie 17; Reihe 7: Preise und Preisindizes für die Lebenshaltung; sowie in Fachserie 15; Reihe 1: Einnahmen und Ausgaben ausgewählter privater Haushalte. In der Regel werden diese Statistiken in den Jahrbüchern des Statistischen Bundesamtes und in der Datensammlung des Bundesministers für Verkehr „Verkehr in Zahlen“ in Zeitreihen übersichtlich zusammengefaßt. Bei Übereinstimmung beschränken sich die Quellenangaben im folgenden auf die Sekundärstatistiken.

⁸⁴ Um ausschließlich Veränderungen der Konsumgüterpreise abzubilden, wird eine konstante Verbrauchsstruktur unterstellt. Einen Überblick über die gewählte Form der Abgrenzung und der Methodik findet sich in Statistisches Bundesamt: Zur Neuberechnung des Preisindex für die Lebenshaltung; in: Wirtschaft und Statistik; Stuttgart 1990; S. 47 ff.

⁸⁵ Das Gewicht der Kfz-Versicherung zur Basis 1991 bzw. 1999 erscheint aus zwei Gründen unplausibel. Zum einen wird dieses Gewicht hier um das circa fünffache niedriger geschätzt als zur Basis 1985. Das bringt z.B. mit sich, daß das Gewicht der Versicherung deutlich niedriger als das der Kfz-Steuer angegeben wird. Zum anderen kann mit Hilfe von Daten der laufenden Wirtschaftsrechnung der Anteil der Kfz-Versicherung als eher hoch eingeschätzt werden. Die Wägungsanteile des Kraftfahrer-Preisindex finden sich in: Statistisches Bundesamt: Fachserie 17; Reihe 7; 19xy; Tabelle 1.1: Preisindex für die Lebenshaltung – Alle privaten Haushalte. Angaben zu Kfz-Unterhaltungskosten ausgewählter privater Haushalte finden sich in Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B7: Kostenentwicklung – Individualverkehr – Kraftfahrzeug-Unterhaltung.

Abbildung 3.2

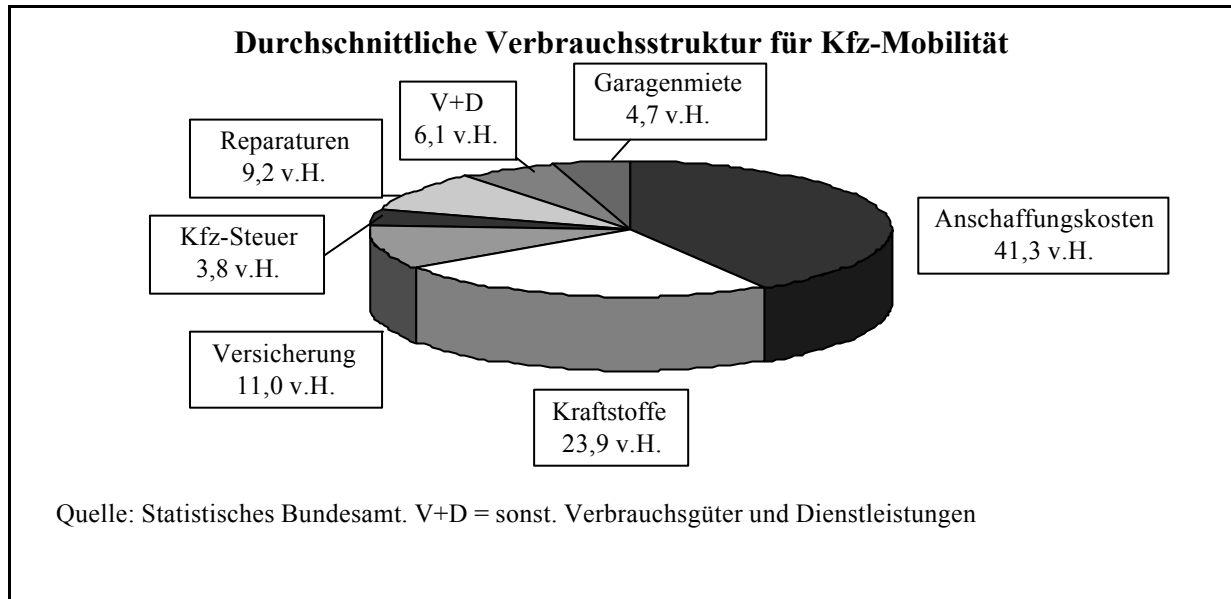


Abbildung 3.2 stellt die repräsentative Verbrauchsstruktur für Pkw-Mobilität zur Basis 1985 dar. In der Abbildung sind unter Anschaffungskosten die Ausgabearten Pkw und Krafräder subsumiert. Weiterhin werden die Ausgabearten Ersatzteile und Zubehör mit den Aufwendungen für Fahrschule gemeinsam unter dem Begriff „sonstige Verbrauchsgüter und Dienstleistungen“ zusammengefaßt. Diese Verteilung macht deutlich, daß die Fahrzeuganschaffung bei den Kfz-Ausgaben der Haushalte eine herausragende Stellung hat. Weitere 25,6 v.H. brachten die Haushalte für weitere Fixkostenkomponenten wie Versicherungen, Steuern und Garagenmieten auf.⁸⁶ Der Anteil der variablen Kostenkomponenten liegt mit 33,1 v.H. (Kraftstoffkosten = 23,9 v.H. und Reparaturen = 9,2 v.H.) vergleichsweise niedrig. Die hohen Fixkostenanteile sind ein auch ein Beleg dafür, daß der Pkw von den Konsumenten als superiores Gut eingeschätzt wird. Sofern die Grundbedürfnisse gedeckt sind, werden frei verfügbare Mittel häufig mit Priorität für den eigenen Wagen aufgewendet.

Abbildung 3.3 stellt die Preisentwicklung einzelner Kostenkomponenten dem jährlichen Preisindex für Kfz-Mobilität gegenüber. Um eine übersichtlichere Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Preisindices zu gewährleisten, werden in Abbildung 3.3 die Ausgabearten für Pkw-Unterhaltung zusammengefaßt.⁸⁷ Im betrachteten Zeitraum sind die Pkw-Kosten moderat gestiegen. Beträgt der Zuwachs zwischen 1978 und 1998 nominal 85,6 v.H., ist real ein Anstieg von 5,5 v.H. zu verzeichnen.⁸⁸ Im Trend orientierte sich die Entwicklung in erster Linie an der Preisentwicklung für Pkw-Anschaffung und –Unterhaltung. Diese Ausgabearten unterliegen in der Preisgestaltung dem freien Wettbewerb und entziehen sich mit Ausnahme

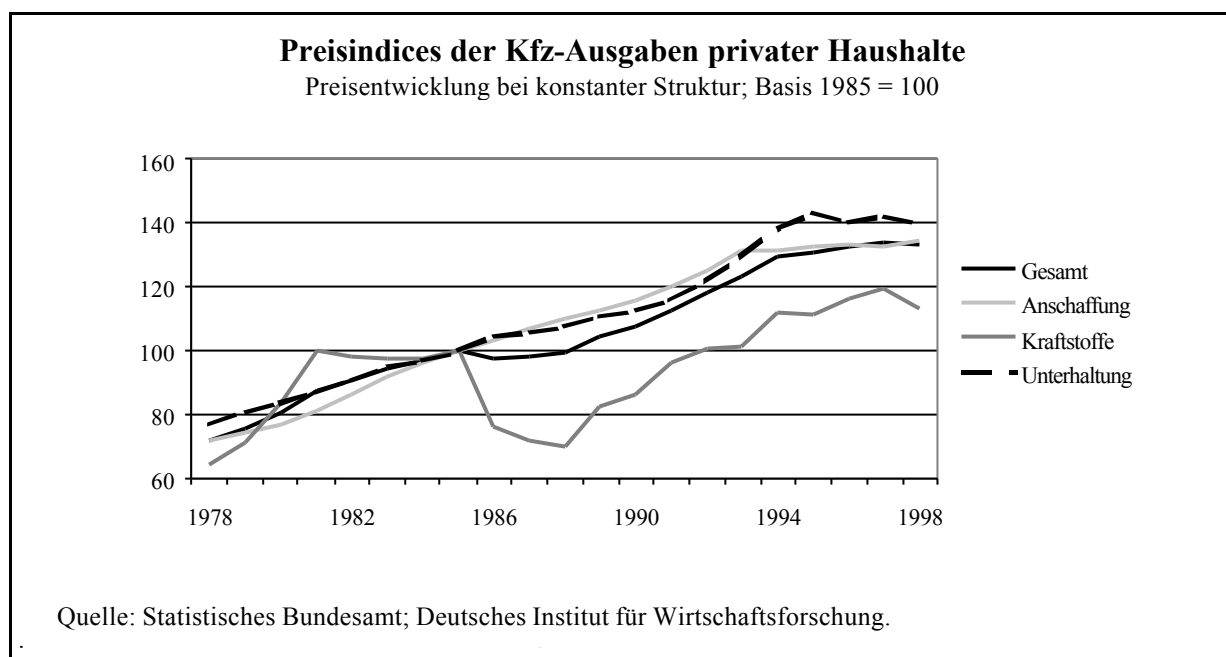
⁸⁶ Ein internationaler Vergleich unterschiedlicher Komponenten von Pkw-Kosten und der steuerlichen Belastung auf den Erwerb und Besitz von Pkw findet sich bei Storchmann, K.-H. (1993); S. 354 ff.

⁸⁷ Inklusiv der Aufwendungen für Reparaturen.

⁸⁸ Gewichtet mit dem Preisindex für die Lebenshaltung.

der Kfz-Steuer einer staatlichen Regulierung.⁸⁹ Die deutlichen Preissprünge der Kraftstoffe verursachten hingegen mehr oder weniger starke „cost-push“-Effekte nach oben oder nach unten.⁹⁰ Dabei fällt auf, daß ab 1986 die Kraftstoffpreisindizes stets deutlich unter denen für Anschaffung und Unterhaltung liegen. Unterstreicht diese Entwicklung zum einen die Dominanz der Kosten für Anschaffung und Unterhaltung, liefert sie zum anderen auch somit einen Hinweis auf immer niedriger werdende Kraftstoffkostenanteile ab Mitte der achtziger Jahre.⁹¹

Abbildung 3.3



Die wichtigste Bestimmungsgröße für die Entscheidung, ein eigenes Fahrzeug anzuschaffen und zu nutzen – und damit für die Höhe der Verkehrsausgaben –, ist das Haushaltseinkommen. Mit den Daten der Wirtschaftsrechnungen des Statistischen Bundesamtes ist eine differenzierte Betrachtung der Ausgaben für Pkw nach Einkommensklassen möglich.⁹² Das Statistische Bundesamt unterscheidet eine untere (Typ 1), eine mittlere (Typ 2) und eine obere Einkommensklasse (Typ 3).⁹³ Die Haushaltsdaten erlauben eine gesonderte Betrachtung der Ausgaben für Kfz-Anschaffung, Kfz-Unterhaltung sowie für Kraftstoffe. Unter Anschaf-

⁸⁹ Eine Belastung findet in Deutschland allein über die Mehrwertsteuer statt. Spezielle Einzelhandelssteuern, wie in anderen europäischen Ländern oft üblich, werden nicht erhoben. Vgl. Storchmann, K.-H. (1993); S. 354 ff.

⁹⁰ In der empirischen Wirtschaftsforschung werden Preise i.d.R. über „cost-push“ und „demand-pull“ Elemente erklärt. Zu den Problemen bei der Abgrenzung und der empirischen Erfassung vgl. Holzmann, F. D.: Inflation: Cost-Push and Demand-Pull; in: American Economic Review; vol. 50 (1960); S. 20 ff.; sowie Dieckheuer, G.: Die gesamtwirtschaftliche Preisfunktion – Modelltheoretische und empirische Untersuchungen für die Bundesrepublik Deutschland; in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft; Bd. 131; Tübingen 1975; S. 385 ff.

⁹¹ Kraftstoffe sind für den Autofahrer nur Mittel zum Zweck Pkw-Mobilität. Neben der für ihn günstigen Entwicklung der Kraftstoffpreise sinkt im Zeitablauf gleichfalls, vor allem induziert über den technischen Fortschritt, der spezifische Kraftstoffverbrauch der Pkw.

⁹² Kohlhaas, M., Voigt, U. (1994); S. 69 ff.

⁹³ In dieser Quelle werden die durchschnittlichen monatlichen Einnahmen und Ausgaben auf der Grundlage von Einkommens- und Verbrauchsstichproben repräsentativ hochgerechnet. Jahresangaben finden sich in den Jahr-

fungskosten werden Abschreibungen verstanden. Darunter sind die Ausgaben für Fahrräder ebenfalls mit eingeschlossen. Weiterhin werden die Aufwendungen für Kfz-Versicherung und Kfz-Steuern nicht unter „Verkehrsausgaben“ sondern zusammen mit anderen Ausgaben für Versicherungen und Steuern ausgewiesen. Die Haushaltsdaten liefern einen repräsentativen Querschnitt über alle Haushalte eines Typs unabhängig davon, ob diese einen, mehrere oder keinen Pkw besitzen. Daneben werden vom Statistischen Bundesamt auch Zahlen für Haushalte, die über Pkw verfügen, veröffentlicht.⁹⁴ Allerdings beschränken sich die Angaben nur auf Haushalte mit mittlerem und mit höherem Einkommen. Infolgedessen mußten die Aufwendungen für die Klasse von Haushalten mit niedrigem Einkommen geschätzt werden. Dabei wird der Besitz eines Otto-Pkw mit einem spezifischen Kraftstoffverbrauch von 9 l/100 km und eine Jahresfahrleistung von 8400 km/a unterstellt.

Tabelle 3.4

Monatliche Ausgaben ausgewählter privater Haushalte für Kfz-Mobilität im Jahr 1998						
	Haushaltstyp 1		Haushaltstyp 2		Haushaltstyp 3	
	je Haushalt	je Haushalt mit Kfz	je Haushalt	je Haushalt mit Kfz	je Haushalt	je Haushalt mit Kfz
Aufwendungen in DM						
Anschaffung	77	164	328	328	465	465
Kraftstoffe	43	99	158	164	200	202
Unterhaltung	90	152	254	246	336	313
Kfz-Insgesamt	210	415	740	738	1001	980
Anteil am ausgabefähigen Einkommen in v.H.						
Anschaffung	2,7	5,9	5,6	5,6	5,0	5,0
Kraftstoffe	1,5	3,5	2,7	2,8	2,2	2,2
Unterhaltung	3,2	5,4	4,3	4,2	3,6	3,4
Kfz-Insgesamt	7,5	14,8	12,6	12,6	10,8	10,6

Quelle: Statistisches Bundesamt; Eigene Berechnungen. Die Verkehrsausgaben je Haushalt schließen die Aufwendungen für Fahrräder mit ein.

Tabelle 3.4 stellt die durchschnittlichen Kfz-Aufwendungen je Haushalt den durchschnittlichen Aufwendungen je Haushalt mit eigenen Kfz gegenüber. Letztgenannter Datensatz beinhaltet die Aufwendungen für Kfz-Versicherung und Kfz-Steuer, aber nicht die Aufwendungen für Kfz-Anschaffung. Da jedoch fast alle Haushalte mit mittlerem und höherem Einkommen über eigene Pkw verfügen dürften, kann hier von einer weitgehenden Identität beider Quellen ausgegangen werden.⁹⁵ Unter dieser Annahme lassen sich konsequenterweise beide Datensät-

büchern des Statistischen Bundesamtes; hier: Tabelle 21.2: Einnahmen und Ausgaben ausgewählter privater Haushalte.

⁹⁴ vgl. Statistisches Bundesamt; Statistisches Jahrbuch 1999; hier: Tabelle 21.5: Laufende monatliche Aufwendungen ausgewählter privater Haushalte für die Kraftfahrzeughaltung; S. 562.

⁹⁵ Zwar werden die durchschnittlichen Abschreibungsraten für Pkw vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) nachträglich geschätzt und der Statistik hinzugefügt, jedoch werden diese vom DIW sehr niedrig angesetzt. Vgl. hierzu auch die Einschätzung von Schmid, M.: Auswirkungen der Kraftstoffbesteuerung auf die Pkw-Fahrleistungen im Freizeitverkehr; in: Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, Nr. 21; Stuttgart 1991; S. 11. Die Angaben vom DIW finden sich in Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B7: Kostenentwicklung – Individualverkehr – Monatliche Belastung eines 4-Personen-Haushaltes.

ze gegenseitig ergänzen. Werden in einer Richtung die Anschaffungskosten übernommen, sind es in der anderen Richtung die Ausgaben für Kfz-Steuer und Kfz-Versicherung. Weiterhin wird für die Kfz-Ausgaben eines Haushaltes mit niedrigem Einkommen exemplarisch angenommen, daß zum einen die Anschaffungskosten 50 v.H. und zum anderen die Unterhaltungskosten 40 v.H. unter denen von Haushalten mit mittlerem Einkommen liegen.

Im Jahr 1998 gab ein Haushalt mit niedrigem Einkommen im Monat durchschnittlich 210 DM (bzw. 7,5 v.H. seines ausgabefähigen Einkommens) für Mobilität mit eigenen Fahrzeugen aus. Im Haushalt mit mittlerem Einkommen beliefen sich die entsprechenden Ausgaben auf 740 DM (12,6 v.H. seines ausgabefähigen Einkommens) und im einkommensstarken Haushalt auf 1001 DM (10,6 v.H. seines ausgabefähigen Einkommens). Diese Ergebnisse unterstreichen, daß in den unteren Einkommensklassen ein eigener Wagen nicht zur Standardausstattung eines Haushalts gehört. Der Konsum einkommensschwacher Haushalte ist vielmehr von einem hohen Anteil der Ausgaben für Grundbedürfnisse geprägt.⁹⁶ Bei den anderen Haushaltsklassen zeigt sich, daß die finanziell besser gestellte Gruppe einen deutlich höheren Betrag für den Individualverkehr ausgibt als die Bezieher mittlerer Einkommen. Dabei geben einkommensstarke Haushalte vor allem mehr Geld für fabrikneue Fahrzeuge aus. Pkw-Besitzer, die den unteren Einkommensklassen zugehören, können dagegen höheren Kraftstoffpreisen nur relativ schwer ausweichen. Während höhere Kraftstoffpreise bei den höheren Einkommensklassen die Bereitschaft fördern kann, modernere Fahrzeuge mit geringerem Kraftstoffverbrauch anzuschaffen, fehlen einkommensschwachen Haushalten i.d.R. die Mittel dazu. Auch wenn diese Haushalte seltener Pkw besitzen, stellt sich doch die Frage der sozialen Gerechtigkeit hoher Kraftstoffpreise. Das gilt vor allem für diejenigen Haushalte, die aus beruflichen Gründen auf den Pkw angewiesen sind.⁹⁷

3.5 Zwischenergebnis

Im betrachteten Zeitraum sind die Verkehrspreise mehr oder weniger moderat gestiegen. Eine Ausnahme stellt allein der Flugverkehr dar. Deren Tarife sind real deutlich gesunken. Die Relation zwischen durchschnittlichen Kraftstoffkosten und den Tarifen öffentlicher Verkehrsmittel hat sich hingegen kaum verändert. Die langfristige Entwicklung der Kraftstoffpreise wird zunehmend durch die Mineralölsteuer bestimmt. Allerdings war die Anhebung der Mineralölsteuersätze auf Kraftstoffe in den neunziger Jahren weniger ökologisch motiviert, sie diene vielmehr der Finanzierung der deutschen Einheit. Demgegenüber waren die Kraft-

⁹⁶ vgl. Hochmuth, U.; Kurz, R.: Verteilungswirkungen von Umweltsteuern; in: Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik; Bd. 213/6, Stuttgart 1994; S. 702.

⁹⁷ Regressive Verteilungseffekte hoher Mineralölsteuern können allerdings durch Kompensationsmaßnahmen aufgefangen werden. In der breiten umweltpolitischen Diskussion wird neben der Ökosteuer auch das Konzept eines Ökobonus diskutiert. Über den Ökobonus wird das Aufkommen aus der Umweltabgabe gleichmäßig auf alle Steuerzahler verteilt. Von dem Ökobonus profitieren diejenigen Haushalte, die durch eine Veränderung ihres Mobilitätsverhaltens der Steuerlast ausweichen können. Zur Funktionsweise des Ökobonus im Verkehr vgl. Novy, P.; Pfeiffer, G.: Der Ökobonus. Eine soziale und umweltfreundliche Ökoabgabe mit Rückvergütung; Frankfurt a.M. 1994.

stoffpreise vor Steuern zwar in der Vergangenheit starken Schwankungen unterworfen, die temporär Phasen hoher Kraftstoffpreise auslösten, sie liegen aber im Jahr 1998 ungefähr auf dem Niveau von 1978.

Im Beobachtungszeitraum haben die Ausgaben der privaten Haushalte für Mobilität und insbesondere für den Pkw-Verkehr zunehmend an Bedeutung gewonnen. Sowohl die Zunahme der Verbrauchsausgaben im Zeitablauf als auch ihre einkommensbezogene Haushaltsverteilung zeigen, daß vorhandene Ausgabenspielräume zu einem überdurchschnittlichen Teil für den Pkw-Verkehr genutzt werden. Höhere Kraftstoffpreise führen zu Mehrbelastungen des Haushaltsbudgets, die sich jedoch insgesamt in Grenzen halten. Allerdings werden Pkw-Besitzer unterer Einkommensklassen durch höhere Kraftstoffpreise deutlich stärker belastet als Pkw-Besitzer oberer Einkommensklassen. Die Berücksichtigung von Verteilungswirkungen ist jedoch für die Durchsetzung der ökologischen Steuerreform von großer Bedeutung, weil Gruppen, deren Verteilungsposition sich verschlechtert, Koalitionen bilden können, die ökologischen Strukturwandel insgesamt blockieren. Diesbezüglich sei allein auf das Ausmaß und Niveau der Diskussion höherer Kraftstoffpreise im Frühjahr und Herbst 2000 verwiesen. Auch wenn eine Versachlichung der Diskussion von Nöten wäre, muß der Politik dennoch bewußt sein, daß letztendlich die Akzeptanz der breiten Bevölkerung und der Konsens zwischen den politischen Parteien über die Wege zur Realisierung einer Vielzahl von ökologischen Zielen entscheidet.

4 Umweltökonomische Argumente für höhere Kraftstoffpreise

In der aktuellen politischen Diskussion spielt die Frage eine zentrale Rolle, ob das Instrument höherer Kraftstoffpreise ein geeigneter Hebel zum Einstieg in die nachhaltige Umgestaltung des Verkehrssystems sein kann. Ein zukunftsfähiges Verkehrssystem muß durch geeignete Maßnahmen externe Kosten des Verkehrs vermeiden, zumindest aber auftretende externe Kosten den Verursachern anlasten.⁹⁸ Der Begriff externe Kosten stammt aus der neoklassischen Ökonomie. Externe Kosten sind negative Auswirkungen von Aktivitäten auf Dritte, die in keiner marktmäßigen Beziehung zum Agierenden stehen. Insbesondere die Umweltökonomie beschäftigt sich mit der Internalisierung externer Kosten. Die Verursacher von Umweltschäden sollen vor allem über pretiale Instrumente in Höhe der von ihnen verursachten externen Kosten belastet werden. Die Diskrepanz zwischen externen und privaten Kosten soll beseitigt werden, womit der Steuerungsmechanismus freier Märkte seine Funktionsfähigkeit zurück erhalten kann. Das Kriterium der ökonomischen Effizienz prägt die umweltökonomische Instrumentendiskussion. Umweltpolitische Instrumente werden dann als effizient angesehen, falls mit ihrer Hilfe bestimmte gesellschaftlich gewünschte Umweltziele kostenminimal zu erreichen sind, wobei jedoch i.d.R. Verteilungsfragen ausgeklammert bleiben. Die Fragen nach dem Adressaten und der Höhe der Belastung entscheiden aber letztendlich über den Erfolg des Instrumentariums mit. Die in der Umweltökonomie geführte Diskussion sollte dementsprechend auf drei zentrale Fragen fokussiert werden.

- Wie hoch ist das Maß der zu tolerierenden Umweltbelastung, bzw. was ist das umweltpolitische Ziel?
- Mit welchen Instrumenten kann das Ziel ökonomisch effizient erreicht werden, und welche Bedeutung kommt dem Instrument von Umweltabgaben auf Kraftstoffe dabei zu?
- In welcher Höhe sollten die Abgaben erhoben werden, und mit welchen privaten Kosten ist dieses verbunden?

4.1 Der Beitrag der Umweltökonomie zur umweltpolitischen Zielfindung im Verkehrsbereich

Die Notwendigkeit der Formulierung von zukunftsfähigen Mobilitätskonzepten resultiert nicht nur allein aus dem Umstand, daß eine marginale Fortschreibung oder gar Ausweitung des heutigen Straßenpersonenverkehrs nicht zu erfüllen sein dürfte.⁹⁹ Seine Brisanz gewinnt die heutzutage geführte Verkehrsdiskussion vor allem aus der Kenntnis der Vielzahl von Umweltschäden durch den Personenverkehr. Umweltschäden können dabei nicht auf lokale, regionale oder globale Effekte isoliert werden. Die Kausalität von Umweltkatastrophen ist auf weite Wirkungszusammenhänge zurückzuführen, die erst in ihrem Zusammentreffen den, die

⁹⁸ vgl. Umweltbundesamt (1997b); S. 83.

⁹⁹ vgl. Clement, V.: Leitlinien für die Verkehrspolitik der Zukunft; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 68 (1997); S. 14 ff.

Lebensgrundlagen der Menschheit gefährdenden, globalen Wandel einleiten. Eine der wichtigsten Fragen der Zukunft wird es sein, inwieweit ein Ausgleich zwischen privaten Mobilitätsbedürfnissen, ökonomischer Rationalität und Ökologie gefunden werden kann, der dazu beiträgt, den Prozeß einer umweltgerechten Verkehrswende mit einzuleiten oder zumindest zu begleiten. Ein konfliktfreies Verhältnis kann per se nicht vorausgesetzt werden. Es besteht ein trade-off zwischen verbesserter Umweltqualität und dem Konsum privater Güter. „The design of an effective environmental policy is, by its very nature, a search for the best compromise...The more resources we use to clean up the air and water, the fewer will be available to fight poverty and disease. This is the true social cost of overzealous environmental policy.“¹⁰⁰ Die neoklassische Umweltökonomie bietet im Rahmen ihres theoretischen Naturverständnisses eine Kompromißformel an, indem sie versucht, die „gesellschaftlich gewünschte Umweltqualität“ markttheoretisch zu begründen und die Ziele über das Instrument der Preise durchzusetzen.¹⁰¹ Über die Internalisierung externer Effekte der Umweltbeanspruchung sollen die gesellschaftlichen Kosten jeder Handlung durch eine einzige Größe, den Preis, den Verursachern signalisiert werden.

Internalisierung externer Effekte setzt, aus Sicht der Umweltökonomie, die Erstellung eines theoretischen Rahmens voraus, der sich an dem normativen Prinzip der Paretooptimalität orientiert. Diesen Rahmen bildet die neoklassische Allokationstheorie. Umweltprobleme werden hier als externe Effekte aus gesamtwirtschaftlicher Sicht analysiert. Die Wahl geeigneter Internalisierungsstrategien, die eine Rückkehr zum paretooptimalen Zustand erlauben, stehen im Mittelpunkt der umweltökonomischen Analyse. Auch wenn in der Diskussion darüber ein Konsens besteht, daß marktorientierte Instrumente der staatlichen Auflagenpolitik dahingehend überlegen sind, bleibt doch offen, auf welche Art und Weise die Korrektur vorgenommen werden soll. Ein erster grundlegender Konflikt besteht darin, inwieweit an den Paradigmen der Neoklassik festgehalten werden kann. Auch wird diskutiert, welche marktorientierten Anreize als Instrumenten zu nutzen sind.¹⁰² Ein übergreifendes Kennzeichen aller Diskussionsstandpunkte ist es allerdings, daß das Maß gesellschaftlich gewünschter Umweltqualität über den Aspekt ökonomischer Effizienz bewertet wird. Während diese sehr detailliert unter statischen und dynamischen Gesichtspunkten untersucht werden, spielt der Aspekt der ökologischen Treffsicherheit eine eher untergeordnete Rolle und wird meist recht pauschal bewertet. Das neoklassische Umweltparadigma grenzt sich über die Hervorhebung ökonomischer

¹⁰⁰ vgl. Baumol, W. J.; Oates, W. E.: Economics, Environmental policy, and the quality of life; London u.a.O. 1979; S. 211f.

¹⁰¹ Zum Naturverständnis der Neoklassik und der hier stattfindenden Analysen der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge; vgl. den Sammelband von Beckenbach, F.: Die ökologische Herausforderung für die ökonomische Theorie; Marburg 1991; insbesondere die Beiträge: Maier-Rigaud, G.: Die Herausbildung der Umweltökonomie: Zwischen axiomatischem Modell und normativer Theorie; S. 27 ff.; und Beckenbach, F.: Zwischen Frosch- und Vogelperspektive: Das Ökologieproblem als Verknüpfung von ökonomischer Entscheidungs- und Reproduktionstheorie; S. 63 ff.

¹⁰² Im weiteren Verlauf der Arbeit wird vereinfacht zwischen „first-“, und „second-best-Lösungen“ unterschieden, obwohl gerade dieser Konflikt -z.T. erbittert- zwischen den verschiedenen Schulen ausgetragen wird. Die ökonomische Theoriebildung reflektiert sich insbesondere in der Tendenz zu einer isolierten Instrumentenbetrachtung. Ein klassisches Beispiel hierfür ist die Pigou-Coase-Kontroverse.

Effizienz klar von den Paradigmen anderer Schulen wie der Ecological Economics ab.¹⁰³ Indem man die Umweltproblematik auf der Grundlage des methodologischen Individualismus diskutiert, wird ein ökologisch offener Modellrahmen erstellt, wo ausschließlich das autonome, rational Eigennutz maximierende Individuum „homo oeconomicus“ die ökologische und ökonomische Entscheidungseinheit darstellt.

4.1.1 First-Best-Lösungen

Generell bezeichnet die Umweltökonomie die Umweltbelastungen als externe Effekte. Eine Definition externer Effekte findet sich bei Endres. Nach Endres besteht ein externer Effekt darin, daß die Nutzensituation eines Individuums unmittelbar, d.h. ohne Vermittlung durch den Marktmechanismus, von einer Aktivität abhängt, die von einem anderen Individuum kontrolliert wird.¹⁰⁴ Nicht alle diese Effekte sind bezogen auf die Umweltqualität relevant und es besteht keineswegs Konsens in der Gesellschaft darüber, um welche es sich dabei handelt.¹⁰⁵ Wenn Umweltschäden jedoch als Problem externer Effekte angesehen werden, liegt es nahe, diese zu identifizieren und zu internalisieren, indem den Verursachern umweltbelastender Aktivitäten die Differenz zwischen privatwirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Kosten angerechnet werden. Umweltqualität, wie andere öffentliche Güter, werden aus Sicht der neoklassischen Theorie ineffizient genutzt, da sie niemandes Eigentum sind und somit keinen Preis besitzen, der dessen paretoeffiziente Allokation garantiert. Tragen -im Falle privater Güter- üblicherweise die Verbraucher durch Zahlung eines Preises die Opportunitätskosten der Nutzung, signalisiert der Markt im Falle der Umweltqualität diese nicht. Die so entstehenden volkswirtschaftlichen Kosten -externe Kosten- werden von Dritten getragen, auch wenn diese zur Verschlechterung der Umweltqualität nicht beigetragen haben. Die Abwälzung der aus der Umweltnutzung resultierenden Kosten auf die Allgemeinheit führt nach neoklassischem Verständnis zu einem verschwenderischen Umgang mit der Umwelt. Umweltgüter, die scheinbar gratis bereitstehen, werden nicht, ihrer wirklichen Opportunität entsprechend, nur in den jeweils vorteilhaftesten Verwendungen eingesetzt, sondern überall dort, wo sich dadurch private Kosten senken lassen. Vorgelagert findet kein Kosten/Nutzenkalkül beim Einsatz des Faktors Umwelt statt, was schließlich zu dessen Fehlallokation führt. Akzeptiert man, daß Umweltqualität ein öffentliches Gut bleibt, ist es konsequent, die Fehlallokationen,

¹⁰³ Die „ökologische Ökonomen“ sehen sich dem langfristigen Substanzerhalt ökologischer Systeme verpflichtet. Ihr Ansatz integriert naturwissenschaftliche Erkenntnisse, Einsichten in physikalische Grenzen oder ökologische Regelkreisläufe, als biophysikalische Randbedingungen in die ökonomische Theorie. Das spezifisch neoklassische Paradigma des Marktes als einer Institution, welcher die Lösung fast aller Probleme vertrauensvoll überlassen werden kann, wird abgelehnt. Insbesondere das Paradigma der Substitutionalität, nach dem alle Inputfaktoren für Produktion und Konsum substituierbar erscheinen, wird verneint. Vielmehr konstatieren die ökologischen Ökonomen die Komplementarität in Natur und Ökonomie. Die Diskussion innerhalb der ökologischen Ökonomie ist daher weniger auf marktanaloge Instrumente fokussiert. Allerdings bleibt die Frage, wie die ökonomischen Prozesse im Hinblick auf die Einhaltung des umweltpolitischen Ziels instrumentell gelenkt werden sollen, weitgehend offen. Vgl. Hampicke, U.: Ökologische Ökonomie; Opladen 1992; S. 305 f. und Brenck, A.: Moderne umweltpolitische Konzepte: Sustainable Development und ökologisch-soziale Marktwirtschaft; in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht Heft 4 (1992); S. 393.

¹⁰⁴ vgl. Endres, A.: Umweltökonomie –Eine Einführung-; Darmstadt 1994; S. 14.

¹⁰⁵ ebenda; S. 14.

die aus der Divergenz von privaten und sozialen Kosten entstehen, durch staatliche Eingriffe in das Wirtschaftsgeschehen zu beseitigen. „In general industrialists are interested, not in the social but only in the private, net product of their operations..., self interest will bring about equality in the values of the marginal private net product of resources invested in different ways. But it will not tend to bring about equality in the values of the marginal social net products except when marginal private net products and marginal social products are identical. When there is a divergence between these two sorts of marginal net products, self interest will not, therefore, tend to make the national dividend a maximum; and consequently certain specific acts of interference with economic processes may be expected, not to diminish, but to increase the dividend.“¹⁰⁶

Die Umweltökonomie beschäftigt sich mit der Frage, inwiefern sich öffentliche Umweltgüter in einen Marktmechanismus integrieren lassen, bei dem einzelne Subjekte betriebswirtschaftlich, also ihren privaten Nutzen maximierend, kalkulieren. Zugrunde liegt dieser Betrachtung eine individualistische Zurechnung oder zumindest Zurechenbarkeit von Umwelt. Nur indem umweltpolitische Entscheidungen soweit wie möglich von der Makro- auf die Mikroebene transferiert werden, wird in der neoklassischen Theorie unter Ausnutzung eines individualistischen gewinnmaximierenden Kalküls die größtmögliche Realisierung des Allokationsziels erreicht.¹⁰⁷ Lassen sich auf diese Weise Schadens- und Vermeidungskostenfunktionen korrekt ermitteln, so können konsequenterweise in der Theorie paretooptimale Umweltqualitäten als Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Analyse bestimmt werden. Nach der Samuelsonschen Marginalbedingung für eine effiziente Allokation öffentlicher Güter sollte die Nutzung der Umwelt so lange ausgedehnt werden, wie die Zahlungsbereitschaft des Verursachers für eine weitere Inanspruchnahme der Umwelt, die sich aus den Kosten der Vermeidung ergibt, größer ist als der Betrag, der für eine Kompensation der Geschädigten notwendig wäre.¹⁰⁸

Das Suchen nach einem System optimaler Schattenpreise, mit deren Hilfe pretiale Instrumente implementierbar sind und bei deren Existenz die Wirtschaftssubjekte ihr Verhalten in einer Weise anpassen, die zu einer paretoeffizienten Allokation von Umweltgütern führt, kennzeichnet die engere umweltökonomische Diskussion. Zumindest theoretisch lassen sich – im Rahmen der statischen Allokationstheorie- Situationen aufzeigen, bei denen dezentrale Entscheidungen zu einer paretoeffizienten Allokation z.B. der privaten Verkehrsgüter und des öffentlichen Gutes Umweltqualität führen. Umweltprobleme werden dabei im Rahmen einer gesamtwirtschaftlichen Totalanalyse untersucht, welche sich an den Prämissen der vollständi-

¹⁰⁶ Pigou, A. C.: *The Economics of Welfare*; London 1952; S. 172.

¹⁰⁷ vgl. Radermacher, W: Nachhaltiges Einkommen. Gedanken zur Naturbewertung in der umweltökonomischen Gesamtrechnung; in: *Wirtschaft und Statistik*; Heft 5, 1993; S. 334.

¹⁰⁸ Der Optimalpunkt wird in der Literatur als derjenige Punkt beschrieben, wo die Summe der Grenzzraten der Substitution die der Grenzrate der Transformation entsprechen. Die Grenzrate der Substitution ist zu interpretieren als der Grenznutzen einer weiteren Einheit Schadstoffvermeidung, gemessen in Grenznutzeneinheiten des privaten Gutes, aus Sicht eines einzelnen Individuums. Die Grenzrate der Transformation ist zu interpretieren als die Grenzkosten der Vermeidung, gemessen in Einheiten des privaten Gutes. Eine leicht verständliche Darstellung findet sich z.B. bei Weimann, J.: *Umweltökonomik -Eine theorieorientierte Einführung-*; Berlin u.a.O. 1991; S. 115 ff.

gen Konkurrenz orientiert.¹⁰⁹ Die Analyse läßt sich vor allem durch eine differenzierte Modellierung der Produktionsphäre kennzeichnen. Die Produktionsphäre bildet den Transformationsraum ab, wo die Verwendungszwecke von Umwelt als öffentliches Konsumgut und als Aufnahmemedium von Schadstoffen aus den Produktionsprozessen miteinander konkurrieren. Werden Umweltbelastungen vermieden, ist dazu der Einsatz von Ressourcen notwendig, die nicht mehr zur Produktion von Konsumgütern zur Verfügung stehen. Es besteht ein trade-off zwischen der Herstellung privater Güter und des öffentlichen Gutes „verbesserte Umweltqualität“. Die Mobilitätsnachfrage privater Haushalte bildet sich innerhalb des Transformationsraums dahingehend ab, daß es letztendlich den Haushalten obliegt, wie sie ihre Mobilitätsansprüche kostenminimal realisieren können. Die Haushalte sind nicht nur Konsumenten des Gutes Mobilität, sondern auch, über die Wahl- und die Bereitstellung von Verkehrsmitteln, Produzenten von Mobilität.¹¹⁰

Eine im Sinne von Pigou „optimale“ Umweltpolitik zeichnet sich dadurch aus, daß die Umweltbelastung über pretiale Instrumente t auf ein Niveau reduziert werden kann, bei dem die marginalen Schäden der Umweltbelastung gleich den marginalen Kosten der Vermeidung sind. Da die Vermeidungskosten pro vermiedener Schadenseinheit mit jeder weiteren Belastungsminderung zunehmen und die sozialen Kosten einer zusätzlichen Schadenseinheit mit abnehmender Gesamtschadenshöhe sinken, wird das paretooptimale Niveau der Umweltbelastung Q_{Opt} durch die Übereinstimmung der sozialen Grenzkosten der Belastung GSK mit den Grenzkosten der Vermeidung GVK beschrieben.¹¹¹ Belastungsreduktionen sind nur so lange sinnvoll, als der damit verbundene Sozialkostenabbau die notwendigen Vermeidungskosten übersteigt. In dem Idealfall vollständiger Konkurrenz, in dem einerseits in die externen Kosten alle Belastungsaspekte integriert sind, d.h. eine vollständige Erfassung und monetäre Bewertung der Schäden vorausgesetzt werden kann, und andererseits alle Zielkonkurrenzen zwischen den einzelnen Emittentengruppen Berücksichtigung finden, wird über die Funktion relativer Preise eine paretoeffiziente Lösung der Umweltproblematik realisiert.¹¹²

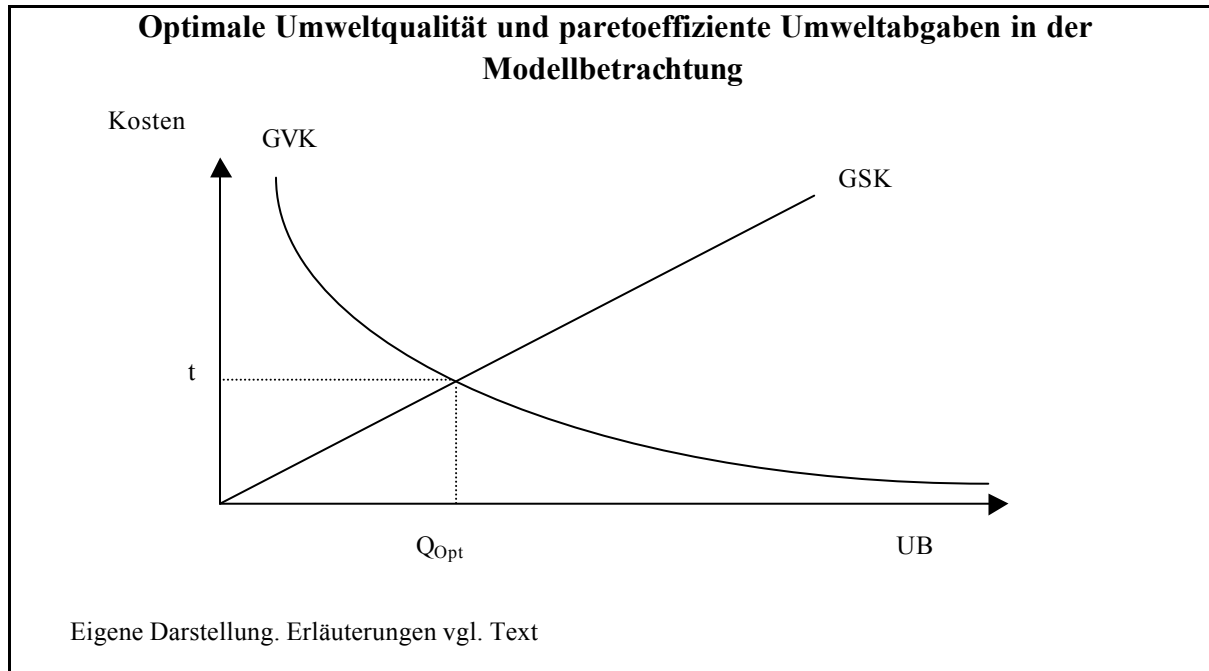
¹⁰⁹ Die Ableitung optimaler Schattenpreise erfolgt in der umweltökonomischen Literatur i.d.R. am Beispiel einer „Zwei-Individuen-Ökonomie“. Die Pareto-Rangordnungsregel verlangt dabei die Maximierung des Nutzens eines Individuums bei Konstanz des anderen. Unter der Annahme, daß die Gesamtnachfrage nach einem Gut das Angebot nicht übersteigen darf, ist das Maximierungsproblem mit Hilfe der Methode von Lagrange zu lösen. Aus diesem Ansatz folgen Preissetzungsregeln für Emissionen, die Korrektur der Relativpreise und über die anzustrebende Umweltqualität. Eine ausführliche Darstellung der Modellannahmen, der Lagrangefunktion sowie der Modellergebnisse findet sich bei Siebert, H. (1987); Kapitel 4; S. 45 ff.

¹¹⁰ Diese Annahme steht im Einklang zur Haushaltsproduktionstheorie. Demnach würde der Haushalt zuerst entscheiden, in welchem Umfang er Mobilität befriedigen will, und erst im Anschluß daran, wie die Mobilität kostenminimal zu erzielen ist. „The good, per se, does not give utility to the consumer; it possesses characteristics, and these characteristics give rise to utility.“ Lancaster, K. J.: A New Approach to Consumer Theory; in: Journal of Political Economy; vol. 74, 1966; S. 134.

¹¹¹ Der Verlauf der Grenzschaadenskostenfunktion wird bestimmt durch die gesellschaftliche Bewertung der Umweltqualität, multipliziert mit dem physischen Grenzschaaden einer Emissionseinheit. Aus Gründen der einfacheren Darstellung wird der Verlauf in den Abbildungen linear eingezeichnet.

¹¹² vgl. Siebert, H. (1987); S. 51 ff.

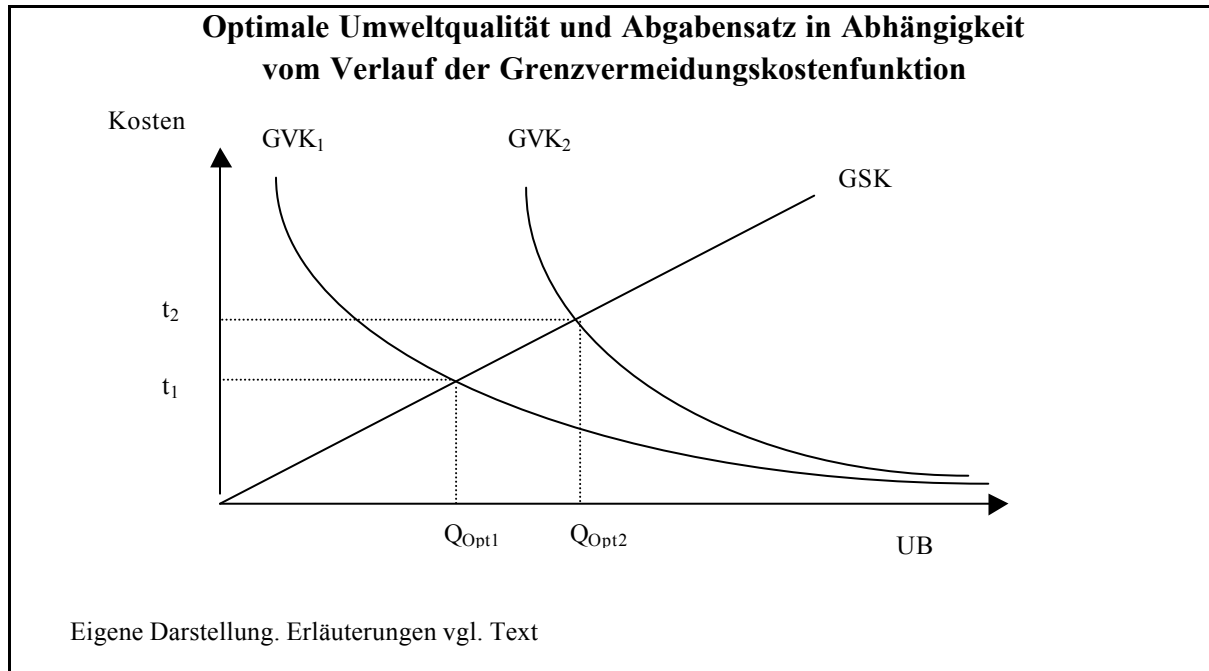
Abbildung 4.1



Das paretooptimale Niveau der Umweltqualität Q_{Opt} sowie der Abgabensatz t sind im Rahmen von „First-Best-Modelllösungen“ abhängige Variablen. Sie sind das Ergebnis von gesellschaftlich aggregierten Grenzvermeidungs- und Grenzschadenskosten. Unter der Voraussetzung, daß es dem staatlichen Planer gelingt, die Summe der gesellschaftlich gewichteten Grenznutzen der Umweltqualität zu ermitteln, läßt sich dem Allokationsmodell die Grenzschadenskostenfunktion exogen vorgeben. Der Verlauf der Grenzkostenkurve resultiert aus der Präferenzstruktur der Konsumenten und den zugrunde zu legenden Produktionsfunktionen aller nachgefragten privaten Güter. Da aus Sicht der Umweltökonomie die Verwendungskonkurrenz zwischen dem Konsum privater Güter und dem öffentlichen Gut Umwelt den Ausgangspunkt des Umweltproblems darstellt, führt eine Verbesserung der Umweltqualität gleichzeitig zu privaten Konsumeinbußen, die infolgedessen als Kostenfaktoren im Sinne von Opportunitätskosten aufzufassen sind. Dieses gilt insbesondere dann, wenn dem Modell eine soziale Wohlfahrtsfunktion vorangestellt wird, bei der auch andere gesamtwirtschaftliche Größen (z.B. das Beschäftigungsniveau) Berücksichtigung finden.¹¹³ Welche privaten Güter aus Sicht der Konsumenten besonders nutzenstiftend sind, und welche davon nur relativ schadstoffintensiv produziert werden können, bleibt im einfachen Allokationsmodell zunächst offen. Im Zusammenhang mit dem Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit stellt sich diese Frage allerdings dann, wenn man niedrige Preiselastizitäten der Nachfrage von emissionsintensiven Verkehrsmitteln unterstellt. Im Ergebnis führt eine Präferenz zugunsten schadstoffintensiver Güter GVK_2 im Modell zu einem im Optimum höheren Abgabensatz t_2 und zu einer höheren Umweltbelastung Q_{Opt2} .

¹¹³ vgl. Siebert, H. (1987); S. 65 ff.

Abbildung 4.2



Umweltökonomische Theoreme, die auf Grundlage der statischen Wohlfahrtsökonomie formuliert wurden, lassen sich auch dadurch charakterisieren, daß sie versuchen, die gesellschaftlich gewünschte Umweltqualität λ^Q aus den individuellen Präferenzen der Wirtschaftssubjekte herzuleiten.¹¹⁴ Als Ergebnis wäre dann die gesellschaftliche Bewertung der Umweltqualität als bekannt vorauszusetzen. Um Umweltbelastungen in die Gewinn- und Verlustrechnung des Verursachers zu integrieren, ist deren Monetarisierung erforderlich. Innerhalb der umweltökonomischen Literatur werden verschiedene Ansätze diskutiert, da eine paretoeffiziente Allokation von Umweltgütern nur über die Gegenüberstellung von Grenzscha­den und Grenzvermeidungskosten realisiert werden kann.¹¹⁵ Auch wenn die Umweltökonomie akzeptiert, daß eine genaue Identifizierung externer Effekte nicht möglich ist, da es im Be-

¹¹⁴ Die Definition, was genau unter gesellschaftlich gewünschter Umweltqualität zu verstehen ist, determiniert, mit welchen Instrumenten das Ziel umgesetzt werden soll. Aus jedem Theorem können grundverschiedene Folgerungen gezogen werden. Nach der einen Position -property rights- kann nur eine private Zuweisung von Verfügungsrechten der Umweltnutzung zu den gewünschten Ergebnissen führen. Nach anderen Theoremen sollen von staatlicher Seite pretiale Anreizmechanismen eingeführt werden, die zum einen die individuellen Präferenzen aufdecken und zum anderen individuelles Fehlverhalten sanktionieren. All diese Ansätze sind allerdings wenig praktikabel. Die bloße Zuteilung von property rights an Umweltgütern setzt für ein effizientes Ergebnis voraus, daß Verhandlungen unter Ausschluß von Transaktionskosten durchgeführt werden. Die Ermittlung individueller Präferenzen in einem einfachen Modell funktioniert nur, wenn sich die Individuen nicht strategisch, insbesondere nicht als Freifahrer verhalten (Lindahl-Gleichgewicht). Als Beispiele vgl.: Pethig, R.: Umweltökonomische Allokation mit Emissionssteuern; Tübingen 1979; S.151ff und Siebert, H. (1987); S.79 ff.

¹¹⁵ Die Ansätze leiten sich von Präferenzen der Endverbraucher von Umweltgütern ab und stellen somit eine subjektive Wertschätzung der Natur dar. Es lassen sich direkte und indirekte Methoden der Bewertung unterscheiden. Während die ersteren durch Befragung ermittelt werden, basieren die indirekten Methoden auf der Beobachtung von tatsächlich stattfindenden Nachfragevorgängen. Hier werden die zwischen dem Konsum bestimmter privater Güter und öffentlichen Umweltgütern bestehenden Beziehungen genutzt und es wird von der Nachfrage nach Privatgütern auf die Nachfrage nach Umweltgütern geschlossen. Vgl. Gronemann, S; Hampicke, U.: Die Monetarisierung der Natur -Möglichkeiten, Grenzen und Methoden; in: Ökonomie und Gesellschaft, Jahrbuch 14; Frankfurt a.M. 1997; S. 178 ff.

reich der Ökologie um sehr komplexe und langfristige Zusammenhänge geht, die sich dem Individualkalkül weitgehend entziehen, besteht doch die Bereitschaft, die Kosten und Nutzen von Umweltgütern aus der subjektiven Wertschätzung der Konsumenten, herzuleiten. "Daß insbesondere die Schäden, aber auch die Vermeidungskosten, im allgemeinen ex ante unsicher sind, stellt für die Neoklassik kein grundsätzliches Problem dar. Statt mit deterministischen Schadens- und Vermeidungsfunktionen arbeitet sie dann mit stochastischen Funktionen, d.h. mit Erwartungswerten für Schäden und Vermeidungskosten."¹¹⁶ Ansätze dieser Art führen jedoch zu wenig zufriedenstellenden, stark unterschiedlichen Ergebnissen. Zum einen kann aufgrund begrenzter Informationen nur ein Teil der Kosten erfaßt werden, die höchstens einen Einblick in die Dimension potentieller Umweltschäden vermitteln, zum anderen liegen keine einheitlichen Bewertungsmethoden vor, diese zu quantifizieren.¹¹⁷

4.1.2 Second-Best-Lösungen

Bei der Übertragung der paretooptimalen Konzeption in die praktische Umweltpolitik erweisen sich Informationsmängel als ein Hauptproblem. Schwierigkeiten bereitet vor allem die Quantifizierung der Schadenskosten, die nicht lediglich eine vollständige Erfassung der Schädigungen voraussetzt, sondern auch die Transformation der materiellen und immateriellen Schadensbestände in monetäre Kostengrößen erfordert. Besteht einerseits über Art und Umfang der Schäden, unter anderem bedingt durch die Vielzahl voneinander kaum abgrenzbarer Belastungseinflüsse und der meist ungeklärten Schadenszusammenhänge, kein Konsens, so ist andererseits auch die Übertragung der identifizierbaren Schadenswirkungen in ökonomische Kategorien fragwürdig. Vor allem ist unsicher, wie irreversible Umweltschäden zu bewerten sind. Die Reduktion von Umweltgütern auf bloße Inputfaktoren führt auch an der Erkenntnis vorbei, daß diese oftmals multifunktionale Funktionen innerhalb des ökologischen und ökonomischen Systems übernehmen. Zum einen stellen sie direkte Konsumgüter dar, zum anderen dienen sie auch als Aufnahmemedium und erfüllen weiterhin innerhalb des ökologischen Systems wichtige Funktionen, welche sich einer ökonomischen Analyse verschließen. Ein uneingeschränkt mikroorientierter Optimierungsansatz erscheint besonders dann unzureichend, wenn es um Umweltprobleme globaler oder zumindest regionaler Größenordnung geht, deren Behandlung übergeordnete gesamtgesellschaftliche, komplexe Bewertungskriterien erfordern, wie es in der Regel der Fall ist.¹¹⁸ Pragmatisch orientierte Ansätze innerhalb der umweltökonomischen Literatur folgern daraus, daß das angestrebte Niveau der Umweltqualität nicht Resultat der aus den individuellen Präferenzen abgeleiteten ökonomischen Abwägung zwischen Kosten und Nutzen des Umweltverzehr sein kann.¹¹⁹

¹¹⁶ Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 79.

¹¹⁷ Eine Übersicht verschiedener Versuche der Monetarisierung externer Effekte im Straßenverkehr finden sich in: Becker, U.; Bertram, M.: Externe Effekte im Straßenverkehr; in: Prognos-Schriftenreihe; Identifizierung und Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung Bd. 2; Basel 1992; S. 49 ff.

¹¹⁸ vgl. Priewe, J.: Wirksamkeit und Akzeptanz von Internalisierungsmaßnahmen, in: Prognos AG (Hrsg.): Externe Effekte der Energieversorgung. Versuch einer Identifizierung; Basel 1991; S. 198.

¹¹⁹ vgl. Binswanger, H.-C.; Bonus, H.; Timmermann, M.: Wirtschaft und Umwelt. Möglichkeiten einer ökologieverträglichen Wirtschaftspolitik; Stuttgart u.a.O. 1981; S. 106.

Offen bleibt allerdings, ob das ökonomische Optimalitätsverständnis generell unbrauchbar ist, um das ökologische Gleichgewicht zu erklären oder ob lediglich die modelltheoretische Betrachtung der Wirklichkeit die ökologischen Wirkungszusammenhänge nicht ausreichend abzubilden vermag.¹²⁰ „In sum, the basic trouble with the Pigouvian cure for the externalities problem does not lie primarily in the technicalities that have been raised against it in the theoretical literature but in fact that we do not know how to determine the dosage that it calls for. Though there may be some special cases in which one will be able to form reasonable estimates of the social damages, in general we simply do not know how to set the required levels of taxes and subsidies.“¹²¹ Allerdings ist es zweifelhaft, eine in weiten Teilbereichen durchaus als problemadäquat zu bezeichnende wissenschaftliche Disziplin wie die Neoklassik und die allokativen Effizienz ihrer Lösungen von vornherein als für die Umweltproblematik irrelevant zu verwerfen. Zum einen ist anzuerkennen, daß sich die Umweltökonomie von dem engen Rahmen des neoklassischen Paradigmas löst und sich dem Erkenntnisstand anderer wissenschaftlicher Disziplinen öffnet.¹²² Zum anderen fügt sie über den Standard-Preis-Ansatz ein materielles Argument mit in die Nachhaltigkeitsdiskussion ein, was den Abwägungsprozeß zwischen ökologischen und anderen gesellschaftlichen Wohlfahrtszielen grundsätzlich erleichtert. Die Fixierung von Umweltstandards kann von Seiten der Politik nicht losgelöst von den mit der Zielerfüllung verbundenen volkswirtschaftlichen Kosten erfolgen. Neben den unmittelbaren finanziellen Belastungen sind in diesem Zusammenhang auch die Einflüsse auf sonstige übergreifende gesamtwirtschaftliche Ziele in Betracht zu ziehen, die unter Umständen bestimmte Umweltstandards indiskutabel machen. Welche Qualitätsstandards, auch im Hinblick auf die gesamtwirtschaftlichen Implikationen, als angemessen gelten können, ist letztlich eine politische Entscheidung, die sich als Kompromiß zwischen den Belangen des Umweltschutzes und den übrigen gesamtwirtschaftlichen Zielvorstellungen darstellt.

Baumol und Oates haben begründet, weshalb sich die Wirtschaftssubjekte nicht ausschließlich gewinnmaximierend verhalten.¹²³ Für die allokativ optimale Verwirklichung der Umweltziele reicht es aus, wenn das Anpassungsverhalten der Wirtschaftssubjekte kostenminimal erfolgt. „We might point out that the validity of this least-cost theorem does not require the assumption that firms are profit-maximizers. All that is necessary is that they minimize costs for whatever output level they should select, as would be done, for example, by a firm that seeks to maximize its growth or its sales.“¹²⁴ Der Standard-Preis-Ansatz ist mehr der ökonom-

¹²⁰ So wird zum einen argumentiert, daß die in der neoklassischen Theorie übliche Verwendung der *ceteris paribus* Klausel, zu einem für die Praxis unbefriedigendem Maße von der Existenz abweichender Rahmenbedingung abstrahieren. Als Konsequenz bleiben die auf dieser Basis diskutierten Instrumente oft inhaltsleer und ohne jede praktische Bedeutung. Vgl. Gawel, E.: Die mischinstrumentelle Strategie in der Umweltpolitik. Ökonomische Betrachtungen zu einem neuen Politikmuster, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft, Heft 43, 1992; S. 267 ff. Weitergehend wird häufig der methodologische Individualismus der Neoklassik prinzipiell hinterfragt. Hier wird argumentiert, daß in einem ökologisch offenen ökonomischen Modellrahmen, wo ausschließlich das autonome, rationale nutzenmaximierende Individuum -*homo oeconomicus*- die Entscheidungseinheit darstellt, sich die Folgen wirtschaftlichen Handelns nicht mehr vorhersagen lassen. Vgl. Hampicke, U. (1992); S. 423 f.

¹²¹ Baumol, W. J.; Oates, W. E.: The use of standards and prices for protection of the environment, in: Swedish Journal of Economics, Jg. 73, 1971, S. 44.

¹²² vgl. Weida, A.: Sektorale Strukturpolitik und Umweltschutz; Frankfurt a.M. 1997; S. 42 f.

¹²³ vgl. Baumol, W. J.; Oates, W. E. (1971); S. 42 ff.

¹²⁴ ebenda; S. 47.

mischen Analyse praktischer Umweltpolitik als der Integration des Umweltproblems in die ökonomische Theorie verpflichtet.¹²⁵ Die Qualität des Standard-Preis-Ansatzes beruht in seiner von vornherein vermittelnden Position zwischen ökonomischer Kosten-Nutzen-Analyse und ökologischem Anspruch. „Second-Best“ ist insoweit aus einer übergeordneten gesellschaftlichen Perspektive keine „abwertende“ Formulierung.

Der von Baumol und Oates entwickelte Standard-Preis-Ansatz argumentiert nicht mit einer wohlfahrtsoptimalen Internalisierung externer Effekte. Die gesellschaftlich gewünschte Umweltqualität Q ist demnach nicht mehr Resultat der ökonomischen Abwägung zwischen individuellen Nutzen und Kosten. Die zur Aufrechterhaltung des ökologischen Gleichgewichts erforderlichen Standards UB^* sollen außerhalb des ökonomischen Rahmens abgeleitet werden.¹²⁶ D.h. es wird von vornherein in Kauf genommen, daß der durch Besteuerung herbeigeführte Umweltzustand dem Kriterium der Paretoeffizienz nicht genügt. Das Ziel des Standard-Preis-Ansatzes ist es, ein Instrument zu erhalten, mit dem zumindest Kosteneffizienz erreicht werden kann, d.h. mit dem es gelingt, einen wie auch immer zu definierenden Umweltzustand mit dem geringstmöglichen Kostenaufwand zu realisieren. „This will not, in general, result in an optimal allocation of resources, but...the procedure does at least represent the least-cost method of realizing the specified standards.“¹²⁷ Jeder Verursacher der Umweltbelastung hat für die von ihm emittierte Menge Abgaben zu zahlen. Der Abgabesatz t ist für alle Emittenten gleich. Der Abgabesatz t ist ökonomisch effizient, wenn er eine kostenminimale Anpassungsreaktion der einzelnen Verursacher herbeiführt, die ihren aggregierten Schadstoffausstoß auf den vorgegebenen Standard UB^* begrenzt.

In Anlehnung an das neoklassische Allokationsmodell erläutert Weimann die Funktionsweise des Standard-Preis-Ansatzes.¹²⁸ Unter Berücksichtigung von P Produktionsfunktionen, die unter Verwendung von Ressourcen private Güter produzieren, entstehen LS_i Luftschadstoffe als Kuppelprodukte. Die Produzenten können über Entsorgungsfunktionen P_V^i , unter dem Einsatz von Ressourcen, einen Teil der Luftschadstoffe VLS_i vermeiden. Die Gesamtumweltbelastung resultiert dann aus den bei der Produktion anfallenden Luftschadstoffen LS_i abzüglich der über spezifische Vermeidungsmaßnahmen entsorgten Schadstoffmengen VLS_i (1). Diese beeinträchtigen über eine Schadensfunktion die Umweltqualität Q (2). Für die Kosten der Vermeidung kann (3) geschrieben werden, wobei die Kosten mit jeder Einheit vermiedener Emission wachsen. Das zu lösende Allokationsproblem läßt sich so in Form von (4) angeben.

$$\sum_i UB_i = \sum_i LS_i - \sum_i VLS_i \quad (4.1)$$

$$Q = S (\sum_i UB_i) \quad (4.2)$$

¹²⁵ vgl. Endres, A. (1994); S. 176.

¹²⁶ vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 79.

¹²⁷ vgl. Baumol, W. J.; Oates, W. E. (1971); S. 51.

¹²⁸ vgl. Weimann, J. (1991); S. 137 ff.

$$P_V^i (\sum_i LS_i - \sum_i UB_i) ; \quad P_V^{i'} = GVK_i \quad 0 \quad (4.3)$$

$$Q = S (\sum_i UB_i) + P_V^i (\sum_i LS_i - \sum_i UB_i) \rightarrow \min \quad (4.4)$$

Im Unterschied zur klassischen Pigou-Lösung wird das Maß der zulässigen Umweltschäden nicht aus den individuellen Präferenzen der Individuen hergeleitet, sondern über einen Umweltstandard UB^* gesetzt (5). Für die Umweltpolitik ist es dabei gleichgültig, aus welchen Quellen die Emissionen stammen. Ausschlaggebend ist allein, daß die gesetzten Umweltziele insgesamt verwirklicht werden. Über den Standard-Preis-Ansatz wird unterstrichen, daß es keiner eigenen Umweltziele für den privaten Personenverkehr bedarf, um den angestrebten Umweltstandard UB^* zu erreichen. Eine in der umweltpolitischen Diskussion bisweilen vorgeschlagene proportionale Umlage des von der ehemaligen Bundesregierung angestrebten CO_2 Minderungsziels von 25 v.H. der Emissionsmenge des Jahres 1987 auf die Verursachergruppen sieht der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen dementsprechend auch als grundsätzlich verfehlt an.¹²⁹ Sind hingegen für alle Verursacher die Grenzkosten der Vermeidung gleich, werden im Standard-Preis-Ansatz diejenigen Emittenten die höchsten Vermeidungsbeiträge erbringen, die dieses mit den geringsten Vermeidungskosten realisieren können. Nur auf diese Weise wird im Modell ein gesellschaftlich angestrebter Umweltstandard kostenminimal erreicht. Als notwendige Bedingung für ökonomische Effizienz gilt (6).

$$\text{u.d.N} \quad \sum_i UB_i = UB^* \quad (4.5)$$

$$GVK_1 = GVK_2 = \dots = GVK_n = t \quad (4.6)$$

Der Vorteil des Standard-Preis-Ansatzes ist, daß sich die Akteure in einer Weise an die gesellschaftlich vorgegebene Zielsetzung anpassen, so daß der Anpassungsprozeß insgesamt effizient erfolgt. Da die Wirtschaftssubjekte durch die Steuer veranlaßt werden, je Mengeneinheit Emission einen gleichen Abgabensatz zu entrichten, sind ihre Grenzvermeidungskosten auch untereinander gleich. Das angestrebte Umweltziel wird nicht nur lediglich erreicht, es wird auch zu den geringstmöglichen Gesamtkosten verwirklicht. Auch unter Ausschluß der Annahme vollkommener Konkurrenz läßt sich zeigen, daß der Standard-Preis-Ansatz über die Funktion relativer Preise zu einer ökonomisch effizienten Allokation von Umweltgütern führt.¹³⁰

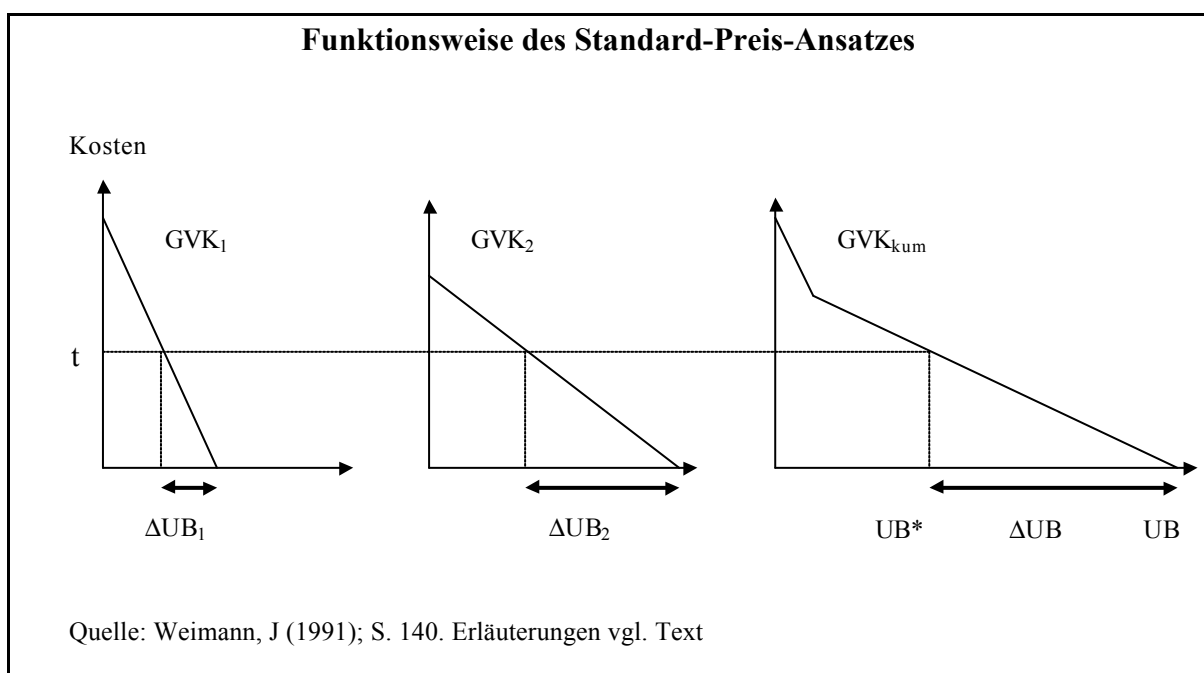
Abbildung 4.3. veranschaulicht die Funktionsweise des Standard-Preis-Ansatzes graphisch. Jeder einzelne Verursacher wird über sein Kostenminimierungskalkül abwägen, ob er eine Schadstoffeinheit UB_i zu Kosten vermeiden kann, die geringer sind als die Abgabenlast, die aus der Emission dieser Einheit folgt. Die Entscheidung, Emissionen zu vermeiden oder Abgaben zu zahlen, ist abhängig vom Verlauf der individuellen Grenzvermeidungskostenkurven

¹²⁹ vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 292; Das Bezugsjahr 1987 ist von der deutschen Bundesregierung, bei der ersten Konferenz der Vertragsstaaten zur Klimarahmenkonvention im April 1995, nachträglich auf das Jahr 1990 korrigiert worden.

¹³⁰ vgl. Siebert, H. (1987); S. 109 ff.

GVK_i . Der kalkulatorische Gewinn der Emissionsvermeidung ist für die Individuen mit minimalen Vermeidungskosten am größten. Die Steigung der exemplarischen Grenzkostenkurve GVK_2 ist in Abbildung 4.3 dementsprechend flach eingezeichnet. Die kostenminimale Anpassung an den Standard UB^* wird dadurch sichergestellt, daß jeder Verursacher im eigenen Interesse die Kosten der Vermeidung mit der Abgabenlast der Emission vergleicht. Bei Verursachern mit geringeren Vermeidungskosten wird der Vergleich eher zugunsten der Vermeidung ausfallen als bei Verursachern mit hohen Vermeidungskosten. Es ergibt sich beim Standard-Preis-Ansatz durch das kostenminimierende Anpassungsverhalten der einzelnen Verursacher ein unterschiedlicher Umfang von Vermeidungsniveaus ΔUB_1 und ΔUB_2 , die nach den individuellen Vermeidungskosten differenziert sind.¹³¹

Abbildung 4.3



Ein Nachteil von Umweltabgaben ist, daß die Höhe der Umweltbelastung als abhängige Variable offenbleiben muß, da die Grenzkostenverläufe unbekannt sind. Im Rahmen der statischen Analyse wird die Schwierigkeit des staatlichen Planers darin gesehen, den Abgabensatz so zu fixieren, daß die Anpassungsreaktion der Verursacher unmittelbar richtig vollzogen wird, was faktisch nicht möglich ist. Baumol und Oates selbst schlagen vor, den Abgabensatz t über ein Trial-and-Error-Verfahren zu ermitteln¹³². Demnach setzt die Umweltbehörde zunächst einen Steuersatz mehr oder weniger willkürlich fest, beobachtet die resultierenden Gesamtemissionen und korrigiert dann den Steuersatz in Richtung des angestrebten Standards. Über diese Vorgehensweise fallen zwangsläufig höhere Implementierungskosten an, als wenn

¹³¹ Für den Verkehrssektor erläutert Button den hier dargestellten Zusammenhang am Beispiel einer einheitlichen Abgabe auf Verkehrslärm. Vgl. Button, K. J.: Transport Economics; Aldershot 1993; S. 151 f.

¹³² vgl. Baumol, W. J., Oates, W. E. (1971); S. 45.

die Grenzvermeidungskosten bekannt wären. Wird der Abgabesatz zu hoch angesetzt, so werden die Emittenten Vermeidungskapazitäten erstellen, die nach Rückführung des Abgabensatzes an Nutzen verlieren. Im umgekehrten Fall müssen die Vermeidungskapazitäten nachträglich von den Emittenten erweitert werden. Besonders für den privaten Pkw-Besitzer wiegt dieser Nachteil schwer, da es sich bei Pkw um langlebige Konsumgüter handelt.¹³³ Das im statischen Modell skizzierte Szenario verliert allerdings im Hinblick auf die dynamische Anreizwirkung, die von Umweltabgaben ausgehen, an Bedeutung. Der Vorteil, den Umweltabgaben bieten, liegt gerade in ihrer dynamischen Effizienz, da ein ständiger Druck zur Senkung der durch die Abgabe hervorgerufenen Kosten entsteht. Die Erwartung künftiger Kostensteigerungen stellt auch einen Anreiz für die Automobilindustrie dar, größere Anstrengung in Richtung energieeffizienter Fahrzeuge zu vollbringen.¹³⁴ In einem statischen Modell hingegen wird von einem gegebenen Stand der Technik und von gegebenen Grenzvermeidungskosten ausgegangen. Dynamische Anpassungsreaktionen bleiben i.d.R. ausgeblendet.¹³⁵ Der Aspekt, daß über Umweltabgaben technische Verbesserungen marktfähiger werden, wird nicht erfaßt. In der Praxis wird die Umweltbehörde zumindest mittelfristig den Abgabesatz sukzessive anheben. Zum einen, um eine Minimierung der Übergangskosten auf neue Technologien oder Verhaltensweisen zu erreichen. Zum anderen nimmt der Umweltverbrauch in einer wachsenden Wirtschaft ständig zu, so daß die Umweltgefährdung zwangsläufig steigt. Letztendlich wird beim Standard-Preis-Ansatz die Entscheidung über Art und Umfang der Nachfrage nach und des Angebots an Mobilität den einzelnen Individuen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung überlassen.

4.2 Internalisierung durch Umweltabgaben auf Kraftstoffe

Bei der instrumentellen Spezifizierung umweltpolitischer Konzepte, soweit sie von ökonomischen Überlegungen getragen werden, wird in der Regel von einem einzigen Instrumententyp ausgegangen. Umweltökonomische Diskussionen kreisen regelmäßig um einzelinstrumentelle Vorteilhaftigkeitsprofile, die in partialanalytischer Perspektive ermittelt werden. Angesichts der informationellen Überforderung der Umweltpolitik durch ideale ökonomische Internalisierungsstrategien hat die Umweltökonomie zwar von der Vorstellung einer modellendogenen Zielfindung Abstand genommen. An die Stelle automatischer Generierung paretooptimaler Zielwerte (Pigou-Abgaben) trat die effiziente, d.h. zu minimalen volkswirtschaftlichen Kosten bewirkte Durchsetzung aus dem politischen System exogen vorgegebener Zielwerte unter pragmatischer Orientierung an quantifizierbaren Vermeidungskosten (Standard-Preis-Abgaben). Den aus ökonomischen Modellbetrachtungen hergeleiteten Vorschlägen zur in-

¹³³ Für die Bundesrepublik Deutschland läßt sich das Durchschnittsalter der Pkw mit etwa 10 Jahren angeben. Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt; Neuzulassungen-Besitzumschreibungen-Löschungen von Kraftfahrzeugen; Flensburg verschiedene Jahrgänge.

¹³⁴ So können die Haushalte dazu veranlaßt werden, verstärkt verbrauchsärmere Pkw nachzufragen, was auch die Bereitschaft von Seiten der Automobilindustrie verstärken dürfte, die technische Entwicklung in diese Richtung zu intensivieren. Vgl. Bartsch, K.; Cors, A.: Drastische Mineralölsteuererhöhungen - Ein geeigneter Hebel für den ökologischen Umbau des Verkehrssystems?; in: WSI-Mitteilungen, Heft 10 (1994); S. 654 ff.

¹³⁵ vgl. Weimann, J. (1991); S. 148.

strumentellen Ausgestaltung des Korrekturmechanismus liegt dabei aber weiter die Vorstellung zugrunde, daß sich die Fehlallokation durch Implementierung eines zusätzlichen Korrekturverfahrens beseitigen läßt. Eine Öffnung in Richtung mischinstrumenteller Strategien und damit ein Einsatz nicht ausschließlich marktanaloger Instrumente wird in der engeren umweltökonomischen Diskussion nur partiell vorgenommen.¹³⁶ Infolgedessen fällt es der Umweltökonomie auch schwer, der staatlichen Auflagenpolitik ein geschlossenes marktorientiertes Konzept gegenüberzustellen.

Der Umweltpolitik bzw. der Verkehrspolitik stehen grundsätzlich mehrere Gruppen von Instrumenten zur Verfügung. Insbesondere seit den achtziger Jahren werden der Politik zahlreiche Alternativen für die Internalisierung der mobilitätsbedingten Umweltkosten vorgeschlagen. Sie reichen von der Anpassung der Höhe der bestehenden Mineralöl- und Kfz-Steuer unter Berücksichtigung von Emissionskomponenten bis zur Einführung gestaffelter Emissionsgebühren unterschiedlicher Fahrzeugtypen. Je näher dabei die Instrumente an den tatsächlichen Emissionen auszurichten sind, desto wirksamer sollen die verschiedenen Möglichkeiten der Emissionsminderung ausgeschöpft werden.¹³⁷ Kennzeichnend für die von Sachverständigen geführte Form der Instrumentenanalyse ist es, daß marktorientierte Anreizinstrumente nicht im Widerspruch zur staatlichen Auflagenpolitik, sondern vielmehr unter Gesichtspunkten der Ergänzung als auch der Erweiterung des bestehenden ordnungspolitischen Konzepts diskutiert werden.¹³⁸ Zusammenfassend werden vor allem folgend aufgeführte Instrumente in Erwägung gezogen.

Auflagen beschränken die umweltbelastenden Emissionen durch direkt an die Wirtschaftssubjekte gerichtete Gebots- und Verbotsvorschriften. Im Verkehrsbereich haben vor allem differenzierte Grenzwertfestlegungen für die Automobil- und Treibstoffhersteller Anwendung gefunden, wie sie sich in den speziellen Kraftfahrzeugzulassungsbestimmungen und dem sogenannten Benzinbleigesetz widerspiegeln. Weitere Auflagenbestimmungen für den Verkehr kommen auch in den an die Fahrzeughalter gerichteten TÜV-Vorschriften zum Ausdruck. Ein Kontrollinstrument sind dabei die regelmäßig durchzuführenden Abgasuntersuchungen. Desweiteren spielen verschiedene verkehrsbeschränkende Regelungen (z.B. Geschwindigkeitsbeschränkungen und Fahrverbote bei zu hoher Ozonbelastung) eine Rolle. Eine sich des Auflageninstrumentariums bedienende Umweltpolitik zeichnet sich durch ein hohes Maß an Praktikabilität und ökologischer Effizienz aus. Besonders für die hier analysierten

¹³⁶ vgl. Gawel, E. (1992), S. 267 ff.

¹³⁷ Einen Überblick über Form und Inhalt der Diskussion findet sich in: Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr-Gruppe A Verkehrswirtschaft: Marktwirtschaftliche Instrumente zur Reduktion von Luftschadstoffemissionen des Verkehrs; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 63 (1992); S. 118 ff.; Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 275 ff.; Sprenger, R.-U. et al (1994); S. 313 ff.; sowie in Europäische Kommission: -Grünbuch-. Faire und effiziente Preise im Verkehr. Politische Konzepte zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs; Brüssel, Luxemburg 1996.

¹³⁸ So wird zu recht darauf hingewiesen, daß zum einen die differenzierte Besteuerung verbleiteter und unverbleiteter Ottokraftstoffe und Diesel, zum anderen die Begünstigung neuer bzw. mit Katalysatoren ausgerüsteter Pkw, die beschleunigte Umsetzung der von der Bundesregierung und der EU beschlossenen Verschärfung der Grenzwertvorschriften neu zuzulassender Kfz gefördert hat. So hatte die umweltorientierte Spreizung der Kfz-Steuer den Anspruch Anreize zur Anschaffung schadstoffarmer Pkw oder zur Umrüstung schadstoffintensiver Pkw zu schaffen. Vgl. Sprenger, R.-U. (1994); S. 313 ff.

Emissionen CO, NO_x und HC ist der Zusammenhang eindeutig.¹³⁹ Allgemein werden Auflagen aber von Seiten der Umweltökonomie heftig kritisiert. So wird der Auflagenpolitik vorgehalten, daß sie mit einem Verlust an ökonomischer Effizienz verbunden sind, da sie den Handlungsspielraum der Wirtschaftssubjekte zu global einschränkt und die Wahl ökonomisch effizienter Strategien sehr erschwert oder sogar ausschließt.¹⁴⁰ Den theoretischen Einwänden ist jedoch entgegenzuhalten, daß Grenzwertvorschriften in der Vergangenheit zu einer drastischen Reduzierung der Umweltbelastung im Straßenverkehr mit geringen Anpassungskosten geführt haben.¹⁴¹

Der ökologische Zweck von Straßenbenutzungsgebühren liegt vor allem darin, die Konzentration der Luftschadstoffbelastung in den Ballungsräumen zu begrenzen. Eine für alle Straßen gleich erhobene Gebühr ist damit nicht gemeint. Zur Internalisierung der externen Kosten des Straßenverkehrs kann mit der Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren der Versuch unternommen werden, dem Verursacherprinzip gerecht zu werden und gleichzeitig die realen Knappheitsverhältnisse des öffentlichen Gutes Straße widerzuspiegeln. D.h., daß durch Straßenbenutzungsgebühren der unterschiedlichen Verkehrsbelastung in dünnbesiedelten Regionen und in Ballungsräumen Rechnung getragen werden kann.¹⁴² Straßenbenutzungsgebühren werden bereits in vielen Orten außerhalb Deutschlands erhoben. Die Erfahrungen in Singapur und in Norwegen sind dabei weitgehend positiv.¹⁴³ Allerdings ist der räumliche Bezug in diesen Orten bei weitem nicht so groß, wie es in der Bundesrepublik Deutschland zu erwarten wäre. Ein System von Straßengebühren müßte hier die Vielzahl an Agglomerationsräumen umfassen. An diesem Punkt setzt in erster Linie die Kritik an. Die Erhebung von Straßengebühren wäre z.Z. mit zu hohen Implementierungskosten verbunden. Auch ist fraglich, ob der Aufwand in Relation zu dem zu erzielenden Nutzen steht.¹⁴⁴ Technisch hochstehende Lösungen, welche die Implementierungskosten begrenzen, wie Buchungs- und Kontrollsysteme, sind weitgehend noch in der Entwicklungsphase.¹⁴⁵

¹³⁹ vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 276 f.

¹⁴⁰ Die Instrumentendiskussion der Umweltökonomie wird durch die Auseinandersetzung mit dem Ordnungsrecht bestimmt. Die umweltökonomische Literatur versucht Ineffizienzen des Ordnungsrechts nachzuweisen und effiziente Alternativen zu präsentieren. So wird vor allem kritisiert, daß Emissionsgrenzwerte nach dem jeweiligen Stand der Technik festgelegt werden. Es wird die Erwartung geäußert, daß weitergehende Innovationen ausbleiben, da diese i.d.R. nicht den Interessen der Automobilindustrie entsprechen. Vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 276.

¹⁴¹ vgl. California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Staff Report: Low Emissions Vehicle and Zero Emission Vehicle Program Review; State of California, November 1996.

¹⁴² Der Zusammenhang zwischen Straßenbenutzungsgebühren und den Standard-Preis-Ansatz wird von Bobinger verdeutlicht. So wird das Ziel einer Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren als sozio-ökonomischer Effizienzbegriff definiert, wie es auch in der Kosten-Nutzen-Analyse geschieht. Im Ergebnis geht es darum, daß das knapp werdende öffentliche Gut „Straße“ mit der angrenzenden Umwelt ökonomisch zu verwenden ist. Der Preis spielt dabei die Allokationsfunktion und soll sicherstellen, daß die begrenzten Ressourcen mit den geringstmöglichen gesellschaftlichen Kosten eingesetzt werden. Vgl. Bobinger, R.: Straßenbenutzungsgebühren in Theorie und Praxis; in: Veröffentlichungen des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung; München 1993; S. 19.

¹⁴³ vgl. Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr (1992); S. 123 f.

¹⁴⁴ vgl. Klamer, M.: Bewertung von Maßnahmen zur Beschränkung des motorisierten Individualverkehrs in Städten; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 69 (1998); S. 165 ff.

¹⁴⁵ vgl. Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr (1992); S. 124.

Grundlage einer ökologisch ausgerichteten Kfz-Steuer ist, daß eine nach Pkw-Typen spezifische Klassifizierung der Umweltbelastungen vorliegt. Das Maß der Differenz legitimiert die Höhe der zu erhebenden Steuer. Die nach ökologischen Kriterien vollzogene Spreizung der Kfz-Steuer ab 1985 war dahingehend sinnvoll, da zu diesem Zeitpunkt die Emissionscharakteristiken der Pkw stark unterschiedlich ausgeprägt waren. Aufgrund der steuerlichen Besserstellung schadstoffreduzierter Pkw, vor allem aber wegen der parallel verlaufenden Verschärfung der Grenzwertvorschriften, sind heute die Unterschiede zwischen den einzelnen Typen nur noch partiell vorhanden, wodurch der ökologische Effekt der Kfz-Steuer nahezu hinfällig wird. Als ein Argument gegen die Kfz-Steuer wird i.d.R. genannt, daß diese Steuer auf Grund ihres Fixkostencharakters die Viel- und Langstreckenfahrer begünstigt. In der aktuellen politischen Situation wird daher häufig eine Umlage der Kfz-Steuer auf die Mineralölsteuer gefordert.¹⁴⁶ Demgegenüber werden vor allem zwei Auffassungen vertreten. Nach Ansicht des Rates der Sachverständigen für Umweltfragen spricht gegen eine Umlage, daß die Kfz-Steuer vor allem als Beitrag zur Deckung der Wegekosten zu rechtfertigen ist. Demgegenüber soll die langfristig anzustrebende Höhe der Mineralölsteuer an den gesetzten umweltpolitischen Zielen orientiert werden.¹⁴⁷ Nach Ansicht von Sprenger ist es unsinnig, ein in der Vergangenheit bewährtes umweltpolitisches Instrumentarium aus der Hand zu geben. Dagegen soll eine am Schadstoffausstoß und am Kraftstoffverbrauch orientierte Staffelung der Kfz-Steuer deren Wirkung noch weiter verbessern.¹⁴⁸

Auf der Grundlage der zuvor erörterten theoretischen Argumentation weisen Umweltabgaben auf Kraftstoffe eine Vielzahl von Vorteilen auf.¹⁴⁹ Akzeptiert man, daß Umweltbelastungen in erster Linie das Resultat von Verbrennungsprozessen sind, besteht eine enge Verbindung zu den jeweiligen Problemen. Im Fall der Klimaproblematik (CO₂) ist der Zusammenhang sogar eindeutig. Um eine kostenminimale Lösung des Umweltproblems zu gewährleisten ist allerdings eine Abstimmung der Abgabenhöhe im Verkehr mit derjenigen in anderen Wirtschaftssektoren erforderlich. Der wesentliche Vorteil, den höhere Kraftstoffpreise bieten, liegt aus umweltökonomischer Sicht in ihrer dynamischen Effizienz. Die Automobilindustrie soll hierüber angeregt werden, bereits entwickelte verbrauchssenkende Motorentechniken auf den Markt zu bringen und künftig solche Entwicklungen wegen des zu erwartenden endogenen Marktdrucks zu verstärken. Im Ergebnis sollen höhere Kraftstoffpreise kurzfristig zu einer Verminderung der Fahrleistungen und langfristig zu einer höheren Kraftstoffeffizienz der Pkw-Flotte führen. Auch eine vergleichsweise Besserstellung des umweltfreundlichen öffentlichen Verkehrs soll über Umweltabgaben auf Kraftstoffe erreicht werden.

In der umweltpolitischen Praxis ist es nicht nachzuvollziehen, daß ein Instrument gegenüber anderen vorzuziehen ist. Kein einzelnes Instrument kann dem gesamten Spektrum relevanter Umweltziele entsprechen. Instrumentelle Verbundlösungen können hingegen mit Verbesse-

¹⁴⁶ vgl. Fiederer, H. J. (1996); S. 83 ff.

¹⁴⁷ vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 281.

¹⁴⁸ vgl. Sprenger, R.-U. (1994); S. 375 ff.

¹⁴⁹ Zu den Vorteilen aber auch Nachteilen vgl. Rommerskirchen, S.; u. a.; Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der verkehrlichen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005; Basel 1991. S. 63 ff.

rungen im ökologisch-ökonomischen Wirkungsspektrum begründet werden. Damit ist die Vorstellung verbunden, daß die Instrumente im Verbund die Effizienzkriterien besser erfüllen können.¹⁵⁰ Im Verkehr gilt dies insbesondere für die Auflagen- und Preispolitik. Vor allem die stufenweise Anhebung der Grenzwertvorschriften bei den Neuzulassungen hat zu einer spürbaren Verbesserung der Umweltsituation beigetragen. Durch moderne Katalysatorentechnik konnten die verkehrsbedingten Emissionen von CO und HC spürbar reduziert werden. Die Emission von NO_x entsteht bei hohen Verbrennungstemperaturen. Die Höhe dieser Emission ist im wesentlichen abhängig vom Luft-Kraftstoffverhältnis während der Verbrennung. Im Vergleich zu CO und HC ist eine Reduktion hier ungleich schwieriger herbeizuführen.¹⁵¹ Die CO₂-Emission ist dagegen über Auflagen kaum zu beeinflussen. Die verkehrsbedingte Entwicklung der CO₂-Emission folgt der Entwicklung des Pkw-Verkehrs. Die Entwicklung des Pkw-Verkehrs orientiert sich in erster Linie quantitativ wie qualitativ an der Einkommens- und Preisentwicklung. Steigende Fahrleistungen und größere Pkw lassen den Kraftstoffverbrauch und damit die CO₂-Emission rapide anwachsen. Eine Lösung des Problems muß hier bei der Nachfrage nach Kraftstoffen ansetzen. Eine spürbare Anhebung der Kraftstoffpreise soll dazu beitragen, die von der Bundesregierung artikulierten CO₂-Minderungsziele zu erreichen. Für den Verkehrsbereich darf jedoch nicht außer Acht bleiben, daß Instrumente zur Erreichung nachhaltiger Qualitätsstandards nicht allein umweltpolitischen Zwecken zuzuordnen sind, sondern in ein Gesamtkonzept eingebunden sind, das auch die Deckung der Wegekosten und eine effiziente Nachfragerregelung nach Verkehrsdienstleistungen garantiert, um Engpässe im Mobilitätsbedürfnis zu vermeiden.

Die Identifizierung von Umweltschäden -ursächlich wie kostenseitig- bestimmt, welche Form der Abgabe die spezifischen Umweltprobleme des Personenverkehrs am besten zu lösen vermag. In diesem Zusammenhang muß zum einen geklärt werden, wer überhaupt als Verursacher der Umweltbeeinträchtigungen zu gelten hat. Hierbei sind unterschiedliche Interpretationen möglich, da i.d.R. mehrere Wirtschaftssubjekte in differenzierter Form Einfluß auf die Höhe der Umweltbelastungen nehmen. Für das Ausmaß der auf den Pkw-Verkehr zurückzuführenden Luftschadstoffbelastungen können neben den motorisierten Verkehrsteilnehmern auch die Automobilindustrie sowie alle Wirtschaftssubjekte verantwortlich sein, welche durch ihr konzentriertes Auftreten in ohnehin schon stark belasteten Agglomerationsräumen Belastungszustände schaffen, die am dringendsten einer Lösung bedürfen.¹⁵² Auch existieren eine Vielzahl weiterer Emittenten, welche die Umweltbelastungen -besonders auf lokaler wie regionaler Ebene- entscheidend mitbestimmen. In der Praxis ist es aufgrund synergetischer Effekte zwischen Emission und Immission nahezu aussichtslos, die einzelnen Belastungskomponenten voneinander abzugrenzen und exakt zuzurechnen.¹⁵³ Vor allem ist unsicher, wie irreversible Umweltschäden zu bewerten sind. Auch ist umstritten, ob man diese überhaupt

¹⁵⁰ vgl. Gawel, E. (1992); S. 267 ff.

¹⁵¹ vgl. Umweltbundesamt (1989); S. 485 ff.

¹⁵² Als Instrumente zur Entzerrung von Verkehrsballungen in den Innenstädten und zur Verbesserung der dortigen Umweltsituation werden vor allem Straßenbenutzungsgebühren und höhere Parkgebühren diskutiert.

¹⁵³ Zum Zusammenhang Emission- Diffusion-Immission vgl. Weimann, J. (1991); S. 132 ff.

abbilden sollte.¹⁵⁴ Eine konsequente Umsetzung des Verursacherprinzips ist demnach auszu-schließen.

Es hat sich in der wissenschaftlichen Literatur die Meinung durchgesetzt, den Verursacherbe-griff sehr weit zu fassen. Es kann nicht Sinn und Zweck der Umweltpolitik sein, den letzten Verursacher im Sinne eines moralischen Verschuldungsprinzips ausfindig zu machen.¹⁵⁵ Auch ist -gemäß dem Vorsorgeprinzip- der verursacherbezogene Nachweis einer marginalen Schädigung nicht zwingend erforderlich. Internalisierung legitimiert sich vielmehr durch ein geeignetes Risikomanagement, welches die risikobegrenzenden Maßnahmen nach dem Prin-zip der Wirtschaftlichkeit organisiert.¹⁵⁶ Aufgabe einer auf „Nachhaltigkeit“ ausgerichteten Politik ist es, jene Internalisierungsstrategie zu wählen und umzusetzen, die sich im Hinblick auf ökologische wie ökonomische Effizienz, die administrativen Möglichkeiten und die poli-tische, technische, soziale und juristische Durchsetzbarkeit zur Umsetzung des Verursacher-prinzips am besten eignet. In der theoretischen wie praktischen Beurteilung besteht weitge-hend Übereinstimmung darin, daß das Instrument höherer Kraftstoffpreise ein geeigneter He-bel zum Einstieg in die zukunftsfähige Umgestaltung des Verkehrssystems sein kann. Zum einen, da die Schadstoffemissionen im Verkehr eng korreliert mit dem Kraftstoffverbrauch sind, wobei beim CO₂ der Zusammenhang eindeutig ist. Zum anderen, weil Umweltabgaben auf Kraftstoffe eine zumindest teilweise Abkehr von der eher bürokratischen Auflagenpolitik zu einer eher marktwirtschaftlich organisierten Umweltpolitik zur Folge haben.¹⁵⁷ Auch sind Umweltabgaben über die Mineralölsteuer administrativ relativ einfach umzusetzen, da die EU-Richtlinien zur Harmonisierung der Mineralölsteuer wahrscheinlich nicht verletzt wer-den.¹⁵⁸ Der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen hält eine nachhaltige Korrektur der Transportpreisrelationen ausdrücklich für geboten: „Die wirksamste Form des Schutzes der Umwelt vor den Folgen eines wachsenden Verkehrs ist vor allem in der langfristigen Durch-setzung von Transportpreisen zu sehen, welche die tatsächliche Knappheit der natürlichen Lebensgrundlagen und der Verkehrswege widerspiegeln und im übrigen die Steuerung der Mobilität weitestgehend freien Verkehrsmärkten und den davon abhängigen individuellen Entscheidungen über die Wahl von Gewerbe- und Wohnstandorten überlassen.“¹⁵⁹ Allerdings sollte nach Ansicht der Experten die Erhöhung der Pkw-Transportkosten in erster Linie durch Straßenbenutzungsgebühren herbeigeführt werden, da mit höheren Kraftstoffpreisen nicht der unterschiedlichen Verkehrsbelastung in dünnbesiedelten Regionen und in Ballungsräumen

¹⁵⁴ vgl. Blandow, V.; Zittel, W.: Abschätzung der Schäden durch CO₂/CH₄ Akkumulation, in: Prognos Schriften-reihe: Identifizierung und Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung; Band 4, Basel 1992.

¹⁵⁵ vgl. Neumann, R.: Ökologie und Verkehr; Berlin 1980; S. 301 f.

¹⁵⁶ vgl. Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister (1992); S. 116

¹⁵⁷ vgl. Kirchgässner, G.: Erhöhung der Mineralölsteuern als umweltpolitische Maßnahme? Bemerkungen aus ökonomischer Perspektive zu den entsprechenden Vorschlägen der SPD-Arbeitsgruppe; in: Zeitschrift für Ener-giewirtschaft; Heft 1 (1990); S. 58.

¹⁵⁸ Die Richtlinie R 92/12/EWG beschränkt die Regelungskompetenz der Mitgliedstaaten der EU nur hinsicht-lich der Mindesthöhe der Mineralölsteuer. Da zum einen die Steuerbelastung auf Kraftstoffe in der Bundesrepub-lik Deutschland vergleichsweise niedrig sind, und zum anderen die Mineralölsteuer in den meisten Mitglieds-ländern sukzessiv gesteigert wird, bestehen für die deutsche Steuergesetzgebung Spielräume nach oben. So wer-den in Finnland und Schweden bereits Umwelt- bzw. Kohlendioxidabgaben erhoben.

¹⁵⁹ Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 300.

differenziert Rechnung getragen werden kann. Umweltabgaben auf Kraftstoffe werden dagegen im Rahmen einer allgemeinen erhobenen CO₂-Abgabe begründet.¹⁶⁰

4.3 Zwischenergebnis

Nachhaltige Umweltqualitätsziele lassen sich nicht aus ökonomischen Theorien herleiten. Das liegt zum einen daran, daß eine hinreichende monetäre Bewertung von Umweltschäden kaum möglich ist. Aufgrund der selten bekannten und von sich ständig verändernden Parametern abhängigen funktionalen Zusammenhänge zwischen Emissionen und Immissionen lassen sich die Folgewirkungen der Umweltbeanspruchung durch den Verkehr nicht in ihrer Gesamtheit ermitteln. Aber selbst wenn es möglich wäre, Umweltziele aus den individuellen Präferenzen der Individuen herzuleiten, können diese ökologisch unzureichend sein. Aus Sicht einer „Nachhaltigen Entwicklung“ sind diese mit Sicherheit dort abzulehnen, wo die assimilative Kapazität des ökologischen Gleichgewichts erschöpft und eine Gefährdung des ökologischen Gleichgewichts zu erwarten wäre. Mit der Entwicklung des Standard-Preis-Ansatzes ziehen pragmatisch orientierte Teile der Umweltökonomie selbst die Konsequenz aus dieser Situation, in dem die Zielfrage zu einer politischen Entscheidung erklärt wird. Das Ziel des Standard-Preis-Ansatzes ist es, Instrumente zu erhalten, mit denen Effizienz erreicht werden kann, d.h., mit denen es gelingt, einen wie auch immer zu definierenden Umweltzustand mit dem geringstmöglichen Kostenaufwand zu realisieren, wodurch der Abwägungsprozeß zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Zielen grundsätzlich erleichtert wird. Welche Qualitätsstandards angestrebt werden, ist letztendlich eine politische Entscheidung, die den Belangen des Umweltschutzes und anderer gesellschaftlicher Ziele Rechnung zu tragen hat.

Die langfristig anzustrebende Höhe der Kraftstoffpreise ist in erster Linie an den von der Bundesregierung gesetzten CO₂-Minderungszielen zu orientieren. CO₂-Emissionen sind grundsätzlich unabhängig von ihrer Herkunft zu bewerten, d.h. eine Mengeneinheit CO₂ aus einem Pkw hat die gleiche Treibhauswirkung wie eine Mengeneinheit aus einem Kraftwerk oder einem Hochofen. Aus diesem Grund sollten die Abgaben auf Kraftstoffe mit den Abgaben in anderen Wirtschaftsgruppen abgestimmt werden. Eine gleichgerichtete Anhebung der Energiepreise dürfte jedoch im Hinblick auf übergreifende gesamtwirtschaftliche Ziele politisch nur schwer umzusetzen sein, auch weil sich außerhalb des Straßenverkehrs z.Z. die Preise fossiler Energieträger auf einem weitaus niedrigeren Niveau befinden. Andererseits kann eine vergleichsweise höhere Besteuerung der Kraftstoffpreise z.Z. als Ersatzlösung für Straßenbenutzungsgebühren begründet werden, da sich Umweltabgaben auf Kraftstoffe administrativ leicht umsetzen lassen und technische Probleme sowie Implementierungskosten, welche eine flächenübergreifende Einführung von Straßenbenutzungsgebühren heute noch erschweren, entfallen.

¹⁶⁰ vgl. dazu die Stellungnahme des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesminister für Verkehr (1992); S. 122 sowie Rat der Sachverständigen für Umweltfragen, S. 300 ff.

5 Theoretische Grundlagen der Modellierung

Eine in sich geschlossene einheitliche Konsumtheorie, von der die theoretische Analyse der Luftschadstoffbelastung durch den privaten Personenverkehr ausgehen könnte, gibt es bislang nicht. In Bezug auf die Verkehrsnachfrage existieren hingegen eine Vielzahl unterschiedlicher, z.T. konkurrierender Ansätze, die dem gesamten Spektrum derjenigen Wissenschaften entnommen werden können, die sich mit dem menschlichen Verhalten im weitesten Sinn befassen.¹⁶¹ Da diese Arbeit das Ziel verfolgt, den Zusammenhang zwischen Transportpreisen und Verkehrsleistungen, bzw. den damit verbundenen Luftschadstoffbelastungen, zu analysieren, wurden ausschließlich Erklärungsansätze aus dem Fundus der mikroökonomischen Neoklassik herangezogen.

Auf der Grundlage der Neoklassik lassen sich unterschiedliche Theoreme herleiten, die letztendlich auch die ökonometrischen Schätzverfahren mitbestimmen. Im Rahmen dieser Arbeit wurde darauf Wert gelegt, die theoretischen Ansätze, welche dem vorliegenden Modell zugrunde liegen, wegen der Disaggregationstiefe des Modells so einfach und überschaubar wie möglich zu wählen. Andererseits erfordert der angestrebte Realitätsbezug die Unterscheidung und Modellierung statischer sowie dynamischer Zustände. Statische Verkehrs- und Kraftstoffnachfragemodelle betrachten lediglich die Verkehrsmittelwahl bzw. die Kraftstoffnachfrage, nicht aber strukturelle Veränderungen im Kapitalstock. Dynamische Modelle sind umgekehrt gerade durch die Veränderung dieser Größen gekennzeichnet. Dynamische Prozesse besitzen eine Vergangenheit, eine Gegenwart und eine Zukunft.

Im folgenden wird der Versuch unternommen, die Verkehrsleistungen des privaten Personenverkehrs und der damit verbundenen Luftschadstoffbelastung zunächst im Rahmen der traditionellen Nachfragetheorie darzustellen und ein einfaches Erklärungsmodell aufzustellen. Eine Kritik des traditionellen nachfragetheoretischen Ansatzes leitet über zum theoretischen Analysekonzept der Haushaltsproduktionstheorie. Die Haushaltsproduktionstheorie gestattet es, die Nachfrage nach Verkehrsleistungen privater Haushalte explizit als abgeleitete Nachfrage zu analysieren. Sind einerseits beide theoretischen Ansätze im stationären Zustand kompatibel, stellt der haushaltsproduktionstheoretische Ansatz eine geeignete theoretische Basis für die Analyse dynamischer Effekte von Kraftstoffpreisvariationen dar.

5.1 Der Erklärungsbeitrag der traditioneller Nachfragetheorie sowie der Haushaltsproduktionstheorie.

Die traditionelle Nachfragetheorie stellt eine axiomatische, einfach mathematisch formulierte Theorie dar, indem von bestimmten Annahmen ausgehend die realen Phänomene formal ver-

¹⁶¹ Ein Überblick über verschiedene Modellklassen, auf der Grundlage verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen findet sich bei Kutter, E.; Holzapfel, H.; Martens, G.: Ermittlung von Variablen und Parametern mög-

einfach erklärt werden.¹⁶² So geht die traditionelle Nachfragetheorie von der Vorstellung aus, daß der Konsum von Gütern und Dienstleistungen für die Haushalte unmittelbar Nutzen stiftend ist. Das bedeutet auch, daß die Haushalte ein höheres Maß an Mobilität stets einem geringeren vorziehen, sofern sie nicht auf den Konsum anderer Güter und Dienstleistungen verzichten müssen. Weiterhin wird unterstellt, daß die Konsumenten über eine klare, ordinal zu messende Präferenzstruktur verfügen. Auch wird darauf geschlossen, daß die Haushalte den Konsum anderer Güter zugunsten einer Zunahme von Mobilität einschränken und umgekehrt.¹⁶³

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit soll das Annahmegerüst der Neoklassik nicht weiter diskutiert werden. Es wird vielmehr akzeptiert, daß die Haushalte nicht willkürlich, sondern in vorhersehbarer Weise auf Veränderungen ihrer Handlungsspielräume reagieren.¹⁶⁴ Es wird daher auch unterstellt, daß die Präferenzen der Haushalte sich vollständig durch eine Nutzenfunktion repräsentieren lassen (1), und daß ein ökonomisch rational handelnder Haushalt stets das Ziel der Nutzenmaximierung verfolgt, wobei die Konsumausgaben das verfügbare Einkommen nicht überschreiten dürfen (2). In dem Fall, daß die Preise und das Einkommen als gegeben angenommen werden, erhält man als Lösung dieses Maximierungsproblems eine oder mehrere Nachfragefunktionen für Mobilität, in welchen die nachgefragten Mengen ausschließlich von den Preisen aller Marktgüter und vom Einkommen abhängt (3). D.h., die optimale Güterkombination wird durch den Tangentialpunkt der Bilanzgeraden mit einer der die Präferenzstruktur abbildenden Indifferenzkurven bestimmt.¹⁶⁵

$$U(X_{\text{Mobilität}}, X_1, \dots, X_n) \quad (5.1)$$

$$\sum_i = X_i * p_i = Y_i; \quad i = 1, \dots, n. \quad (5.2)$$

$$X_{\text{Mobilität}} = f(p_{\text{Mobilität}}, p_1, \dots, p_n, Y) \quad (5.3)$$

cher Gesamtmodelle für Verkehrsanalyse und Verkehrsprognose auf der Grundlage der amtlichen Statistik; in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 339; Bonn-Bad Godesberg 1981.

¹⁶² vgl. Streissler, E.; Streissler, M. (Hrsg.): Konsum und Nachfrage; Köln und Berlin 1966; S. 48.

¹⁶³ Eine ausführliche und zugleich leicht verständliche Darstellung der mikroökonomischen Grundlagen findet sich bei Schumann, J.; Meyer, U.; Ströbele, W.: Grundzüge der mikroökonomischen Theorie, Berlin, Heidelberg 1999; S. 41 ff.

¹⁶⁴ Der Neoklassik eigene methodologische Individualismus reduziert die Wirtschaftssubjekte in der fiktiven Rolle des Homo Oeconomicus, der stets über vollkommene Informationen und Voraussicht verfügt, auf monodimensionale Nutzenmaximierer. Nutzen meint in diesem Sinne den Eigennutzen. Dennoch ist für den Homo Oeconomicus altruistisches Verhalten nicht zwingend auszuschließen, da sich Nutzenmaximierung auf jedes beliebige Verhalten, auch das des uneigennütigen Weltverbessers, beziehen läßt. Nicht nur im Zusammenhang mit der Frage nach den Determinanten der Verkehrsnachfrage und des Pkw-Besitzes muß jedoch das neoklassische „Rationalitätskalkül“ prinzipiell in Frage gestellt werden. Insbesondere deswegen, weil der Homo Oeconomicus indifferent gegenüber der Rolle des Pkw als Statussymbol und gewohnheitsmäßigen Mobilitätsverhaltens ist. Vgl. Kroeber-Riel, W.: Konsumentenverhalten; München 1975; S. 335 ff. Zur Person des Homo Oeconomicus vgl. z.B. Bretzke, W.-R.: Homo oeconomicus – Wiederbelebungsversuche an einem Totgesagten; in: Das Wirtschaftsstudium; 13 Jg. (1984); S. 63 ff.

¹⁶⁵ Im Haushaltsoptimum muß der Grenznutzen des Geldes in jeder Verwendung gleich sein (2. GOSSENSche Gesetz). Zur geometrischen wie analytischen Bestimmung des optimalen Verbrauchsplans vgl. z.B. Schumann, J. u. a. (1999); S. 51 ff.

¹⁶⁶ Es wird vereinfacht davon ausgegangen, daß das Einkommen vollständig zum Konsum verwendet wird.

Die Verkehrsleistungen sind nach Beziehung 3 demnach allein Funktionen des verfügbaren Einkommens Y und der Güterpreise $p_{\text{Mobilität}}$ und p_i . Dabei gilt allgemein, daß die Ableitung nach dem Eigenpreis für Mobilität $p_{\text{Mobilität}}$ negativ und nach dem Einkommen positiv ist. D.h., je höher das Einkommen bzw. je niedriger der Preis für Mobilität, desto mehr Verkehrsleistungen werden ceteris paribus von den privaten Haushalten nachgefragt.¹⁶⁷ Mit dieser Nachfragefunktion steht ein einfaches Erklärungsmodell für Mobilität bzw. Verkehrsleistungen zur Verfügung. Dieses Modell kann entsprechend den Besonderheiten der vorliegenden Analyse erweitert werden. Zum einen wurde im vorliegenden Modell nach vier verschiedenen Formen der motorisierten Mobilität, für die jeweils ein Preis zu zahlen ist, differenziert. Da insbesondere der Pkw-Verkehr in Konkurrenz zu den öffentlichen Verkehrsmitteln ÖSPV und Eisenbahn steht, ist davon auszugehen, daß die Nachfrage nach Pkw-Verkehrsleistungen um so größer ist, je höher die Tarife öffentlicher Verkehrsmittel sind und umgekehrt.¹⁶⁸ Im vorliegenden Modell wurden verkehrsträger- und fahrtzweckspezifische Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten in Form von Punktelastizitäten berechnet. Eigenpreiselastizitäten messen den direkten Einfluß einer Preisänderung (p_i) auf die Mengenreaktion des Komplementärguts (X_i). Im Modell werden Eigenpreiselastizitäten in erster Linie für den Pkw-Verkehr ermittelt. Eigenpreiselastizitäten sind definiert als:¹⁶⁹

$$\eta_{ii} = (\Delta X_i / X_i) * (p_i / \Delta p_i) \quad (5.4)$$

Der Einfluß höherer Kraftstoffpreise auf den Modal Split wird im vorliegenden Modell ausschließlich über Kreuzpreiselastizitäten quantifiziert. Kreuzpreiselastizitäten messen die relative Änderung einer Verkehrsleistung (X_i) als Folge einer Preisänderung eines konkurrierenden Verkehrsträgers (p_j). In diesem Fall, die Veränderungen der fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen der öffentlichen und gewerblichen Verkehrsträger, auf Veränderungen der fahrtzweckspezifischen Transportkosten des Pkw-Verkehrs. Kreuzpreiselastizitäten sind definiert als:

$$\eta_{ij} = (\Delta X_i / X_i) * (p_j / \Delta p_j) \quad (5.5)$$

Ein großer Vorteil des einfachen neoklassischen Modells liegt darin, daß sich das Modell problemlos durch intuitive Variablen, wie z.B. demographische und sozioökonomische Einflußgrößen wie auch Trendfunktionen, erweitern läßt.¹⁷⁰ Die Auswahl der jeweils einzubeziehenden intuitiven Variablen erfolgt im Modell auf der Basis von Plausibilitätsüberlegungen sowie unter Berücksichtigung der empirischen Ergebnisse der Studie von Storchmann.¹⁷¹ Entscheidend bei der Auswahl der Variablen ist allein, daß der theoretisch postulierte Zusammenhang

¹⁶⁷ X_i stehen für andere Güter und Dienstleistungen.

¹⁶⁸ Der Einfluß und somit das Vorzeichen der übrigen Preise auf die Nachfrage nach Verkehrsleistungen ist abhängig vom Grad der Substitution, oder ob die in Frage kommenden Güter Komplemente (z.B. Pkw und Kraftstoffe) darstellen.

¹⁶⁹ vgl. z.B. Schneider, H.: Mikroökonomie; München 1995; S. 63 ff.

¹⁷⁰ Beispiele hierfür liefern z.B. Gommersbach, M.: Ökonomische Analyse der Pkw-Kraftstoffnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland; Köln 1988; S. 188 ff. sowie Güntensperger, H. (1993); 74 ff.

¹⁷¹ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); Anhang: Gleichungen des ÖSPV-Modells; S. 136.

zwischen Mengen auf der einen Seite und Preisen sowie Einkommen auf der anderen Seite in den Modellgleichungen bestehen bleibt. Da alle verwendeten Argumente eindeutig und meßbar sind, ist die traditionelle Nachfragetheorie somit prinzipiell in der Lage, einen Erklärungsansatz für die Entwicklung der privaten Verkehrsleistungen und der hiermit verbundenen Luftschadstoffbelastung zu liefern, der den grundsätzlichen Anforderungen an ein empirisch überprüfbares Erklärungsmodell genügt.¹⁷²

Das besondere Charakteristikum des vorliegenden Modells ist es, daß die Modellierung der Verkehrsleistungen nach Fahrtzwecken differenziert erfolgt. So wurde bereits am Anfang dieser Arbeit darauf hingewiesen, daß je nach Fahrtzweck unterschiedliche Konsumaktivitäten vorliegen, die wegen jeweils unterschiedlicher Nutzeneinschätzungen voneinander abzugrenzen sind. Besteht z.B. im Ausbildungs- und Berufsverkehr der Nutzen einer Fahrt eindeutig in der Raumüberwindung zwischen Wohnort und Ausbildungs- bzw. Berufsstätte, ist besonders im Fall des Freizeitverkehrs nicht zu sagen, worin der Nutzen von Wegen eigentlich besteht. So sind weniger die Transportvorgänge an sich nutzenstiftend, sondern vielmehr die damit verbundenen Dienstleistungen und vor allem die Aktivitäten am Zielort.¹⁷³ Jedoch lassen sich im Rahmen des einfachen neoklassischen Ansatzes für die einzelnen im Modell unterschiedenen Fahrtzwecke problemlos verschiedene Erklärungsmodelle für die Entwicklung der Verkehrsleistungen mit unterschiedlichen Kombinationen von Determinanten konstruieren.¹⁷⁴

So einfach das allgemeine neoklassische Modell auch zu handhaben ist, so deutlich besitzt die traditionelle Nachfragetheorie auch zwei Schwachstellen. Zum einen bereitet die inhaltliche Konkretisierung der Nutzenfunktion Schwierigkeiten. So geht dieser Ansatz davon aus, daß der Güterkonsum für den Haushalt unmittelbar nutzenstiftend ist. Das heißt z.B., daß Kraftstoffe ihrer selber willen nachgefragt werden. Faktisch ist die Kraftstoffnachfrage jedoch eine abgeleitete Größe. Sie ist stets an den Einsatz von Kfz gebunden. Infolgedessen ist es notwendig, bei der Ableitung von Determinanten des Kraftstoffverbrauchs den eingesetzten Fahrzeugpark und dessen technische Ausstattung mit einzubeziehen. Die zweite Schwachstelle der traditionellen Nachfragetheorie liegt in ihrer rein statischen Form der Analyse. Tatsächlich vollziehen sich Veränderungen der Kraftstoffnachfrage und von Verkehrsleistungen innerhalb längerer Zeiträume, während im Modell der traditionellen Nachfragetheorie zu dynamischen des Anpassungsprozessen keine Aussagen getroffen werden. Jedoch determiniert der Pkw-Bestand weitgehend das Ausmaß der privaten Mobilität. Immer mehr Pkw verursachen immer mehr Verkehrsleistungen. Dieser Sachverhalt unterstreicht besonders die Notwendigkeit, die langfristige Entwicklung des Pkw-Bestands mit zu berücksichtigen, wozu die traditionelle Nachfragetheorie allein nicht in der Lage ist.

¹⁷² vgl. Hujer, R.; Cremer, R.: Methoden der empirischen Wirtschaftsforschung; München 1978; S. 8 ff.

¹⁷³ vgl. Quandt, R. E.; Baumol, W. J.: The demand for abstract transport modes, theory and measurement; in: Journal of Regional Science; vol. 6 (1966); S. 13 ff. zitiert in Button, K. J. (1993); S. 40.

¹⁷⁴ vgl. Gommersbach, M. (1988); S. 266 f.

Offensichtlich kann Mobilität, mit Ausnahme der Wege zu Fuß, nur dann erfolgen, wenn Fahrzeuge verfügbar sind. Solche und ähnliche Überlegungen zur Konkretisierung des Nutzenbegriffs stehen im Einklang mit verschiedenen Ansätzen der neueren Konsumtheorie, z.B. der Haushaltsproduktionstheorie. Diesem Denkansatz zufolge entscheidet der Haushalt zuerst darüber, in welchem Umfang er Mobilität befriedigen will, und erst im Anschluß daran, wie diese Bedürfnisbefriedigung kostenminimal zu erzielen ist.¹⁷⁵ Im Rahmen der Haushaltsproduktionstheorie werden die Eigenschaften der Güter als Nutzen aufgefaßt. Die Haushalte produzieren das angestrebte Mobilitätsniveau unter Einsatz von Marktgütern und dem Faktor Zeit.¹⁷⁶ Insbesondere dem Zeitaufwand bei Ortswechseln, als ein restriktives Element bei der Produktion von Mobilität, wird von Seiten der Haushaltsproduktionstheorie Bedeutung zugemessen. Da jeder Weg mit einem bestimmten Zeitaufwand verbunden ist, wird die Zeit alternativen Verwendungen entzogen.¹⁷⁷ Empirische Untersuchungen zur subjektiven Zeitbewertung unterstreichen, daß sich die Opportunitätskosten alternativer Zeitverwendungen mit wachsendem Einkommen und steigendem Motorisierungsgrad vergrößern.¹⁷⁸ In Abhängigkeit von der den Haushalten zur Verfügung stehenden Konsumzeit können daher auch Situationen entstehen, in denen das 2. GOSSENSche Gesetz nicht mehr erfüllt ist.¹⁷⁹

Die in dieser Arbeit analysierten Verkehrsleistungen und der mit dem Pkw-Verkehr verbundene Kraftstoffverbrauch leiten sich aus dem Bedarf der Haushalte nach Mobilität ab. Zur Befriedigung dieser Mobilitätsbedürfnisse stehen den Haushalten fremde und eigene Fahrzeuge zur Verfügung. Kraftstoffe sowie andere Marktgüter für den sonstigen Unterhalt eigener Fahrzeuge werden darüber hinaus für den Betrieb von Pkw eingesetzt.¹⁸⁰ Eine Mobilitätsproduktionsfunktion beschreibt den Zusammenhang zwischen diesen Einsatzverhältnissen und dem Mobilitätsoutput. Die formale Spezifikation erfolgt dabei auf der Grundlage von technischen Plausibilitätsüberlegungen.¹⁸¹ Daneben beeinflußt die durchschnittliche Auslastung der Fahrzeuge das Verhältnis zwischen verkehrs- und emissionsrelevanter Energiedienstleistung.

Der wesentliche Erklärungsfortschritt der Haushaltsproduktionstheorie gegenüber der traditionellen Nachfragetheorie resultiert aus der Einführung der Produktionstechnologie als zusätzlichen Erklärungsfaktor. Dieser Fortschritt ermöglicht eine differenzierte, theoretisch fun-

¹⁷⁵ Zum Grundgedanken der Haushaltsproduktionstheorie vgl. Becker, G. S.: A Theory of the Allocation of Time; in: The Economic Journal; vol. 75 (1965); S. 493 ff.; Lancaster, K. J. (1966); S. 132 ff. sowie Muth, R. F.: Household Production and Consumer Demand; in: Econometrica; vol. 34 (1966); S. 699 ff. Zur Umsetzung dieses Ansatzes auf die Pkw-Kraftstoffnachfrage vgl. Gommersbach, M. (1988); S. 27 ff.

¹⁷⁶ Infolgedessen lautet die Terminologie der Haushaltsproduktionstheorie für Marktgüter = Inputgüter.

¹⁷⁷ Zur Ökonomie des Faktors Zeit vgl. Becker, G. S. (1965); S. 493 ff. sowie Spaetling, D.: Das Problem der Zeitallokation in der Theorie des Haushalts. Bemerkungen zur Frage der Relevanz der ökonomischen Theorie des Haushaltsverhaltens; in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft; Jg. 132 (1976); S. 19 ff. Zum Problem der Bewertung des Faktors Zeit im Personenverkehr vgl. Kentner, W.: Zeitbewertung im Personenverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft; Jg. 41 (1970); S. 93 ff. sowie Gommersbach, M. (1988); S. 68 ff.

¹⁷⁸ vgl. Beesley, M. E.: The Value of Time Spent in Travelling: Some New Evidence, in: *Economica*; vol. 32 (1965); S. 174 ff.

¹⁷⁹ vgl. Schumann, J. u. a. (1999); S. 87 f.

¹⁸⁰ Zur Struktur der Pkw-Ausgaben privater Haushalte vgl. die dahingehenden Ausführungen in Kapitel 3.4.

¹⁸¹ vgl. Gommersbach, M. (1988); S. 51 ff.

dierte Erklärung langfristiger Anpassungsprozesse im Personenverkehr. Schränkt man wie Gommersbach den Mobilitätsbegriff auf den Pkw-Verkehr ein, so wird die Mobilitätsproduktionsfunktion allein durch die Produktionstechnologie Pkw determiniert. D.h. zum einen, daß vor allem Struktur und Effizienz der privaten Pkw-Flotte das Verhältnis zwischen Mobilitätsoutput und Kraftstoffnachfrage bestimmen.¹⁸² Zum anderen beeinflußt die Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte die Verkehrsmittelwahl in einem hohen Maße mit. Verzichtet man weiterhin auf eine explizite Integration zeitallokationstheoretischer Aspekte, sind im theoretischen Analysekonzept der Haushaltsproduktionstheorie Veränderungen der Nachfrage nach Verkehrsleistungen und Kraftstoffen zurückzuführen auf:

- Veränderungen der Präferenzstruktur,
- Veränderungen des verfügbaren Einkommens,
- Veränderungen der Inputpreise,
- Veränderungen der Produktionstechnologie.

Die im Analysekonzept der Haushaltsproduktionstheorie abgeleiteten Aussagen bezüglich von Kraftstoffpreiselastizitäten der Verkehrsnachfrage stehen nicht im Widerspruch zu den entsprechenden Aussagen der traditionellen Nachfragetheorie. Allerdings wird neben Transportpreisen und dem Einkommen auch der Pkw-Bestand als zusätzliche Erklärungsvariable für die Produktionstechnologie benutzt. Verwendet man wie Gommersbach die reduzierte Form des haushaltsproduktionstheoretischen Modells, was den Verzicht auf haushaltsspezifische Querschnittsdaten bedeutet, resultieren im Prinzip dieselben funktionalen Beziehungen wie mit dem mikroökonomischen Standardansatz,¹⁸³ die Haushaltsproduktionstheorie liefert jedoch die theoretischen Argumente für die Berücksichtigung der dynamischen Anpassungsentwicklung der Höhe und Struktur der privaten Pkw-Flotte in allen Modellteilen.

5.2 Eine kurze Darstellung der dem Modell zugrunde gelegten ökonometrischen Grundtypen

Im Mittelpunkt der ökonometrischen Analyse höherer Kraftstoffpreise stehen zumeist allein die Effekte auf den Pkw-Bestand und auf die Pkw-Kraftstoffnachfrage. Ökonometrische Zeitreihenanalysen bezüglich der Nachfrage nach Mobilität insgesamt und der Verkehrsmittelwahl finden sich in der Literatur eher selten. Eine aktuelle und umfassende Modellbetrachtung der Verkehrsentwicklung stellt jedoch die Arbeit von Storchmann dar.¹⁸⁴ Storchmann bildet die Zusammenhänge zwischen Transportpreis und Verkehrsleistung in einem System

¹⁸² ebenda; S. 123.

¹⁸³ vgl. Güntensperger, H. (1993); S. 30.

¹⁸⁴ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); Einen Überblick über bisherige empirische Untersuchungen für den englischsprachigen Raum liefert Goodwin, P. B.: A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes; in: Journal of transport economics and policy; vol. 26, London 1992; S. 160 ff. – Für den deutschsprachigen Raum sei noch auf die Arbeiten von Teichmann, U. (1983) sowie Frank, W.: Auswirkungen von Fahrpreisänderungen im öffentlichen Personennahverkehr; Berlin 1990 hingewiesen.

von linearen Gleichungen ab, die in ihrer Grundform denjenigen aus der traditionellen Nachfrage­theorie abgeleiteten Nachfragefunktionen für Markt­güter entsprechen. Der Pkw-Bestand fließt dort als exogene Variable in die jeweiligen Modellgleichungen ein. Auswirkungen auf den Pkw-Bestand und den spezifischen Kraftstoffverbrauch werden von Storchmann nicht untersucht.¹⁸⁵ Die jeweiligen Verhaltensgleichungen haben die Grundform

$$X = f(\text{PXS\text{V}}, \text{PXTarif}, \text{YVERN}, \text{PKW}, \text{Z}, \text{LSTR}, \text{TR}, \text{AW}, \text{DE}) \quad (5.6)$$

wobei X jeweils auf die zu erklärenden fahrtzweckspezifischen Verkehrsaufkommen (AW), durchschnittlichen Entfernungen (DE) und Verkehrsleistungen zu beziehen ist. Je nach Modellteil setzen sich die Einflußparameter unterschiedlich zusammen. PXS\text{V} bezeichnet dabei die Transportpreise des Pkw-Verkehrs, PXTarif die Tarife öffentlicher und gewerblicher Verkehrsträger und YVERN das verfügbare Nominaleinkommen. Z kennzeichnet den Einfluß sozioökonomischer und gesamtwirtschaftlicher Determinanten, wie die Anzahl der Haushalte und der Erwerbstätigen. LSTR steht für die Straßeninfrastruktur und TR steht als Trendvariable stellvertretend für weitere mögliche intuitive Einflußfaktoren, wie z.B. raumstrukturelle Bedingungen. Die fahrtzweckspezifischen Verkehrsaufkommen (AW) sowie die durchschnittlichen Entfernungen (DE) fließen ebenfalls als erklärende Variablen in die Modellgleichungen des Modal Split ein.

Das vorliegende Modell besteht aus 41 Verhaltensgleichungen. Allein 34 Schätzgleichungen beziehen sich auf die oben genannten Zusammenhänge. Die hierzu jeweils gewählten Funktionsformen sind im Modell ebenso wie bei Storchmann, aufgrund der rechentechnisch einfachen Handhabbarkeit, stets linear. Auch weil keine alternativen Informationen über die „wahren“ funktionalen Zusammenhänge vorliegen, die eine andersgeartete Wahl des Funktionstyps rechtfertigen würden, wurde eine Komplikation der Funktionsformen nicht in Erwägung gezogen.¹⁸⁶

Ökonometrische Analysen der Verkehrs- und der Kraftstoffnachfrage lassen sich in direkte und indirekte empirische Erklärungsmodelle einteilen. Direkte Modelle sind dadurch charakterisiert, daß sie die Nachfrage nach einem Markt­gut in einem Eingleichungsansatz abbilden, der in seiner Grundform der traditionellen neoklassischen Nachfrage­theorie entspricht.¹⁸⁷ Indirekte Modelle tragen der Tatsache Rechnung, daß Verkehrsleistungen und vor allem die Kraftstoffnachfrage eine abgeleitete Nachfrage ist. Steht im Fokus der ökonometrischen Analysen die Kraftstoffnachfrage, werden deren einzelne Komponenten, d.h. Pkw-Bestand, Fahrleistung und spezifischer Kraftstoffverbrauch, getrennt modelliert und geschätzt. Dieser Vorgehensweise liegt der haushaltsproduktionstheoretische Ansatz zugrunde, nach dem die

¹⁸⁵ Storchmann bildet explizit das Wirkungsgefüge zwischen Transportpreisen, fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen, Herstellungskosten öffentlicher Verkehrsträger und dem Defizit im ÖPNV ab. Eine Unterscheidung zwischen kurz- und langfristigen Anpassungsverhalten erfolgt nur für den ÖPNV.

¹⁸⁶ vgl. Dillmann; R.: Statistik II; Heidelberg 1990; S. 176.

¹⁸⁷ Ein Beispiel hierfür bietet ein Ansatz von van Suntum. Van Suntum schätzt hier die Fahrleistung der Pkw aus dem Bruttosozialprodukt, dem Preis für Normalbenzin und einem Deflator für die Konsumausgaben. Die ermittelte Preiselastizität ist mit -0,09 vergleichsweise niedrig. Vgl. van Suntum, U.: (1989); S. 557 ff.

Haushalte die von ihnen nachgefragte Menge an Mobilität, unter anderem unter Einsatz von Pkw und Kraftstoffen, selber produzieren.¹⁸⁸ Indirekte Modelle wie das vorliegende Modell werden folglich als Mehrgleichungssysteme konzipiert, die den Pkw-Bestand in Höhe und Struktur als endogene Variable in allen Modellteilen berücksichtigt. Indirekte Modelle haben einen höheren Informationswert als die direkten Modelle und sind daher eher in der Lage, die tatsächlichen Ursachen des Nachfrageverhaltens zu erfassen.¹⁸⁹

Dynamische Modelle berücksichtigen, daß sich die vollständige Anpassung des Pkw-Bestands und der damit verbundenen Kraftstoffnachfrage an Veränderungen der Einflußfaktoren über mehrere Perioden erstrecken. Es sind verschiedene Methoden zu einer Abbildung solcher Anpassungsprozesse entwickelt bzw. benutzt worden. Sogenannte „Vintage-Modelle“ zeichnen sich durch eine sehr genaue Abbildung des langfristigen Anpassungsverhaltens aus.¹⁹⁰ Der Pkw-Bestand leitet sich hier aus dem Bestand der Vorperiode, den Neuzulassungen und den Abgängen her, wobei die Neuzulassungen mittels einer Verhaltensgleichung geschätzt werden. Die Abgänge werden allerdings bislang über Sterbetafeln exogen ermittelt. Vintage-Modelle stellen besonders bezüglich der Abgangsverteilung hohe Ansprüche an das Datenmaterial. So müßten für das vorliegende Modell die Abgänge der Diesel- und Otto-Pkw nach Hubraumklassen und spezifischen Kraftstoffverbräuchen differenziert werden. Allerdings besteht auch die Möglichkeit, den Pkw-Bestand mittels autoregressiver Ansätze relativ elegant direkt zu schätzen.¹⁹¹

Sogenannte Lag-Adjustment-Modelle sind dadurch charakterisiert, daß sie die verzögert endogene Variable als erklärende Größe in die Verhaltensgleichung mit einbeziehen. Der Vorteil dieser autoregressiven Erklärungsmodelle liegt in ihrer Einfachheit. Zugleich stellt diese Modellklasse nur relativ geringe Ansprüche an das Datenmaterial. Lag-Adjustment-Modelle haben jedoch den Nachteil, daß bei der Verwendung der verzögerten endogenen Variable eine stochastische Abhängigkeit zwischen den unabhängigen Variablen der Gleichung und der Störvariablen entsteht. Infolgedessen kann Erwartungstreue der Kleinste-Quadrate-Schätzer nicht vorausgesetzt werden. Allerdings sind die hieraus resultierenden Schätzfehler praktisch kaum meßbar, so daß die Schätzproblematik häufig als vernachlässigbar gering angesehen wird.¹⁹²

¹⁸⁸ vgl. Döhrn, R. u.a.: Ein techno-ökonomisches Energiemodell für die Bundesrepublik Deutschland; in: RWI-Mitteilungen, Jg. 36, Berlin 1985; S. 63.

¹⁸⁹ vgl. Gommersbach, M. (1988); S. 167.

¹⁹⁰ Eine Modellierung des Pkw-Bestands mittels eines Vintage-Ansatzes findet sich im RWI-Verkehrsmodell. Vgl. Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.): Ein Energiemodell für die Bundesrepublik Deutschland; Band 4: Private Haushalte. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft; Essen 1987; S. 69 ff.

¹⁹¹ Ein detaillierter Überblick über verschiedene solcher Modellklassen findet sich bei Dahl, C. A.; Sterner, T.: Analysing gasoline demand elasticities: A survey; in: Energy economics, vol. 13 (1991); S. 203 ff.; und bei Gommersbach, M. (1988); S. 260 ff. und begleitend S. 135 ff.

¹⁹² Tatsächlich weisen nur wenige ökonometrische Analysen auf die Schätzproblematik überhaupt hin. Vgl. Bohi, D. R.: Analyzing Demand Behavior: A Study of Energy Elasticities; Baltimore 1981; S. 19.

Die Anwendung von Lag-Adjustment-Modellen läßt unterschiedliche Interpretationen der Anpassungsverzögerung zu. Bezüglich der Pkw-Bestände soll im weiteren Verlauf der Arbeit allein von „Stock-adjustment“-Modellen gesprochen werden. Stock-Adjustment-Ansätze unterstellen implizit eine konstante Stilllegungsrate λ . Der Pkw-Bestand setzt sich demnach zusammen aus dem um die Stilllegungen reduzierten Bestand des Vorjahres $(1-\lambda)$ zuzüglich der Neuanschaffungen. Der Stock-Adjustment-Ansatz sowie alle anderen Interpretationen von Lag-Adjustment Modellen sind jedoch letztendlich nur Ausgangspunkt einer modelltechnischen Dynamisierung des direkten Modellansatzes, die bei allen autoregressiven Ansätzen zu einer gemeinsamen funktionalen Grundform führt.¹⁹³ In Analogie zu den Analysen von Dahl und Gommersbach wurden sowohl der private Bestand an Diesel- und Otto-Pkw als auch deren durchschnittlicher Hubraum mittels doppelt-logarithmischer Gleichungen direkt geschätzt.¹⁹⁴ Die Grundform der Schätzgleichung lautet hier wie auch in anderen Analysen stets:

$$\log \text{Bestand}_t = a + b \cdot \log \text{Determinanten} + c \cdot \log \text{Bestand}_{t-1} + u_t \quad (5.7)$$

Dabei bezeichnet $\log a$ das logarithmierte Absolutglied und u_t die Störvariable. In der Grundform umfaßt die Variable „Determinanten“ alle Einflußgrößen, die in den jeweiligen Modellansätzen zur Erklärung herangezogen werden können. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird die Auswahl der jeweiligen Einflußfaktoren, auf der Grundlage der hier skizzierten ökonomischen Grundtypen, explizit dargestellt und begründet.

¹⁹³ In Bezug auf den Pkw-Bestand und dessen durchschnittlichem Hubraum soll im folgenden von „Stock-Adjustment“-Ansätzen gesprochen werden. vgl. Gommersbach, M. (1988); S. 139.

¹⁹⁴ vgl. Dahl, C. A.: Consumer adjustment to a gasoline tax; in: The review of economics and statistics, vol. 61 (1979); S. 428; sowie Gommersbach, M. (1988); S. 271.

6 Ein ökonometrisches Modell zur Abbildung der Luftschadstoffbelastung im privaten Personenverkehr

Das vorliegende Modell soll einen Beitrag dazu liefern, die Luftschadstoffbelastung aus den „Phänomenen“ Mobilität und Verkehrsmittelwahl zu erklären. Die wesentlichen Determinanten der Entwicklung sollen identifiziert und die Stärke ihrer Einflüsse quantifiziert werden. Die Konzeption des Modells basiert in erster Linie auf der traditionellen Nachfrage Theorie. Über die Restriktion der verfügbaren Einkommen der privaten Haushalte werden Verkehrsleistung und Verkehrsmittelwahl vor allem über Transportpreise erklärt. Über die Einbeziehung von Bestandsgrößen (Pkw) erfährt die Modellkonstruktion eine Erweiterung über haushaltsproduktionstheoretische Ansätze. Die Nachfrage nach Verkehrsleistungen und die hieraus resultierenden Emissionen sind somit auch abhängig von der Ausstattung privater Haushalte mit Pkw. Auch müssen weitere Determinanten wie die Anzahl der Erwerbstätigen, sozioökonomische Indikatoren und die von Seiten des Staates bereitgestellte Verkehrsinfrastruktur berücksichtigt werden.

Das Modell soll für Politiksimulationen eingesetzt werden. Simulationen ermöglichen es, mit dem Modell kontrollierte Experimente durchzuführen und so mögliche Entwicklungspfade darzustellen. Der Einfluß der Determinanten resultiert aus ihrem signifikanten Erklärungsbeitrag in den Modellgleichungen. Unter Bezugnahme auf den theoretischen Teil der Arbeit soll über das Modell die ökonomische Effizienz von Umweltabgaben auf Kraftstoffe abgeschätzt werden. Neben dem Niveau der Emissionsvermeidung interessieren vor allem die damit verbundenen Kosten der Haushalte. Der Erklärungsbeitrag des Modells läßt sich durch folgende Merkmale kennzeichnen:

- Über die ökonometrische Darstellung von Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung und Modal Split wird ein Modell konstruiert, das die Nachfrage nach Mobilität mit sechs verschiedenen Verkehrsmitteln abdeckt.
- Es werden die verkehrsträger- und fahrtzweckspezifischen Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten ermittelt.
- Über die Verknüpfung von Verkehrsleistungen der Verkehrsmittel mit den jeweiligen Transportpreisen je Personenkilometer werden die variablen Kosten der privaten Haushalte für Verkehr abgebildet. Die Transportpreise des Straßenverkehrs werden modellendogen bestimmt.
- Jedem Verkehrsmittel werden Emissionen vier luftgetragener Schadstoffe (CO_2 , CO , NO_x und HC) zugewiesen.
- Der besondere Einfluß des Pkw-Verkehrs auf die Immissionsbelastung findet dadurch Berücksichtigung, daß zum einen zwischen Diesel und Vergaserkraftstoffen unterschieden wird. Zum anderen werden unterschiedliche Emissionscharakteristiken auf der Grundlage von Straßenverkehrsabläufen in die Analyse mit einbezogen. Es werden drei Straßenkategorien (Innerorts, Ausserorts und Autobahnen) unterschieden. Die Emissionen für CO , NO_x und HC werden über die Pkw-Fahrleistungen auf diesen Straßen berechnet.

6.1 Anmerkungen zu den statistischen Methoden

Die Formalisierung der ökonomischen Theorie durch statistische Modelle stützt sich häufig implizit auf die Vorstellung, die Gesamterscheinung sei additiv trennbar in Trend und Abweichung vom Trend. Während der Trend den eigentlichen substanzwissenschaftlichen Inhalt stützt, wird die Abweichung vom Trend als Zufallsvariable interpretiert.¹⁹⁵ Unklar ist, ob es sich um ein reines Meßproblem handelt, oder ob die zugrunde liegende Variable im Sinne der statistischen Wahrscheinlichkeit zu deuten und diese Deutung ihrerseits wieder als Präzisierung des Gedankens der Häufigkeit auf langer Sicht aufzufassen ist. Im Mittelpunkt der wissenschaftstheoretischen Diskussion des „Wahrscheinlichkeitsbegriffs“ steht demnach auch die Frage, was eigentlich unter „Wahrscheinlichkeit“ zu verstehen ist. Hierzu existieren verschiedene konkurrierende Interpretationen, wie sie die Auseinandersetzungen zwischen Objektivisten und Subjektivisten begleiten.¹⁹⁶ Sprechen Objektivisten von unbekanntem, aber existierenden Wahrscheinlichkeiten, resultiert Wahrscheinlichkeit aus Sicht der Subjektivisten aus „Nichtwissen“.

Eine detaillierte Analyse höherer Kraftstoffpreise sollte idealerweise alle wechselseitigen Beziehungen zwischen Reduktionskomponenten und Determinanten der Verkehrsnachfrage umfassen. Auch wenn ein solch hoher Anspruch, aufgrund der Komplexität des Verkehrsgeschehens, von einem ökonometrischen Modell nie vollständig zu erfüllen sein wird, lassen sich doch die Effekte höherer Kraftstoffpreise mit Hilfe simultaner Gleichungssysteme hinreichend genau prognostizieren.¹⁹⁷ Liegt das Ziel dieser Arbeit im Bau eines möglichst realistischen Modells, das Prognosen erlaubt, wird zugleich die Suche nach der „wahren“ Struktur der Verkehrsnachfrage ausgeklammert. Realität meint in diesem Zusammenhang, nicht die „wahr“ ablaufenden Strukturen zu erkennen, sondern vielmehr das „subjektiv Wahrzunehmende“ zu beschreiben. Subjektiv wahrzunehmen sind für diese Arbeit all diejenigen Informationen, die von der amtlichen Statistik und dem Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) zur Verfügung gestellt werden. Die theoriegestützten Hypothesen des Modells werden letztendlich danach beurteilt, wie gut sie numerische Ergebnisse produzieren, die mit diesen subjektiv wahrgenommenen Daten verträglich sind.¹⁹⁸

„Die Annahme dieser „als-ob-Position“ mag unbefriedigend erscheinen, aber es erscheint ausgeschlossen, ohne eine derartige Unterstellung begründet fortzufahren, dies würde Resignation vor den anstehenden Problemen bedeuten und kann deshalb nicht als fruchtbare Position aufgefaßt werden in Situationen, in denen man vor Handlungszwängen steht, die auf

¹⁹⁵ vgl. Dillmann, R. (1990); S. 174 ff.

¹⁹⁶ vgl. Stegmüller, W.: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie - Band IV, Studienausgabe Teil D - Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit – Jenseits von Popper und Carnap: Die logischen Grundlagen des statistischen Schließens; Berlin u. a. O. 1973; S. 220 ff.

¹⁹⁷ vgl. Oum, T. H.; Waters II, W. G.; Yong, J.-S.: Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates; in: Journal of transport economics and policy, vol. 26, London 1992; S. 146 f.

¹⁹⁸ vgl. Meissner, W.: Zur Methodologie der Simulation; in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft; Jg. 126 (1970); S. 393.

möglichst rationale Weise bewältigt werden sollen.¹⁹⁹ Infolgedessen muß in dieser Arbeit der Wahrscheinlichkeitsbegriff auch nicht wissenschaftstheoretisch diskutiert werden. Es wird vielmehr implizit das mathematische Wahrscheinlichkeitskalkül akzeptiert, welches keine Interpretation des zugrunde gelegten Wahrscheinlichkeitsbegriffs verlangt. Eine wissenschaftstheoretische Deutung ist erst dann notwendig, wenn man den Wahrscheinlichkeitsbegriff durch semantische Interpretationsregeln verschärft.²⁰⁰

Der Preiselastizitätskoeffizient η_{ii} bzw. η_{ij} simuliert eine gleichmäßige Intensität des Zu- und Abflusses von Verkehr bei Kraftstoffpreisänderungen. D.h.: er ergibt sich als Durchschnittswert über eine längere Zeitreihe. Allerdings verlief die Entwicklung der Kraftstoffpreise in der Vergangenheit eher moderat. Ein drastischer, dauerhafter Anstieg hat zu keinem Zeitpunkt stattgefunden. Infolgedessen läßt sich in der Retrospektive ein unmittelbarer Einfluß der Kraftstoffpreise auf die Pkw-Flotte und auf die Siedlungsstruktur nur selten nachweisen.²⁰¹ Prognosen des langfristig möglichen Anpassungsverhaltens privater Haushalte auf eine radikale Korrektur der Transportpreise bleiben deswegen häufig spekulativ.²⁰²

Der Aussagewert empirisch ermittelter Elastizitätswerte muß grundsätzlich vor dem Hintergrund des jeweiligen gesamtwirtschaftlichen Rahmens und der ökonometrischen Struktur des zugrundeliegenden Modellansatzes interpretiert werden. Von zentraler Wichtigkeit ist dabei der gesamtwirtschaftliche Rahmen, da sich die Modellergebnisse z.T. deutlich nach Ländern und Zeiträumen unterscheiden. Eine Interpretation von Elastizitätswerten setzt immer voraus, daß sowohl die räumliche als auch die zeitliche Dimension genau definiert sind.²⁰³ D.h., es muß mehr oder weniger vorausgesetzt werden, daß sich die gesamtwirtschaftlichen Bedingungen innerhalb des Modellrahmens hinreichend genau beschreiben lassen. Insbesondere existieren eine große Menge an Einflußfaktoren, die als fest vorgegeben, d.h. als nicht zufällig, betrachtet werden. Diese beeinflussen die geschätzten Kraftstoffpreiselastizitäten grundsätzlich. Abrupte, kurzfristige Veränderungen dieser Faktoren führen zu verzerrten Ergebnissen für Referenzjahre außerhalb des Störungszeitraums.²⁰⁴ Im privaten Verkehrsbereich spie-

¹⁹⁹ Dillmann, R. (1990); S. 177.

²⁰⁰ vgl. Stegmüller, W.: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie - Band IV, Studienausgabe Teil A - Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit – Aufgaben und Ziele der Wissenschaftstheorie. Induktion. Das ABC der modernen Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik; Berlin u. a. O. 1973; S. 129.

²⁰¹ Die Höhe des Pkw-Bestands in den wirtschaftlich hoch entwickelten Industrienationen folgt in der Vergangenheit in erster Linie der Entwicklung des Pro-Kopf-Einkommens. Ein isolierter Einfluß von Kraftstoffpreisen, die nur ein Teil der user-costs ausmachen, läßt sich für diese Länder nur schwach nachweisen. Vgl. Storchmann, K.-H (1993); S. 367.

²⁰² Ein gutes Beispiel hierfür bildet das Annahmengerüst der Prognos-Studie. Diese Arbeit stellt zwar einen Versuch dar, die einzelnen Reduktionskomponenten sinnvoll miteinander zu verbinden, allerdings auch nicht mehr. So arbeitet die Prognos-Studie mit einem fest vorgegebenen realen Kraftstoffpreiselastizität $\eta = -0,3$. Unter dem Hinweis, das Wirkungsgefüge nicht a priori bestimmen zu können, ist dieser Wert das Ergebnis der Zusammenfassung einer Vielzahl von Sekundäranalysen, die im einzelnen genannt aber nicht im Zusammenhang interpretiert und analysiert werden. Im Ergebnis wurde die Elastizität hier exogen, auf verschiedene subjektiv mehr oder weniger stark gewichtete Reduktionskomponenten, aufgeteilt. Zur Methodik der Prognos-Studie vgl. Rommerskirchen, S.; u. a. (1991); S. 63 ff.

²⁰³ Eine breite Übersicht über die Ergebnisse verschiedener Modelle der Verkehrsnachfrage findet sich bei Goodwin, P. B. (1992); S. 155 ff.

²⁰⁴ vgl. Teichmann, U. (1983); S. 72 f.

len vor allem folgende – im Modell exogen gehaltene – Einflußfaktoren eine wesentliche Rolle:

- Sozioökonomische Einflußgrößen,
- Raumstrukturen,
- das verfügbare Einkommen,
- die Verkehrsinfrastruktur.

Lagen vor 1991 allein die alten Bundesländer im Fokus der Betrachtung, sinkt mit der deutschen Wiedervereinigung vor allem der rechnerische Einfluß der drei letztgenannten Größen. Insbesondere die Raum- und Straßeninfrastruktur in der ehemaligen DDR waren wenig verkehrsförderlich. Darüber hinaus befanden sich Durchschnittseinkommen und Mobilitätsverhalten der Bevölkerung in den neuen Bundesländern auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Sodann gleicht sich dort die Entwicklung quasi im Zeitraffer immer mehr der Entwicklung im westlichen Teil Deutschlands an. Um diesen Strukturbruch im Modell aufzufangen, wurde versucht, das Anpassungsverhalten über Trendvariable zu approximieren. Dabei wurden verschiedene alternative Trendverläufe intuitiv getestet. Die beste Annäherung zeigte sich zumeist in Form einer abnehmenden geometrischen Reihe. Infolgedessen wurde ab dem Jahr 1991 der „Vereinigungstrend“ TDV im Modell einheitlich festgelegt als:

$$\text{TDV} = 0,3 + 0,7^T; \quad \{T/1991 = 1; \dots; 1998 = 8; \text{ vor } 1991 \text{ TDV} = 0\} \quad (6.1)$$

In den Regressionsgleichungen wurden insgesamt 41 Dummy-Variablen verwendet, d.h. im Durchschnitt entfällt auf eine Verhaltensgleichung ein Dummy.²⁰⁵ Die hohe Anzahl von Dummy-Variablen im Modell hat verschiedene Gründe. Zum einen wird der Strukturbruch der deutschen Wiedervereinigung nicht vollständig über den zuvor definierten Trend aufgefangen, so wurden allein zwischen 1990 und 1994 16 Dummy-Variablen gesetzt. Zum anderen werden in der amtlichen Statistik viele der möglichen Einflußgrößen auf das Verkehrsgeschehen nicht oder nur unvollkommen dokumentiert oder stammen aus unterschiedlichen Quellen. Daher ist es sehr schwierig, vollständiges und kongruentes Zahlenmaterial zu erhalten. Die Probleme, die sich aus der Datenproblematik ergeben, lassen sich am Beispiel des Verkehrsaufkommens im Berufsverkehr (AWBER) exemplarisch aufzeigen:

$$\begin{aligned} \text{AWBER} = & - 1183 + 554 \text{ ET} + \mathbf{388 \text{ D93}} + \mathbf{618 \text{ D94}} + \mathbf{649 \text{ D95}} & (6.2) \\ & (3281,7) \quad (62) \quad (2,3) \quad (3,7) \quad (3,9) \\ & \text{Stützbereich: 1978-1998; SE: 155; R2: 0,997; DW: 1,61} \end{aligned}$$

Im Modell wird die Anzahl der Wege im Berufsverkehr durch ein Konstante und auf Basis der Statistik der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (ET) erklärt. Bei gleicher Definition von Erwerbstätigen – bzw. bei identischer Systematik – dürften die Erwerbstätigenzahlen

²⁰⁵ Ein Dummy_x ist eine binäre Variable, die den Wert 1 im Jahr x und ansonsten den Wert 0 annimmt. Dummy-Variablen stehen im Modell als Platzhalter für nicht näher bestimmte Einflußgrößen.

die Anzahl der Wege im Berufsverkehr eindeutig erklären. Da dies jedoch z.T. nicht der Fall ist, können die Abweichungen nur mit den Unterschieden der verwendeten Systematiken erklärt werden. Die als erklärende Variable verwendete Statistik ET hat dabei den Vorteil der „langen, konsistenten Zeitreihe“, sie weist aber auch den Nachteil auf, daß lediglich alle versicherten Angestellten und Arbeiter einschließlich der Personen in beruflicher Ausbildung erfaßt werden. Nicht erfaßt werden dagegen Selbständige, mithelfende Familienangehörige, beitragsfrei leitende Angestellte, Personen in arbeitsmarktpolitische Maßnahmen (ABM) sowie Teilzeitkräfte, deren Wege zwischen Wohnort und Arbeitsstätte jedoch verkehrsstatisch dem Berufsverkehr zugerechnet werden. Da diese Unterschiede bei dem gegebenen Datenbestand nicht durch Vereinheitlichung aufgehoben werden können, liefern die positiven Koeffizienten der drei Dummy-Variablen zumindest einen plausiblen Hinweis auf die zu diesem Zeitpunkt besonders hohe Anzahl der in arbeitsmarktpolitischen Maßnahmen (ABM) eingebunden Personen in den neuen Bundesländern.²⁰⁶

Die Verhaltensgleichungen wurden alle mit der Kleinst-Quadrate-Methode (OLS) geschätzt. Die Methode der Kleinsten-Quadrate ist insbesondere durch ihre einfache Konzeption und leichte rechentechnische Handhabbarkeit gekennzeichnet. Außerdem werden hier keine Aussagen zum Verteilungstyp der Zufallsvariablen benötigt.²⁰⁷ Mit Hilfe der OLS-Schätzungen können statistische Tests und Konfidenzintervalle konstruiert werden, um damit die Abhängigkeit der Zielgrößen von den Determinanten der Verkehrsnachfrage zu beurteilen. Die im Modell verwendete Software „Visualeconometrics“ bietet solche Prüfmaße an. Daraus wurden folgende Prüfmaße als Gütekriterien für die einzelnen Verhaltensgleichungen des Modells ausgewählt:

Der Standardfehler (SE) der Schätzfunktionen ist ein Maß für die durchschnittliche Differenz, um welche die beobachteten Werte von ihren Schätzgleichungen abweichen.²⁰⁸ Residuen bzw. Fehler sind gängige Synonyme für die empirisch festzustellenden Punktabweichungen. Berechnet werden kann diese Abweichung aus der unbekanntem Varianz der Störvariablen s_u^2 . Über die Residuen \hat{u} läßt sich ein erwartungstreuer und konsistenter Schätzer für die Varianz der Störvariablen ermitteln.²⁰⁹

$$S_u^2 = \frac{\hat{u}'\hat{u}}{T - (k + 1)} \quad (6.3)$$

wobei T die Anzahl der Beobachtungen und k die Anzahl der betrachteten Einflußgrößen bezeichnet. Der Standardfehler der Verhaltensgleichung errechnet sich dann als Quadratwurzel aus (2):

²⁰⁶ vgl. Gürtler, J. u. a.: Arbeitsmarkt: Systemwandel hinterläßt tiefe Spuren; in ifo-Schnelldienst; Nr. 17-18, Jg. 48 (1995); S. 33 ff.

²⁰⁷ vgl. Dillmann, R. (1990); S. 179.

²⁰⁸ Standardabweichung der Werte von der Regressionslinie bzw. -ebene.

²⁰⁹ \hat{u}_t steht für die Abweichung zwischen Y und \hat{Y} im Zeitpunkt t. Die Darstellung \hat{u} steht für einen Vektor.

$$SE = \sqrt{\frac{\hat{u}'\hat{u}}{T - (k + 1)}} \quad (6.4)$$

Auch wenn die Anwendung der Kleinst-Quadrate-Methode nicht zwingend voraussetzt, daß die unbekanntenen Störvariablen frei von Autokorrelation sind, wird Korrelation der Störvariablen dazu führen, daß man die positiven Schätzeigenschaften der Kleinst-Quadrate-Methode nicht weiter aufrechterhalten kann.²¹⁰ Autokorrelation der Störvariablen kann sich als eine entsprechende Autokorrelation in den Residuen \hat{u} niederschlagen, muß es aber nicht.²¹¹ Der bekannteste Test, der Hinweise auf Autokorrelation der Störvariablen liefern kann, ist der Durbin-Watson-Test. Das Prüfmaß DW geht von folgenden Variablen aus:

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^T (\hat{u}_t - \hat{u}_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2} \quad (6.5)$$

Für den Fall, daß die Residuen frei von Autokorrelation sind, nimmt das DW-Prüfmaß den Wert zwei an. Nähert sich der DW-Wert den Randbereichen null bzw. vier, liegt ein Hinweis auf positive bzw. negative Autokorrelation vor. D.h., auf Autokorrelation kann nur dann geschlossen werden, wenn das Prüfmaß DW von zwei abweicht. Wie bereits erwähnt ist es aber auch sehr leicht möglich, daß eine deutliche Abweichung von zwei gar nicht das Ergebnis vorhandener Autokorrelation ist, sondern vielmehr aus einer Fehlspezifikation des Modells herrührt. So ist nie auszuschließen, daß der Einfluß wichtiger – i.d.R. exogener - Determinanten übersehen wird. Infolgedessen wurde im vorliegenden Modell stets versucht, nach plausiblen Kombinationen von Determinanten zu suchen und sich erst dann zufrieden zu geben, wenn auf Autokorrelation der Residuen nicht mehr geschlossen werden konnte. Umgekehrt kann aus Autokorrelation der Residuen nicht automatisch auf Autokorrelation der Störvariablen geschlossen werden. Insbesondere dann nicht, wenn mehrere erklärende Reihen mit starker Trendentwicklung in der Verhaltensgleichung enthalten sind, was für die Verhaltensgleichungen der Verkehrsnachfrage durchaus zutrifft.²¹² Im Hinblick auf Disaggregationstiefe und Rekursivität des Modells wurde darauf verzichtet, alternative Schätzmethode zu verwenden, um eventuell auftretende Fehlerprozesse zu spezifizieren. Insbesondere auch deswegen, weil nie gewährleistet werden kann, daß derartige Korrekturverfahren zu genaueren Schätzungen führen.²¹³

In den Verhaltensgleichungen wird der Erklärungsbeitrag der postulierenden unabhängigen Variablen auf die abhängigen Variablen durch das Bestimmtheitsmaß R^2 gemessen. Das Bestimmtheitsmaß nimmt eine herausragende Stellung unter allen Prüfmaßen ein, weil es von

²¹⁰ Vgl. Heil, J.: Einführung in die Ökonometrie; München 1996; S. 119 ff.

²¹¹ vgl. Schneeweiß, Ökonometrie, Würzburg, Wien (1971); S. 186.

²¹² vgl. Gollnick, H; Theil, N: Ökonometrie. Methoden und Anwendungen; Stuttgart 1980; S. 55 f.

²¹³ vgl. Belshey, D. A.: Sinnvolle Modelle in der Angewandten Statistik: ein sine qua non; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 41, Berlin 1990; S. 313 ff.

allen modellkonstituierenden Hypothesen (Funktionstyp, Art und Anzahl der Determinanten) beeinflußt wird und von daher die Adäquatheit einer Schätzgleichung beurteilt.²¹⁴ Je näher das Bestimmtheitsmaß R^2 an eins liegt, desto geeigneter ist die Spezifikation einzuschätzen. R^2 stellt den Quotienten aus erklärter Quadratsumme zur gesamten Quadratsumme dar. Es ist definiert als:

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\hat{Y}_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} \quad \text{oder} \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (6.6)$$

Im Fall, daß abhängige Variablen von nur einer Determinante signifikant erklärt werden, liefert das Bestimmtheitsmaß einen Hinweis auf einen monokausalen Zusammenhang. Im Modell werden die abhängigen Variablen in den meisten Fällen jedoch durch mehrere Determinanten erklärt. Infolgedessen wurden die erklärenden Variablen zum einen immer so gewählt, daß eine möglichst genaue, theoriekonforme Abbildung der abhängigen Variablen gewährleistet ist. Zum anderen ist es ebenso entscheidend zu prüfen, welche Determinanten die abhängigen Variablen mehr oder weniger stark beeinflussen. Zu diesem Zweck wird im Modell der t-Test herangezogen. Mit ihm kann unmittelbar geprüft werden, welche der postulierenden Determinanten einen systematischen Einfluß auf die abhängigen Variablen ausüben. Bei großen standardisierten t-Werten kann den Determinanten i.d.R. ein systematischer Einfluß zugesprochen werden.²¹⁵ Die Entscheidungsregel, die zur Ablehnung der Nullhypothese führt, lautet bei einseitiger Fragestellung wie folgt:

$$\frac{|\hat{b}_i|}{SE / \sqrt{\sum_{i=1}^T X_i^2}} > t_{T-k-1; \alpha} \quad \text{wobei } H_0 : \mathbf{b}_i = 0 \quad \text{und } H_1 : \mathbf{b}_i > 0 \text{ bzw. } H_1 : \mathbf{b}_i < 0 \quad (6.7)$$

Die Wahl des t-Tests erfolgt auch in dem Wissen, daß die erklärenden Variablen i.d.R. nicht voneinander unabhängig sind. Folgen die erklärenden Variablen einem gemeinsamen Trend, wird von Multikollinearität oder von Interkorrelation zwischen den erklärenden Zeitreihen gesprochen. Multikollinearität führt dazu, daß die Regressionskoeffizienten nicht mehr verläßlich zu schätzen und zu testen sind, da die Varianzen der geschätzten Regressionskoeffizienten in Abhängigkeit von dem Maß der Interkorrelation sehr groß werden können. Die Folge ist, daß sich die Einzeleinflüsse der korrelierten Determinanten nicht genau erfassen und trennen lassen, so daß in vielen Fällen nicht zu entscheiden ist, welche der Determinanten einen

²¹⁴ vgl. Heil, J. (1996); S. 147 und Assenmacher, W. Einführung in die Ökonometrie; München 1980; S. 115.

²¹⁵ Der kritische Wert $t_{T-k-1; \alpha}$ gibt die Grenze des Ablehnungsbereichs an, bei der die Beobachtungen die Annahme einer Kausalwirkung nicht rechtfertigen. Der kritische Wert t ist abhängig von der Anzahl der Freiheitsgrade ($T-k-1$) und der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit (α). Zum Beispiel liegt der zu übertreffende Wert $t_{16; 0,05}$ bei 1,746 und für $t_{16; 0,0005}$ bei 4,015. In den meisten Fällen liegen die standardisierten t-Werte im vorliegenden Modell bei weit über 4, womit ein signifikanter Einfluß der korrespondierenden Einflußgrößen mit großer Sicherheit nicht abgelehnt werden kann.

systematischen Einfluß ausüben und welche nicht.²¹⁶ Dieses mathematische Problem verstärkt sich insbesondere bei einer vergleichsweise hohen Anzahl von erklärenden Variablen. Diese Problematik ist jedoch weniger ein Schätz- als ein Datenproblem, was nur schwer zu lösen ist.²¹⁷ Aus diesem Grund werden im Zweifelsfall auch jene erklärenden Variablen in den Verhaltensgleichungen beibehalten, die zwar nicht signifikant von Null verschieden getestet worden sind, aber dennoch einen modellkonformen Beitrag zur Erklärung der abhängigen Variablen liefern.

6.2 Datenbasis

Die Berechnung aussagekräftiger und durch statistische Prüfmaße gesicherter Regressionskoeffizienten und Elastizitätswerte setzt voraus, daß während der Referenzperiode möglichst viele Änderungen der Kraftstoffpreise stattgefunden haben. Weiterhin wird durch die Modellkonzeption ein Anspruch an das Datenmaterial gestellt, der nicht immer zu erfüllen ist. Viele Zeitreihen in der amtlichen Statistik sind lückenhaft. Das liegt zum einen an häufig wechselnden Abgrenzungen bei der Erfassung und Aufbereitung der Zahlen. Zum anderen lassen sich vor allem in der Retrospektive wichtige Datensätze nicht zurückverfolgen.²¹⁸ D.h., je länger die Referenzperiode, desto häufiger müssen Zeitreihen durch Schätzungen ergänzt werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Daten zwischen 1978 und 1998 gesammelt. Der Beginn der jeweiligen Zeitreihe stellt einen Kompromiß zwischen der Notwendigkeit längerfristiger Beobachtungen und der Qualität des Datenmaterials dar. Im einzelnen wurden quantifiziert:

- die fahrtzweckspezifischen Verkehrsaufkommen,
- die fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen,
- die durchschnittliche Länge der Wege,
- die Verkehrsleistungen der Verkehrsträger (Modal Split),
- die fahrtzweckspezifischen Auslastungen der Pkw,
- die Fahrleistungen der Pkw,
- Bestand, Struktur und Kraftstoffverbrauch der privaten Pkw-Flotte,
- die Tarife der öffentlichen und gewerblichen Verkehrsträger, die Kraftstoffpreise und die fahrtzweckspezifischen Transportkosten der Pkw,
- die privaten Verkehrsemissionen CO₂, CO, NO_x und HC.

Charakterisiert ist die private Mobilität durch den Fahrtzweck, der sich aus dem die Ortsveränderung auslösenden Motiv ergibt, und durch die Art der Verkehrsteilnahme. Dabei werden nur die Ortsveränderungen betrachtet, bei denen alternative Verkehrsmittel konkurrieren können. D.h. Fußwege auf dem eigenen Grundstück bleiben unberücksichtigt. Die entsprechend

²¹⁶ vgl. Assenmacher, W. (1980); S. 134 ff.; und Gollnick, H.; Thiel, N.(1980); S. 48 ff.

²¹⁷ vgl. Assenmacher, W. (1980); S. 138 ff.

²¹⁸ Das betrifft vor allem die Zahlen über Diesel-Pkw. Auch veröffentlicht das Statische Bundesamt Zahlen zu dem Verkehrsaufkommen nach Fahrscheinkategorien im Linienverkehr des ÖSPV erst ab 1980.

notwendige Disaggregation der Verkehrsdaten orientiert sich an den Abgrenzungen der „Kontinuierlichen Erhebung des Verkehrsverhaltens“ (KONTIV). Es handelt sich hierbei um Hochrechnungen von Haushaltsbefragungen, die erstmals in den Jahren 1975/76 durchgeführt wurden und seitdem in unregelmäßigen Abständen wiederholt werden.²¹⁹ Die Ergebnisse werden vom „Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung“ (DIW) aufbereitet und in der Datensammlung des Bundesministers für Verkehr „Verkehr in Zahlen“ veröffentlicht.²²⁰ Diese Darstellung erlaubt es, den Geschäfts- und Dienstreiseverkehr vom Personenverkehr abzugrenzen, womit der Bezugspunkt zur theoretischen Analyse der Verkehrsentwicklung über den Beitrag der neoklassischen Konsumtheorie fixiert ist. Die privaten Fahrzwecke sind wie folgt voneinander abgegrenzt:

- Der Berufsverkehr umfaßt alle Fahrten bzw. Wege zwischen Wohnung und Arbeitsplatz, bei denen Hin- und Rückfahrt innerhalb eines Zeitraums von 24 Stunden liegen. Fahrten von Wochenendpendlern werden dem Freizeitverkehr zugerechnet. Beruflich bedingte Fahrten innerhalb der Arbeitszeit werden vom DIW dem Geschäftsverkehr zugewiesen.
- Im Ausbildungsverkehr sind alle Fahrten oder Wege zwischen Wohnung und Ausbildungsplatz, einschließlich der Begleitfahrten von Eltern, zusammengefaßt.
- Der Einkaufsverkehr umfaßt alle Fahrten oder Wege, deren Zweck der Einkauf von Gütern oder der Besuch von Ärzten, Behörden etc. ist.
- Im Freizeitverkehr sind alle übrigen Fahrten oder Wege erfaßt, welche sich nicht den anderen Zwecken zuordnen lassen.
- Der Urlaubsverkehr ist die Summe aller Freizeitfahrten mit fünf und mehr Tagen Dauer. Im Modell wurden alternativ zur Vorgehensweise des DIW die Freizeitfahrten des Flugverkehrs dem Urlaubsverkehr zugewiesen.

Der Disaggregation vorgelagert sind Angaben für den gesamten Personenverkehr. Sowohl die Summen als auch die relativen Anteile der Verkehrszwecke folgen zumeist den Angaben des DIW. Diese Angaben sind insbesondere grundlegend für die fahrtzweckspezifische Abgrenzung des privaten Pkw- und des nicht motorisierten Verkehrs im Modell. Die Zahlen werden vom DIW ständig aktualisiert, so daß sich die Größen von Veröffentlichung zu Veröffentlichung häufig unterscheiden. Aus diesem Grund beziehen sich die entsprechenden Daten im Modell ausschließlich auf die kompatiblen Veröffentlichungen „Verkehr in Zahlen“ der Jahrgänge 1997 bis 1999.

Die Ermittlung konsistenter Zeitreihen ist allein mit Hilfe der Daten des DIW nicht zu erreichen. Zwar werden vom DIW im Prinzip alle notwendigen Daten zur Verfügung gestellt, allerdings können diese nicht ohne weiteres in Form von Zeitreihen übernommen werden, da

²¹⁹ Wege, bei denen mehrere Verkehrsmittel benutzt werden, werden mit Ausnahme der Wege zu Fuß jeder einzelnen Verkehrsart zugerechnet, also mehrfach gezahlt. Zu den Erhebungs- und Aufbereitungsverfahren vgl. Hautzinger, H.: Haushaltsbefragungen vom KONTIV-Typ: Hochrechnung–Gewichtung–Genauigkeitsbeurteilung; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft; Jg. 60 (1989); S. 345 ff. sowie Jg. 61 (1990); S. 15 ff.

²²⁰ Bei der Aufbereitung des Mobilitätsverhaltens berücksichtigt das DIW dabei eine Vielzahl weiterer Quellen. Vgl. z.B. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 1999; S. 206.

sie teilweise in deutlichem Widerspruch zu anderen amtlichen Quellen stehen. Neben den Daten des DIW stehen tief disaggregierte Zahlen des Statistischen Bundesamtes zu den öffentlichen und gewerblichen Verkehrsträgern zur Verfügung. Die Quellen unterscheiden sich vor allem für den Ausbildungs- und Berufsverkehr. Im Gegensatz zu den Daten des KONTIV-Typs, liefert das Statistische Bundesamt jedoch, unabhängig von dem Zeitpunkt der Veröffentlichung, transparente und widerspruchsfreie Datensätze.²²¹ Aus diesem Grund wurde für den Verkehr mit Eisenbahn, ÖSPV und Flugzeugen prinzipiell den Angaben des Statistischen Bundesamtes gefolgt.

6.2.1 Pkw-Verkehr

Die Anzahl der privaten Diesel und Otto-Pkw wurde den Veröffentlichungen des Kraftfahrt-Bundesamtes entnommen, die beide Größen ab 1987 getrennt voneinander ausweisen.²²² Für die Jahre zuvor wird von der amtlichen Statistik nicht zusammen nach Haltergruppen und Antriebsenergien unterschieden. Infolgedessen mußte für die zurückliegenden Jahre bis 1978 die Struktur der privaten Pkw-Flotte geschätzt werden. Allerdings ist die Gefahr, hierdurch eine spürbare Strukturverletzung zu begehen, sehr gering. Zum einen spielten Diesel-Pkw in der Vergangenheit insgesamt nur eine kleine Rolle. Zum anderen ist die Bedeutung dieser Fahrzeuge ehemals im Geschäfts- und Dienstreiseverkehr am größten, was auch die differenzierten Daten ab 1987 unterstreichen. Neben der Anzahl an Pkw steht die durchschnittliche Fahrzeuggröße im Fokus der vorliegenden Analyse, da diese eng korreliert mit dem spezifischen Kraftstoffverbrauch der Pkw ist.²²³ Als ein Indikator für das Gewicht und die Motorleistung kann der durchschnittliche Hubraum verwendet werden.²²⁴ Mit Hilfe der Datensammlung des Kraftfahrt-Bundesamtes läßt sich der durchschnittliche Hubraum der privaten Pkw-Flotte quantifizieren.²²⁵ Ab dem Jahr 1984 weist das Kraftfahrt-Bundesamt weiterhin den durchschnittlichen Hubraum der Diesel-Pkw aus.²²⁶ Aufgrund der sehr geringen Anzahl an Diesel-Pkw wurde von einer Schätzung zurückliegender Jahre abgesehen. Auch reicht das Datenmaterial nicht aus, den durchschnittlichen Hubraum der Diesel-Pkw nach privat und geschäftlich zugelassenen Fahrzeugen zu trennen. Infolgedessen wurden die kumulierten Zahlen des Kraftfahrt-Bundesamtes für die privaten Diesel-Pkw beibehalten.

²²¹ Zu der gleichen Einschätzung kommen auch Storchmann und Kloas. Vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 57 ff. sowie Kloas, J. u.a.: Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1980; Berlin 1985; S. 28.

²²² vgl. Kraftfahrt-Bundesamt: Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern; Flensburg 19xy; Übersicht 1x: Bestand an Personenkraftwagen am 1. Juli 19xy nach Haltergruppen und Antriebsenergien.

²²³ vgl. Storchmann, K.-H. (1993); S. 368; und Gorißen, N.: The Need of Low Consuming and Emitting Automobiles; in: OECD and International Energy Agency; Low Consumption / Low Emission Automobiles; Paris 1991; S. 127 ff.

²²⁴ vgl. Kohlhaas, M. u. a. (1994); S. 88 f.

²²⁵ Die Quantifizierung erfolgte über Kraftfahrt-Bundesamt: Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern; Übersicht 1x: Bestand an Personenkraftwagen am 1. Juli 19xy nach Haltergruppen und Hubraumklassen, sowie Übersicht 1x: Bestand an Personenkraftwagen am 1. Juli 19xy nach KW- und Hubraumklassen.

²²⁶ vgl. Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern; Übersicht xy: Bestand an Personenkraftwagen mit Dieselmotor am 1. Juli 19xy nach KW- und Hubraumklassen.

Ausgehend vom Mineralölverbrauch und dem Kfz-Bestand, werden vom DIW mit Hilfe von Modellrechnungen die Fahrleistungen verschiedener Fahrzeugtypen ermittelt, und abgeleitet davon die zweckspezifischen Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistungen im motorisierten Individualverkehr (MIV) bestimmt. Aus Gründen der Überschaubarkeit bei der Modellkonstruktion und wegen des geringen Anteils der Mopeds und Krafträder am MIV wurde auf eine Differenzierung nach Pkw und Krafträdern verzichtet. D.h., im Modell ist unter dem Pkw-Verkehr der gesamte motorisierte Individualverkehr zu verstehen.²²⁷ Sind zum einen die Angaben des DIW grundlegend für das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung im Pkw-Verkehr, folgt zum anderen die Disaggregation nach Verkehrszwecken ebenfalls dieser Quelle.²²⁸ Für zehn der einundzwanzig Jahre des Beobachtungszeitraums stehen disaggregierte Daten zur Verfügung. Für die restlichen elf Jahre dazwischen mußten die Anteile der Verkehrszwecke mehr oder weniger intuitiv geschätzt werden. Dabei konnte allerdings z.T. auf ältere Veröffentlichungen des DIW zurückgegriffen werden. Auch fand die jährliche Entwicklung der Erwerbstätigen- und Auszubildendenzahlen Berücksichtigung.

Das DIW weist die Fahrleistungen der privaten Haushalte zusammen mit den Fahrleistungen des Geschäfts- und Dienstreiseverkehrs aus. Die jährlichen Fahrleistungen der privaten Pkw-Flotte lassen sich jedoch aus den Kraftstoffausgaben privater Haushalte, den durchschnittlichen Kraftstoffpreisen sowie dem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge berechnen.²²⁹ Während erst genannte Größen statistisch hinreichend genau gesichert sind, ist die Festlegung auf einen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch ungleich schwieriger durchzuführen, da dieser das Ergebnis einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren ist. Insofern können Annahmen über den spezifischen Kraftstoffverbrauch am ehesten zu einer Unter- oder Überschätzung der privaten Fahrleistungen führen. Die vorliegende Datenbasis stützt sich auf die Angaben des DIW zu Diesel- und Otto-Pkw.²³⁰ Allerdings wird vom DIW nicht nach privat und geschäftlich genutzten Pkw unterschieden. Dabei ist jedoch einerseits davon auszugehen, daß private Haushalte über relativ kleinvolumigere Fahrzeuge verfügen, wodurch der spezifische Spritverbrauch privat genutzter Pkw entsprechend niedriger einzuschätzen ist als der von Geschäftsfahrzeugen. Andererseits ist die von privaten Haushalten geführte Flotte im Mittel eher älteren Datums, was für einen höheren spezifischen Kraftstoffverbrauch privater Pkw spricht. Unklar ist, welcher Effekt dominiert. Infolgedessen wurden in der Datenbank die Angaben des DIW für die privaten Pkw beibehalten.

Die durchschnittliche Auslastung der Fahrzeuge stellt das Bindeglied zwischen Verkehrs- und Fahrleistungen dar. Angaben zur durchschnittlichen Besetzung der Pkw nach Fahrtzwecken

²²⁷ Die anteilmäßigen Fahrleistungen der Krafträder im MIV liegen im Beobachtungszeitraum zumeist unter 5 v.H. Vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B2: Kraftfahrzeugverkehr - Fahrleistungen nach Kraftfahrzeugarten.

²²⁸ vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B5: Personenverkehr: Verkehrsaufkommen –Beförderte Personen in Mio.; Verkehrsleistung –Personenkilometer in Mrd.; Anteile der Fahrtzwecke an den Verkehrsbereichen.

²²⁹ Zahlen zu den Kraftstoffausgaben privater Haushalte finden sich in Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabelle B7: Ausgaben privater Haushalte für Kraftstoffe - in Mio. DM.

²³⁰ Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B7: Kraftstoffverbrauch, Kraftstoffpreise, Fahrleistungen im Straßenverkehr.

finden sich in der Datensammlung des Bundesministers für Verkehr „Verkehr in Zahlen“ nur für wenige Jahre.²³¹ Da sich die fahrtzweckspezifischen Auslastungsgrade z.T. deutlich unterscheiden, zeigen sich hier Spannbreiten zwischen durchschnittlich 1,09 Personen im Berufsverkehr und 2,79 Personen im Urlaubsverkehr. Mit Hilfe dieser Eckwerte und in Gegenüberstellung mit dem Quotienten aus Gesamtverkehrsleistung und Gesamtfahrleistung wurden die fahrtzweckspezifischen Auslastungsgrade für jedes Jahr iterativ berechnet. Aus dem Quotienten liest sich insgesamt ein asymptotischer Rückgang der Auslastungsgrade ab. Die Eckwerte liefern daneben einen Hinweis auf einen relativ deutlichen Rückgang der Auslastungsgrade im privaten Gelegenheitsverkehr.²³² Neben den Kraftstoffkosten und dem spezifischen Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge ist die durchschnittliche Anzahl der Pkw-Insassen je Fahrt mit entscheidend für das Niveau der Transportkosten des Pkw-Verkehrs. Diese lassen sich durch Division der Kraftstoffkosten je Fahrzeugkilometer mit den durchschnittlichen Auslastungen der Pkw berechnen. Da sich die Auslastungsgrade je nach Fahrzweck deutlich unterscheiden, zeigt sich bei den Transportkosten z.B. 1998 eine Spannweite zwischen 12,3 Pf/pkm für Berufs- und 5,3 Pf/pkm für Urlaubsfahrten.

6.2.2 ÖSPV

Der öffentliche Straßenpersonenverkehr (ÖSPV) umfaßt den gesamten Kraftomnibusverkehr sowie den Verkehr mit Straßenbahnen, Stadtbahnen und U-Bahnen.²³³ Fahrtzweckdifferenzierungen lassen sich hinreichend genau mit Hilfe von Angaben des Statistischen Bundesamtes für einzelne Verkehrszwecke bzw. Fahrscheinkategorien vornehmen.²³⁴ Tabelle 6.1 stellt die Disaggregationstiefe in Bezug auf Verkehrsaufkommen (Wege), durchschnittliche Reiseweite, Verkehrsleistung und Verkehrseinnahmen dar. Nach erfolgter Zuordnung der fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen lassen sich die korrespondierenden Transportpreise jeweils durch Division der entsprechenden Einnahmen mit den Personenkilometern berechnen.²³⁵ Das Verkehrsaufkommen, die Reiseweiten, die Verkehrsleistungen und die Einnahmen der Kleinunternehmen mit weniger als 6 Bussen im privaten Gelegenheitsverkehr wurden nur bis 1983 vom Statistischem Bundesamt erfaßt. Ab dem Jahr 1984 (1991) mußte deren Verkehrsauf-

²³¹ Neben den Jahren 1982, 1986 und 1989 fanden auch die Angaben für 1976 Berücksichtigung. Die Zahlen finden sich in Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B5: Personenverkehr – motorisierter und nicht motorisierter Verkehr – nach Fahrt – bzw. Wegezwecken und Verkehrsarten; Einzelne Veröffentlichungen vor 1992.

²³² Zur Entwicklung fahrtzweckspezifischer Auslastungsgrade des Pkw-Verkehrs vgl. auch Cerwenka, P.; Rommerskirchen, S.; Personenverkehrsprognosen für die Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000; in: Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V.; Nr.48; Frankfurt a.M. 1985; S.37.

²³³ Die Begriffe ÖPSV und ÖPNV stiften in der verkehrspolitischen Diskussion häufig für Verwirrung, da sie manchmal als Synonyme verwendet werden. Der Unterschied zwischen beiden liegt darin, daß der ÖPNV alle öffentlichen Nahverkehre einschließlich derjenigen der Eisenbahn subsumiert, wohingegen der ÖSPV den gesamten öffentlichen Straßenpersonenverkehr unabhängig von dessen Reiseweite erfaßt.

²³⁴ vgl. Statistisches Bundesamt: Straßenpersonenverkehr 19xy; Fachserie 8, Reihe 3; Tabelle 1: Straßenpersonenverkehr nach Unternehmensformen sowie Verkehrsarten und –formen, und Tabelle 3: Allgemeiner Linienverkehr nach Unternehmensformen und Fahrausweisarten.

²³⁵ Einnahmen sind allein die Erlöse aus dem Fahrkartenverkauf. Nicht einbezogen sind Ausgleichszahlungen und andere Zuschüsse der öffentlichen Hand sowie die auf Unterkunft und Verpflegung entfallenden Anteile der Umsätze aus dem Gelegenheitsverkehr.

kommen mit 30 Mio. Wegen (35 Mio.) und deren Verkehrsleistung mit 6 Mrd. Personenkilometern (7 Mrd.) geschätzt werden. Die Einnahmen aus den Beförderungsdienstleistungen der Kleinunternehmen wurden anteilmäßig aus den Einnahmen der privaten Busunternehmen im Gelegenheitsverkehr berechnet.

Tabelle 6.1

Die Abgrenzung des ÖSPV nach Verkehrsarten bzw. Fahrscheinkategorien				
Verkehrsart	Wege	Reiseweite	Verkehrsleistung	Einnahmen
Allgemeiner Linienverkehr				
Einzel- und Mehrfahrtenkarten	+	0	0	+
Zeitfahrausweise	+	0	0	+
Schüler-Zeitfahrausweise	+	0	0	+
Freifahrausweise	+	0	0	unentgeltlich
Gesamt	+	+	+	+
Freigestellter Schülerverkehr				
+	+	+	+	unentgeltlich
Sonderlinienverkehr				
Berufsfahrten	+	+	+	+
Markt- & Theaterfahrten	+	+	+	+
Schülerfahrten	+	+	+	+
Gelegenheitsverkehr				
Ausflugsfahrten	+	+	+	+
Urlaubsfahrten	+	+	+	+
Mietomnibusverkehr	+	+	+	+
Abgrenzung des Statistischen Bundesamtes. Freifahrausweise = Schwerbehindertenausweise und sonstige Freifahrausweise. Schüler-Zeitfahrausweise = Schüler- inkl. Studenten- und anderen Ausbildungstickets. + = Angaben vorhanden; 0 = Angaben nicht vorhanden.				

Für Berufsfahrten im allgemeinen Linienverkehr wurde angenommen, daß Wege zur Arbeitsstätte ausschließlich mit Zeitfahrausweisen zurückgelegt werden. Allerdings werden Erwerbstätige, die im Besitz von Zeitfahrausweisen sind, diese auch für andere Zwecke nutzen. Es wurde daher weiter angenommen, daß im gesamten Betrachtungszeitraum 10 v.H. der Wege mit Zeitfahrausweisen zu anderen Zwecken als Berufsfahrten stattfanden. Zur Festlegung der Verkehrsleistung und ad hoc der durchschnittlichen Reiseweite liegen, nicht nur für den Bereich der Zeitfahrausweise im allgemeinen Linienverkehr, keine gesonderten Informationen vor. Es ist jedoch davon auszugehen, daß im Berufsverkehr mit Zeitfahrausweisen tendenziell eher größere Entfernungen als sonst im allgemeinen Linienverkehr zurückgelegt werden.²³⁶ Die durchschnittliche Reiseweite wurde daher hier um 25 v.H. angehoben. Daneben finden Berufsfahrten auch im Sonderlinienverkehr gemäß § 43 PBefG statt. Hierbei handelt es sich um Fahrten, die nur der betreffenden Zielgruppe zur Verfügung gestellt werden.

Für den Ausbildungsverkehr werden vom Statistischen Bundesamt der freigestellte Schülerverkehr, Schülerfahrten im Rahmen des Sonderlinienverkehrs und das Verkehrsaufkommen mit ermäßigten Schüler-Zeitfahrausweisen im allgemeinen Linienverkehr veröffentlicht. Für den letztgenannten Verkehr wurden prinzipiell die gleichen Annahmen wie für den Berufs-

²³⁶ vgl. Kloas, J. (1985); S. 37.

verkehr getroffen, mit der alleinigen Ausnahme, daß hier die Anzahl der Wege für andere Zwecke auf 15 v.H. festgelegt wurde.

Für den Bereich des privaten Gelegenheitsverkehrs nimmt der Urlaubsverkehr eine Sonderstellung ein, da das Statistische Bundesamt die genaue Anzahl der Anzahl und Leistungen der Ferienzeitreisen mit Bussen ausweist. Allerdings ist anzunehmen, daß ein Teil der Fahrten mit Mietomnibussen ebenfalls für Urlaubsreisen anfällt.²³⁷ In der Datenbank wurden daher 10 v.H. der Zahlen für Mietomnibusse dem Urlaubsverkehr zugesprochen. Allerdings beruht die Festlegung der fahrtzweckspezifischen Urlaubstarife allein auf den Quotienten aus Verkehrsleistung der Urlaubsfahrten mit dessen Einnahmen.

Zur Bestimmung der übrigen Zeitreihen wurde zunächst die Differenz zwischen den ÖSPV-Größen insgesamt und den zuvor berechneten Zeitreihen des Ausbildungs, Berufs und Urlaubsverkehrs gebildet. Um die Zahlen für den Einkaufs- und Freizeitverkehr aus den Restgrößen zu berechnen, wurde als Maßstab für die Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistungen die Relationen der Zeitreihen des KONTIV-Typs herangezogen. Für diese Verkehre wurde im Modell ein Durchschnittstarif festgelegt.

6.2.3 Eisenbahnverkehr

Der Eisenbahnverkehr subsumiert den Schienenverkehr der Deutschen Bahn und der nicht-bundeseigenen Eisenbahnen. Die Disaggregationstiefe der Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes gleicht nicht annähernd derjenigen im ÖSPV.²³⁸ Allein für das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistungen des Berufs- und des Ausbildungsverkehrs zu ermäßigten Tarifen werden jährliche Zahlen bis 1994 veröffentlicht. Ab 1995 mußten diese Größen mit Hilfe von Angaben des KONTIV-Typs geschätzt werden. Auch werden die Einnahmen aus dem Personenverkehr nur aggregiert ausgewiesen. Da im Nahverkehr die Berufs- und Ausbildungsfahrten dominieren, wurden für diese Verkehre die ermäßigten Tarife des S-Bahnverkehrs gemeinsam herangezogen. Da die Angaben nur bis 1993 reichen, wurde der ermäßigte S-Bahntarif mit Hilfe von Angaben zur Preisentwicklung von Monatskarten fortgeschrieben.²³⁹

Eisenbahnwege zur Berufs- und Ausbildungsstätte werden nicht allein mit Zeitfahrausweisen der Eisenbahnen durchgeführt. Da im Nahverkehr die Verkehrsunternehmen zu Verkehrsün-

²³⁷ ebenda; S. 39.

²³⁸ Es werden allein die Wege und Leistungen des Nah- und Fernverkehrs ausgewiesen. Bis März 1995 wurden die im Nahverkehr enthaltenen Wege und Leistungen des Berufs- und Schülerverkehrs nachgewiesen. Vgl. Statistisches Bundesamt: Eisenbahnverkehr 19xy; Fachserie 8, Reihe 2; Tabelle 1: Gesamtübersicht.

²³⁹ Zeitreihen zu ermäßigten S-Bahntarifen finden sich in Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B7: Transporteinnahmen – DPf je Kilometer. Das Statistische Bundesamt weist Preisindizes für die alten und neuen Bundesländer getrennt aus. Zur Berechnung einer Größe wurde in der Datenbank ein konstantes Mengenverhältnis von 3 zu 1 unterstellt. Die Preisindizes finden sich in Statistischem Bundesamt; Fachserie 17; Reihe 7: Preise und Preisindizes für die Lebenshaltung: Angaben zu Verkehr, Nachrichtenübermittlung, DB-Schienenverkehr, ABO-Monatskarte, 2 Klasse.

den zusammengeschlossen sind, gelten im Personennahverkehr der Eisenbahn auch die Fahrkarten der Unternehmen des ÖSPV. Infolgedessen ist die Anzahl der Wege im Berufs- und Ausbildungsverkehr höher zu schätzen. Der hierfür gewählte methodische Ansatz entspricht demjenigen der Studie von Kloas und Kuhfeld.²⁴⁰ Ausgehend von einem Wert für das Jahr 1978 wurden die Verkehrsaufkommen geschätzt, indem die Veränderungsraten des Berufs- und Schülerverkehrs mit Zeitfahrausweisen übertragen wurden.²⁴¹ Die durchschnittlichen Entfernungen wurden der amtlichen Statistik direkt entnommen.²⁴²

Die Anzahl der Wege und die Verkehrsleistungen im privaten Gelegenheitsverkehr der Eisenbahn wurden auf der gleichen Weise wie diejenigen im ÖSPV geschätzt. Der Urlaubsverkehr nimmt gleichfalls eine Sonderstellung ein, da dem DIW gesonderte amtliche Tourismus-Zahlen zur Verfügung stehen, die bei der Aufbereitung der KONTIV-Daten Berücksichtigung finden.²⁴³ Infolgedessen wurden für den Urlaubsverkehr mit der Bahn die Zahlen des KONTIV-Typs übernommen.

6.2.4 Flugverkehr

Das besondere Charakteristikum des Flugverkehrs liegt in seiner Internationalität. D.h., an dem Flugverkehr von und zu deutschen Flughäfen nehmen sowohl deutsche wie auch ausländische Unternehmen teil. Während die verkehrsspezifischen Eckwerte von der amtlichen Statistik sehr detailliert dokumentiert werden, stehen Umsatzzahlen für ausländische Fluggesellschaften im Deutschlandverkehr nicht zur Verfügung. Der durchschnittliche Flugtarif im Modell für Urlaubsreisen beruht daher allein auf den Umsätzen deutscher Unternehmen, unabhängig ob deren Leistung im Inland oder Ausland erbracht wurden.²⁴⁴ Das Statistische Bundesamt grenzt das Verkehrsaufkommen sowie die Verkehrsleistungen des Flugverkehrs u.a. wie folgt ab:

- Verkehr innerhalb Deutschlands (Binnenflugverkehr),
- Verkehr mit Gebieten außerhalb Deutschlands – Abgang,
- Verkehr mit Gebieten außerhalb Deutschlands – Ankunft.

Dahingehend erfaßt das Statistische Bundesamt Flugbewegungen sowohl bis zum Zielflughafen wie auch allein über dem Bundesgebiet. Der Flugverkehr wird im Modell nach dem sogenannten Zielflughafenkonzept abgegrenzt. Das Zielflughafenkonzept erfaßt den Binnenflugverkehr und den grenzüberschreitenden Abflugverkehr.²⁴⁵ Im Gegensatz zu der Erfassung der

²⁴⁰ vgl. Kloas, J. (1985); S. 34 f.

²⁴¹ Die Ausgangswerte von 428 Mio. Wegen im Berufsverkehr bzw. 228 Mio. Wegen im Ausbildungsverkehr sind identisch mit denjenigen bei Kloas und Kuhfeld.

²⁴² Ausgehend von den Zahlen des Jahres 1994, wurden ab dem Jahr 1995 konstante Reiseweiten mit 19,75 km im Berufs- bzw. 16,44 km im Ausbildungsverkehr unterstellt.

²⁴³ vgl. Kloas, J. (1985); S. 12; sowie Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B1: Urlaubsreisen in ausgewählte Länder – nach benutzten Verkehrsmitteln.

²⁴⁴ vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen A2: Fluggesellschaften.

²⁴⁵ vgl. Statistisches Bundesamt: Luftverkehr; Fachserie 8, Reihe 6; 19xy; Tabelle 4: Verkehrsleistungen.

Flugverkehrsleistungen innerhalb der Grenzen der Bundesrepublik Deutschland beim DIW werden hier die Verkehrsleistungen bis zum ausländischen Zielflughafen mit eingeschlossen.²⁴⁶ Zum einen ist dadurch gewährleistet, daß die Entwicklung der durchschnittlichen Reiseweiten erfaßt wird. Zum anderen wird der grenzüberschreitenden Wirksamkeit klimarelevanter Emissionen Rechnung getragen. Um die zweckspezifische Differenzierung des DIW auf die vorgenommene Abgrenzung übertragen zu können, wurde unterstellt, daß generell 20 v.H. des Binnenflugverkehrs auf den Urlaubs- und 80 v.H. auf den Geschäfts- und Dienstreiseverkehr zurückzuführen sind.²⁴⁷

6.2.5 Fahrrad- und Fußgängerverkehr

Offizielle statistische Informationen über den Fußgänger- und Fahrradverkehr existieren nicht. Infolgedessen müssen die Daten vom KONTIV-Typ die alleinige Grundlage für die Zuweisung zweckspezifischer Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistungen bilden. Diese Zahlen sind jedoch statistisch nur schwach gesichert. Je nach Veröffentlichung in „Verkehr in Zahlen“ divergieren die Angaben z.T. erheblich. Absolute Zahlen zum Verkehrsaufkommen konnten der Veröffentlichung „Verkehr in Zahlen 1997“ für sieben Jahre während des Beobachtungszeitraums entnommen werden. Für die restlichen vierzehn Jahre wurden die Größen im Trend geschätzt. Insgesamt ist dabei die Entwicklung durch einen mehr oder weniger deutlichen Rückgang des Fußgängerverkehrs gekennzeichnet.

Zur Ermittlung zweckspezifischer Verkehrsleistungen wurden ad hoc für jeden Zweck konstante Wegelängen unterstellt. Die Größen wurden auf der Grundlage der Studie von Kloas und Kuhfeld als Mittelwerte über sieben Jahre (1976-1982) berechnet.²⁴⁸ Da sich die durchschnittlichen Entfernungen je nach Wegezweck z.T. deutlich unterscheiden, zeigen sich bei den mittleren Wegelängen im Fußgängerverkehr (Fahrradverkehr) Spannbreiten zwischen 0,8 km (1,75 km) für Einkaufswege und 1,5 km (3,25 km) für Freizeitwege. Durch Multiplikation der konstanten Wegelängen mit dem jeweiligen Verkehrsaufkommen resultieren im Modell die zweckspezifischen Verkehrsleistungen.

²⁴⁶ Das DIW grenzt den Flugverkehr nach dem Territorialkonzept ab. Dort werden nur die Verkehrsleistungen über dem Bundesgebiet ausgewiesen. Zu verschiedenen Formen der Abgrenzung des Flugverkehrs vgl. Höpfner, U. u. a. (1992); S. 1 f.

²⁴⁷ Nach der Abgrenzung im Modell schließen die Urlaubsflüge zeitlich kurze Reisen von weniger als 5 Tagen Dauer mit ein. Es kann angenommen werden, daß viele solcher Reisen innerhalb Deutschlands stattfinden. Da die Angaben in „Verkehr in Zahlen 1999“ in Widerspruch zu früheren Veröffentlichungen und vor allem zu den Angaben der amtlichen Statistik stehen, wurden allein die zweckspezifischen Anteile aus „Verkehr in Zahlen 1997“ sowie früherer Veröffentlichungen der Abgrenzung zugrundegelegt. Die Bilanzierung wurde mit Hilfe folgender Tabellen vorgenommen: Statistisches Bundesamt: Luftverkehr; Fachserie 8, Reihe 6: Tabelle 4.1: Leistungen über dem Bundesgebiet; Tabelle 4.2.2: Verkehr nach dem Ausland (Abgang); Tabelle 5.1.1: Verflechtung des Verkehrs innerhalb Deutschlands – Ein-/Austeiger; Tabellen 5.2: Verflechtungen im Verkehr mit Gebieten außerhalb Deutschlands.

²⁴⁸ Kloas, J. (1985); S. 48 f.

6.2.6 Abbildung der Emissionen im Modell

Im Modell werden die Emissionen von CO₂, CO, NO_x und HC privaten Personenverkehrs mit Hilfe von 37 Definitionsgleichungen bestimmt. Die variablen Inputs in den Definitionsgleichungen sind die modellendogen berechneten Verkehrsleistungen der motorisierten Verkehrsträger bzw. die fahrzweckspezifischen Fahrleistungen und die aggregierten Kraftstoffverbräuche der Diesel- und Otto-Pkw. Aufgrund der komplexen und mengenmäßig bedeutsamen Emissionscharakteristiken der Pkw umfassen die meisten Definitionsgleichungen (21) diese Verkehrsart. Die definitorisch formulierten Zusammenhänge beziehen sich im einzelnen auf

- die Emissionen von CO₂, CO, NO_x und HC der öffentlichen und gewerblichen Verkehrsträger (12),
- die CO₂-Emission des Pkw-Verkehrs (1),
- die fahrzweckspezifischen Emissionen von CO, NO_x und HC des Pkw-Verkehrs (20),
- die jeweiligen Gesamtemissionen des privaten Personenverkehrs (4).

Die Emissionen der öffentlichen und gewerblichen Verkehrsmittel werden durch Multiplikation aus den jeweiligen Gesamtverkehrsleistungen mit den spezifischen Emissionskoeffizienten errechnet. Die exogen vorgegebenen Emissionskoeffizienten geben die Emissionen je Personenkilometer an. Diese werden im Beobachtungszeitraum den Angaben des Umweltbundesamtes entnommen.²⁴⁹ Eine Änderung der Luftschadstoffbelastung resultiert in den Modellrechnungen ceteris paribus allein aus den Verkehrsleistungen dieser Verkehrsmittel.

Tabelle 6.2

Fahrleistungen der Pkw nach Fahrzwecken und Straßenkategorien					
1985; in v.H.					
	Ausbildung	Beruf	Einkauf	Freizeit	Urlaub
Autobahn	35,0	17,5	11,6	23,5	53,0
Außerorts	38,0	34,2	26,4	36,3	46,9
Innerorts	27,0	48,3	62,0	40,2	0,1

Quelle: Eigene Berechnungen nach Schmitz

Die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs werden in einer Definitionsgleichung berechnet.²⁵⁰ Sie sind Resultat des Kraftstoffverbrauchs der Diesel- und Otto-Pkw. Bei den Emissionen CO, NO_x und HC wird unterschieden, welche Fahrleistungen auf welchen Straßenkategorien erbracht werden. Eine solche Unterscheidung ist notwendig, da einerseits die Fahrzeugarten Diesel- und Otto-Pkw aufgrund charakteristischer motortechnischer Eigenschaften starke Unterschiede im Emissionsverhalten aufweisen und da andererseits mit bestimmten Straßen-

²⁴⁹ Die Angaben stammen aus der unveröffentlichten Emissionsdatei Tremod des Umweltbundesamtes.

²⁵⁰ Die spezifische Dichte von Dieseldieselkraftstoff (Ottokraftstoff) wird mit 0,835 kg je Liter (0,75 kg je Liter) fixiert. Der Heizwert von Dieseldieselkraftstoff (Ottokraftstoff) beträgt 42705 kJoule je kg (43543 kJoule je kg). 74 Tonnen CO₂ entstehen bei der Verbrennung von 1 Mio. kJoule Dieseldieselkraftstoff. 72 Tonnen CO₂ entstehen bei der Verbrennung von 1 Mio. kJoule Ottokraftstoff. Die Umrechnungsfaktoren lauten dementsprechend: 2,639 kt CO₂ je 1 Mio. Liter Dieseldieselkraftstoff und 2,352 kt CO₂ je 1 Mio. Liter Ottokraftstoff.

kategorien typische Geschwindigkeitsabläufe in Zusammenhang stehen, die ihrerseits emissionsrelevant sind. Die Fahrleistungen von Diesel- und Vergaser-Pkw werden im Modell zu gleichen Teilen auf die verschiedenen Fahrzwecke aufgeteilt. Für alle Fahrleistungen der Diesel- und Otto-Pkw, unterschieden nach den in Tabelle 6.2 aufgeführten Straßenkategorien, wurden Emissionskoeffizienten vom Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt. Um in den Modellrechnungen den Einfluß des technischen Fortschritts zumindest teilweise miteinzubeziehen, werden die Emissionskoeffizienten in den Definitionsgleichungen über den spezifischen Kraftstoffverbrauch gewichtet. Die Kategorisierung der Straßenverkehrsabläufe wurde Schmitz entnommen.²⁵¹ Die Darstellung erfolgt hier für das Jahr 1985. Diese Größenordnungen werden für jedes Jahr im Untersuchungszeitraum als repräsentativ übernommen.

6.3 Konzeption und Aufbau

Das Analyseobjekt ist die Gesamtmobilität privater Haushalte. Dem Pkw-Verkehr kommt allerdings bei den Emissionsberechnungen ein besonderer Stellenwert zuteil, da auf ihn der größte Anteil der Verkehrsleistungen entfällt und da er die größten Emissionsmengen erzeugt. Zudem stellt der Pkw-Verkehr ein komplexes System aus unterschiedlichen Fahrzeugtypen, Fahrtzweckstrukturen und Straßenverkehrsabläufen dar. Ihm wird nicht nur bei dem Ausmaß der Immissionsbelastung ein gravierendes Gewicht zugeschrieben. Sowohl bei der Verkehrsmittelwahlentscheidung als auch für die generelle Steigerung der Mobilität kann der Pkw-Verkehr als einer der dominierenden Einflußfaktoren angesehen werden. Während bei den öffentlichen Verkehrsmitteln dahingehend abstrahiert wird, daß die Emissionskoeffizienten je Personenkilometer dem Modell exogen vorgegeben werden, werden die Emissionen des Pkw-Verkehrs im Modell genauer quantifiziert und analysiert.

Das vorliegende Modell versteht sich als Partialmodell. Einkommenseffekte finden keine Berücksichtigung.²⁵² Auch werden Kapazitätseffekte bei den öffentlichen und gewerblichen Verkehrsmitteln ausgeblendet. Auswirkungen einer veränderten Nachfrage und Struktur dieser Verkehrsträger auf deren Tarife werden nicht analysiert.²⁵³ Das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte und die Verkehrspreise des ÖSPV, Eisenbahn- und des Luftverkehrs

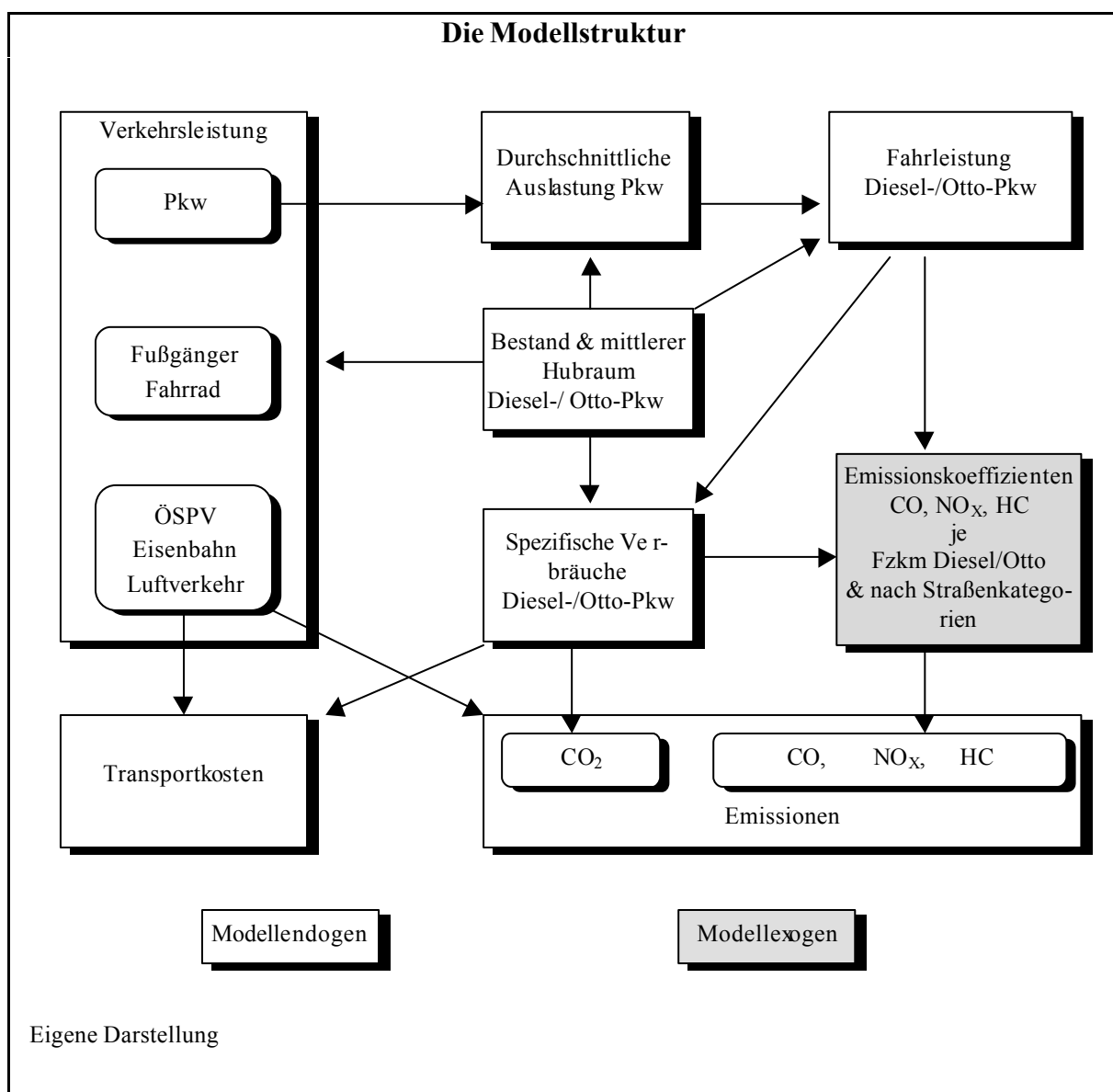
²⁵¹ vgl. Schmitz, S. (1990); Tabelle 11: Fahrleistungen von Personen- und Kombinationskraftwagen nach Fahrzwecken und Straßenkategorien in der Bundesrepublik Deutschland 1985 in Mio. Fzg.-km; S. 209.

²⁵² Es wird unterstellt, daß das zusätzliche Steueraufkommen in Form eines Ökobonus einkommensneutral zurückverteilt wird.

²⁵³ Für den Flugverkehr wird die Annahme getroffen, daß Kerosin nicht besteuert wird. Aufgrund der Multinationalität des Flugverkehrs wird in der breiten umweltpolitischen Diskussion von einem nationalen Alleingang bei der Besteuerung von Kerosin Abstand genommen. Für den Eisenbahnverkehr und den ÖSPV sind allerdings Auswirkungen der Nachfrageänderungen auf die Tarife anzunehmen. Zum einen, weil Dieselkraftstoff ein bedeutender Inputfaktor zur Erstellung der dortigen Verkehrsleistungen darstellt. Zum anderen können über eine Änderung des Modal Split in Richtung grenzkostenintensiver Verkehre (Ausbildung und Beruf) Kapazitätseffekte induziert werden, die zu einer deutlichen Veränderung der Kosten-Einnahmen-Relation führen können. Eine ausführliche Analyse der Effekte höherer Kraftstoffpreise auf die Tarife des ÖPNV findet sich bei Storchmann. Eine Veränderung kann hier vor allem über Kapazitätseffekte eintreten. Kostensteigernd wirkt vor allem eine hohe Frequentierung im Ausbildungs- und Berufsverkehr. Der Anteil der Kraftstoffkosten an den Gesamt-

sind in der Referenzlösung und in den Simulationen exogen vorgegeben. Die Struktur des vorliegenden Modells entspricht weitgehend der Struktur des ökonometrischen ÖPNV-Modells von Storchmann.²⁵⁴ Der Unterschied zwischen beiden Modellen liegt darin, daß Storchmann die Interdependenz von Verkehrspreisen und Kapazitätseffekten analysiert, wogegen im vorliegenden Modell die Wirkungskette aus Kraftstoffpreisen, Verkehrsleistungen und Emissionen untersucht wird. Gemeinsam ist beiden, daß die Verkehrsleistungen (Fahrleistungen) des Pkw-Verkehr in Abhängigkeit von den, nach Verkehrszwecken differenzierten, intermodalen Konkurrenzen geschätzt wird. In die Verhaltensgleichungen beider Modelle gehen sowohl der Pkw-Bestand als auch die verkehrsträger- und fahrtzweckspezifischen Eigen- und Kreuzpreiselastizitäten ein.

Abbildung 6.1



kosten kann für die öffentlichen Verkehrsträger mit circa 5 v.H. beziffert werden. Vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 124 ff.

²⁵⁴ ebenda; S. 87 ff.

Die Modellstruktur ist rekursiv. Die Lösung des Gleichungssystems erfolgt simultan. Die Ordnung der abhängigen Variablen innerhalb des Systems ist streng hierarchisch. Im Unterschied zu interdependenten Modellen sind hier alle Relationen zwischen den Variablen unilateral. Der Vorteil rekursiver Modelle besteht darin, daß stochastische Abhängigkeit zwischen den unabhängigen Variablen der Gleichungen und den Fehlervariablen vermieden wird, wodurch die einfach zu handhabende Methode der kleinsten Quadrate (OLS) als Schätzverfahren herangezogen werden kann.²⁵⁵ Unter der Annahme, daß die Fehlervariablen der einzelnen Verhaltensgleichungen voneinander stochastisch unabhängig und normalverteilt sind, führt die Methode der kleinsten Quadrate zu unverzerrten Parameterschätzungen im Modell.²⁵⁶ Die Verhaltensgleichungen wurden i.d.R. für den Zeitraum 1978 bis 1998 geschätzt. Für einzelne Gleichungen wurde, vor allem aufgrund fehlender amtlicher Statistiken bezüglich der eingehenden Variablen, der Stützzeitraum verkürzt. Es wurde die Weiterentwicklung des Softwarepakets IAS, VisualEconometrics benutzt.

Das vorliegende Modell besteht aus 126 Gleichungen. 52 exogene Variablen gehen mit in das Modell ein. Die Kraftstoffpreise für Diesel- und Ottokraftstoffe werden aus den exogenen Größen Herstellungskosten, Mineralölsteuern und Mehrwertsteuer berechnet. In den Simulationsrechnungen wurden in beide Gleichungen Umweltabgaben hinzugefügt. Es wurden 41 Verhaltensgleichungen geschätzt. 20 exogene Determinanten fließen als erklärende Variablen in die Verhaltensgleichungen ein. Der Einfluß der Determinanten in den einzelnen Verhaltensgleichungen wird im weiteren Verlauf der Arbeit ausführlich dargestellt. Über 36 definitorische Zusammenhänge zu Verkehrsleistungen, Fahrleistungen, Kraftstoffverbräuchen und Transportkosten des Pkw-Verkehrs wurde das Modell geschlossen. Die Berechnung der Emissionen und Transportausgaben privater Haushalte erfolgte rekursiv. Insgesamt wurden definitorisch quantifiziert:²⁵⁷

- die fahrtzweckspezifischen Gesamtverkehrsleistungen (5),
- die fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen der Pkw (5),
- die Gesamtverkehrsleistungen der Verkehrsträger (5) sowie die Gesamtpersonenverkehrsleistungen (1),
- der private Pkw-Bestand (1) durch Addition der modellendogen erklärten Anzahl an Diesel- und Otto- Pkw,
- die fahrtzweckspezifischen Fahrleistungen der Pkw (5) sowie die Gesamtfahrleistung (1),
- die Fahrleistungen der Diesel- und der Otto-Pkw (2),
- der Kraftstoffverbrauch der Diesel- und Otto-Pkw (2),
- die Kraftstoffpreise für Diesel, Otto sowie den mittleren Kraftstoffpreis (3),

²⁵⁵ vgl. Theil, H.: Economic forecasts and policy; Amsterdam u.a.O. 1975; S. 239.

²⁵⁶ Wold weist nach, daß unter den oben genannten Annahmen bezüglich der Fehlervariablen die Methode der kleinsten Quadrate zu unverzerrten Parameterschätzungen führt, wenn die Variablen, die in den einzelnen Modellgleichungen auftreten, nicht gemeinsam abhängig sind. Vgl. Wold, H.; Demand Analysis; Stockholm, New York 1952; S. 64 ff.; und Menges, G.; Ökonometrie; Wiesbaden 1961; S. 52 ff.

²⁵⁷ Die Zahlen in Klammern geben die jeweilige Anzahl an Definitionsgleichungen an.

- die Kraftstoffkosten je Fahrzeugkilometer (1) sowie die fahrtzweckspezifischen Transportkosten des Pkw-Verkehrs (5),
- die privaten Verkehrsemissionen (37),
- die Transportkosten der privaten Haushalte (12).

Die Ermittlung der privaten Verkehrsemissionen und der Transportkosten erfolgt im Modell „top-down“. Zuerst wurden mit jeweils fünf Verhaltensgleichungen die Komponenten der Verkehrsentstehung, die Anzahl der fahrtzweckspezifischen Wege und die durchschnittlichen Entfernungen je Weg getrennt voneinander geschätzt. Die hieraus definitorisch ermittelten fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen wurden auf die sechs Verkehrsträger

- Pkw
- Öffentlicher Straßenpersonenverkehr (ÖSPV)
- Eisenbahn
- Flugverkehr
- Fahrrad
- zu Fuß

verteilt. Dabei wurden alle Verkehrsleistungen, bis auf die Verkehrsleistungen des Pkw-Verkehrs, geschätzt. Aus Gründen der Kompatibilität mit den fahrtzweckspezifischen Gesamtverkehrsleistungen sind die fahrtzweckspezifischen Pkw-Verkehre jeweils definitorisch als Restgrößen berechnet worden.²⁵⁸ Der Einfluß des jeweiligen Pkw-Verkehrs wirkt über die zweckspezifischen Transportpreise der Pkw und über den Pkw-Bestand auf die Leistungen der anderen Verkehre mit, so daß in der Gesamtheit die intermodale Konkurrenz für jede Verkehrsleistung gewährleistet ist. Die Emissionen und die Transportkosten der öffentlichen wie gewerblichen Verkehrsträger werden im Modell definitorisch durch Multiplikation von Verkehrsleistung und Emissionskoeffizienten bzw. Verkehrspreisen ermittelt. Besonders für die Ermittlung der dort anfallenden Emissionen kann aus drei Gründen diese Vereinfachung als zulässig angesehen werden:

- Der Anteil des privaten Flugverkehrs (Urlaub) an der Gesamtverkehrsleistung betrug 1998 8,9 v.H., wobei lediglich 22,7 v.H. der Flugverkehrsleistungen über dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland stattfanden. Das Ausmaß der Luftschadstoffbelastung durch den Flugverkehr in Deutschland ist im Vergleich zum Pkw-Verkehr dementsprechend niedrig.
- Die Anteile der Emissionen des ÖSPV und der Eisenbahnen an den Gesamtverkehrsemissionen sind im Vergleich zum Pkw-Verkehr sehr gering. Zum Beispiel lag 1998 der Anteil dieser Verkehrsträger an der CO-Emission bei 0,6 v.H.
- Die durchschnittliche Auslastung der öffentlichen wie gewerblichen Verkehrsträger bestimmt weitgehend deren verkehrsleistungsspezifische Emissionscharakteristik. Während

²⁵⁸ Konzeptionell ist die gewählte Vorgehensweise mit der von Storchmann identisch. Vgl. Storchmann, K. H. (1999); S. 95.

des Beobachtungszeitraums waren die Schwankungen der Durchschnittsauslastungen gering, was auf flexible Kapazitätsanpassungen der Verkehrsträger schließen läßt.

Im Gegensatz hierzu werden die Emissionen und die Transportkosten des Pkw-Verkehrs über den modellendogen berechneten Kraftstoffverbrauch bestimmt. Die CO₂-Emission steht dabei in einem festen Verhältnis zum Diesel- und Otto-Kraftstoffverbrauch. Im Fall der Emissionen CO, NO_x und HC sind daneben zwei weitere Faktoren von großer Bedeutung. Zum einen muß nach Fahrzeugtypen unterschieden werden, da die Emissionscharakteristiken der Diesel- und Otto-Pkw stark voneinander abweichen. Zum anderen sind diese Emissionen stark abhängig von den Straßenverkehrsabläufen, auf denen der Verkehr stattfindet. Die Übertragung der Pkw-Verkehrsleistungen in Richtung auf die im Modell relevanten Faktoren erfolgt mehrstufig. Neben dem Einfluß des spezifischen Kraftstoffverbrauchs erklären sich die Beziehungen im wesentlichen durch die erbrachten Fahrleistungen der Diesel- und Otto-Pkw auf unterschiedlichen Straßenkategorien.

6.4 Determinanten der Verkehrsnachfrage

Unter dem Begriff der „privaten Mobilität“ lassen sich allgemein alle Wege und Fahrten zu Zielen, an denen Aktivitäten privater Individuen ausgeübt werden, zusammenfassen. Nicht eingeschlossen ist der Geschäfts- und Dienstreiseverkehr, da die Mobilität hier allein gewerblich motiviert ist, ohne die eigentliche dauernde Arbeitsstätte zu berühren. Aus dem Bedarf nach Aktivitäten entsteht ein Bedarf an Ortsveränderungen. Wenn dieser Bedarf nach Ortsveränderungen von den Haushalten realisiert werden soll, entsteht eine Nachfrage nach Verkehrsleistungen. Die individuelle Nachfrage nach Aktivitäten stellt dabei die fundamentale Größe der privaten Verkehrsnachfrage dar, da sie mit den individuellen Bedürfnissen der Personen in engstem Zusammenhang steht.²⁵⁹ Eine Vielzahl von Analysen der Verkehrsmobilität zeigen eine ausgeprägte Verhaltenshomogenität für Bevölkerungsgruppen mit bestimmten Aktivitätenmustern auf.²⁶⁰ Das individuelle Aktivitätenmuster hängt davon ab, welcher Art die Aktivitäten sind, wie häufig und an welchem Ort sie ausgeübt werden und welche Zeit sie in Anspruch nehmen.²⁶¹ Bei den Fragen, welche Faktoren die private Verkehrsnachfrage beeinflussen und wie groß die Bedeutung der einzelnen Determinanten ist, muß daher konsequenterweise bei der Analyse der individuellen Aktivitätennachfrage angesetzt werden. In Anlehnung an „KONTIV“ werden daher fünf verschiedene Teilmobilitäten (Fahrzwecke) definiert:

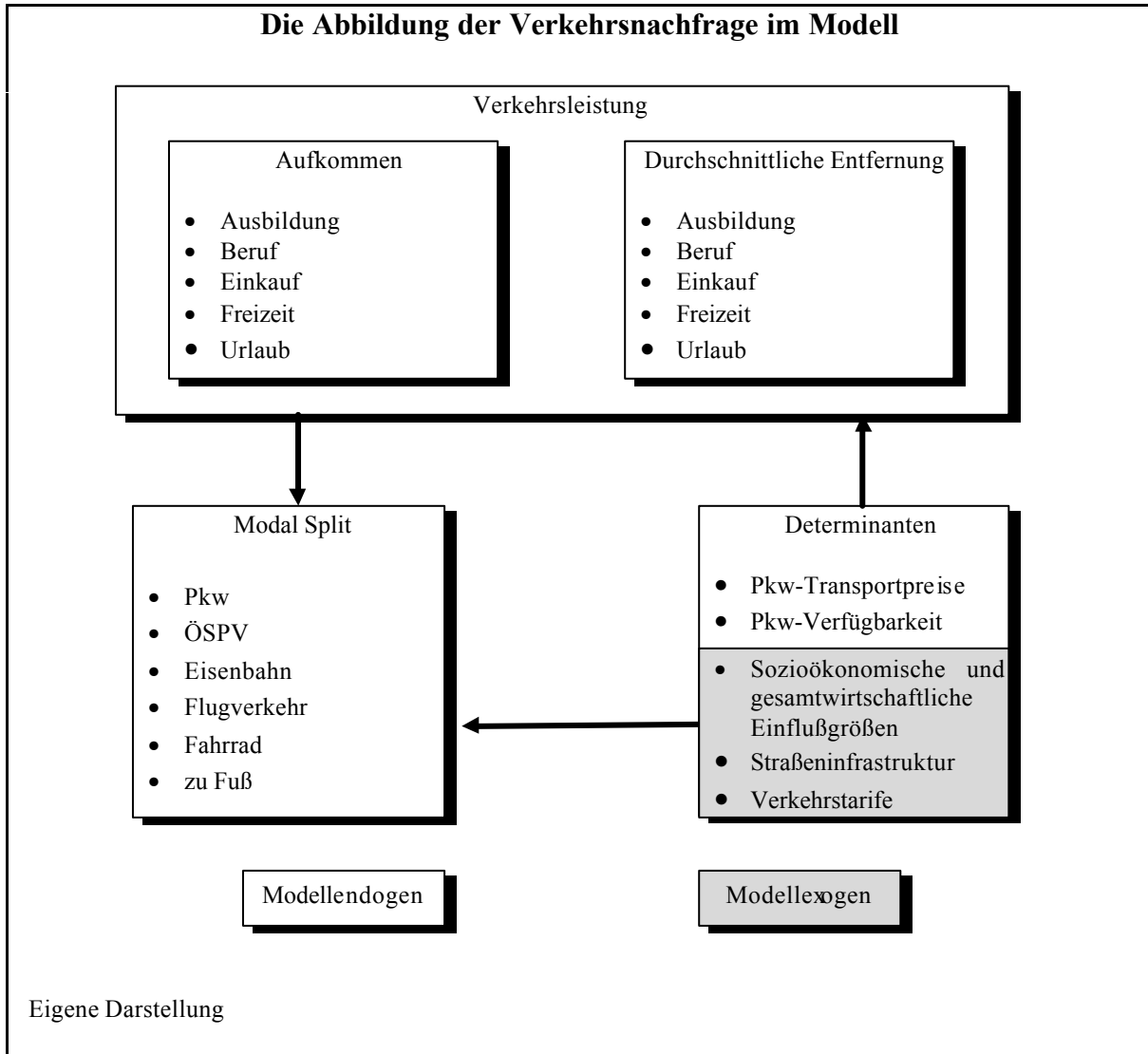
²⁵⁹ vgl. Wermuth, M. (1978a); S. 8 ff

²⁶⁰ vgl. Kutter, E.; Holzapfel, H.; Martens, G.: Ermittlung von Variablen und Parametern möglicher Gesamtmodelle für Verkehrsanalyse und Verkehrsprognose auf der Grundlage der amtlichen Statistik; in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 339; Bonn-Bad Godesberg 1981; sowie Wermuth, M. (1978b): Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs; München 1978.

²⁶¹ vgl. Gotthardi, G.; Hautzinger, H.; Tassaux, B.: Mobilitätschancen und Mobilitätsverhalten –Indikatorensystem für eine laufende Beobachtung der Mobilitätsentwicklung auf der Basis des Mikrozensus -Analyse des Mikrozensus 1984-; Zürich 1984; S. IV.

- Ausbildung
- Beruf
- Einkauf
- Freizeit
- Urlaub

Abbildung 6.2



Die Verkehrsnachfrage wird in der allgemeinen Verkehrsforschung üblicherweise mit den Indikatoren Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung beschrieben. In diese Abgrenzung geht auch die durchschnittliche Entfernung der Wege mit ein, die das Bindeglied zwischen Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung darstellen. Im vorliegenden Modell wird die private Mobilität durch die nach Fahrzwecken getrennte Angabe von Wegehäufigkeit und Wegelänge errechnet. Bei diesem Vorgehen bleibt bei einer Veränderung der Verkehrsleistung erkennbar, ob diese aus einer veränderten Anzahl an Wegen oder veränderten Reiseweiten

oder beidem resultieren.²⁶² Die Pkw-Verfügbarkeit in den einzelnen Aktivitätengruppen bestimmt wesentlich die Entwicklung der durchschnittlichen Entfernungen. Nur im Eisenbahn- und im Flugverkehr sind die durchschnittlichen Reiseentfernungen länger. Im Vergleich zum Eisenbahnverkehr haben sich jedoch die durchschnittlichen Wegelängen des Pkw-Verkehrs ständig vergrößert.²⁶³ Dieses ist auch auf den von staatlicher Seite bevorzugten Ausbau der Straßeninfrastruktur zurückzuführen, wohingegen bei der Bahn im Beobachtungszeitraum sogar Strecken abgebaut worden sind. Die Pkw-Verfügbarkeit für eine Person ist im allgemeinen abhängig von dem Besitz eines Führerscheins und dem Vorhandensein eines oder mehrerer Pkw im eigenen Haushalt. Wer über einen Pkw verfügt, wird ihn auch nutzen, solange ihn nicht situationsbedingte Sachzwänge daran hindern.²⁶⁴

Die Pkw-Verfügbarkeit der einzelnen Aktivitätengruppen bestimmt im wesentlichen auch, wie die Teilmobilitäten in Zeit und Raum verwirklicht werden. Wer über einen Pkw verfügt, ist auf kein anderes Verkehrsmittel angewiesen. Eine Ausnahme bildet allein der Urlaubsverkehr, wo sehr große Entfernungen nur mit dem Flugzeug zurückgelegt werden können. Die Pkw-Verfügbarkeit kann jedoch nicht allein die Verkehrsmittelwahl der Haushalte erklären. Die Verkehrsmittelwahl ist ebenfalls abhängig von den spezifischen Merkmalen des vorhandenen Verkehrssystems. Die spezifischen Merkmale des Verkehrssystems umschreiben ein komplexes interdependentes Wirkungsgefüge von Eigenschaften konkurrierender Verkehrsmittel (z.B. Erreichbarkeit von Haltestellen, Bedienungshäufigkeit, Reisegeschwindigkeit, Parkplatzverfügbarkeit, Transportpreise), die sich einer isolierten Betrachtung weitgehend entziehen, da zwischen den Eigenschaften i.d.R. starke korrelative Zusammenhänge bestehen.²⁶⁵ Als eine Folge hiervon ist der Einfluß von Transportpreisen bei den einzelnen Verkehrsträgern unterschiedlich stark ausgeprägt, so daß bei den motorisierten Verkehrsmitteln je nach Fahrzweck eine mehr oder weniger intensive Preiskonkurrenz herrscht.²⁶⁶ Ist im Ausbildungsverkehr der Einfluß höherer Kraftstoffpreise aufgrund der altersbedingten geringen Pkw-Verfügbarkeit ohnehin stark eingeschränkt, so ist in den anderen Fahrzwecken der Einfluß von Transportpreisen in erster Linie abhängig von den dort stattfindenden Aktivitäten. Das Aktivitätenmuster im Berufs- und Einkaufsverkehr ist eindeutig auf Fahrten zur Berufs- und Einkaufsstätte zu fixieren. Im Berufsverkehr schränken oft objektive Sachzwänge wie Flexibilität und Pünktlichkeit Substitutionsmöglichkeiten des Pkw-Verkehrs zugunsten anderer Verkehrsmittel stark ein. Die räumliche Konzentration der Einkaufsstätten fördert den Trend zu Großeinkäufen, so daß der Einkaufsverkehr häufig nur mit dem Pkw durchgeführt werden kann. Anders ist die Preisreagibilität im Freizeitverkehr einzuschätzen. Hier ist das Aktivitätenmuster ausgesprochen inhomogen (z.B. Spaziergänge und Ausflugsfahrten), was die Menge potentieller Einflußgrößen erhöht. Der mit dem Freizeitverkehr verbundene Zeit-

²⁶² vgl. Haupt, T.; Mott, P.: Aufbereitung von Ergebnissen der Stadtverkehrsforschung -Ermittlung der Verkehrsnachfrage-; in: Forschung Stadtverkehr; Heft A 4 (1988); S. 14.

²⁶³ Die durchschnittlichen Entfernungen im privaten Pkw-Verkehr stiegen zwischen 1978 und 1998 um 6,6 v.H., wohingegen die mittleren Reiseweiten des Eisenbahnverkehrs im gleichen Zeitraum um 5,8 v.H. fielen.

²⁶⁴ vgl. Wermuth, M. (1978a); S. 97.

²⁶⁵ vgl. Jahnke, C.-D.; Seute, J.: Aufbereitung von Ergebnissen der Stadtverkehrsforschung - Pilotstudie: Sachgebiet Modal-Split; in: Forschung Stadtverkehr, Heft A 1 (1984); S. 99 f.

²⁶⁶ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 93.

aufwand sowie die dabei anfallenden Transportkosten fließen als nutzenmindernde Größen in die subjektive Nutzeinschätzung unterschiedlicher Formen der Freizeitgestaltung ein. Ein deutlicher Einfluß höherer Kraftstoffpreise auf den Modal Split ist infolgedessen hier am ehesten nachzuweisen. So nennt Schmid vor allem einen Verzicht auf Pkw-Freizeitfahrten oder die Wahl näherer Freizeitziele als plausible Reaktionen privater Haushalte auf Kraftstoffpreiserhöhungen.²⁶⁷

Tabelle 6.3

Der Erklärungsbeitrag von Determinanten auf die Verkehrsnachfrage im Modell			
	Anzahl der Wege	Durchschnittl. Entfernungen	Modal Split
exogene Einflußfaktoren			
Bevölkerung / Haushalte	++	0	0
Auszubildende / Erwerbstätige	+++	0	0
Einkommen	+	+	0
Trend	+	+	+
Straßeninfrastruktur	0	++	+
endogene Einflußfaktoren			
Pkw-Verfügbarkeit	0	+	+
Transportpreise	0	+	+
Anzahl der Wege			+
Durchschnittliche Entfernungen			+
Eigene Darstellung auf der Grundlage eigener Berechnungen. - +++ steht für einen eindeutigen, ++ für einen stark signifikanten, + für einen signifikanten und 0 für keinen signifikanten Zusammenhang			

Von einer steigenden Aktivitätenhäufigkeit profitieren mehr oder weniger alle Verkehrsmittel. Das gleiche gilt nicht für die Entwicklung der durchschnittlichen Entfernungen. Während insbesondere die Verkehrsträger Pkw, Eisenbahn und Flugverkehr von steigenden Wegelängen profitieren, werden diese für den Fußgängerverkehr aufgrund seiner sehr geringen Geschwindigkeit und des eingeschränkten Aktionsradius zunehmend zum Hindernis.²⁶⁸ Daß die Beziehungen zwischen Kraftstoffpreisen, Modal Split und Wegelängen interdependent sind, zeigt sich besonders im Freizeitverkehr. Werden aufgrund höherer Kraftstoffpreise Fahrten mit dem Pkw zugunsten von Wegen zu Fuß oder mit dem Fahrrad eingeschränkt, verändert sich nicht nur der Modal Split sondern auch die durchschnittlichen Entfernungen im Freizeitverkehr. Aufgrund des aufgezeigten komplexen Wirkungsgefüges einer Vielzahl von Determinanten der Verkehrsnachfrage kann die Analyse nur simultan erfolgen. Insofern werden die Zusammenhänge in einem formalen Modell dargestellt, das diesen Interdependenzen Rechnung trägt. Im einzelnen fließen folgende Determinanten als unabhängige Variablen in 29 Verhaltensgleichungen zur Erklärung der Verkehrsnachfrage ein:

- Das verfügbare Nominaleinkommen und die Anzahl der Erwerbstätigen (Gesamtwirtschaftliche Größen).
- Die Anzahl der Auszubildenden, der Einwohner und die der Haushalte (Sozioökonomische Einflußgrößen). Eine Vielzahl weiterer Einflußfaktoren, welche im Modell nicht explizit

²⁶⁷ vgl. Schmid, M. (1991); S. 178 f.

²⁶⁸ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 92.

unterschieden werden, aber dennoch das Aktivitätenmuster entscheidend mitbestimmen, wird über Trendvariablen abstrahiert. Die Abbildung von Verhaltensmustern über Trendvariable muß in den einzelnen Verhaltensgleichungen jeweils plausibel interpretierbar sein.

- Der Bestand an Pkw bzw. die Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte und der Erwerbstätigen.
- Die Preise der Verkehrsträger in der Dimension Pf/pkm. Während die Tarife der öffentlichen und gewerblichen Verkehrsträger dem Modell exogen vorgegeben sind, wurden die Transportpreise des Pkw-Verkehrs im Modell endogen ermittelt.
- Die Straßeninfrastruktur, die, um die Vergleichbarkeit vor und nach der deutschen Wiedervereinigung zu gewährleisten, in Relation zur Quadratmeterzahl des Bundesgebietes gesetzt wurde.²⁶⁹
- Die modellendogen ermittelten fahrtzweckspezifischen Verkehrsaufkommen und die durchschnittlichen Entfernungen zur Erklärung der fahrtzweckspezifischen Verkehrsleistungen.

Ein systematischer Einfluß von gesamtwirtschaftlichen und sozioökonomischen Determinanten ist besonders deutlich in den Verhaltensgleichungen der fahrtzweckspezifischen Verkehrsaufkommen nachzuweisen. Im Ausbildungs- und Berufsverkehr ist der Zusammenhang eindeutig. Über die Trendvariable werden die weitergehenden Einflüsse der sozialen und räumlichen Bedingungen in allen Modellteilen sichtbar. Der Einfluß der Pkw-Verfügbarkeit ist z.T. in einem hohen Maße signifikant zur Erklärung der durchschnittlichen Entfernungen. Daneben trägt die Pkw-Verfügbarkeit zur Erklärung der verkehrsträgerspezifischen Verkehrsleistungen wesentlich bei. Ein isolierter Einfluß des verfügbaren Einkommens der Haushalte ist nur selten nachzuweisen. Vielmehr wirken höhere Pro-Kopf-Einkommen indirekt über eine damit verbundene höhere Ausstattung der Haushalte mit Pkw.²⁷⁰ Ein Ausbau der Straßeninfrastruktur verändert die spezifischen Merkmale des Verkehrssystems zugunsten des Pkw-Verkehrs, wenn nicht gleichzeitig Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität von öffentlichen Verkehrsmitteln vorgenommen werden. Diese blieben im Beobachtungszeitraum jedoch weitgehend aus.²⁷¹ Längere Straßen wirken generell mobilitätssteigernd. Zum einen über die Ausweitung der Reiseweiten und zum anderen über die Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl zugunsten des Pkw. Parallel hierzu wirken Kraftstoffpreise auf die durchschnittlichen Entfernungen und dem Modal Split. In Abhängigkeit von den jeweiligen intermodalen Konkurrenzen ist dabei der Einfluß höherer Kraftstoffpreise mehr oder weniger stark ausgeprägt. Im weiteren Verlauf des Kapitels werden die vielfältigen Wirkungszusammenhänge am Beispiel einzelner Verhaltensgleichungen aufgezeigt. Dabei wird insbesondere der Frage nachgegangen, inwieweit höhere Kraftstoffpreise die Verkehrsentwicklung im Beobachtungszeitraum beeinflusst haben.

²⁶⁹ vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B1: Länge der öffentlichen Straßen - in 1000 km.

²⁷⁰ vgl. Golob, T. F.: The causal influences of income and car ownership on trip generation by mode; in: Journal of transport economics and policy; Vol. 23, London 1989; S. 141 ff.

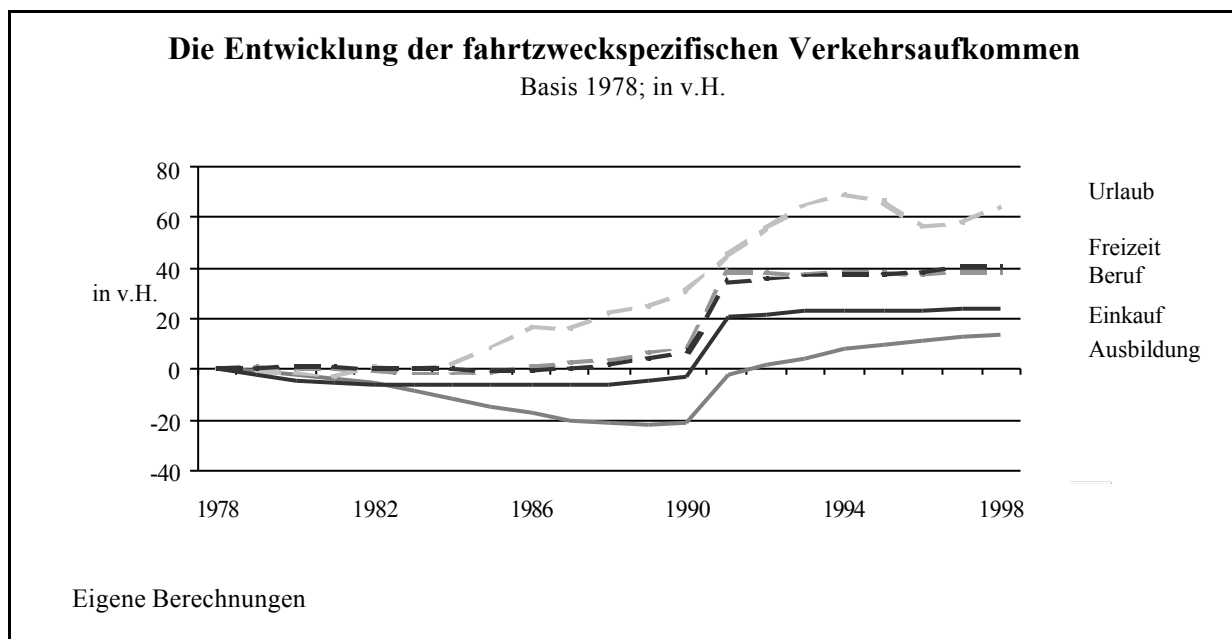
²⁷¹ vgl. Clement, V. (1997); S. 12 ff.

6.4.1 Verkehrsaufkommen

Das Verkehrsaufkommen ist in erster Linie abhängig von sozioökonomischen und gesamtwirtschaftlichen Faktoren, wie der Anzahl der Einwohner, der Auszubildenden, der Haushalte, der Erwerbstätigen und von der Einkommensentwicklung. Es kann angenommen werden, daß Pkw-Motorisierung und Kraftstoffpreise keinen Einfluß auf das Verkehrsaufkommen haben. Besteht zum einen im Berufs-, Ausbildungs- und Einkaufsverkehr generell eine Notwendigkeit zu Ortswechseln, variieren Personen vielmehr allgemein die Distanzen und den Zeitaufwand, aber nicht die Anzahl von Wegen.²⁷²

Das Verkehrsaufkommen im Ausbildungs- und Berufsverkehr ist rein zyklischer Natur, folgt also ausschließlich der Anzahl der Auszubildenden und der Erwerbstätigen. Allerdings werden die Turbulenzen auf dem Ausbildungs- und Arbeitsmarkt nach der deutschen Wiedervereinigung in den Modellgleichungen deutlich sichtbar. So wird z.B. der starke Beschäftigungsabbau in den neuen Bundesländern z.T. durch arbeitsmarktpolitische Maßnahmen (ABM) aufgefangen, die in der Erwerbstätigenstatistik nicht erfaßt werden, deren Wege aber aus verkehrspolitischer Sicht dem Berufsverkehr zuzurechnen sind.²⁷³

Abbildung 6.3



Der Erklärungsbeitrag der Bevölkerungsentwicklung ist für den Freizeit- und Urlaubsverkehr am größten, allerdings spiegeln sich hier auch Einkommenseffekte in der Entwicklung wider. Die Modellgleichungen stützen die allgemein vertretene These, daß Bevölkerungswachstum und höheres Pro-Kopf-Einkommen kumulierend auf die Anzahl der Urlaubsreisen und der

²⁷² vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 240 f.

²⁷³ vgl. S. 68 f.

Freizeitaktivitäten wirken.²⁷⁴ Einkommenseffekte und demographische Entwicklung können jedoch nicht losgelöst von dem Aktivitätenmuster der Bevölkerung interpretiert werden. Während sich die Mehrzahl der Aktivitäten der einkommenserzielenden Erwerbstätigen im beruflichen Bereich abspielen, werden private Aktivitäten am häufigsten von Nichterwerbspersonen ausgeübt. Im Freizeitverkehr dominieren Schüler und Rentner.²⁷⁵ Urlaubsreisen werden hingegen von allen Bevölkerungsgruppen relativ gleichmäßig in Anspruch genommen. Die gewonnene Reisefreiheit der ostdeutschen Bevölkerung reflektiert sich in der hohen Anzahl von Urlaubsreisen zwischen 1992 und 1994, die insofern als Nachholbedarf zu interpretieren sind.²⁷⁶

Neben dem allgemeinen Bevölkerungswachstum wird die Anzahl der Wege im Einkaufsverkehr über den Trend zu kleineren Haushaltsgrößen deutlich erhöht. Infolgedessen wird in der Modellgleichung des Einkaufsverkehrs anstelle der Einwohnerzahl die Anzahl der Haushalte als Indikator gewählt. Allerdings wird der hieraus resultierende Zuwachs fast im gleichen Maße über den parallel verlaufenden Trend zu Großeinkäufen aufgehoben, der sich über die räumliche Konzentration der Einkaufsstätten, verbunden mit einem höheren Grad der Motorisierung, erklärt.²⁷⁷ Dieser Effekt bewirkt allerdings auch einen Anstieg der durchschnittlichen Wegelängen, so daß die Verkehrsleistungen im Einkaufsverkehr insgesamt deutlich steigen.

6.4.2 Durchschnittliche Entfernungen der Wege

Das Wachstum im Personenverkehr stellt sich in erster Linie über den Trend der Individualisierung der Verkehrsabläufe und als Wachstum der zurückgelegten Entfernungen dar. Beide Entwicklungskennziffern sind eng miteinander verbunden, was auch in den Verhaltensgleichungen des Modells zum Ausdruck kommt. Insgesamt läßt sich die Entwicklung der durchschnittlichen Entfernungen über folgende Determinanten beschreiben:

- Trendvariable
- Die Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte und der Erwerbstätigen
- Die Straßenverkehrsinfrastruktur
- Die Verkehrspreise für den privaten Gelegenheitsverkehr

²⁷⁴ vgl. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen 1994; S. 235; Seidenfus, H. S. (1993); S. 287 f.; Voigt, F.; Zachcial, M.; Solzbacher, F.: Determinanten der Nachfrage nach Verkehrsleistungen - Teil 1: Personenverkehr; Opladen 1976; S. 23 ff.

²⁷⁵ vgl. Wermuth, M. (1978a); S. 41 ff.

²⁷⁶ In der ersten Jahreshälfte 1991 fiel wegen des Golf-Krieges die Anzahl der Flugreisen sehr niedrig aus.

²⁷⁷ Vickerman und Barmby unterstreichen in einer für Großbritannien durchgeführten Analyse des Einkaufsverkehrs ebenfalls den dominierenden Effekt der Anzahl der Haushalte auf das Verkehrsaufkommen. Der Grad der Motorisierung als Funktion des Einkommens determiniert hier in erster Linie die durchschnittliche Entfernung der Einkaufswege. Vgl. Vickerman, R. W.; Barmby, T. A.: The structur of shopping travel; in: Journal of transport economics and policy; Vol. 18, London 1984; S. 109 ff.

Die Entwicklung des Raumnutzungssystems ist insbesondere durch eine zunehmende räumliche Konzentration der Einkaufs- und Freizeitstätten gekennzeichnet. Verkehrsaufwendige Raumstrukturen sind sowohl Ursache als auch Reflex zunehmend individualistischer Lebensstile. Letztere müssen jedoch nicht generell verkehrssteigernd wirken. So orientieren sich z.B. Langfristentscheidungen über Arbeitsplatz und Wohnort auch an Erreichbarkeitskriterien. So unterstreichen empirische Analysen für Berlin, daß nahegelegene Arbeitsplätze von den Erwerbstätigen überdurchschnittlich angenommen werden.²⁷⁸ Raumstrukturen sowie soziale und sozialpsychologische Einflußgrößen lassen sich nur sehr schwer quantifizieren. Zumeist existieren ad hoc keine amtlichen Zahlen, geschweige dann konsistente Zeitreihen. Infolgedessen mußten diese zentralen Einflußkomponenten in den Modellgleichungen über Trendvariable approximiert werden.

Die steigende Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte stellt im Modell einen Haupteinflußfaktor für die Entwicklung der durchschnittlichen Entfernungen der Wege dar, die eng verbunden mit den jeweiligen intermodalen Konkurrenzen innerhalb der einzelnen Verkehre ist. Während insbesondere der Pkw-Verkehr von steigenden Entfernungen profitiert, werden verkehrsaufwendige Raumstrukturen besonders für den Fußgängerverkehr aufgrund seiner geringen Geschwindigkeit und des eingeschränkten Aktionsradius zunehmend zum Hindernis. Umgekehrt ist im Urlaubsverkehr bei sehr großen Entfernungen der Flugverkehr quasi konkurrenzlos.²⁷⁹ Die Pkw-Verfügbarkeit unterstreicht aber vor allem die Interdependenz zwischen den Verkehren. Gehört der Besitz von Pkw einerseits im Berufsverkehr zum notwendigen Bedarf, da er erlaubt, über längere Distanzen zu pendeln, stehen beruflich benötigte Pkw den Haushalten selbstverständlich auch für andere Zwecke zur Verfügung.

Die verkehrspolitischen Fragestellungen werden häufig in Zusammenhang mit der vorhandenen Straßeninfrastruktur diskutiert. So ist es bei der subjektiven Einschätzung des Nutzens der Verkehrsteilnehmer nicht ohne Bedeutung, welchen Zeitaufwand die Verkehrsstrecke insgesamt beansprucht. So sind Fahrten in straßeninfrastrukturell wenig erschlossenen Gebieten i.d.R. mit einem hohen Zeitaufwand verbunden, die dann für alternative Formen der Lebensgestaltung fehlt. Vorteile des Pkw-Verkehrs, wie Bequemlichkeit und Schnelligkeit, gehen verloren. Die Opportunitätskosten alternativer Zeitverwendungen vergrößern sich.²⁸⁰ Die relative Wirkung der Straßenverkehrsinfrastruktur auf den Modal Split ist häufig größer als Veränderungen der Preisverhältnisse zwischen den konkurrierenden Verkehrsmitteln.²⁸¹

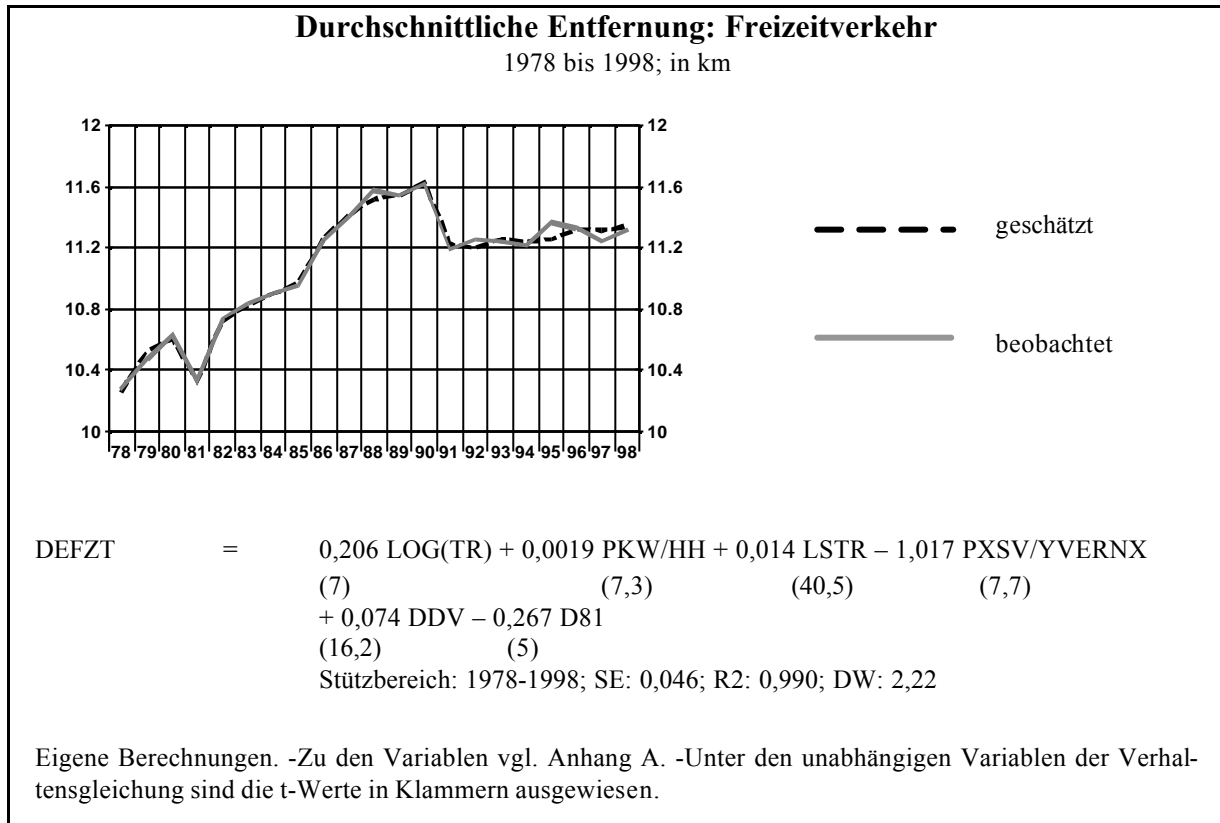
²⁷⁸ vgl. Gertz, C.; Holz-Rau, C.; Rau, P.: Verkehrsvermeidung durch Raumstruktur –Personenverkehr; in: Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des deutschen Bundestags (Hrsg.); Bonn 1994; S. 52 ff.

²⁷⁹ vgl. Storchmann, K.-H. (1999): S. 92 f.

²⁸⁰ vgl. Gommersbach, M. (1988); S. 63.

²⁸¹ vgl. Baum, H.: Infrastrukturpolitik als Mittel zur Steuerung des Verkehrsträgerwettbewerbs; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 62 (1991); S. 6 ff.

Abbildung 6.4



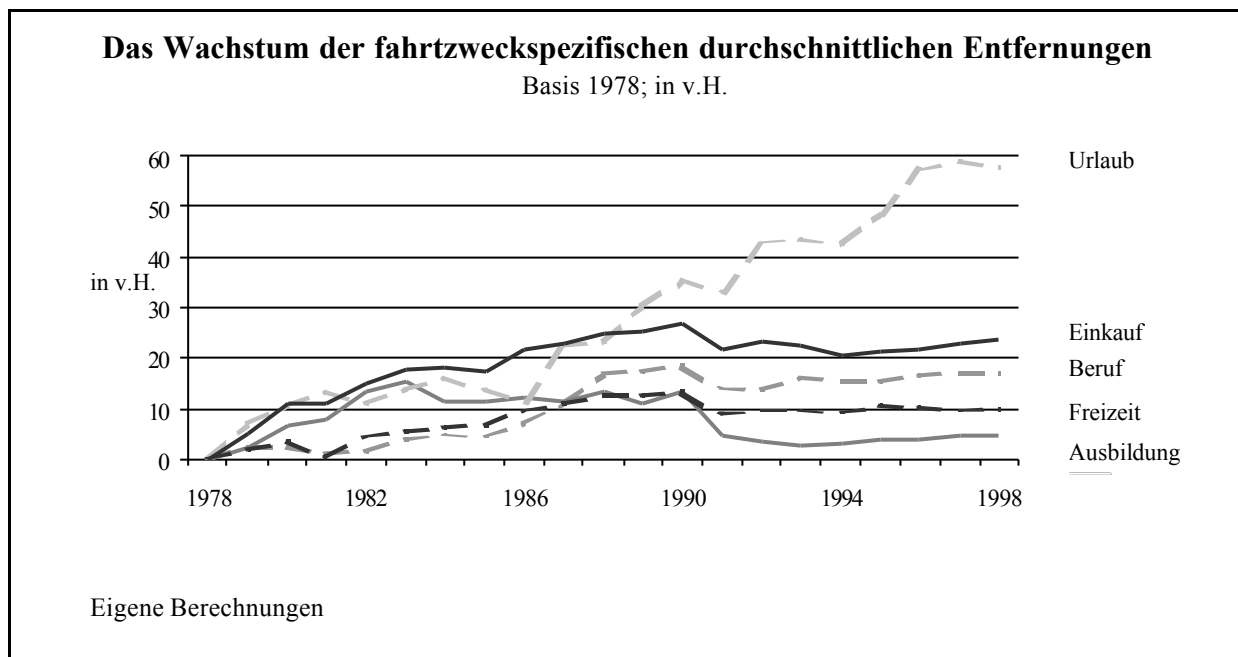
Es kann angenommen werden, daß der Einfluß von Kraftstoffpreisen kurzfristig ausschließlich bei den durchschnittlichen Entfernungen des privaten Gelegenheitsverkehrs sichtbar wird. D.h., daß die Effekte höherer Kraftstoffpreise im Berufs- und Ausbildungsverkehr erst langfristig sichtbar werden. Kürzere Reiseweiten lassen sich dort nur alternativ durch einen Umzug oder durch die Suche nach einem wohnungsnäheren Arbeits- bzw. Ausbildungsplatz erreichen. Diese sind allerdings wahrscheinlich nicht die Folgen von kurzfristigen Preisschwankungen, die jedoch charakteristisch für den betrachteten Zeitraum sind.²⁸² Im Ergebnis ist eine ständige Zunahme der Berufspendlermobilität kennzeichnend für die Entwicklung im betrachteten Zeitraum. Als Indikator für die wachsende Pendlerquote wird in der Modellgleichung des Berufsverkehrs die Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte gewählt. Der Bezugnahme auf die durchschnittliche Motorisierung der Haushalte kommt eine besondere Bedeutung zu, da Pkw häufig allein aus beruflichen Gründen angeschafft werden und weil den erwerbstätigen Haushaltsmitgliedern im Berufsverkehr häufiger ein Pkw zur Verfügung steht als den nicht erwerbstätigen Haushaltsmitgliedern.

Im Modell bestimmen Pkw-Verfügbarkeit, Raum- und Straßeninfrastruktur eindeutig den Trend. Demgegenüber wirken Kraftstoffpreise vielmehr peripher. So führt ein niedriges Preisniveau, im Beobachtungszeitraum besonders deutlich zwischen 1986 bis 1988, zu einer Ausweitung der Wegelängen vor allem im Freizeitverkehr. Umgekehrt schwächen höhere

²⁸² vgl. Schmid, M. (1991); S. 175.

Kraftstoffpreise den Mobilitätsradius ab. Einem kurzfristigen Rückgang der durchschnittlichen Entfernungen, insbesondere als Reaktion auf den Ölschock im Jahr 1981, folgte bereits im nächsten Jahr ein deutlicher Anstieg und damit eine Rückkehr auf den vorherigen Wachstumspfad.²⁸³ Die Modellgleichung des Freizeitverkehrs unterstreicht besonders die zentrale Bedeutung der Straßeninfrastruktur. Der Rückgang der durchschnittlichen Reiseweiten ist hier wie auch bei den anderen Zwecken in erster Linie auf die vorhandene Straßeninfrastruktur in den neuen Bundesländern zurückzuführen, die im Vergleich zu derjenigen in den alten Bundesländern bis heute von geringerer Quantität sowie Qualität ist.

Abbildung 6.5



Bis zum Zeitpunkt der deutschen Wiedervereinigung kann allgemein ein trendmäßiger Anstieg der durchschnittlichen Entfernungen festgestellt werden. Die Raumstrukturen der ehemaligen DDR waren im Vergleich zu denjenigen in den alten Bundesländern deutlich weniger verkehrsaufwendig, so daß mit dem Zusammenschluß beider Staatsgebiete der Trend nach unten verschoben wurde.²⁸⁴ Die räumlichen Umstrukturierungsprozesse, verbunden mit straßeninfrastrukturellen Erschließungsmaßnahmen in den neuen Bundesländern, vollziehen seitdem im Zeitraffer eine Angleichung an den westlichen Teil Deutschlands.²⁸⁵ Während die Angleichung bei der Pkw-Motorisierung unmittelbar nach der Wiedervereinigung in massiver

²⁸³ So zeigen z.B. Puller und Greening am Beispiel einer dynamischen Analyse höherer Kraftstoffpreise in den USA auf, daß die Haushalte in den Jahren nach einer Preissteigerung wieder zu dem ursprünglichen Mobilitätsniveau zurück tendieren, auch wenn die Preise sich weiter auf einem hohen Niveau befinden. Vgl. Puller, S. L.; Greening, L. A.: Household adjustment to gasoline price change: an analysis using 9 years of US survey data; in: Energy economics; Vol. 21 (1999); S. 37ff.

²⁸⁴ So ist z.B. eine geringe Anzahl von Berufspendlern charakteristisch für die Ausgangssituation in den neuen Bundesländern. Vgl. Gertz, C. u. a. (1994); S. 44.

²⁸⁵ vgl. Pastowski, A.; Petersen, R.; Schallaböck, K. O.: Potentiale an Verkehrsvermeidung durch Raumstruktur –Schlußbericht; in: Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des deutschen Bundestags (Hrsg.); Bonn 1994; S. 17 ff.

Form einsetzte und mittlerweile abgeschlossen erscheint, ist die Angleichung bei der Raum- und Straßeninfrastruktur ein träger Prozeß. Eine vollständige Anpassung ist selbst heute noch nicht abzusehen. Im Unterschied zu den bodengebundenen Verkehren ist der Flugverkehr mit Ausnahme der Flughäfen nicht an raumstrukturelle Bedingungen gebunden. Wachsendes verfügbares Einkommen verbunden mit real sinkenden Flugpreisen führen zu einer immer stärker werdenden Frequentierung des Flugverkehrs, was sich auch in der Entwicklung der durchschnittlichen Entfernung niederschlägt. Umgekehrt verhält es sich mit den realen Pkw-Transportkosten, da mit eigenen Fahrzeugen i.d.R. vergleichsweise nahe Urlaubsziele angesteuert werden.

6.4.3 Modal Split

Der Einfluß von Kraftstoffpreisen ist bei den einzelnen Verkehrsträgern unterschiedlich stark ausgeprägt. Während ein Einfluß von Kraftstoffpreisen auf den nicht motorisierten Verkehr empirisch nur selten nachzuweisen ist, so ist für den motorisierten Verkehr eine mehr oder weniger intensive Preiskonkurrenz festzustellen. Das Ausmaß der Preisreagibilität wird dabei weitgehend über den Anlaß der Verkehrsteilnahme determiniert. Herrscht im Fall des privaten Gelegenheitsverkehrs zwischen dem Pkw-Verkehr auf der einen und den öffentlichen und gewerblichen Verkehrsträgern auf der anderen Seite eine gewisse Preissensibilität der Nachfrage, so ist im Ausbildungs- und Berufsverkehr der Einfluß von Transportreisen eher niedrig einzuschätzen. Für den Ausbildungsverkehr kann dieses dahingehend begründet werden, daß auf Grund der Altersstruktur der Auszubildenden der Pkw-Verkehr eine eher geringe Rolle spielt, und daß über die Ausgleichszahlungen des Bundes und der Länder die Schülerzeitfahrkarten im ÖPNV traditionell sehr günstig sind.²⁸⁶ Für den Pkw-Berufsverkehr ist allgemein ein deutlicher Preisvorteil über die Kilometerpauschale festzustellen, die eine Einschränkung der Reagibilität auf Preisänderungen zur Folge hat.²⁸⁷ Die Kilometerpauschale deckt i.d.R. die kurzfristigen Grenzkosten der Nutzung im Berufsverkehr mehr als ab.²⁸⁸

Generell bedeuten mehr Pkw weniger öffentliche Verkehrsleistungen.²⁸⁹ Nicht allein die Notwendigkeit der Bevölkerung zu Ortswechseln bestimmt dabei den Trend. Der Wunsch nach Selbstfahrtätigkeit wird zudem durch nichtmonetäre Opportunitätskosten der öffentlichen Verkehrsmittel wie Erreichbarkeitsdefizite, Flexibilitätsmangel, Zeitverluste, Unbequemlichkeit und Statureinbußen verstärkt. So zeigen empirische Untersuchungen zur Verkehrsmittelwahl auf, daß die Autonutzung besonders stark mit den Attributen komfortabel,

²⁸⁶ Zur Höhe und Struktur der Ausgleichszahlungen im Ausbildungsverkehr, vgl. Ratzenberger, R.; (1992); Tabelle 23: Finanzleistungen der öffentlichen Hand für den ÖPNV im Jahr 1988 nach Art, Herkunft, Zielländern, Raumtypen und Unternehmensarten –Ausbildungsverkehr zusammen–; S. 87.

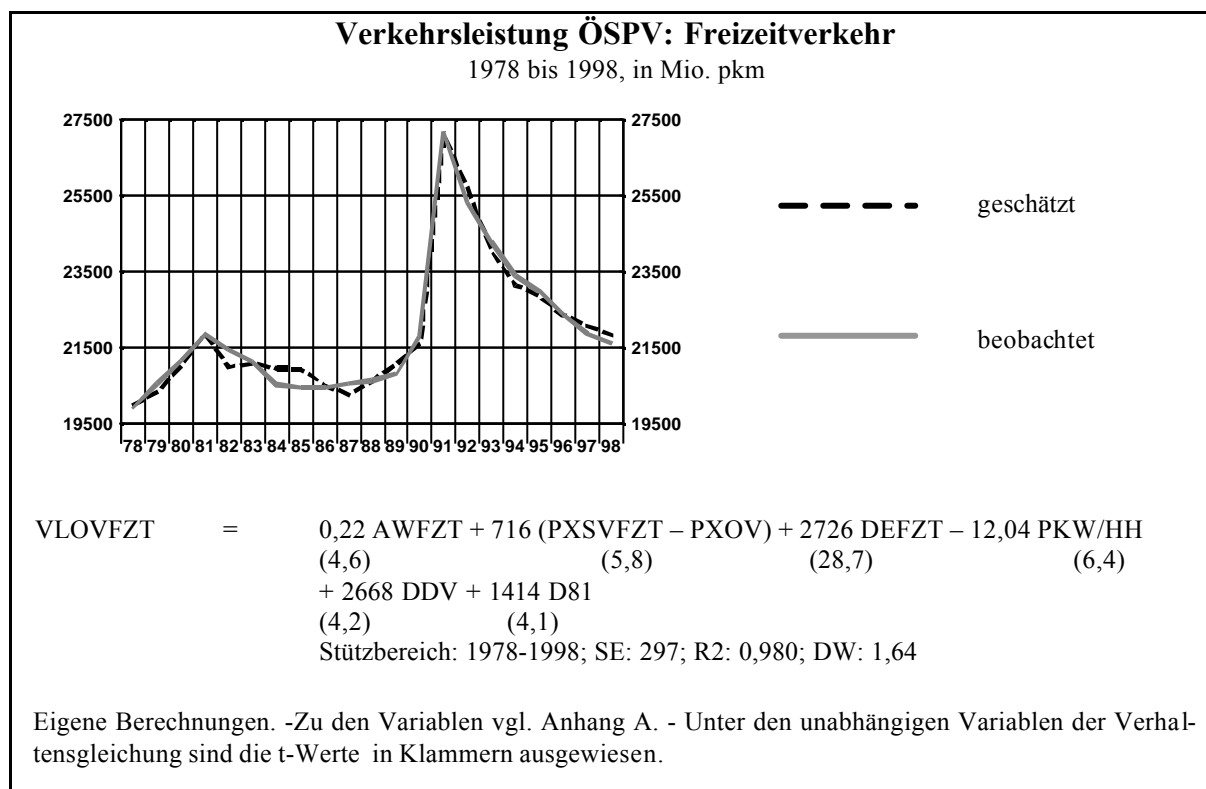
²⁸⁷ vgl. Sprenger, R.-U.; (1994); S. 294 ff.

²⁸⁸ Unter den kurzfristigen Grenzkosten werden ausschließlich die Kraftstoffkosten verstanden. Vgl. dazu Storchmann, K.-H. (1999); S. 94. Eine auf Angaben des ADAC beruhende Auflistung dieser durch die Kilometerpauschale begründeten Deckungsbeiträge nach Pkw-Typen findet sich in Sprenger, R.-U. (1994); S. 541 ff.

²⁸⁹ vgl. hierzu auch Golob, T. F. (1989); S. 141 ff.

schnell und pünktlich verbunden ist.²⁹⁰ Demgegenüber ist insbesondere der Verkehr im ÖPNV häufig mit Zeiteinbußen und Komfortverlusten verbunden. So ist es z.B. für den Fahrgast nicht unerheblich, wie häufig die Bedienungsfrequenz der öffentlichen Verkehrsmittel ist.²⁹¹ Auch müssen auf den längeren Distanzen qualitative und quantitative Verbesserung des Straßenangebots zwangsläufig zu einer Ausweitung des Pkw-Verkehrs insbesondere zuungunsten der Eisenbahn führen.²⁹²

Abbildung 6.6



Auch wenn die Preisreagibilität der Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsleistungen wegen der Affinität der Bevölkerung zugunsten eigener Kfz stark eingeschränkt ist, so lassen sich doch empirisch zumindest periphere Reaktionen nachweisen. So konnte z.B. der Rückgang des Freizeitverkehrs im ÖSPV ab dem Jahr 1982 durch die beginnende Kooperation regionaler Verkehrsunternehmen innerhalb von Verkehrsverbänden und der Einführung übertragbarer, stark rabattierter Zeitfahrausweise, z.T. aufgefangen werden. Die Intention dieser Maß-

²⁹⁰ vgl. z.B. Bamberg, S; Schmidt, P; Empirischer Test einer Handlungstheorie zur Erklärung der Verkehrsmittelwahl; in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie; Heft 1; 1994; S.80 ff. sowie Ilgmann, G.: Die Illusion vom freiwilligen Verzicht auf Pkw; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 53 (1982); S. 30 ff.

²⁹¹ vgl. Schoneberg, H.-G.: Zeitbewertung im Personenverkehr. Dargestellt am Beispiel einer geplanten Ersatzstrecke für die Eisenbahnstrecke Menden-Neuenrade; Bonn 1979; S. 8.

²⁹²vgl. Hopf, R. u.a.: Analyse des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 1990; in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Beiträge zur Strukturforchung, Heft 43/2 1977; S. 66.

nahmen bestand vor allem darin, gelegentliche Nutzer des ÖPNV zu vermehrter Inanspruchnahme der öffentlichen Verkehrsmittel zu bewegen.²⁹³

Die Mobilitätsstruktur in der ehemaligen DDR unterscheidet sich von derjenigen in den alten Bundesländern deutlich. Kennzeichnend für die Verkehrssituation in der DDR waren insbesondere sehr niedrige öffentliche Beförderungstarife sowie eine hohe Frequentierung des ÖSPV, wohingegen die Personenverkehrsleistungen der Deutschen Reichsbahn vergleichsweise gering ausfielen, da der DDR die finanziellen Mittel zum Ausbau und zur Modernisierung des Schienennetzes und der Bahnhöfe weitestgehend fehlten. Mit der Wiedervereinigung paßt sich das Mobilitätsverhalten der ostdeutschen Bevölkerung zunehmend dem westlichen Niveau an. Bestimmende Faktoren der Entwicklung sind neben der raschen Motorisierung die Bereitstellung attraktiver Infrastruktur für den Autoverkehr, welche die Attraktivität des ÖSPV in den neuen Bundesländern deutlich reduziert.²⁹⁴

6.5 Pkw-Verkehr

Der Pkw- Bestand nimmt im vorliegenden Modell eine dominante Stellung ein. Zum einen, weil die zunehmende Pkw-Verfügbarkeit immer mehr die Mobilitätsansprüche der Haushalte determiniert. Zum anderen, weil der Pkw-Verkehr leicht als ein Hauptverursacher der allgemeinen Umweltbelastung zu identifizieren ist. Allein über die Pkw-Verkehrsleistungen ist jedoch keine hinreichend genaue Wiedergabe der Emissionssituation des Personenverkehrs zu gewährleisten. Die Emissionscharakteristiken der Diesel- und Otto-Pkw unterscheiden sich deutlich.²⁹⁵ Besonders im Fall der Schadstoffe CO, NO_x und HC ist eine Differenzierung der Pkw-Typen zwingend erforderlich. Im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit ist nicht allein die Anzahl an Pkw variabel zu halten. Eine Anpassung an ein höheres Kraftstoffpreisniveau erfolgt auch durch den Übergang zu energieeffizienteren Pkw. Daneben wird im Modell eine qualitative Unterscheidung des Pkw-Verkehrs nach Diesel- und Otto-Fahrzeugen vorgenommen. Bis auf die Emission von CO₂, die sich im Modell aus den aggregierten Diesel- und Otto-Kraftstoffverbräuchen erklärt, werden den Emissionsberechnungen die Fahrleistungen der Diesel- und Otto-Pkw zugrunde gelegt. Die Aufteilung des Pkw-Verkehrs erfolgt über 12 Verhaltensgleichungen und 11 Definitionsgleichungen, die im weiteren Verlauf näher beschrieben werden. Im einzelnen werden erklärt:

- Der private Bestand an Diesel und Otto-Pkw,
- die durchschnittlichen Hubraumgrößen der Diesel- und Otto-Pkw,
- die spezifischen Kraftstoffverbräuche der Diesel- und Otto-Pkw,

²⁹³ vgl. Wergles, K.: Tarifstrategien im Rahmen des Marketings öffentlicher Nahverkehrsunternehmen; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 58 (1987); S. 276 ff. sowie Schulz, H.: Werden die Stammkunden jünger? – Erfahrungen mit dem Umwelt-Abo–; in: Der Nahverkehr; Heft 2/1989; Düsseldorf; S. 24 ff.

²⁹⁴ vgl. Pastowski, A. u. a. (1994); S. 18.

²⁹⁵ Der Kraftstoffverbrauch ist eng korreliert mit der Fahrzeugtechnik und dem Fahrverhalten. Diesel-Pkw weisen im betrachteten Zeitraum günstigere Charakteristiken auf als Otto-Pkw. Vgl. hierzu Kapitel 2.1.1.

- der durchschnittliche Auslastungsgrad der Pkw je Fahrtzweck,
- die fahrtzweckspezifischen Fahrleistungen sowie die Gesamtfahrleistung,
- die Fahrleistungen der Diesel- und der Otto-Pkw,
- der Kraftstoffverbrauch der Diesel- und Otto-Pkw.

6.5.1 Höhe und Kraftstoffeffizienz des privaten Pkw-Bestands

Die Anzahl der privaten Pkw ist in den alten Bundesländern ständig gestiegen. Zwischen 1978 und 1990 stieg diese Zahl von 17,4 auf 26,7 Mio. Fahrzeuge. Nach der deutschen Wiedervereinigung setzte sich dieser Trend fort. Im Jahr 1998 waren 7,3 Mio. Pkw mehr zugelassen als im Jahr 1991. In den Jahren kurz nach der Wiedervereinigung profitierte von diesem Zuwachs vor allem der Gebrauchtwagenmarkt. Da üblicherweise auf Gebrauchtwagenmärkten ein deutlich höherer Preis für Diesel-Pkw zu zahlen ist, schlägt sich der „Wiedervereinigungsboom“ in erster Linie bei den Otto-Pkw nieder, wohingegen die Nachfrage nach Diesel-Pkw in den neuen Bundesländern erst mit steigendem Einkommen ostdeutscher Haushalte anspringt.²⁹⁶

Der Bestand an Diesel- und Otto-Pkw wurde im Modell jeweils direkt über eine doppelt-logarithmische Verhaltensgleichung geschätzt. Um die langfristige Anpassung des privaten Pkw-Kapitalstocks zu berücksichtigen, fließt der Bestand der Vorperiode jeweils als verzögert endogene Variable mit in die Schätzgleichungen ein. Ausgehend von der neoklassischen Theorie des Konsums kann davon ausgegangen werden, daß Einkommen und Anschaffungskosten den Pkw-Bestand determinieren. Folgt man der haushaltsproduktionstheoretischen Argumentation, müssen daneben auch die Kosten für den Betrieb eines Pkw herangezogen werden.²⁹⁷ Im Modell konnte ein direkter Einfluß des verfügbaren Einkommens allein für den Bestand an Otto-Pkw signifikant geschätzt werden. Die Entwicklung der Diesel-Pkw folgte in der Vergangenheit vielmehr einem positiven Trend. Weiterhin ist mit einer steigenden Anzahl an Haushalten eine Zunahme des Pkw-Bestands zu erwarten. Zum einen, weil der Haushalt im Gegensatz zur reinen Einwohnerzahl, die maßgebliche Entscheidungseinheit beim Kauf eines Pkw darstellt. Zum anderen ist mit der deutschen Wiedervereinigung ein Mengeneffekt verbunden, der mit Hilfe von Haushaltszahlen aufgefangen wird.

Als Informationsquelle für Veränderungen des Preises eines Otto-Pkw in der Zeit kann der Preisindex für Pkw-Anschaffung herangezogen werden.²⁹⁸ Da mit einem größeren Hubraum i.d.R. höhere Anschaffungskosten verbunden sind, wurde im Modell der durchschnittliche Hubraum eines Otto-Pkw in Beziehung zum Preisindex für Pkw-Anschaffung gesetzt. Diese

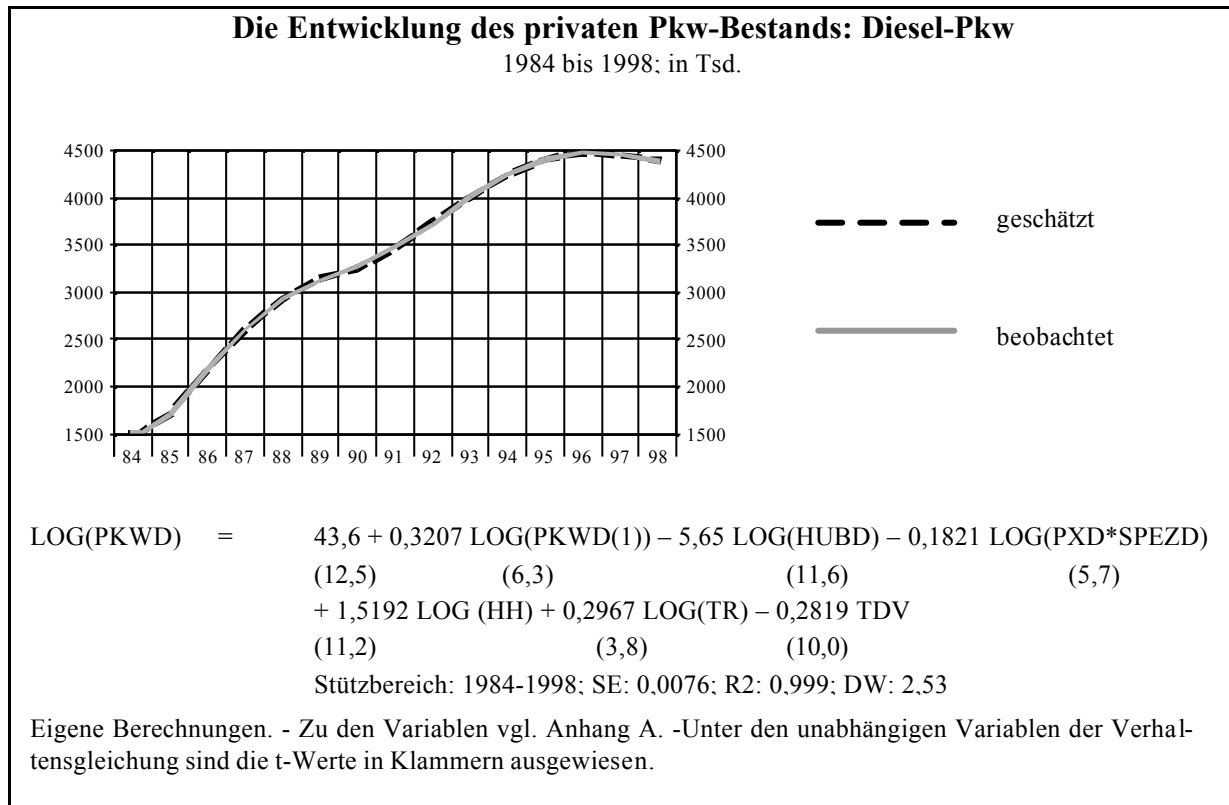
²⁹⁶ Die Preisspanne zwischen Diesel- und Otto-Pkw ist auf Gebrauchtwagenmärkten allgemein noch größer als auf Neuwagenmärkten.

²⁹⁷ vgl. Storchmann, K.-H. (1993); S. 365 ff.

²⁹⁸ Wie aus der allgemeinen Bestandsentwicklung ersichtlich ist, dominieren eindeutig die Otto-Pkw den Gesamtbestand. Insofern kann der Preisindex für Pkw-Anschaffung als repräsentativ für den Preis eines Otto-Pkw angesehen werden. Zur Interpretation des Kraftfahrer-Preisindex vgl. Kapitel. 3.4.

Darstellung ermöglicht zugleich eine modellendogene Abbildung von „down-sizing-Effekten“. Da über die Preisentwicklung von Diesel-Pkw keine aggregierten amtlichen Informationen zur Verfügung stehen, wurde diesbezüglich allein der durchschnittliche Hubraum als Ersatzgröße verwendet.

Abbildung 6.7



Da die Wirtschaftlichkeit einer Investition in einen Pkw neben den Anschaffungskosten auch wesentlich durch die Nutzungskosten determiniert wird, wurde versucht, diese Kosten in den Modellgleichungen mit zu berücksichtigen.²⁹⁹ In Analogie zur Vorgehensweise von Dahl wurden die Kraftstoffkosten je einhundert Kilometer als Indikator für die Nutzungskosten aufgenommen.³⁰⁰ Weiterhin ist zu vermuten, daß mit der Aufnahme des Hubraums die sonstigen Unterhaltungskosten mit berücksichtigt werden. So weist Tishler auf die besonders enge Beziehung zwischen durchschnittlicher Hubraumgröße und sonstigen Nutzungskosten hin. Mit steigender Hubraumgröße wächst der Bedarf nach Komfort, z.B. in Form von Vollkaskoversicherungen, Inspektionen und Garagenmiete. Insofern spiegeln sich qualitative Merkmale der Fahrzeuge in der Entwicklung des durchschnittlichen Hubraums wider.³⁰¹

²⁹⁹ vgl. z.B. auch Duncan, R. S.: The Effect of Gasoline Prices On Automobile Sales; in: The American Economist; vol. 23 (1980); S. 62.

³⁰⁰ vgl. Dahl, C. (1979); S. 428.

³⁰¹ Tishler untersucht den Zusammenhang zwischen Kraftstoffpreis, sonstigen Nutzungskosten und Pkw-Bestand bezüglich dreier Hubraumklassen. Vgl. Tishler, A.: The Demand for Cars and the Price of Gasoline: The User Cost Approach; in: The Review of Economics and Statistics; vol. 64 (1982); S. 184 ff.

Mit Beginn der achtziger Jahre gewannen Diesel-Pkw rasch an Attraktivität. Lag der Bestand im Jahr 1978 hier noch bei 545 Tsd. Fahrzeugen, waren es 1990 schon 3262 Tsd. Die verstärkte Nachfrage nach Diesel-Pkw ist in erster Linie auf Angebotserweiterungen zurückzuführen, welche die qualitativen Eigenschaften dieser Fahrzeuge wesentlich verbessert haben. Die technische Weiterentwicklung der Diesel-Pkw in Richtung größerer Leistungsstärke bei zunehmender Wirtschaftlichkeit erhöht ihre sportlich dynamischen Fahreigenschaften und damit ihre steigende Akzeptanz in breiten Bevölkerungsschichten. Weiterhin wurde der Trend dadurch gefördert, daß Diesel-Pkw in der ersten Phase der Einführung europaweiter Schadstoffnormen steuerlich begünstigt wurden.³⁰² Ab 1991 schwächt sich der Zuwachs jedoch spürbar ab. Nicht allein die zu Beginn der Wiedervereinigung einsetzende verstärkte Nachfrage nach möglichst billigen, gebrauchten Pkw in den neuen Bundesländern konterkariert dabei den Trend. Mit Durchsetzung der Katalysatoren verlieren Diesel-Pkw zunehmend steuerliche Vergünstigungen.

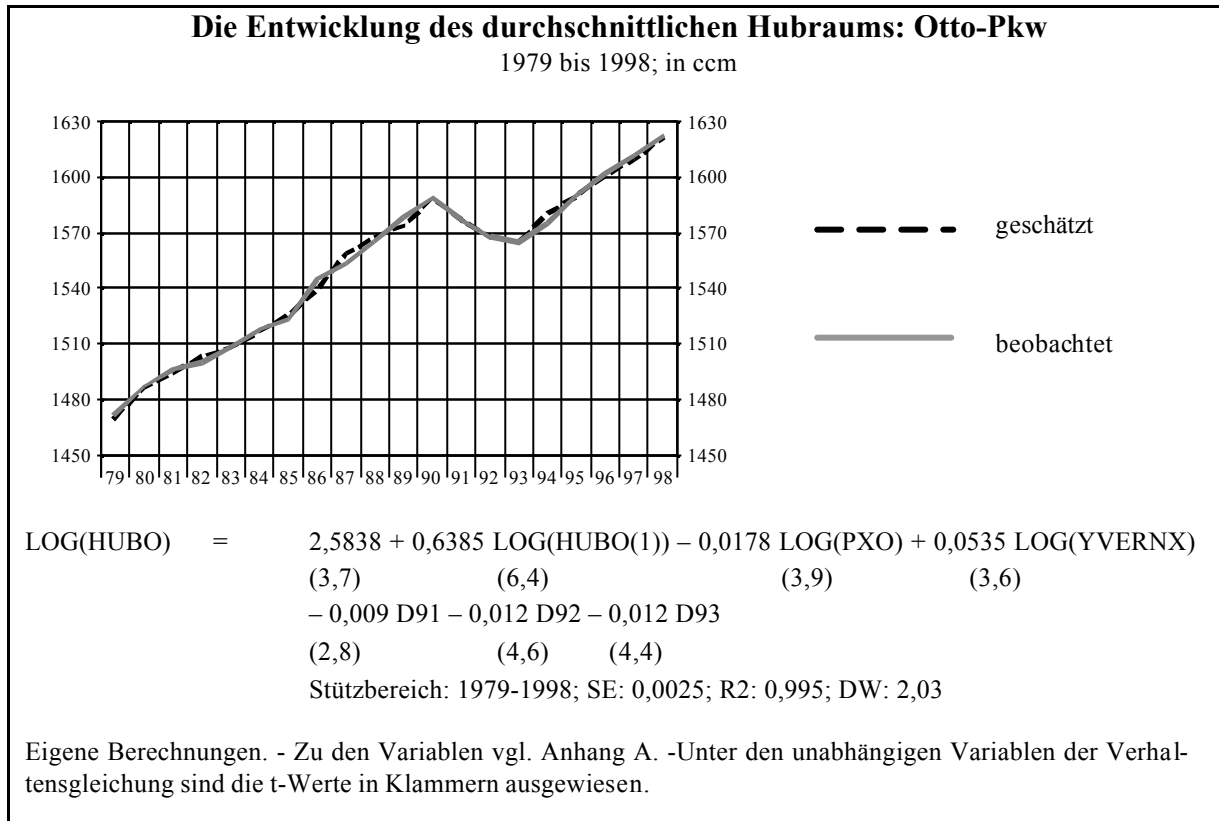
Die Fahrzeug- bzw. Hubraumgröße ist eng korreliert mit dem spezifischen Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge. Im Beobachtungszeitraum entwickelten sich die durchschnittlichen Hubraumgrößen beider Pkw-Typen unterschiedlich. Während bei den Diesel-Pkw der durchschnittliche Hubraum bis 1988 tendenziell sank und erst ab 1991 wieder ansteigt, wächst der durchschnittliche Hubraum der Otto-Pkw kontinuierlich. Die kleinvolumige Fahrzeugflotte der ehemaligen DDR beeinflusst den Mittelwert nur temporär, da die Bevölkerung in den neuen Bundesländern ihren Fahrzeugpark rasch erneuerte. Bei den Diesel-Pkw hat dies zur Folge, daß sich verbrauchssenkende Fortschritte in der Motorentechnik im vollen Umfang in den spezifischen Kraftstoffverbräuchen widerspiegeln. Im Zeitraum von 1980 bis 1998 sank der spezifische Kraftstoffverbrauch hier um 15,8 v.H. Demgegenüber wird bei den Otto-Pkw dieser Effekt durch die steigende Hubraumgröße deutlich abgeschwächt. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch sank im gleichen Zeitraum „nur“ um 11,4 v.H.

Parallel zur Erklärung der Pkw-Bestände wurden deren durchschnittlicher Hubraum ebenfalls unter Zuhilfenahme eines „Stock-Adjustment“-Ansatzes geschätzt. Dabei wurde angenommen, daß steigende Pro-Kopf-Einkommen verbunden mit moderat verlaufenden Kraftstoffpreisen zu einer höheren Nachfrage nach leistungsstarken Pkw führen.³⁰³ Ein isolierter Einfluß von Kraftstoffpreisen läßt sich im betrachteten Zeitraum allein für den mittleren Hubraum der Otto-Fahrzeuge signifikant nachweisen. Die Entwicklung des durchschnittlichen Hubraums der privaten Diesel-Flotte wurde hingegen vielmehr von den bereits angesprochenen Angebotserweiterungen determiniert.

³⁰² Diesel-Pkw neuerer Bauart erfüllten meistens bereits vor 1985 die EURO- oder die US-Norm. Vgl. Sprenger, R.-U. (1994); S. 315 ff.

³⁰³ vgl. z.B. Reza, A. M.; Spiro, M. H.: The demand for passenger car transport services and for gasoline; in: Journal of transport economics and policy; vol. 13, London 1979; S. 304 ff.

Abbildung 6.8



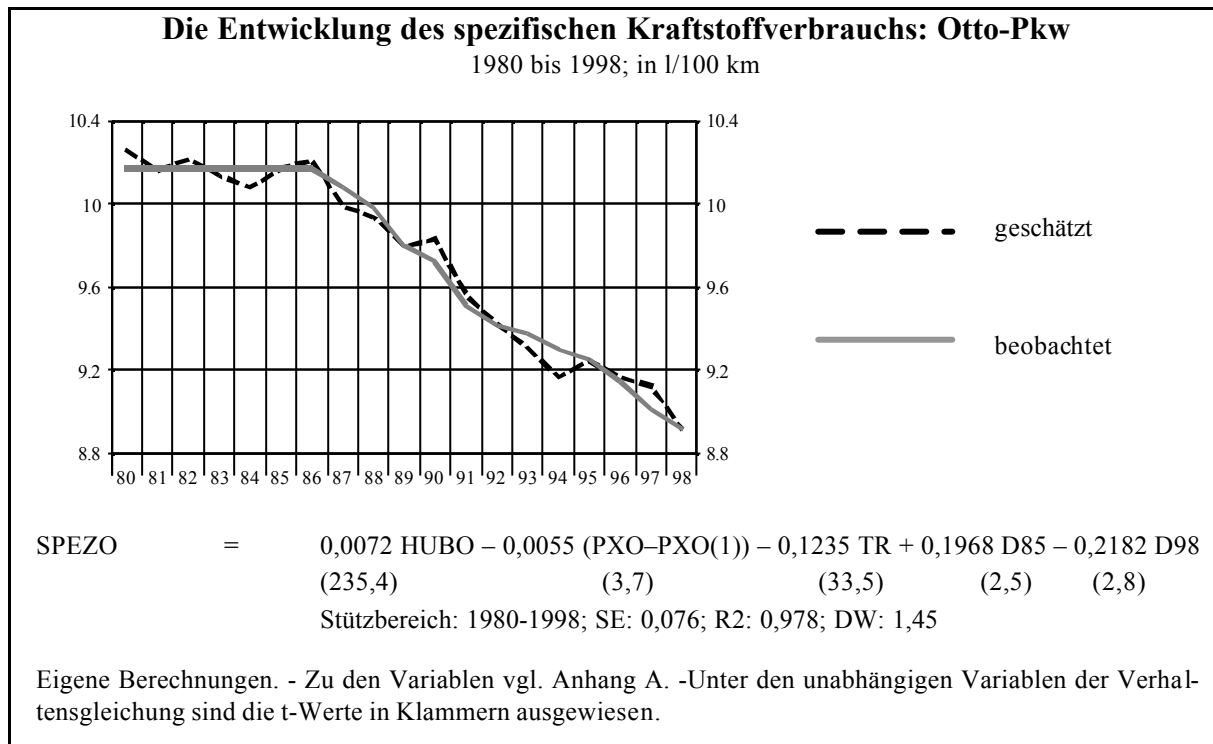
Neben dem Fahrzeuggewicht ist der spezifische Kraftstoffverbrauch in erster Linie abhängig von den technischen Eigenschaften der Fahrzeuge. Daneben wird der spezifische Kraftstoffverbrauch durch die vom Fahrer zu beeinflussenden Größen wie der Fahrstil und der Art der Straßenbenutzung beeinflusst. Antriebswirkungsgrade werden vom jeweils implementierten „Stand der Technik“ determiniert. In der Vergangenheit war zu beobachten, daß der spezifische Verbrauch bei gleicher Fahrzeuggröße, induziert durch den technischen Fortschritt, im Zeitablauf sinkt. Die Effizienz des technischen Fortschritts wird dabei wesentlich von der Altersstruktur des Fahrzeugbestandes bestimmt. In der Bundesrepublik Deutschland bewegt sich das Durchschnittsalter der Fahrzeuge über den gesamten Beobachtungszeitraum zwischen 9,5 und 11,8 Jahren, so daß beim Gesamtflottenverbrauch Verbesserungen der Antriebswirkungsgrade nur langsam sichtbar werden.³⁰⁴ Auf eine modellendogene Darstellung des technischen Fortschritts ist im Modell verzichtet worden, auch weil der technische Fortschritt sich nicht allein in einer Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs äußert, sondern daneben weitere z.T. nicht quantifizierbare Dimensionen des Fahrkomforts umfaßt.³⁰⁵ Der Einfluß der technischen Entwicklung während des Beobachtungszeitraums wird im Modell indirekt über eine Trendvariable abgebildet. Da diese Darstellung nur eine grobe Approximation über den gegebenen Zeitraum gestattet, können die erst in letzter Zeit zu beobachtenden verstärk-

³⁰⁴ Abgänge inkl. geschäftlich genutzter Pkw. Zu der kumulierten jährlichen Abgangverteilung vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen 19xy; Tabellen B4: Kraftfahrzeugverkehr – Personenkraftwagen – Bestand, Neuzulassungen, Löschungen.

³⁰⁵ vgl. Gommersbach, M. (1988); S. 297.

ten Anstrengungen der Automobilindustrie, eine spürbare Verbesserung der Antriebswirkungsgrade zu realisieren, nur unvollkommen wiedergegeben werden.

Abbildung 6.9



Es kann vermutet werden, daß spürbare Erhöhungen der Kraftstoffpreise unmittelbar das Fahrverhalten beeinflussen. So können sich die Kraftfahrer um einen sparsameren Kraftstoffverbrauch bemühen, indem sie z.B. den Anteil kraftstoffintensiver Stadtfahrten einschränken. Allerdings ist es ebenso wahrscheinlich, daß sich die Kraftfahrer, in den Jahren nach der Preissteigerung, wieder auf ihr ursprüngliches Mobilitätsverhalten zurück bewegen.³⁰⁶ Der Einfluß von Kraftstoffpreisvariationen auf das Fahrverhalten wird in der Modellgleichung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Otto-Pkw über die Differenz des Benzinpreises der laufenden mit demjenigen der Vorperiode abgebildet, wobei für die Variable ein negatives Vorzeichen vorauszusetzen ist. Im Fall des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Diesel-Pkw läßt sich ein solcher Einfluß während des betrachteten Zeitraums nicht signifikant nachweisen. Allerdings ist der Einfluß des Fahrverhaltens auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch für Diesel-Pkw generell kleiner als für Otto-Pkw, da Diesel-Pkw auch im Teillastbetrieb (Stadtverkehr, Stop and Go) vergleichsweise hohe Wirkungsgrade aufweisen.³⁰⁷

³⁰⁶ vgl. Puller, S. L.; Greening, L. A. (1999); S. 37 ff.

³⁰⁷ vgl. Güntensperger, H. (1993); S. 54 ff.

6.5.2 Fahrtzweckspezifische Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch der Diesel- und Otto-Pkw

Die Fahrleistungen und der Kraftstoffverbrauch der Diesel- und Otto-Pkw bestimmen weitgehend die Luftschadstoffbelastung im privaten Personenverkehr. Der Verbrauch von Diesel- und Otto-Kraftstoffen wird im Modell über zwei Definitionsgleichungen berechnet. Der Kraftstoffverbrauch (VBD bzw. VBO) ergibt sich aus der Multiplikation der Gesamtfahrleistung der Diesel- (FLSVD) und Otto-Pkw (FLSVO) mit dem jeweiligen spezifischen Kraftstoffverbrauch (SPEZD/100 bzw. SPEZO/100).³⁰⁸ Die Gesamtfahrleistung der Pkw (FLSV) wird über sechs Definitionsgleichungen ermittelt. Zuerst werden in fünf Definitionsgleichungen die fahrtzweckspezifischen Fahrleistungen (FLSV_{_}) berechnet. Diese sind definiert als Quotient aus Verkehrsleistung (VLSV_{_}) und durchschnittlicher Auslastung der Pkw (ASL_{_}) je Fahrtzweck. In der Summe ergibt sich die Gesamtfahrleistung (FLSV) der Pkw. Der Anteil der Diesel-Pkw (FLSVDX) wird über eine Verhaltensgleichung geschätzt. Die Fahrleistungen der Diesel- (FLSVD) bzw. der Otto-Pkw (FLSVO) werden über Multiplikation der Gesamtfahrleistung (FLSV) mit den korrespondierenden Anteilen berechnet.

$$VB_{_} = FLSV_{_} * SPEZ_{_} / 100 \quad (6.8)$$

$$FLSV_{_} = VLSV_{_} / ASL_{_} \quad (6.9)$$

$$FLSV = FLSVAUS + FLSVBER + FLSVEIN + FLSVFZT + FLSVURL \quad (6.10)$$

$$FLSVDX = 0,0266 + 1,1882 (PKWD/PKW) - 0,0002 (PXD-PXD(1)) - 0,01 D91 \quad (6.11)$$

(9,1) (40,1) (2,5) (2,5)

Stützbereich: 1979-1998; SE: 0,0038; R2: 0,992; DW: 1,46

$$FLSVD = FLSVDX * FLSV \quad (6.12)$$

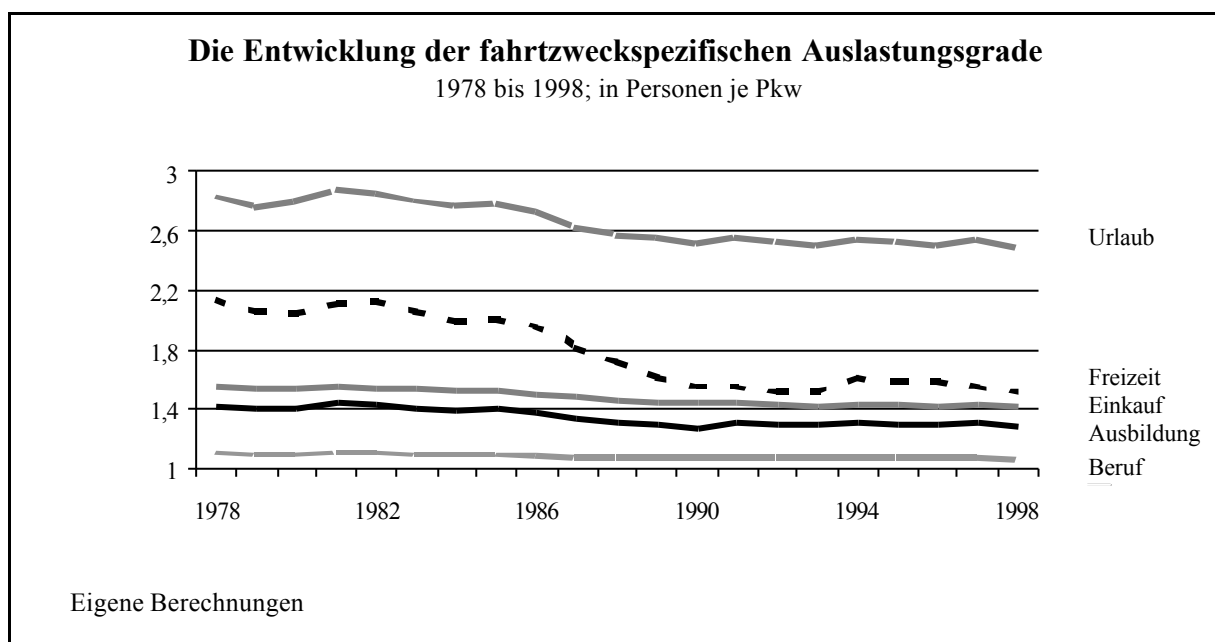
$$FLSVO = (1 - FLSVDX) * FLSV \quad (6.13)$$

Der Anteil der Diesel-Pkw-Fahrleistung (FLSVDX) an der Gesamtfahrleistung erklärt sich im Modell aus zwei Größen. Zum einen aus dem modellendogen erklärten Anteil der Diesel-Pkw am Gesamtbestand. Zum anderen aus der empirisch festzustellenden höheren Nutzungsintensität der Diesel-Pkw. Diese erklärt sich aus den im Vergleich zu Otto-Pkw höheren Anschaffungskosten dieser Fahrzeuge. Erst bei sehr großen Fahrleistungen relativiert sich dieser Nachteil über den vergleichsweise günstigen Diesel-Kraftstoffpreis. Der relative Fixkostennachteil der Diesel-Pkw sinkt jedoch im Zeitverlauf ständig. Vor allem ein immer breiter werdendes Angebot an leistungsstarken und vergleichsweise günstigen Diesel-Pkw (TDI) erhöht die Attraktivität dieser Fahrzeuge. Die in der Vergangenheit komplementäre Beziehung zur Nutzungsintensität verliert zunehmend an Bedeutung. Dieser Zusammenhang wird über das positive Absolutglied der Verhaltensgleichung zum Ausdruck gebracht.

³⁰⁸ SPEZ_{_}/100 = Kraftstoffverbrauch je Kilometer Fahrleistung.

Die Entwicklung der durchschnittlichen Auslastung der Pkw wirkt im Beobachtungszeitraum generell verkehrssteigernd. Sinkende Auslastungsgrade bewirken höhere Fahrleistungen. Die Entwicklung der fahrzweckspezifischen Auslastungsgrade verläuft allerdings unterschiedlich. Während im Ausbildungs- und Berufsverkehr die Auslastung nur geringfügig sinkt, verläuft die Entwicklung im privaten Gelegenheitsverkehr, insbesondere im Freizeitverkehr, wesentlich steiler. Das Maß der negativen oder positiven Steigung ist in erster Linie abhängig von dem Aktivitätenmuster der Fahrzwecke. Besonders im Berufsverkehr wird die Möglichkeit der Mitnahme von Arbeitskollegen, wegen der zunehmenden räumlichen und zeitlichen Flexibilisierung der Arbeitsprozesse, mit steigender Tendenz eingeschränkt. So liegt die durchschnittliche Auslastung bei Berufsfahrten während des gesamten Beobachtungszeitraums relativ stabil bei knapp unter 1,1 Personen.³⁰⁹ Dagegen treten im Freizeit- und Urlaubsverkehr gewöhnlich mehr als eine Person die Reise an. Nicht allein die im betrachteten Zeitraum festzustellende sinkende Familien- bzw. Haushaltsgröße, in Verbindung mit einer wachsenden Zahl an Pkw, bestimmt den Trend. Insgesamt verstärkt die aus Sicht der Kraftfahrer günstige Entwicklung realer Kraftstoffpreise die Neigung, Fahrten allein oder nur mit wenigen Personen durchzuführen.³¹⁰

Abbildung 6.10



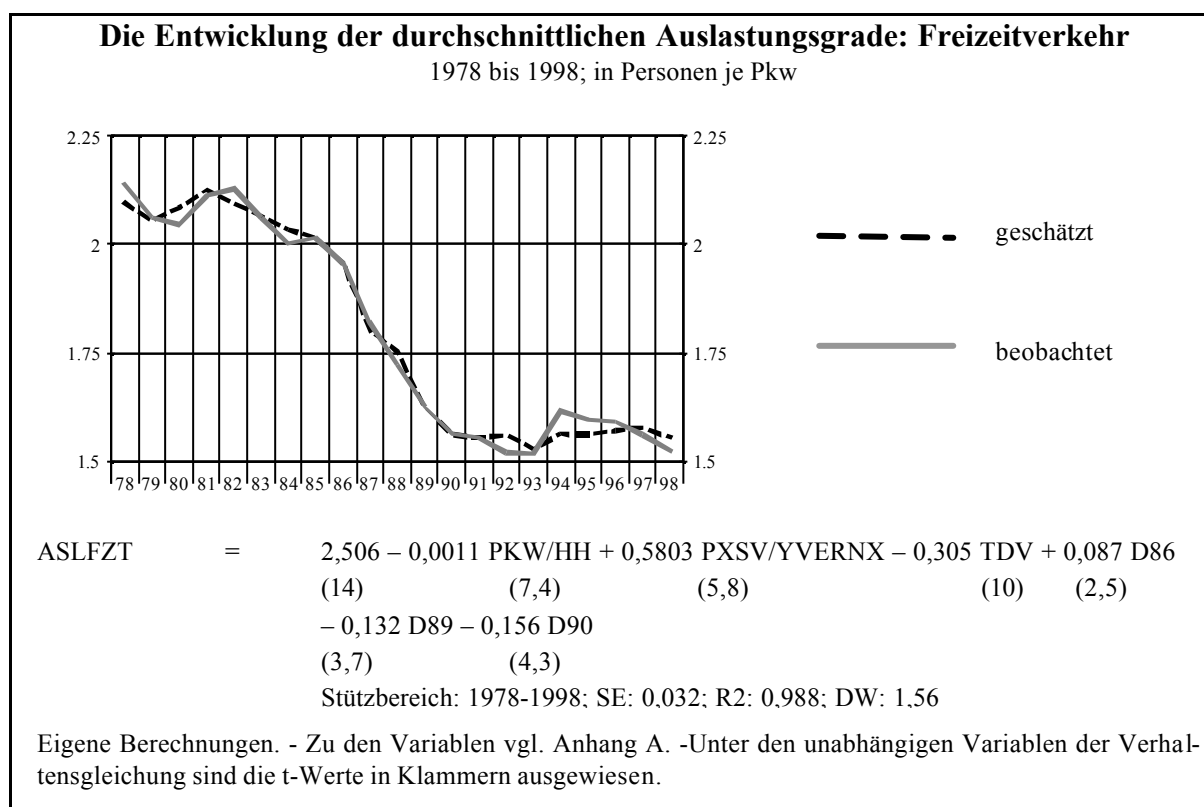
Kraftstoffpreise wirken in allen Gleichungen signifikant, aber neben dem Urlaubsverkehr besonders deutlich im Freizeitverkehr. Art und Umfang der Freizeitgestaltung sind im Vergleich zu den zugrunde gelegten Aktivitätenmustern der anderen Fahrzwecke ausgesprochen vielfältig. Im Unterschied zum Ausbildungs-, Berufs- und Einkaufsverkehr werden hier keine

³⁰⁹ Insofern überrascht die Einschätzung von Rommerskirchen (Prognos-Studie), daß im Berufsverkehr über Fahrgemeinschaften etc. deutliche Spielräume für höhere Auslastungsgrade bestehen. Vgl. Rommerskirchen; S. u.a. (1991); S. 146.

³¹⁰ vgl. Cerwenka, P.; Rommerskirchen, S. (1985); S.37.

unumgänglich notwendigen Fahrten durchgeführt.³¹¹ Zudem ist es charakteristisch für den Freizeitverkehr, daß er wesentlich von sozialen Einflußgrößen bestimmt wird, wobei auch sozialpsychologische Einflußgrößen (z.B. Prestige, Mitläufereffekt) eine wesentliche Rolle spielen. So werden viele Fahrten allein oder nur mit der „Freundin“ durchgeführt.³¹² Neben den oben angesprochenen sozioökonomischen Faktoren und der weitergehenden Zweit- und Drittwagenmotorisierung prägen diese Einflüsse ebenfalls, die mehr oder weniger eng mit dem Pro-Kopf-Einkommen korreliert sind, den immer weitergehenden Trend der Individualisierung der Straßenverkehrsabläufe im Freizeitverkehr. Auf der anderen Seite ist jedoch im Freizeitverkehr die Möglichkeit, Mitfahrer mitzunehmen, wesentlich größer als bei den anderen Fahrzwecken, da hier die Verkehrsteilnahme selten durch objektive Sachzwänge eingeschränkt wird.

Abbildung 6.11



In die subjektive Nutzeneinschätzung der Freizeitgestaltung mit Hilfe von Pkw fließen die Transportkosten als nutzenmindernde Größe ein. Durch eine höhere Auslastung der Pkw können Transportkosten gesenkt werden. Im Beobachtungszeitraum stehen jedoch moderaten Kraftstoffpreisen höhere Pro-Kopf-Einkommen und ein steigendes Maß der Individualisierung gegenüber. Als Folge sinken die Auslastungsgrade im Freizeitverkehr ständig. Lag der durchschnittliche Auslastungsgrad im Jahr 1978 noch bei 2,14 Personen, waren es 1998 nur noch 1,52 Personen je Pkw-Freizeitfahrt. Mit dem Fall der Berliner Mauer verstärkt sich der

³¹¹ vgl. Hopf, R. (1977); S. 92.

³¹² vgl. Voigt, F.; Zachcial, M.; Solzbacher, F. (1976); S. 53 ff.

Trend zur Individualisierung der Verkehrsabläufe sogar temporär. So wurden während der allgemeinen Aufbruchsstimmung viele Informations- und Besuchsfahrten in beiden Richtungen häufig einzeln vorgenommen.

6.6 Modellvalidierung

Auch wenn die Schätzung der Verhaltensgleichungen insgesamt sehr gute Ergebnisse liefert, so ist es doch möglich, daß sich die Fehler in den einzelnen Gleichungen des simultanen Systems fortpflanzen. Ob und inwieweit die Modellaussagen auf das zu untersuchende Verkehrssystem übertragen werden können, hängt vom Ausmaß der Entsprechung zwischen Modell und wahrgenommener Realität ab.³¹³ D.h., bevor mit dem Modell Simulationsrechnungen durchgeführt werden ist es notwendig, das Anpassungsverhalten bzw. den Erklärungswert des Gleichungssystems durch Tests zu überprüfen. Generell wird die Gültigkeit von ökonometrischen Modellen im Rahmen einer dynamischen ex post-Prognose beurteilt. Auf dieser Grundlage werden die beobachteten Daten durch die Ergebnisse der geschätzten funktionalen Beziehungen ersetzt. Über den Vergleich der ursprünglichen Daten mit den resultierenden Systemlösungen lassen sich Aussagen zur Güte des formalen Modells treffen.³¹⁴ Das vorliegende Modell wurde für den Zeitraum 1989 bis 1998 gelöst. Ausgehend von den Systemfehlern existieren eine Vielzahl an Prüfmaßen.³¹⁵ Die Beurteilung der Eigenschaften und des Erklärungswertes des Modells erfolgt über die Prüfmaße MEAN, MAE, RMSE und MAPE. Jedes dieser Prüfmaße hat eine eigenständige Bedeutung und mißt spezifische Eigenschaften des Modells. Für eine qualifizierte Modellanalyse ist es jedoch erforderlich, die Prüfmaße im Zusammenhang zu interpretieren.³¹⁶

Der mittlere prozentuale Fehler (MEAN = mean error) ist definiert als:

$$MEAN = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{u}_t \quad (6.14)$$

Über den MEAN kann auf systematische Über- und Unterschätzung der einzelnen Gleichungen geschlossen werden. Ein negativer (positiver) Wert zeigt eine systematische Unterschätzung (Überschätzung) an. Der Wert sollte möglichst nahe bei Null liegen, jedoch sind die betragsmäßigen Größen der Variablen zu beachten.

³¹³ vgl. Pagenkopf, J.: Simulation; in: Albers, W.; u.a. (Hrsg.): Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft; Band 6; Stuttgart u.a.O. 1981; S. 536 ff.

³¹⁴ Zu den Güte-Kriterien ökonometrischer Modelle vgl. Gaab, W.; Ökonometrische Modelle; in: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Arbeiten mit ökonometrischen Modellen (unveröffentlichtes Manuskript); Essen 1991; S. 39 ff.

³¹⁵ vgl. Weber, K.: Wirtschaftsprognostik; München 1990; S. 177.

Der mittlere absolute Fehler (MAE = mean absolut error) ist definiert als:

$$MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |\hat{u}_t| \quad (6.15)$$

Der MAE mißt die durchschnittliche betragsmäßige Abweichung der Ergebnisse der Modellgleichungen von den beobachteten Größen. Der MAE ist allerdings abhängig von der Dimension der Variablen. So weist der MAE im vorliegenden Modell z.B. nur geringfügige Abweichungen beim spezifischen Kraftstoffverbrauch der Pkw aus. Umgekehrt zeigt der MAE betragsmäßig hohe Abweichungen bei den Verkehrs- und Fahrleistungen an. Eine Interpretation der Ergebnisse kann nur im Zusammenhang mit dem MAPE erfolgen. So liefert der MAE erst dann Hinweise auf eine nicht zufriedenstellende Modellanpassung, wenn auch der MAPE vergleichsweise hoch ist.

Die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (RMSE = root mean squared error) ist definiert als:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{u}_t^2} \quad (6.16)$$

Der RMSE mißt die quadrierte durchschnittliche betragsmäßige Abweichung der Gleichungen. Der RMSE muß im Zusammenhang mit dem MAE interpretiert werden. So fallen größere Abweichungen beim RMSE stärker ins Gewicht. Die Differenz zwischen RMSE und MAE kann demnach als ein Indikator für extreme Ausreißer bewertet werden.³¹⁷

Der mittlere absolute prozentuale Fehler (MAPE = absolut percentage error) ist definiert als:

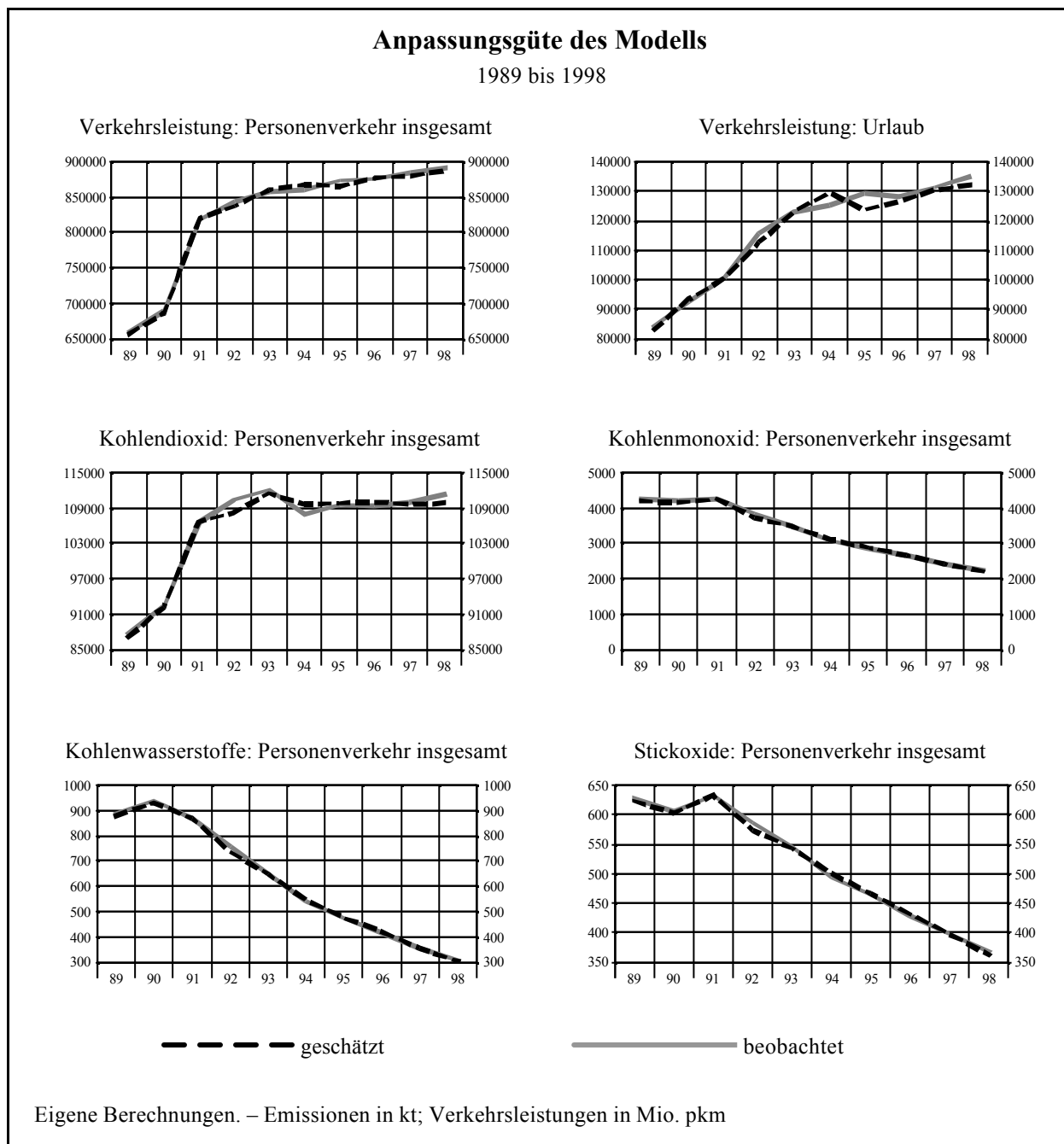
$$MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{|\hat{u}_t|}{Y_t} \quad (6.17)$$

Der MAPE mißt durchschnittliche prozentuale Abweichung der Systemlösungen von den beobachteten Daten und sollte möglichst nahe bei Null liegen. Der MAPE ist unabhängig von der Dimension und Größe der Variablen. Im Unterschied zum MAE werden über dieses Prüfmaß auch hohe Abweichungen bei betragsmäßig kleinen Variablen sichtbar, deren Systemfehler sich innerhalb des Gleichungssystems entscheidend fortpflanzen können. Daher kommt dem MAPE als Maß der Anpassungsgüte die größte Aufmerksamkeit zuteil.

³¹⁶ vgl. Storchmann, K.-H.(1999); S.113.

³¹⁷ vgl. Oberstraß, M.: Ein makroökonomisches Modell zur Abbildung des Zusammenhangs von Strukturwandel und Umweltbelastung; Berlin 1999; S. 96.

Abbildung 6.12



Die Güte der Anpassung des Modells an die tatsächliche Entwicklung im Prognosezeitraum ist für die zu erklärenden Variablen in den Tabellen des Anhangs D ausgewiesen. Die dort aufgeführten Prüfmaße belegen eine insgesamt mehr als zufriedenstellende Anpassungsgüte des Modells. So betragen die jeweiligen MAPE zumeist weniger als 1,0 v.H. Aufgrund des allgemein sehr geringen MEAN darf davon ausgegangen werden, daß keine systematische Über- oder Unterschätzung vorliegt. Die jeweiligen Abweichungen zwischen MAE und RMSE sind dabei durchweg zu vernachlässigen. Vergleichsweise „große“ Abweichungen der Prüfmaße – z.B. im Rahmen zwischen 4,79 (Emission CO: Urlaub; Flugverkehr) und 6,7 v.H. (Fahrleistung: Pkw; Urlaub) des MAPE – finden sich allein bei denjenigen Gleichungen des

Urlaubsverkehrs, die in einem direkten oder zumindest in einem engen Zusammenhang mit der Verhaltensgleichung des Flugverkehrs stehen. Ein enger Zusammenhang besteht z.B. mit den durchschnittlichen Reiseweiten im Urlaubsverkehr sowie mit der Definitionsgleichung der Personenkilometer des Pkw-Urlaubsverkehrs.³¹⁸

Die vergleichsweise „schlechte“ Anpassungsgüte der Erklärung für den Urlaubsverkehr kann allerdings nicht überraschen: Das Reiseverhalten der ostdeutschen Bevölkerung weist im Prognosezeitraum keine Kontinuität auf. So determinieren in der ersten Phase des Wiedervereinigungsprozesses vor allem emotionale Stimmungsschwankungen das Reiseverhalten; z.B. die Erfüllung des Wunsches „einmal mit dem eigenen Wagen nach Italien“ zu fahren. Flugreisen wurden diesbezüglich eher selten in Anspruch genommen. Ein Grund für die unregelmäßige Frequentierung des Flugverkehrs kann darin bestehen, daß in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung viele attraktive Fernurlaubsziele nur ab westlichen Flughäfen angetreten werden konnten. Vor allem führte jedoch ein bis dahin auftretendes Neuorientierungsgefühl zu einem diskontinuierlichen Reiseverhalten.

Die sehr guten Modellergebnisse insgesamt werden vor allem durch die hervorragende Anpassungsgüte der Schätzgleichungen der Bestände an Diesel- und Otto-Pkw getragen. Der mittlere absolute Schätzfehler liegt beim Pkw-Bestand bei 0,61 v.H. Von besonderer Wichtigkeit ist es, daß durch die definitorische Verknüpfung aus geschätzten Verkehrsaufkommen und geschätzten durchschnittlichen Entfernungen keine großen Fehler perpetuiert werden. Vergleichsweise geringe Abweichungen lassen sich allein für die Verkehrsleistungen des Urlaubsverkehrs dokumentieren. Allerdings sei noch einmal darauf hingewiesen, daß das Wirkungsgefüge zwischen Flugverkehr und durchschnittlichen Reiseweiten in einem hohen Maße ursächlich für den Grad der Abweichung ist. Beträgt der MAPE bei den Verkehrsleistungen des Urlaubsverkehrs 1,82 v.H., liegen die mittleren absoluten Abweichungen bei den Verkehrsleistungen im

- Ausbildungsverkehr bei 0,57 v.H.,
- Berufsverkehr bei 0,77 v.H.,
- Einkaufsverkehr bei 0,78 v.H.,
- Freizeitverkehr bei 0,20 v.H.

Insbesondere aufgrund der weit überdurchschnittlichen Anpassungsgüte bei der Erklärung der quantitativ bedeutsamen Verkehrsleistungen des Freizeitverkehrs mußte für die kumulierten Verkehrsleistungen des privaten Personenverkehrs nur eine MAPE von 0,48 v.H. hingenommen werden. Die Betrachtung der im Mittelpunkt der vorliegenden Analyse stehenden Variablen (vgl. Abbildung 6.12), unterstreicht diesen Zusammenhang. Die nicht erklärten Abweichungen der Jahre 1992, 1994, 1995 und 1998 bei den Urlaubsreisen schlagen sich bei den zentralen Modellgrößen Emissionen und Gesamtverkehrsleistungen immer in gleicher Richtung nieder.

³¹⁸ vgl. dazu die Ausführungen in Kapitel 6.4.2.

7 Simulationsergebnisse

Simulationsrechnungen können entweder ex ante oder ex post erfolgen. Objekt von ex ante-Simulationen sind die Konsequenzen politischer Maßnahmen in der Zukunft. Grundlage von ex ante-Simulationen ist eine prognostizierte Entwicklung in der Zukunft. Folglich müssen allgemeine gesamtwirtschaftliche, sozioökonomische und verkehrswirtschaftliche Rahmenbedingungen im Rahmen einer ex ante-Prognose fortgeschrieben werden. Durch den Einsatz z.B. umweltpolitischer Instrumente können dann alternative Entwicklungspfade abgebildet und bewertet werden.³¹⁹ Objekt von ex post-Simulationen sind dagegen die Konsequenzen, die im Beobachtungszeitraum eingetreten wären. Ex post-Simulationen können dementsprechend als „Was wäre gewesen, wenn“ Szenarien interpretiert werden, wenn die unterstellten Wirkungsmechanismen zutreffen. Bei den im folgenden dargestellten Modellrechnungen handelt es sich um solche Szenarien. Die Simulationslösungen werden dabei auf die Daten der ex post-Prognose bezogen, die im weiteren Verlauf als Referenzlösungen bezeichnet werden. Dadurch ist vor allem gewährleistet, daß die Simulationsergebnisse nicht zusätzlich durch Anpassungsfehler belastet werden.³²⁰

In den Simulationsrechnungen werden über den Zeitraum von zehn Jahren Umweltabgaben sukzessiv angehoben. Das Anpassungsverhalten der Haushalte erfolgt im Modell allmählich. Eine Unterscheidung zwischen Diesel- und Ottokraftstoffen wird nicht angenommen. Ein Bezugspunkt ist die am 1. April 1999 eingeführte Anhebung der Mineralölsteuer für Diesel- und Ottokraftstoffe um jährlich 6 Pf/l. Es wird in den Simulationsrechnungen davon ausgegangen, daß diese Maßnahme bereits 1989 eingetreten ist. Als Projektionsrahmen wird der Zeitraum 1989 bis 1998 gewählt. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird diesbezüglich von Szenario A gesprochen. Weiterhin werden in Szenario B die möglichen Effekte des umweltpolitischen Vorschlags der „Grünen“ simuliert, wie sie 1998 auf dem Magdeburger Parteitag von der dortigen Delegiertenversammlung beschlossen wurde. Demnach soll im ersten Jahr einer ökologischen Steuerreform die Mineralölsteuer einmalig um 50 Pf/l und danach stufenweise in den Folgejahren um jeweils 30 Pf/l angehoben werden.

In dem hier vorliegenden linearen Modell lassen sich ausschließlich Punktelastizitäten berechnen. Punktuell gemessene Kraftstoffpreiselastizitäten sind variabel.³²¹ Das Maß der Variabilität hängt besonders von der Entwicklung weiterer im Modell exogener Größen, wie beispielsweise des Einkommens und der Straßeninfrastruktur, ab. Weiterhin ist die Elastizität auch abhängig von der Intensität preispolitischer Maßnahmen. So ist auch im vorliegenden

³¹⁹ vgl. Oberstraß, M. (1999); S. 175 ff.

³²⁰ vgl. Kiy, M.; Neuhaus, R.; Wenke, M.: Simulationen mit ökonomischen Modellen; in: Rheinisch-Westfälisches-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.); IV; S. 255; zitiert in: Storchmann, K.-H. (1998); S. 115.

³²¹ Alternativ zu Punktelastizitäten linearer Modelle sind die Elastizitätswerte doppelt-logarithmischer Systeme (ausschließlich doppelt-logarithmische Schätzgleichungen) Konstante. Sie sind identisch mit den geschätzten Regressionskoeffizienten. Doppelt-logarithmische Gleichungssysteme werden immer dann gewählt, wenn man den Einfluß der verschiedenen Determinanten spezifizieren will. Doppelt-logarithmische Systeme beinhalten i.d.R. nur sehr wenige Gleichungen. Hingegen interessiert im vorliegenden Modell besonders das komplexe Wechselspiel zwischen unterschiedlichen Determinanten der Verkehrsnachfrage. Infolgedessen ist die Vorstellung „konstanter“ Elastizitätswerte auch nicht sinnvoll, da nicht wirklichkeitsnah.

Modell zu beobachten, daß die Elastizitätswerte mit wachsender Veränderung von Kraftstoffpreisen zurückgehen.³²² Dieses ist für das vorliegende Modell vor allem darauf zurückzuführen, daß hier letztendlich der Preis je Personenkilometer ausschlaggebend für die Elastizität der Verkehrsnachfrage ist. So resultieren aus der dynamischen Anpassung des privaten Kapitalstocks zunehmend niedrigere spezifische Verbrauchswerte je Pkw, was den Einfluß der Literpreise auf die Kraftstoffkosten je Fahrzeugkilometer zwangsläufig abschwächen muß. Beispielsweise wird der Anstieg der Literpreise in Szenario A nur zu 93,9 v.H. auf die Kraftstoffkosten weitergegeben. Der Anstieg in Szenario B bewirkt einen noch geringeren Anstieg von 89,5 v.H.

Um den Leser nicht mit einer unüberschaubaren Menge an Elastizitätswerten zu überfordern, werden Elastizitätswerte im folgenden nur im unmittelbar sinnvollen Zusammenhang genannt. Als erstes Glied der Kausalkette beziehen sich die genannten Elastizitätswerte allein auf den Kraftstoffpreis je Liter (PXKR) als unabhängige Variable. Auch bezieht sich der Vergleich der im Modell ermittelten Elastizitätswerte ausschließlich auf das Jahr 1998.³²³

Im Rahmen dieser Arbeit soll zuallererst untersucht werden, ob in absehbarer Zeit die Emission von CO₂ im Verkehrsbereich durch das Instrument höherer Kraftstoffpreise überhaupt spürbar zu reduzieren ist. Ebenso ist es für die Umweltpolitik wichtig zu wissen, inwieweit die Maßnahmen eine Reduzierung der Schadstoffe CO, NO_x und HC bewirken, die in einer nicht so eindeutigen Beziehung zum Kraftstoffverbrauch stehen wie CO₂. Das vorhergehende Kapitel hat verdeutlicht, daß Verkehrsvermeidung sowie ein deutlicher Umstieg auf alternative umweltfreundliche Verkehrsmittel in erster Linie abhängig von der Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte ist. Insofern stehen politische Versuche, das gegenwärtige Verkehrssystem durch eine Erhöhung der Kraftstoffpreise umweltgerecht zu verändern, immer auch in Konflikt mit den Interessen der Gruppe der Pkw-Halter. Gegen höhere Kraftstoffpreise wird vom ADAC oder auch von selbst ernannten Anwälten der Pkw-Besitzer häufig vorgetragen, daß von ihnen regressive Verteilungswirkungen ausgehen und sie daher unsozial sind. Deshalb wird im weiteren Verlauf der Arbeit zunächst auch der Frage nachgegangen, inwieweit einkommensschwache Haushalte durch die Maßnahmen in ihren Ansprüchen benachteiligt werden können. Erst danach werden die Implikationen auf Verkehrsleistung, Modal Split, Pkw-Fahrleistung und Emissionen analysiert.

7.1 Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf den privaten Pkw-Bestand

Von ökologisch inspirierter Seite wird immer wieder betont, daß höhere Kraftstoffpreise die Nachfrage nach neuen, energieeffizienteren Fahrzeugen fördern. Parallel hierzu sollen alte,

³²² Storchmann ordnet das Phänomen dem Gesetz „abnehmender Grenzelastizität“ zu. Vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 116

³²³ Unter Punktlastizitäten sind im Zusammenhang mit dieser Arbeit die Verhältnisse relativer Änderungen von abhängiger und unabhängiger Variable zu einem bestimmten Zeitpunkt zu verstehen. Die prozentualen Abweichungen der Modellvariablen sind für das Jahr 1998 alle in Anhang E aufgeführt.

kraftstoffintensive Pkw schneller aus dem Verkehr genommen werden. Auch wird der Verzicht auf den Besitz eines Pkw - mehr oder weniger öffentlich - als ökologisch korrektes Verhalten gelobt. Letzteres Paradigma ist allerdings nicht unproblematisch. So muß geklärt werden, ob nicht objektive Sachzwänge eine ständige Pkw-Verfügbarkeit von Personengruppen, speziell im Berufsverkehr, erfordern. Infolgedessen ist immer die Frage nach der Verteilungsgerechtigkeit zu stellen. So liegt es nahe, daß einkommensschwache Haushalte außerhalb der Agglomeration schwerer auf Alternativen umstellen können als andere, da ein adäquates öffentliches Verkehrsnetz in den ländlichen Räumen häufig nicht vorhanden ist.

Eine subjektive Bewertung der Maßnahmen auf regressive Verteilungswirkungen kann in Analogie zur Vorgehensweise in Kapitel 3.4 mit Hilfe der laufenden Wirtschaftsrechnungen des Statistischen Bundesamtes vollzogen werden. Dabei konzentriert sich die Analyse im folgenden allein auf die Haushaltstypen 1 und 2, da im Zusammenhang mit der Diskussion regressiver Verteilungseffekte eine Bezugnahme auf den Haushaltstyp 3, für den das Statistische Bundesamt ein durchschnittlich monatlich ausgabenfähiges Einkommen von 9291 DM im Jahr 1998 ausweist, nicht sinnvoll erscheint. Auch gewinnt die Tabelle 7.1 hierdurch an Übersichtlichkeit.

Tabelle 7.1

Die Effekte höherer Kraftstoffpreise auf die monatliche Ausgabenstruktur ausgewählter privater Haushalte für Kfz-Mobilität im Jahr 1998						
Je Haushalt mit eigenen Kfz						
	Haushaltstyp 1			Haushaltstyp 2		
	Referenz	Szenario A	Szenario B	Referenz	Szenario A	Szenario B
Aufwendungen in DM						
Anschaffung	164	164	164	328	328	328
Kraftstoffe	99	131	220	164	218	365
Unterhaltung	152	152 (121)	152 (121)	246	246 (215)	246 (215)
Kfz-Insgesamt	415	447 (416)	536 (505)	738	792 (761)	939 (908)
Anteil am ausgabenfähigen Einkommen in v.H.						
Anschaffung	5,9	5,9	5,9	5,6	5,6	5,6
Kraftstoffe	3,5	4,7	7,9	2,8	3,7	6,2
Unterhaltung	5,4	5,4 (4,3)	5,4 (4,3)	4,2	4,2 (3,7)	4,2 (3,7)
Kfz-Insgesamt	14,8	16,0 (14,8)	19,1 (18,0)	12,6	13,5 (13,0)	16 (15,5)
Quelle: Statistisches Bundesamt; Eigene Berechnungen. Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Ausgabenstruktur unter Ausschluß der Kfz-Steuer. Zu der Darstellung bzw. Annahmen vgl. Kapitel 3.4; S. 33 f.						

Die in Tabelle 7.1 aufgeführten Zahlen beziehen sich allein auf diejenigen Haushalte, die zumindest einen Pkw besitzen. Den Ausgaben privater Haushalte für Pkw im Jahr 1998 (Referenz) werden die aus den Simulationsrechnungen abgeleiteten Zahlen der Szenarien A und B gegenübergestellt.³²⁴ Die Ableitung erfolgte dahingehend, daß die ermittelten relativen Änderungen der Fahrleistungen je Pkw und der Kraftstoffkosten je Fahrzeugkilometer proportional auf die Kraftstoffkosten der Haushaltstypen in der Referenz übertragen wurden. Weiterhin

³²⁴ Es wird in dieser Arbeit vereinfachend eine Identität zwischen Pkw und Kfz unterstellt.

wurde aus Gründen der Vereinfachung angenommen, daß die Ausgaben für Pkw-Unterhalt und Pkw-Anschaffung durch die Maßnahmen nicht berührt werden. Eine spürbare Anhebung der Kraftstoffpreise wird zwar Anreize zum Erwerb kleinvolumiger, sparsamer und zugleich in der Anschaffung preiswerterer Pkw geben, um so den spezifischen Kraftstoffverbrauch zu senken. Auf der anderen Seite werden jedoch, aufgrund des durch die Maßnahmen hervorgerufenen endogenen Marktdrucks, technische Innovationen hervorgerufen, die wiederum Kosten verursachen. Inwieweit sich dabei in der Summe die Kosten der Fahrzeuganschaffung verändern, bleibt spekulativ, da unklar ist, welcher Effekt dominiert. Beispielsweise wurden die Kosten von Katalysatoren in der Vergangenheit häufig zu hoch geschätzt.³²⁵

Bei der gegenwärtigen öffentlichen Auseinandersetzung um die Höhe des Ökosteuersatzes auf Kraftstoffe taucht immer wieder die steuerpolitische Option auf, die Kfz-Steuer in vollem Umfang auf die Mineralölsteuer umzulegen. Auch wenn sich z.Z. noch kein konkreter politischer Wille zur Umsetzung des Vorschlags auf der politischen Bühne abzeichnet, ist nicht auszuschließen, daß es hierzu einmal kommt. So gaben die „Grünen“ auf ihrem Magdeburger Parteitag auch vor, mit dem Einstieg in die ökologische Steuerreform die Kfz-Steuer zugunsten höherer Abgabensätze auf Kraftstoffe abschaffen zu wollen. Selbst wenn die Abschaffung der Kfz-Steuer nicht simuliert wurde, soll im folgenden doch auf die Implikationen einer Umlage hingewiesen werden. Die Zahlen innerhalb der Klammern in Tabelle 7.1 geben die Aufwendungen privater Haushalte für Pkw unter Ausschluß der Kfz-Steuer an. Der Einfachheit halber wurden für beide Einkommensklassen gleiche durchschnittliche Kfz-Steuerbeträge (monatlich je 31 DM) angenommen.

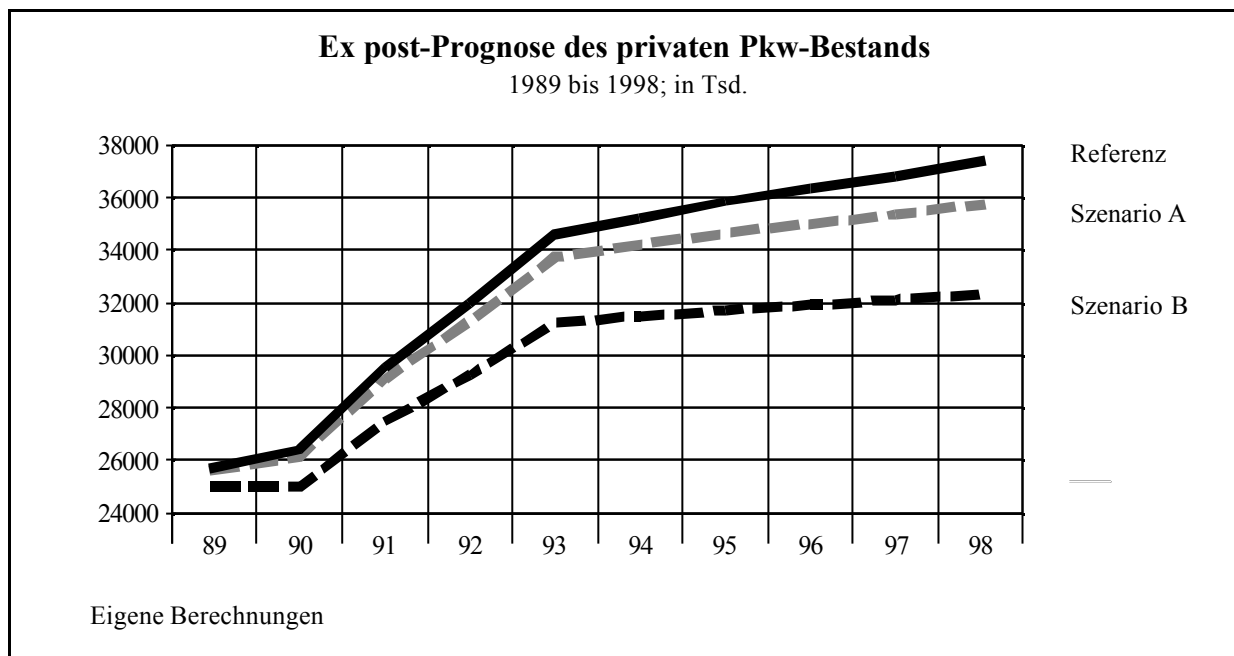
Tabelle 7.1 verdeutlicht, daß einkommensschwache Haushalte, die über eigene Pkw verfügen, von höheren Kraftstoffpreisen besonders stark betroffen sind, solange die Preiserhöhungen nicht durch geeignete Kompensationsmaßnahmen sozial abgefedert werden. Deren verfügbares Einkommen kann die Kostensteigerungen kaum noch auffangen, mit der Folge, daß immer mehr einkommensschwache Haushalte auf eine weitere Fahrzeughaltung verzichten müssen. Bei Erfüllung des Szenarios B würde diese Entwicklung besonders drastisch ausfallen. Bei einer durchschnittlichen Jahresfahrleistung von exemplarisch nur 5840 fzk/a ist mit einer Einkommensbelastung von 19,1 v.H. zu rechnen.³²⁶ Darüber hinaus noch höhere Verkehrsleistungen dürften infolgedessen kaum noch zu bezahlen sein. Bei einer Jahresfahrleistung von 8330 fzk/a, welche dem Durchschnitt in Szenario B entspricht, würde dem Haushaltstyp 1 durch Kraftstoffkosten in Höhe von 314 DM eine Belastung von 22,5 v.H. entstehen. Selbst bei einer Umlage der Kfz-Steuer müßte ein solcher Haushalt noch 21,4 v.H. seines Einkommens für den Besitz und die Nutzung eines Pkw verplanen. Insofern ist auch davon auszugehen, daß von dem prognostizierten Rückgang des privaten Pkw-Bestands um 13,6 v.H. in erster Linie diese Haushaltsgruppe betroffen ist, auch wenn man für den Haushaltstyp 2 an-

³²⁵ So wurde während der ersten Einführungsphase strenger Grenzwertvorschriften in Kalifornien in vier amerikanischen Studien eine deutliche Erhöhung der Pkw-Anschaffungskosten zuungunsten niedriger Einkommensklassen prognostiziert, die jedoch so nie stattgefunden hat. Zu den Annahmen und zu den Ergebnissen vgl. Zimmermann, K.: Zur Inzidenz des Katalysators; Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 56 (1985); S. 126 ff

³²⁶ In der Referenz wurde eine durchschnittliche Jahresfahrleistung von 8400 km/a zugrundegelegt.

nehmen kann, daß die Kostensteigerung möglicherweise einen Verzicht besonders auf Zweitwagen mit sich bringen dürfte. Dies gilt insbesondere dann, wenn hier weitere Einkommensteile, z.B. durch Immobilienschulden oder hohe Ausbildungskosten für die Kinder, bereits verplant sind.

Abbildung 7.1



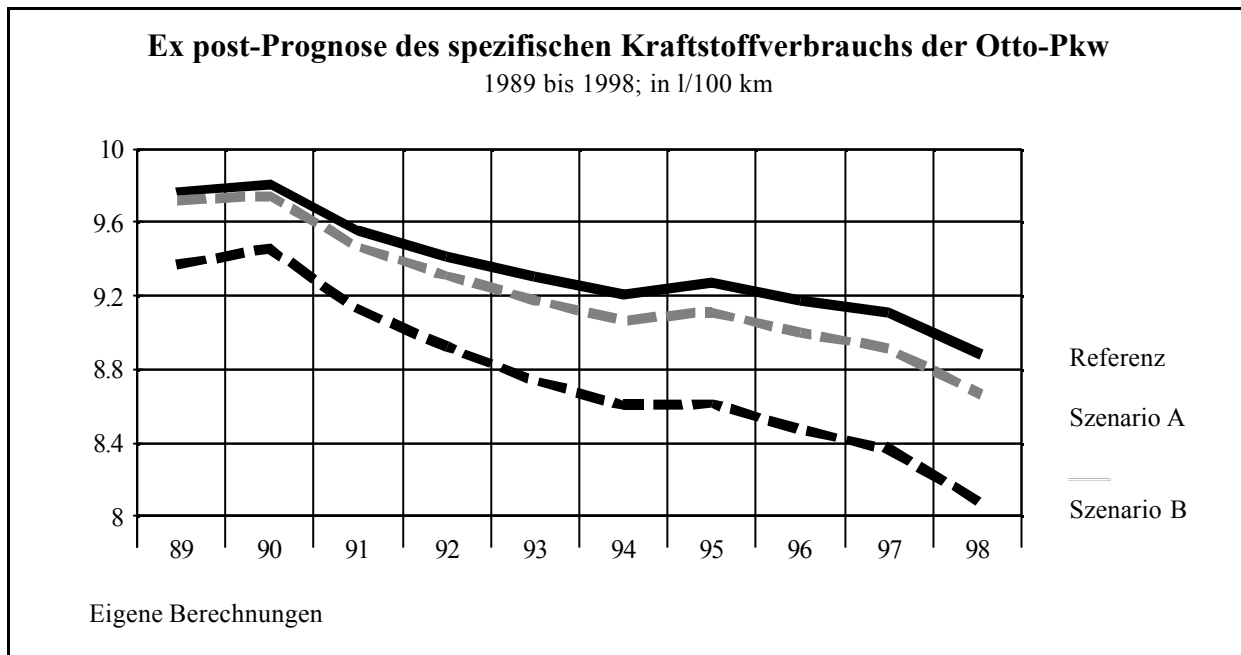
Auch für Szenario A sind die gleichen Effekte, wenn auch in viel schwächerer Form, zu beobachten. Bei einem gleichzeitigen Wegfall der Kfz-Steuer dürften einkommensschwache Haushalte mit Pkw sogar die steigenden Transportkosten zu einem großen Teil kompensieren. Allein diejenigen Haushalte werden von der Steuerreform mehr belastet, die viel mit dem Pkw fahren. Dazu zählen einkommensschwache Haushalte i.d.R. nicht. So steigen beispielsweise unter den hier getroffenen Annahmen die Ausgaben des Haushaltstyps 1 für Kraftstoffe exemplarisch um 32 DM monatlich. Demgegenüber steigen die durchschnittlichen Ausgaben des Haushaltstyps 2 für Kraftstoffe um monatlich 54 DM. Die durch die Abschaffung der Kfz-Steuer entstehende Entlastung beträgt annahmegemäß für beide 31 DM. Infolgedessen müßte bei einer Umlage dann auch der prognostizierte Rückgang der Pkw-Flotte in Höhe von 4,4 v.H. gar nicht erst eintreten. Im übrigen besitzen viele einkommensschwache Haushalte gar keine Pkw, so daß sie durch eine Ökosteuerreform finanziell besser gestellt werden dürften.³²⁷

Es läßt sich an dieser Stelle bereits festhalten, daß vor allem regressive Verteilungseffekte gegen eine Umsetzung der Magdeburger Beschlüsse sprechen. Auch wenn die Kfz-Steuer zugleich abgeschafft würde, ist die Nutzung eigener Pkw von Haushalten mit geringen Einkommen dann nur noch schwer zu bewältigen. Die Berücksichtigung von Verteilungswirkun-

³²⁷ Im Falle eines Ökobonus trifft dieses unzweifelhaft zu, da jeder Haushalt, unabhängig davon, ob er über eigene Fahrzeuge verfügt oder nicht, den gleichen Pro-Kopf-Bonus erhält.

gen ist jedoch für die Durchsetzung einer der Nachhaltigkeit verpflichteten Politik von großer Bedeutung, weil die betroffenen Gruppen Koalitionen bilden könnten, die dann letztendlich den notwendigen ökologischen Strukturwandel in seiner Gesamtheit blockieren könnten. Infolgedessen sind einzelne radikale Forderungen, so berechtigt sie auch sein mögen, von der verantwortlichen Politik immer unter Vorbehalt aufzunehmen. Das Niveau und das Ausmaß der gegenwärtigen Diskussion um die Ökosteuer liefert einen Vorgeschmack auf eine dann mögliche öffentliche Reaktion.

Abbildung 7.2



Die Ausschöpfung der derzeitigen technischen Möglichkeiten könnte ein erhebliches Potential an verbrauchsarmen Neuwagen erschließen. Diese Erwartung wird nicht nur von ökologisch inspirierter Seite genährt, da sie zugleich die Lösung zweier Probleme verspricht. Langfristig kann über den Einsatz neuer energieeffizienter Pkw nämlich nicht allein der CO₂-Ausstoß bei gegebener Fahrleistung reduziert werden, auch die Transportkosten je Fahrzeugkilometer werden dadurch gesenkt. Im vorliegenden Modell wird der technische Fortschritt allerdings als autonome Größe während des betrachteten Zeitraums erfaßt. Somit lassen sich mögliche Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf technische Verbesserungen der Motorwirkungsgrade im Modell nicht abbilden. Im ex post-Zeitraum können diese nur hypothetisch diskutiert werden. Eine Verbesserung der Energieeffizienz der privaten Pkw-Flotte wird im vorliegenden Modell ausschließlich durch den Übergang zu kleineren Fahrzeugen (downsizing) vollzogen. In beiden Szenarien entwickelt sich der Übergang jedoch sehr langsam, da die Wahl der Hubraumgröße in erster Linie vom Einkommen abhängig ist, gemäß der getroffenen Annahme einer Rückerstattung über den Ökobonus von den Maßnahmen unberührt bleibt. Beispielsweise sinkt der durchschnittliche Hubraum der Otto-Pkw in Szenario B von 1617 ccm nur langsam auf 1534 ccm im Jahr 1998. Der mittlere Hubraum von Diesel-Pkw bleibt hingegen im Modell konstant. Ein signifikanter Einfluß des Preises von Diesel läßt sich

während des gesamten Beobachtungszeitraums nicht nachweisen. Infolgedessen bewirken höhere Kraftstoffpreise im Modell allein einen Rückgang des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Otto-Fahrzeuge.

Auf Seiten vieler „Grüner“ herrscht ein ausgesprochenes Mißtrauen bezüglich der Innovationsbereitschaft der Automobilindustrie vor. So haben die Automobilkonzerne 1990 bereits zugesagt, bis zum Jahr 2005 eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs der Neufahrzeuge um 25 v.H. zu erreichen.³²⁸ Allerdings bestand lange Zeit nicht der Eindruck, daß die großen Konzerne an nennenswerten technischen Innovationen in Richtung verbrauchsarmer Motoren überhaupt interessiert seien. Das nährte natürlich den Verdacht, daß die Automobilkonzerne 1990 etwas versprochen, was aufgrund des autonomen Fortschritts ohnehin eintreten wird. Demnach gingen einige ökologische Stimmen davon aus, daß sich die Automobilhersteller erst bei einer radikalen Erhöhung der Benzinpreise konsequent anstrengen, technische Innovationen zur Minderung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs einzuleiten. Dem kann jedoch entgegengehalten werden, daß mit dem politischen Wechsel 1998 und dem Einstieg in die ökologische Steuerreform 1999 eine deutliche Trendwende in Richtung der Entwicklung stark verbrauchsarmer Motoren sichtbar wird.

Es mag Zufall sein, daß die Einführung des Drei-Liter-Autos von VW fast zeitgleich mit dem Eintritt in die gegenwärtige Ökosteuerreform erfolgte. Auch ist es erstaunlich, daß Techniken wie die Brennstoffzelle (Wasserstoff), die noch vor kurzer Zeit als zu teuer, zu groß und zu kompliziert galten, schon heute in Vorserienmodellen auftauchen.³²⁹ Hierüber muß sich der Eindruck verstärken, daß zugleich mit dem von politischer Seite in letzter Zeit permanent verstärkten Druck auf die Unternehmen auch die Erwartung künftiger Preissteigerungen zur Änderung der Unternehmensstrategien geführt hat. Die oben genannten Tatsachen können ein Indiz dafür liefern, daß es keiner radikalen Korrektur der Kraftstoffpreise bedarf, um die technologische Trendwende einzuleiten. Vielmehr kann es schon ausreichen, die Kraftstoffpreise weiter moderat sukzessiv anzuheben, solange dabei der feste politische Wille zu erkennen ist, den Kurswechsel in der Verkehrspolitik auch durchhalten zu wollen. Im Gegenteil setzen sich ökologische Vertreter durch radikale Forderungen immer der Gefahr aus, in ihrem Anliegen von Bevölkerung und Industrie nicht ernstgenommen zu werden.

³²⁸ Der Verband der deutschen Automobilindustrie (VDA) hat im Juni 1990 der damaligen Bundesregierung zugesagt, ihren Beitrag dazu zu leisten, daß der Kraftstoffverbrauch und damit die CO₂-Emissionen des Automobilverkehrs bis zum Jahr 2005 um die von der Politik angestrebte Minderungsrate von 25 v.H. verringert werden kann. Im März 1995 hat der VDA die freiwillige Selbstverpflichtungserklärung konkretisiert, indem zugesagt wurde, den spezifischen Kraftstoffverbrauch der von der deutschen Automobilindustrie hergestellten und in Deutschland abgesetzten Pkw bis zum Jahr 2005 um 25 v.H., gemessen am Stand von 1990, zu senken. Im Gegenzug erklärte die damalige Bundesregierung, keine Initiative zu ergreifen, um die Klimaschutzpolitischen Ziele auf ordnungsrechtlichem Wege zu erreichen.

³²⁹ Neben BMW arbeitet in Deutschland vor allem Ford an der Nutzbarmachung der Brennstoffzellen-Technologie. Auf der IAA 1999 präsentierte Ford mit dem FC 5 bereits ein solches Fahrzeug.

7.2 Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf Verkehrsleistung und Modal Split

Da Kraftstoffpreise in erster Linie die Transportkosten des Pkw-Verkehrs bestimmen, verändern sich die Transportrelationen bei Preiserhöhungen zuungunsten dieses Verkehrsträgers. Dieser Effekt ist umweltpolitisch gewünscht, da insbesondere CO₂ in einem festen Verhältnis zum Kraftstoffverbrauch steht, und die externen Kosten der Mobilität privater Haushalte vor allem ein Problem des Pkw-Verkehrs sind. Durch die Korrektur der relativen Transportpreise sollen die Emissionen des privaten Personenverkehrs aus ökologischen Erwägungen heraus idealerweise dadurch zurückgeführt werden, daß zum einen die Attraktivität relativ umweltfreundlicher Verkehrsmittel grundsätzlich verbessert wird. Eine derartig eingeleitete Verkehrswende soll mit der Zeit quantitative wie qualitative Angebotserweiterungen öffentlicher Verkehrsträger ermöglichen, welche den Wechsel zugunsten dieser Verkehrsmittel nachhaltig bestimmen kann. Zum anderen wird aber von ökologischer Seite vor allem angestrebt, die durchschnittlichen Entfernungen der zurückgelegten Wege allgemein zu verkürzen. Hierbei stellt sich allerdings die Frage, ob der Kraftstoffpreis wirklich das allein entscheidende Ventil zur Korrektur durchschnittlicher Wegelängen darstellt oder nicht.

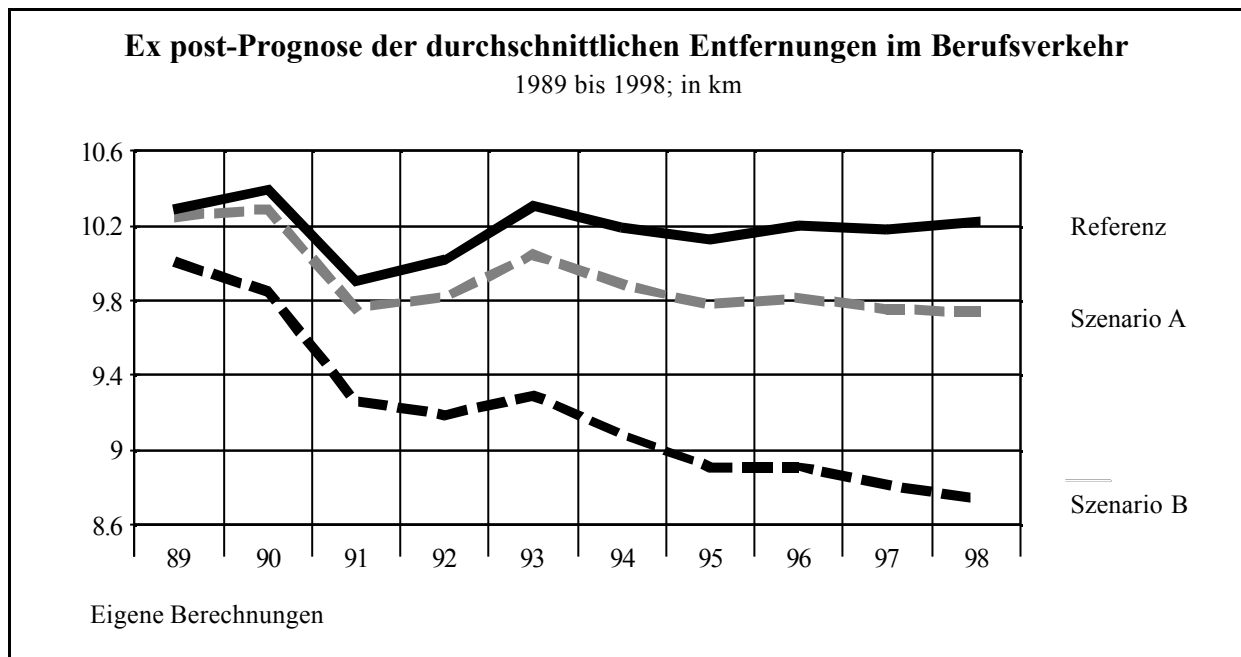
Im Modell wirken Kraftstoffpreise auch indirekt über die Pkw-Verfügbarkeit der Haushalte auf die durchschnittlichen Entfernungen des Berufs- und Freizeitverkehrs. Die These, daß Pkw genutzt werden, wenn sie erst einmal zur Verfügung stehen, trifft vor allem für den Weg zur Arbeitsstätte zu. Die Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz sind für den Erwerbstätigen kurzfristig nicht zu beeinflussen. Da sowohl von Arbeitgeberseite als auch seitens der Politik den Arbeitnehmern ständig mehr Flexibilität und Beweglichkeit nahegelegt werden und somit quasi der rundum mobile Arbeitnehmer gefordert wird, kann in der heutigen Zeit die Pkw-Verfügbarkeit zurecht als Leitparameter zur Erklärung der durchschnittlichen Wegelängen im Berufsverkehr angesehen werden. Im Umkehrschluß bedeutet das aber auch, daß eine kleinere Pkw-Flotte zu kürzeren mittleren Distanzen führen muß. Diese Implikation ist jedoch sozial äußerst problematisch. Personen, die sich aufgrund geringer Einkommensperspektiven keinen eigenen Pkw mehr leisten können, können dann auch nur noch sehr schwer weiter entfernt liegende Arbeitsplätze annehmen, insbesondere auch dann, wenn die Mitnahme durch Arbeitskollegen wegen der zunehmenden Flexibilisierung der Arbeitszeiten zusätzlich erschwert wird.³³⁰

Abbildung 7.3 stellt die prognostizierten Entwicklungspfade beider Szenarien der tatsächlichen Entwicklung der Distanzen des Berufsverkehrs gegenüber. Bereits der in Szenario A prognostizierte Rückgang des privaten Pkw-Bestands um 4,43 v.H. im Jahr 1998 bewirkt eine um 480 Meter kürzere Wegelänge. In Szenario B würde der Rückgang besonders drastisch ausfallen: von 10,2 Kilometer auf nur 8,7 Kilometer je Berufsweg im Jahr 1998. Wie bereits oben angesprochen, kann ein solcher Effekt für den Berufsverkehr politisch nicht erwünscht sein. Infolgedessen gehört heutzutage auch zu den meistdiskutierten Fragen rund um die

³³⁰ Gemeint sind Entfernungen bis zu 20 km. Darüber hinaus gehende Entfernungen können, aufgrund der gegenwärtigen Ausgestaltung der Kilometerpauschale, die Anschaffung eines Pkw lohnenswert machen.

ökologische Steuerreform, inwieweit die Fernpendler von diesen Preiserhöhungen entlastet werden können. Im Ergebnis soll aus Sicht der Regierung über eine gleichzeitige Anhebung der Kilometerpauschale versucht werden, den finanziellen Druck von den betroffenen Berufsfahrern wegzunehmen. Verhaltensänderungen sollen ausschließlich nur bei den anderen Fahrtzwecken erreicht werden.

Abbildung 7.3



Im Referenzjahr 1998 konnte von den Erwerbstätigen, die dem Finanzamt den Besitz von Pkw nachweisen, eine Kilometerpauschale in Höhe von 70 Pf je Doppelkilometer zwischen Wohnort und Arbeitsplatz in Anspruch genommen werden.³³¹ Dadurch, daß seit Ende der achtziger Jahre die Kilometerpauschale kräftig angehoben wurde, sind die Transportpreise des Pkw im Berufsverkehr i.d.R. negativ. D.h., je mehr Fahrtkilometer in der Steuererklärung angegeben werden, desto größer ist der Anteil der Pkw-Kosten, der über die Kilometerpauschale finanziert werden kann. Nicht allein Fixkosten können hierdurch getragen werden, es wird auch ein finanzieller Freiraum geschaffen, der es den Pkw-Haltern mit steigender Pauschale zunehmend erlaubt, Pkw-Fahrten für andere Zwecke auszuweiten. Viele der Berufspendler haben sich daran gewöhnt, daß sie die Kilometerpauschale von der Steuer absetzen können und so einen großen Teil ihrer Kosten für den Pkw allein durch die Einkommenssteuerminderung decken. Infolgedessen muß sich eine Politik, die versucht, die negativen Folgen höherer Kraftstoffpreise mit Hilfe von Entfernungspauschalen sozial abzufedern, folgender Konsequenz bewußt sein: Die pauschale Anerkennung von Fahrtkosten in einer Höhe, welche

³³¹ Als eine Folge der gegenwärtigen Debatte um die Ökosteuer wurde die Kilometerpauschale mit Beginn des Steuerjahre 2001 in eine verkehrsmittelunabhängige Entfernungspauschale umgewandelt. Bis 10 Kilometer Arbeitsweg beträgt die neue Pauschale 70 Pf, vom elften Kilometer an 80 Pf je Doppelkilometer. Nach dem 1998 geltenden Recht konnten bei der Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel allein die tatsächlichen Kosten für Bus und Bahn als Werbungskosten abgesetzt werden.

die variablen Kosten übersteigt, bewirkt einen ökonomischen Anreiz, einen Pkw anzuschaffen bzw. zu behalten, um die Möglichkeit zu erhalten, einen Teil der gesamten Ausgaben für Mobilität aus steuerfreiem Einkommen zu finanzieren.

Tabelle 7.2

Kraftstoffpreiselastizitäten der Verkehrsträger nach Fahrtzwecken		
Ex post-Prognose; 1989 bis 1998		
abhängige Variable	Elastizität	
	Szenario A	Szenario B
Pkw-Verkehr		
Ausbildung	-0,301	-0,248
Beruf	-0,169	-0,110
Einkauf	-0,099	-0,085
Freizeit	-0,088	-0,071
Urlaub	-0,345	-0,240
Gesamt	-0,134	-0,100
Flugverkehr		
Urlaub	0,496	0,424
Eisenbahnverkehr		
Ausbildung	0,162	0,143
Beruf	0,273	0,237
Einkauf	0,221	0,177
Freizeit	0,084	0,059
Urlaub	0,435	0,331
Gesamt	0,183	0,147
ÖSPV		
Ausbildung	0,212	0,174
Beruf	0,117	0,107
Einkauf	0,259	0,207
Freizeit	0,156	0,100
Urlaub	0,100	0,081
Gesamt	0,171	0,134
nicht motorisierter Verkehr		
Ausbildung	0,021	0,012
Beruf	-0,019	-0,012
Einkauf	0,054	0,043
Freizeit	0,050	0,044
Gesamt	0,040	0,034

Eigene Berechnungen. - Unabhängige Variable: Kraftstoffpreis (PXKR).

Die Tatsache, daß es sich lohnt, einen Pkw zu halten, beeinflusst natürlich die Verkehrsmittelwahl. Der Einfluß höherer Kraftstoffpreise auf den Modal Split ist dabei jedoch unterschiedlich stark ausgeprägt. Während im Berufsverkehr mit steigenden Preisen zunehmend der immer günstiger werdende ÖPNV in Anspruch genommen wird, ohne gleichzeitig auf die bestehenden steuerlichen Vorteile des Pkw-Besitzes verzichten zu müssen, fließen die daraus eingesparten finanziellen Mittel in erster Linie dem individuelleren und komfortableren Pkw-Freizeitverkehr zu. So ist beispielsweise in Szenario B für den Freizeitverkehr auch nur ein

vergleichsweise niedriger Rückgang der Pkw-Verkehrsleistungen um 17,5 v.H. zu verzeichnen. Infolgedessen liegen die Eigenpreiselastizitäten des Pkw-Verkehrs im Freizeitbereich auch am unteren Ende der Skala. Weit entfernt vom Wohnort liegende Freizeitstätten werden immer noch mit dem eigenen Pkw in großer Zahl angesteuert. Die Kreuzpreiselastizitäten bei den öffentlichen Verkehrsmitteln bleiben vergleichsweise niedrig. Dies bedeutet, daß eher Freizeitverkehr ganz vermieden wird, anstatt auf öffentliche Verkehrsmittel umzusteigen.

Am wenigsten kann aber der nicht motorisierte Verkehr von hohen Kraftstoffpreisen profitieren. Die durchschnittlichen Entfernungen sind für diese Verkehrsträger immer noch zu lang. Allein über das Instrument hoher Kraftstoffpreise gelingt es der Politik nicht, die Lebensbereiche Wohnen, Arbeiten, Einkauf und Freizeit wieder näher zusammenzubringen. Die Prognoseergebnisse unterstreichen zugleich, daß es immer zuerst in der Zuständigkeit öffentlicher Raumplaner und Stadtentwickler liegt, die Beruhigung des Innenstadtverkehrs zu erreichen und die Autodominanz zugunsten von ÖPNV, Fahrrädern und vor allem Fußgängern zurückzudrängen. Wollte die Politik die Verkehrswende wirklich einleiten, würden in den neuen Bundesländern nicht Hunderte von Einkaufszentren und Freizeitzentren am Stadtrand aus dem Boden gestampft.

Bei einer Erhöhung der Kraftstoffpreise zeigen sich beim Pkw-Verkehr die größten Reaktionen im Ausbildungs- und Urlaubsverkehr. Elastizitäten von $-0,301$ und $-0,345$ (Szenario A) bzw. $-0,248$ und $-0,240$ (Szenario B) stehen deutlich unelastischere Reaktionen bei den anderen Fahrtzwecken gegenüber. Allenfalls der Berufsverkehr zeigt sich mit einem Wert von $-0,169$ (Szenario A) bzw. $-0,110$ (Szenario B) noch relativ preisreagibel. Aus bereits angesprochenen Gründen kann dieser Zusammenhang nicht überraschen. Diejenigen Autofahrer, welche zwischen Wohnort und Arbeitsstätte gute Nahverkehrsverbindungen vorfinden, werden zunehmend den günstigeren ÖPNV nutzen, ohne dabei auf die staatlichen Steuergeschenke verzichten zu müssen. Offen bleibt jedoch, inwieweit sich die öffentlichen Verkehrsträger auf die veränderte Nachfragesituation einstellen können. Aufgrund z.Z. bestehender leerer öffentlicher Kassen, voller Fahrgastkabinen in der Verkehrsspitze und hoher Defizite des ÖPNV ist es nur schwer vorstellbar, daß eine dahingehende adäquate Erweiterung des öffentlichen Fahrzeugparks mittelfristig stattfinden kann, um die induzierten Fahrgastströme während der Spitzenlast überhaupt aufnehmen zu können.³³²

Auch wenn der Schlüssel in der umweltpolitischen Diskussion zumeist am Kraftstoffverbrauch des privaten Pkw-Verkehrs angesetzt wird, müssen konterkarierende Effekte, beispielsweise durch eine Zunahme des besonders emissionsintensiven Flugverkehrs, ebenfalls Berücksichtigung finden. Von den in den Prognosen zugrundegelegten Wirkungsmechanismen würde am meisten der Flugverkehr profitieren. Aus dem Szenario B resultiert im Jahr 1998 sogar eine Verdoppelung der Personenflugkilometer. Dem umweltschädlichen Trend im

³³² Vergleichsweise hohe Kraftstoffpreiselastizitäten der Nachfrage im Berufs- und Ausbildungsverkehr induzieren zwangsläufig einen stark ansteigenden ÖPNV-Finanzierungsbedarf. Zum Zusammenhang zwischen Öko-steuerreform und ÖPNV vgl. z.B. Storchmann, K.-H.: Einstieg in die ökologische Steuerreform: Auswirkungen auf den Öffentlichen Personennahverkehr; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 50 (1999); S. 65 ff.

Flugtourismus könnte von Seiten der Politik nur dann entgegengewirkt werden, falls - das mit preisbestimmende - Kerosin in Deutschland und seinen Nachbarländern zugleich besteuert werden würde. Eine im nationalen Alleingang erhobene Kerosinsteuer würde nur zu einer Verlagerung der Flugverkehrskapazitäten ins benachbarte Ausland führen. Allenfalls ließe sich der innerdeutsche Flugverkehr auf andere Verkehrsmittel verlagern.³³³ Die aufgrund ihrer Intensität besonders emissionsrelevanten Urlaubsflüge zu Billigtarifen würden wahrscheinlich weiter in großer Zahl von Deutschen wahrgenommen werden.

7.3 Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf die Auslastungsgrade der Pkw

Durch eine Erhöhung der Auslastungsgrade der Pkw läßt sich die gleiche Verkehrsleistung mit einer geringeren Fahrleistung erbringen. Lassen sich aus Sicht der Haushalte hierdurch in erster Linie private Kosten senken, so bewirken höhere Auslastungen der Fahrzeuge aus ökologischer Sicht niedrigere Emissionen je Personenkilometer. Insgesamt führen höhere Auslastungen somit zu solchen Effizienzsteigerungen, die aus umweltökonomischer Sicht stets eingefordert werden. So wird durch Auslastungsgraderhöhungen in den Szenarien eine Reduktion der Pkw-Fahrleistungen um 6,7 v.H. (Szenario A) bzw. 25,7 v.H. (Szenario B) erreicht, ohne daß es hierdurch zu Verkehrsvermeidung oder Modal Split-Veränderungen kommt. Im Prinzip kann so das gleiche Mobilitätsniveau im Sinne von privaten Nutzen zu niedrigeren sozialen Kosten aufrechterhalten werden. Jedoch findet das Anpassungsverhalten nicht für alle Fahrtzwecke gleichermaßen statt. Werden Berufsfahrten i.d.R. allein vorgenommen, determiniert im Urlaubsverkehr die Familiengröße der Urlaubsfahrer den Auslastungsgrad der Pkw. Tabelle 7.3 stellt die prognostizierten Besetzungsgrade der Pkw nach Fahrtzwecken der Szenarien A und B denjenigen der Referenz gegenüber.

Tabelle 7.3

Auslastungsgrade der Pkw nach Fahrtzwecken					
Ex post-Prognose; Referenzjahr 1998					
	Referenz	Szenario A		Szenario B	
		absolut	Abweichung zur Referenz in v.H.	absolut	Abweichung zur Referenz in v.H.
Ausbildung	1,413	1,451	2,69	1,579	11,75
Beruf	1,068	1,082	1,31	1,13	5,81
Einkauf	1,286	1,34	4,20	1,542	19,91
Freizeit	1,547	1,709	10,47	2,272	46,86
Urlaub	2,489	2,627	5,54	3,136	25,99
Gesamt	1,395	1,480	6,07	1,753	25,70
Eigene Berechnungen					

³³³ Von teureren Binnenflügen könnte vor allem die Deutsche Bahn profitieren. Mit dem Ausbau von Hochgeschwindigkeitsstrecken könnte es dann der Bahn auch gelingen, im Binnenverkehr das Flugzeug zu distanzieren. Bereits mit Beginn der großen Bahnreform 1994 versucht die Deutsche Bahn AG verstärkt auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken in Konkurrenz zum Flugzeug zu treten. Bisher mußte das Unternehmen aber eher Rückschläge einstecken. Das beste Beispiel liefert der Transrapid. Einen Überblick über die Entwicklung der Unternehmenspolitik der Deutschen Bahn AG gewinnt man mit Hilfe der jährlichen Veröffentlichung: Deutsche Bahn AG; Geschäftsbericht; 19xy.

Die Prognoseergebnisse unterstreichen, daß im Berufsverkehr eine deutliche Erhöhung der Auslastungsgrade der Pkw kaum zu verwirklichen sein dürfte. Selbst durch die drastischen Preiserhöhungen in Szenario B kann die Zahl der Insassen je Pkw im Berufsverkehr nur auf 1,13 Personen gesteigert werden. Fahrgemeinschaften sind für die Arbeitnehmer nur dann sinnvoll, wenn im Betrieb in etwa die gleichen Arbeitszeiten herrschen und die Kollegen in der Nähe der eigenen Wohnung oder auf dem Weg zur Arbeit wohnen. Diese Voraussetzungen sind in der gegenwärtigen Berufswelt kaum noch zu erfüllen. Infolgedessen sind die Möglichkeiten zur Bildung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr sehr eingeschränkt.

Im Gegensatz hierzu müssen die relativ niedrigen Zahlen für den Ausbildungsverkehr überraschen, da hier die Möglichkeiten zur Bildung von Fahrgemeinschaften gemeinhin groß einzuschätzen sind. Allerdings ist der Ausbildungsverkehr aber auch derjenige Verkehr, an dem mit Abstand die wenigsten Pkw teilnehmen. Insofern führt im Gesamtergebnis eine mögliche Unterschätzung der durchschnittlichen Auslastungsgrade der Pkw im Ausbildungsverkehr zu keinen gravierenden Prognosefehlern.

Die prognostizierte Erhöhung der Auslastungsgrade der Pkw im Einkaufsverkehr bewegt sich im mittleren Bereich. Im Unterschied zu den oben genannten Fahrtzwecken sind Fahrgemeinschaften hier nur selten, allerdings besteht eine gewisse Abhängigkeit zwischen Auslastungsgrad und Familiengröße. So können hohe Kraftstoffpreise zur Folge haben, daß Einkaufsfahrten in weit entfernt vom Wohnort liegende Einkaufszentren häufiger gemeinsam mit anderen Familienmitgliedern durchgeführt werden. Hierfür spricht auch, daß mit einem Rückgang der Anzahl von Zweitwagen einzelnen Familienmitgliedern seltener ein Fahrzeug zur Verfügung steht als in der Referenz. Insofern ist der prognostizierte Anstieg der durchschnittlichen Insassenzahlen im Jahr 1998 um 4,2 v.H. in Szenario A bzw. um 19,9 v.H. in Szenario B nicht unwahrscheinlich.

Hohe Kraftstoffpreise bilden, wie es scheint, für die Urlaubsfahrer ein starkes Argument, die Zahl der mitreisenden Personen zu erhöhen. So resultiert aus Szenario B für den Urlaubsverkehr beispielsweise eine sehr hohe Zahl von 3,14 Personen je Pkw. Da die Anzahl der Haushaltsmitglieder im Prognosezeitraum ständig sinkt, liefert diese Zahl einen Beleg dafür, daß es sich bei drastischen Benzinpreiserhöhungen nur noch für Großfamilien lohnt, die Urlaubsreise mit dem eigenen Fahrzeug anzutreten. Für diesen Sachverhalt sprechen auch weitere Ergebnisse der Prognose B. Demnach würde sich die Anzahl der Pkw-Urlaubsfahrten bei einem Benzinpreis von 5,27 DM mehr als halbieren. Entgegen der ausdrücklichen Absicht vieler „Grüner“, den Tourismus in Deutschland zu fördern und die Zahl klimaschädlicher Flugreisen einzudämmen, konterkarieren drastische Kraftstoffpreiserhöhungen anscheinend vielmehr die alternativen Zielsetzungen für den Urlaubsverkehr.

Am deutlichsten steigen die durchschnittlichen Auslastungsgrade der Pkw im Freizeitverkehr. Die in Tabelle 7.3 aufgeführten Steigerungsraten von 10,5 v.H. in Szenario A und 46,9 v.H. in Szenario B im Jahr 1998 bedeuten zugleich Elastizitätswerte von 0,226 und 0,190. Im Beobachtungszeitraum sanken die durchschnittlichen Insassenzahlen hier am deutlichsten. Infolge-

dessen liegt der prognostizierte Auslastungsgrad im Szenario B nur unwesentlich höher als der im Jahr 1978 beobachtete Wert von durchschnittlich 2,14 Personen je Freizeitfahrt. Da keine objektiven Sachverhalte den Umstand eines tatsächlich starken Rückgangs von 1978 bis 1998 erklären, was den Bezug auf den Begriff "Mobilitätsphänomen" rechtfertigt, könnte also eine nachhaltige Korrektur der Kraftstoffpreise mit dazu beitragen, den Trend im Freizeitverkehr umzukehren.

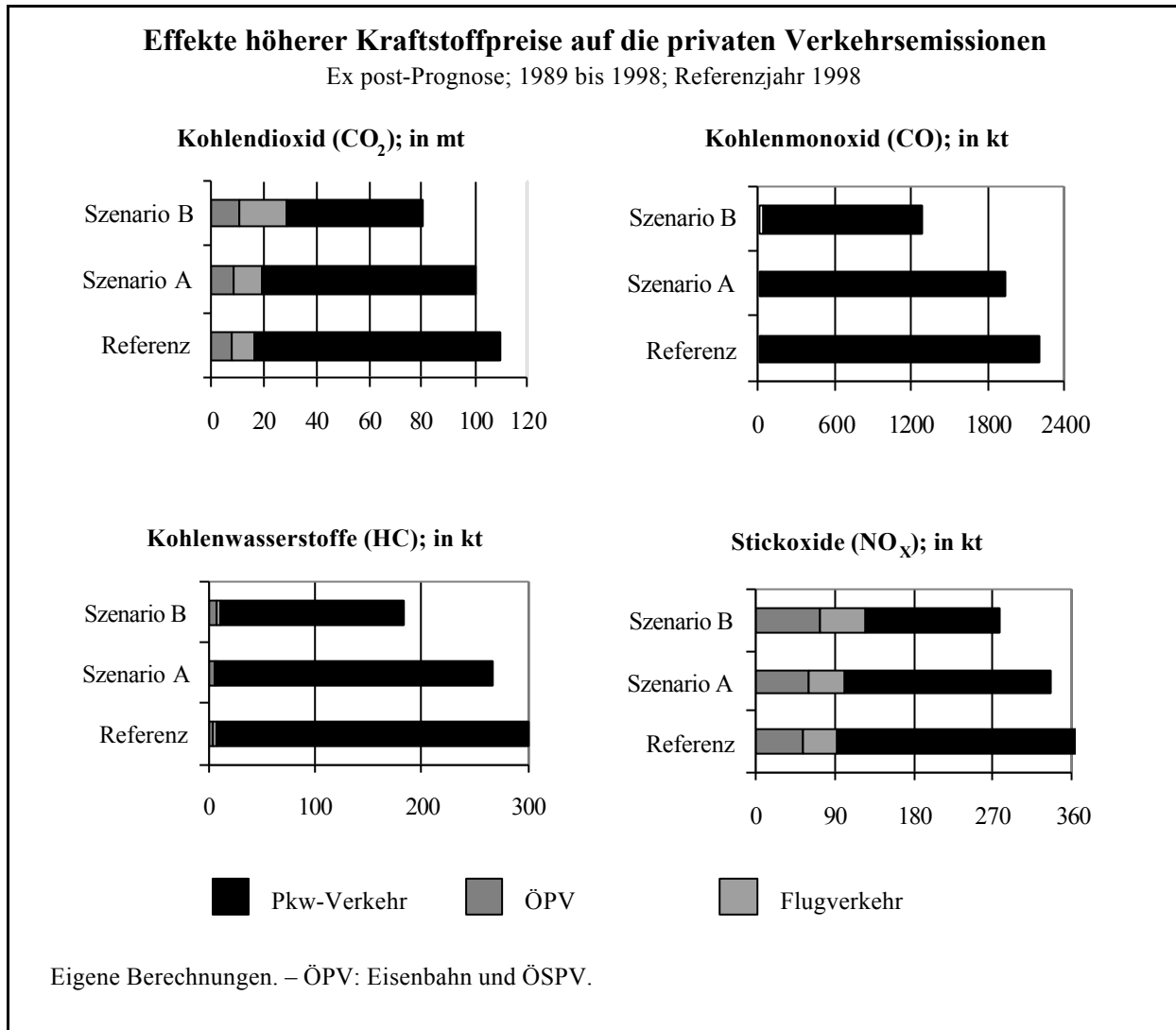
7.4 Implikationen höherer Kraftstoffpreise auf Emissionen und Verkehrsausgaben privater Haushalte

Welche Bedeutung die dargelegten Entwicklungen im Verkehrsmengengerüst für die CO₂-Entwicklung haben, ist in Abbildung 7.4 graphisch dokumentiert. Der in dieser Arbeit entwickelte Modellansatz geht davon aus, daß einzelnen Fahrzeugtypen unter unterschiedlichen Fahrbedingungen auf unterschiedlichen Straßentypen (Autobahn, Außerorts, Innerorts) entsprechende Schadstoffemissionen zugeordnet werden können. Dabei soll noch einmal betont werden, daß die Szenarioergebnisse nur dann erzielt werden, wenn die unterstellten verkehrlichen Effekte der Maßnahmen tatsächlich auftreten.

Die prognostizierten Emissionen des privaten Personenverkehrs müssen unter Berücksichtigung der erbrachten Verkehrsleistungen der Fahrzeuge und des Kraftstoffverbrauchs interpretiert werden. Je Emissionsart besteht eine mehr oder weniger starke Beziehung zu diesen Größen. So sind die CO₂-Emissionen eng korreliert mit dem Kraftstoffverbrauch der Pkw. Da aber auch die öffentlichen Verkehrsträger und der Flugverkehr wesentlich zur CO₂-Emission beitragen, zeigen sich in beiden Szenarien eine vergleichsweise deutliche Verschiebung der Emissionsanteile. Während die CO₂-Belastung durch den Pkw-Verkehr zunehmend abnimmt, schwächen die wachsenden Verkehrsleistungsanteile der anderen Verkehrsmittel den prognostizierten Trend ab. So sinkt beispielsweise in Szenario B der Anteil der Belastung durch die Pkw um 44,6 v.H.; gleichzeitig steigt die Belastung durch den Flugverkehr um 104,3 v.H.

Im Fall der regional wirksamen Luftschadstoffe, die in einer nicht so eindeutigen Beziehung zum Kraftstoffverbrauch stehen wie CO₂, ist die Bedeutung des Modal Split auf die Emissionsbelastung stark unterschiedlich ausgeprägt. CO und HC entstehen fast ausschließlich durch Pkw. Infolgedessen bewirkt ein Zurückdrängen des Pkw-Verkehrs auch eine spürbare Verbesserung der entsprechenden Emissionssituation. Anders verhält es sich im Fall der Emission von NO_x. Da hier die spezifischen Emissionen des Flugverkehrs und der Eisenbahn im Jahr 1998 höher liegen als diejenigen des Pkw-Verkehrs, sinkt die Belastung allein durch den allgemeinen Rückgang der Verkehrsleistungen des privaten Personenverkehrs. Besonders deutlich fällt in den Szenarien die Verbesserung der Emissionssituation im Fall von CO aus. Während in der Referenz die Belastung im Jahr 1998 bei 2207 kt/a liegt, resultiert aus Szenario A eine Emission von 1942 kt/a und aus Szenario B sogar lediglich eine Belastung von 1295 kt/a.

Abbildung 7.4



Letztendlich entscheiden die Grenzkosten der Emissionsvermeidung über die ökonomische Effizienz höherer Kraftstoffpreise. Unter Grenzermeidungskosten sind diejenigen zusätzlichen Verkehrsausgaben privater Haushalte definiert, die je vermiedener Tonne Emission anfallen. Kurzfristig – bei konstantem Fahrzeugpark – subsumieren Grenzermeidungskosten ausschließlich die zusätzlichen Ausgaben für Transport; d.h. die höheren Aufwendungen für Kraftstoffe sowie die zusätzlichen Ausgaben für Transportdienstleistungen öffentlicher und gewerblicher Verkehrsträger.³³⁴ Bei einer langfristigen Betrachtung müßten darüber hinaus auch die im Zeitablauf variierenden Ausgaben für Fahrzeuganschaffung und Fahrzeughaltung mit einbezogen werden. Da dieser Effekt im Modell ausgeblendet bleibt, sind die in Tabelle 7.4 ausgewiesenen Werte eher mit kurzfristigen Grenzermeidungskosten vergleichbar. Wie bereits ausführlich beschrieben stehen den privaten Haushalten verschiedene Möglichkeiten offen, auf höhere Kraftstoffpreise zu reagieren, um ihre Kosten zu senken:

³³⁴ vgl. Storchmann, K.-H. (1999); S. 94 sowie Kohlhaas, M.; Voigt, U. (1994); S. 25

- Pkw-Verkehrsleistungen können vermieden werden, entweder durch Verzicht auf die motorisierte Verkehrsteilnahme oder durch die in Inanspruchnahme billigerer, weniger emissionsintensiver Verkehrsträger.
- Die Auslastung der Pkw kann erhöht werden, wodurch die gleiche Verkehrsleistung mit einer geringeren Fahrleistung erbracht werden kann.
- Langfristig können über den Einsatz neuer energieeffizienter Pkw die Transportkosten je Fahrzeugkilometer gesenkt werden

Tabelle 7.4

Kraftstoffpreiselastizitäten der Emissionen und Grenzkosten der Vermeidung		
Ex post-Prognose; 1989 bis 1998		
Luftschadstoff	Szenario A	Szenario B
Elastizität		
Kohlendioxid (CO ₂)	-0,191	-0,109
Kohlenmonoxid (CO)	-0,260	-0,168
Kohlenwasserstoffe (HC)	-0,248	-0,160
Stickoxide (NO _x)	-0,137	-0,070
Grenzvermeidungskosten in DM/kg		
Kohlendioxid (CO ₂)	2,1	2,6
Kohlenmonoxid (CO)	77,7	83,0
Kohlenwasserstoffe (HC)	595,2	635,2
Stickoxide (NO _x)	898,8	1205,1
Eigene Berechnungen		

Die Höhe der Grenzvermeidungskosten privater Haushalte ist offensichtlich abhängig von der Höhe der Preiselastizitäten der Verkehrsnachfrage und der Intensität der Kraftstoffpreiserhöhung. Je betragsmäßig niedriger (höher) die Preiselastizitäten, desto höher (niedriger) sind die Grenzkosten der Vermeidung. Verändert sich beispielsweise zwischen Szenario A und B die CO₂-Elastizität $-0,191$ auf $-0,109$, steigen zugleich die Grenzkosten der CO₂-Vermeidung von $2,1$ DM/kg auf $2,6$ DM/kg vermiedener Emission. Die absoluten Werte der Grenzvermeidungskosten sollten nicht überinterpretiert werden. So sind Grenzkosten der Vermeidung von NO_x in Höhe von 1205 DM/kg, unter dem Hintergrund der in der Vergangenheit ökologisch wie ökonomisch effizienten Auflagenpolitik, wenig aussagekräftig. Vielmehr ist es wichtig, daß die hier ermittelten Werte für den Personenverkehr in Relation zu den Grenzvermeidungskosten anderer Emittenten stehen. Dieses, aus der umweltökonomischen Theorie abzuleitende Kriterium, ist für die gegenwärtige Umweltpolitik von grundlegender Relevanz, da höhere Kraftstoffpreise sowohl wegen ihren Lenkungswirkungen als auch wegen des anfallenden Steuermittelaufkommens immer stärker in den Vordergrund rücken, und zwar auf der Herkunfts- wie auf der Verwendungsseite. Höhere Kraftstoffpreise lassen sich von der Umweltpolitik nur dann rechtfertigen, falls deren Beitrag zur Erreichung bestimmter umweltpolitischer Ziele eindeutig ist und die Kostenbelastung privater Haushalte dabei in vertretbarem Rahmen gehalten werden kann.

Abbildung 7.5

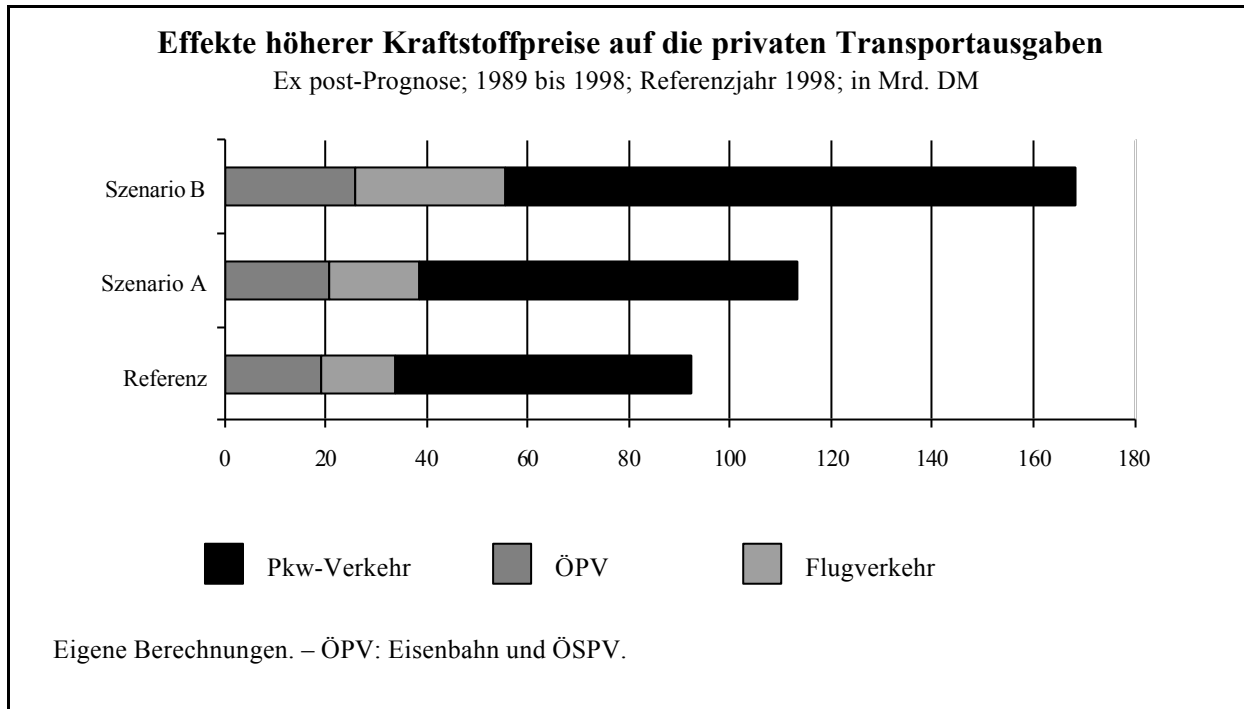


Abbildung 7.5 zeigt an, wie die Maßnahmen die Ausgabestruktur privater Haushalte für Transport verändern. Diejenigen Haushalte, welche über Pkw verfügen, werden durch die Maßnahmen eindeutig mehr belastet. Besonders drastisch fällt dieses Verhältnis in Szenario B aus. Als Folge höherer Kraftstoffkosten je gefahrenem Kilometer von 43,5 v.H. (Szenario A) bzw. 220,3 v.H. (Szenario B) steigen die Kraftstoffausgaben von 58,7 Mrd. DM in der Referenz auf 74,4 (Szenario A) bzw. 112,8 Mrd. DM (Szenario B) an.

Es kann angenommen werden, daß vor allem Haushalte mit mittleren und höheren Einkommen diese Ausgaben tragen. Hingegen werden viele geringer Verdienende zu wesentlich größeren Anpassungen ihres bisherigen Mobilitätsverhaltens gezwungen. Dabei fällt auf, daß in erster Linie Ausbildungs- und Berufsverkehrsströme auf den ÖPV gelenkt werden. Etwa die Hälfte des Zuwachses an Verkehrsleistungen im ÖPV ist auf diese Segmente zurückzuführen. Da es sich hierbei um stark ermäßigte Verkehre handelt, steigen die Ausgaben privater Haushalte für den öffentlichen Verkehr nur um 8 v.H. in Szenario A bzw. 33,4 v.H. in Szenario B.

Trotz des vergleichsweise geringen Verkehrsaufkommens im Urlaubsverkehr profitieren am meisten die Fluggesellschaften von höheren Kraftstoffpreisen. Gaben die Haushalte 1998 noch 14,5 Mrd. DM für Flugreisen aus, steigen die Ausgaben in Szenario A auf 17,8 und in Szenario B auf 29,6 Mrd. DM. Insgesamt geben die Haushalte in Szenario A 20,6 und in Szenario B 75,6 Mrd. DM mehr für Transport aus als in der Referenz. Es sei jedoch noch einmal daran erinnert, daß die anfallenden Transportausgaben nur ein Teil der Gesamtausgaben privater Haushalte ausmachen. So lag beispielsweise der beobachtete Anteil der variablen Ko-

sten 1998 bei 31 v.H.; d.h., daß in diesem Jahr 69 v.H. der Verkehrsausgaben privater Haushalte für Anschaffung und Unterhaltung eigener Kfz entfielen.³³⁵

7.5 Zusammenfassende Betrachtung

Mit Hilfe der in dieser Arbeit analysierten Maßnahmen ließen sich nachhaltige Reduktionspotentiale im privaten Verkehrsbereich erschließen. Während aus Szenario A eine Abnahme der verkehrlichen CO₂-Emissionbelastung von 8,9 v.H. im Vergleichsjahr 1998 resultieren würde, liegt die CO₂-Emission des privaten Personenverkehrs in Szenario B im gleichen Jahr um 26,7 v.H. niedriger als in der Referenz. Das bedeutet zugleich, daß die personenverkehrsbedingten CO₂-Emissionen pro Kopf der Bevölkerung Deutschlands zwischen 1990 und 1998 nicht nur um 3,1 v.H. gesunken, sondern um 29,1 v.H. (Szenario B) bzw. 11,7 v.H. (Szenario A) abgenommen hätten. Bei Erfüllung des Szenarios B wäre somit das staatliche CO₂-Reduktionsziel von 25 v.H. im privaten Verkehrsbereich nach zehn Jahren mehr als erreicht. Allerdings zeigt die hier durchgeführte Simulationsrechnung auch auf, daß die Reduktion nur durch deutliche Einschnitte in bisherige Verkehrsverhaltensweisen und Verkehrsrahmenbedingungen zu erfüllen ist. Nicht nur im Hinblick auf die gegenwärtige Diskussion um die Ökosteuer, sondern auch in Bezugnahme auf die „Drei Säulen einer nachhaltigen Entwicklung“ ist es mehr als fraglich, ob die Umsetzung der „Magdeburger Beschlüsse“ ökonomisch wie ökologisch sinnvoll wäre. Immerhin steht und fällt mit höheren Kraftstoffpreisen anscheinend auch die Akzeptanz der Bevölkerung in Deutschland für einen grundlegenden Politikwandel.

Die hier gemachten Prognosen unterstreichen, daß deutliche Reduktionspotentiale im Verkehr nur dann erreichbar sind, wenn der Pkw-Bestand nicht, wie bislang, ansteigt. Im Vergleich zur Referenz, mit einer Anzahl von 37,41 Mio. Pkw, liegt die Anzahl der Pkw im Jahr 1998 in Szenario A um 1,658 Mio. und in Szenario B um 5,101 Mio. Fahrzeuge niedriger. Diese Zahlen entsprechen Elastizitätswerten von $-0,096$ in Szenario A und $-0,055$ in Szenario B. Offensichtlich sinkt die Reagibilität der privaten Pkw-Nachfrage mit zunehmendem Kraftstoffpreis deutlich. Dieses Ergebnis kann für Deutschland jedoch nicht überraschen. Bei einem vergleichsweise hohen Pro-Kopf-Einkommen und einem hohen Grad an Arbeitsteilung gehört der Pkw hier zum indisponiblen Teil des Grundkonsums. Die vor allem im Berufsverkehr notwendige hohe Intensität der Nutzung schränkt die Auswirkungen höherer Kraftstoffpreise deutlich ein. Zugleich entsteht dem Pkw-Besitzer durch die Kilometerpauschale ein finanzieller Vorteil, der um so ansehnlicher ausfällt, je längere Strecken er pendelt. So kostete der tatsächliche, durchschnittliche Entfernungskilometer 1998 im Pkw-Berufsverkehr nur 12,26 Pf/pkm und selbst aus Szenario A würden dem Berufsfahrer allein durchschnittliche Kraftstoffkosten von 17,4 Pf/pkm entstehen. Demgegenüber steht jedoch ein Kilometerpauschbetrag von 35 Pf. Hierdurch gelingt es ihm, nicht nur den größten Teil seiner Fixkosten

³³⁵ vgl. Kapitel 3.3; S. 27 ff.

mit zu tragen; es entsteht ihm auch ein finanzieller Freiraum, den er auch für häufige und lange Strecken im Gelegenheitsverkehr nutzen kann.

Von deutlich höheren Kraftstoffpreisen können vor allem diejenigen Haushalte mit eigenen Pkw betroffen sein, die nur über ein geringes Einkommen verfügen und zugleich nicht zur Gruppe der Fernpendler zu zählen sind. Ohne adäquate Kompensationsleistung müßte ein solcher Haushalt mehr als 20 v.H. seines verfügbaren Einkommens für die Pkw-Haltung verplanen, um überhaupt halbwegs sinnvoll am Straßenverkehr teilnehmen zu können.³³⁶ Infolgedessen dürfte es sich für viele solcher Haushalte dann nicht mehr lohnen, einen Pkw zu besitzen. Allerdings könnte dieser sozialpolitisch unerwünschte Effekt durch die Abschaffung der Kfz-Steuer gemildert oder wahrscheinlich sogar ganz vermieden werden. So ist bei einer sukzessiven Anhebung der Kraftstoffpreise um 6 Pf/l mittelfristig nicht mit einer spürbaren Belastung zu rechnen; im Gegenteil: viele einkommensschwache Haushalte werden durch eine solche Ökosteuereform sogar entlastet. Insofern könnte der erhoffte Wirkungsmechanismus höherer Kraftstoffpreise greifen; d.h. nachhaltige Substitutionseffekte zugunsten alternativer öffentlicher Verkehrsmittel und vor allem technischer Fortschritt in Richtung energieeffizienter Fahrzeuge könnte stimuliert werden, ohne daß es durch die Reform zu sozialen Ungerechtigkeiten kommt.

Die Vermutung, daß eine deutliche Anhebung der Kraftstoffpreise nennenswerte Auswirkungen auf den technischen Fortschritt habe, wird in dem vorliegenden Modell ökonometrisch nicht nachgegangen. Zum einen, weil sukzessive Preissteigerungen ähnlicher Größenordnung in der Vergangenheit nie stattgefunden haben. Zum anderen, weil das verfügbare amtliche Datenmaterial nicht ausreicht, eine gesicherte wissenschaftliche Analyse technischer Effekte durchzuführen. Alternative ökonometrische Ansätze, die versuchen den Bezugspunkt zu Verbesserungen der Motorenwirkungsgrade zu knüpfen, beruhen auf Querschnittsanalysen. Die dort gemessenen Kraftstoffpreiselastizitäten bewegen sich im Rahmen von $-0,7$ und $-0,9$ deutlich höher als die gemessenen Elastizitätswerte innerhalb von Zeitreihenanalysen. In Querschnittsanalysen wird allerdings häufig Zahlenmaterial von Ländern mit unterschiedlichen Verkehrsstrukturen und -bedingungen verglichen, die sich auf die Situation in Deutschland nur schwerlich übertragen lassen.³³⁷ Infolgedessen sollte man den Ergebnissen von Studien mit unbekannter Methodik nicht unreflektiert und unkritisch gegenüberstehen.³³⁸ So weisen die in Deutschland zugelassenen Pkw im internationalen Vergleich seit langer Zeit schon mit die günstigsten Verbrauchswerte auf.³³⁹

³³⁶ Gemeint ist eine jährliche Fahrleistung von über 7000 km/a.

³³⁷ Eine wohl strukturierte, informative und übersichtliche Querschnittsanalyse zum Themenkreis Querschnittsanalyse - Preise im Pkw-Verkehr - Pkw-Anschaffung - Pkw-Besitz - Kraftstoffnachfrage liefert die Arbeit von Storchmann, K.-H. (1993); S. 345 ff.

³³⁸ Probleme erwachsen weniger aus der gewählten Form der Analyse, sondern vielmehr aus der unreflektierten Wiedergabe von Ergebnissen. Oft ist es erstaunlich, wie häufig in den Medien und von politischen Parteien auf Studien Bezug genommen wird, ohne die Studie überhaupt zu kennen.

³³⁹ vgl. Sterner, T.; Dahl, C. A., Franzen, M.: Gasoline tax policy, carbon emissions and the global environment; in: Journal of transport economics and policy; vol. 26, London 1992; S. 109 ff.

Höhere Kraftstoffpreise entfalten ihre emissionswirksamen Lenkungswirkungen vor allem im privaten Gelegenheitsverkehr. Knapp drei Viertel der vermiedenen 51,8 (Szenario A) bzw. 179,4 Mrd. (Szenario B) Pkw-Fahrleistungen entfallen auf dieses Segment, davon allein mehr als die Hälfte auf den Freizeitverkehr. Betrachtet man die Verkehrsleistungen, ergibt sich ein leicht verändertes Bild. Hier fällt der Berufsverkehr deutlich schwerer ins Gewicht als bei den Fahrleistungen. So entfielen 1998 in Szenario A 30,4 v.H. der vermiedenen Personenkilometer auf diesen Verkehr, wohingegen der Freizeitverkehr mit 34,5 v.H. nicht weit davon entfernt liegt. Bei Erfüllung des Szenarios B verschieben sich die Relationen deutlich: Von den 153,8 Mrd. vermiedenen Personenkilometer im Jahr 1998 entfallen nur noch 26,6 v.H. auf den Berufsverkehr; dagegen vereinnahmt der Freizeitverkehr mit 37,4 v.H. mehr Anteile als in Szenario A. Diese Zahlen machen deutlich, worauf ein großer Teil der Verkehrsvermeidung zurückzuführen ist: Indem die Fahrzeuge effizienter ausgelastet werden, entstehen den Autofahrern zum einen geringere Kosten und zum anderen wird die Umwelt weniger in Anspruch genommen, als wenn das Fahrtziel mit mehreren Fahrzeugen erreicht werden würde. Da die Möglichkeiten hierfür im Freizeitverkehr deutlich höher liegen als im Berufsverkehr, entwickeln sich beide Stränge der Vermeidung mit steigendem Preis immer weiter auseinander.

8 Schlußbemerkung

Heutzutage wird die Debatte um höhere Kraftstoffpreise häufig irrational geführt. Daß der steigende Benzinpreis nur zu geringen Teilen etwas mit der Ökosteuer zu tun hat, dringt in der aufgeladenen öffentlichen Debatte nicht mehr richtig durch. Die gegenwärtige Regierung hat sich jedoch mit der Entscheidung, die Ökosteuer im wesentlichen auf den Kraftstoffpreis aufzuschlagen, selber unter Druck gesetzt; schließlich ist es gegenüber der Öffentlichkeit nur schwer zu vermitteln, warum der Autofahrer am höchsten belastet wird, während es für viele Bereiche Rabatte oder Ausnahmen gibt. Das Dilemma, vor dem die heutige Politik steht, ist, daß jedes Nachgeben in der aktuellen Debatte, jede Absenkung der Kraftstoffpreise als Solidarität mit dem Ist-Zustand verstanden werden könnte; als Signal des „Weiter so“ auf der Straße. Doch genau dieses „Weiter so“, das ist allen Experten und den meisten Politikern klar, führt zwangsläufig mit in die globale Umweltkatastrophe.

Auch wenn es Sachverständigen für Umweltfragen schon längst zur Gewißheit geworden ist, so garantiert dies noch lange nicht, daß eine solche auch die große Mehrheit der Bevölkerung erreicht. Wie es scheint, ist heutzutage das Bewußtsein für die Bedrohung des Klimas nur bei sehr kleinen Teilen der Bevölkerung vorhanden, da ansonsten die Diskussion um höhere Kraftstoffpreise bzw. der Ökosteuer eine andere wäre. In einem solchen Fall würde wohl nicht mehr der Vorwurf, mit Hilfe der Ökosteuer die Bürger allein nur abkassieren zu wollen, den Inhalt der Kritik bestimmen. Die Fragen müßten sich dann vielmehr um den Aspekt drehen, ob höhere Kraftstoffpreise ein effizientes Instrument zur Erreichung nachhaltiger Umweltstandards darstellen oder nicht.

Die Schwierigkeit der gegenwärtigen Verkehrsdebatte besteht darin, daß es die Politik nicht schafft, unmißverständliche Signale auszusenden, obwohl fast alle Politiker von der Notwendigkeit einer nachhaltigen Verkehrswende überzeugt sind und die Folgen einer verfehlten Verkehrspolitik mit der Zeit immer deutlicher zu erkennen sind.

Mittels Erhöhung der Kilometer- bzw. Entfernungspauschale für Pendler versucht die Regierung ihre Sympathiekrise zu überwinden und die vom Volk „unverstandene“ Ökosteuer zu retten. In der langfristigen Wirkung wäre diese scheinbare Patentlösung ein großer Schritt in die falsche Richtung, da hierdurch die ökologische Lenkungswirkung höherer Kraftstoffpreise zu einem großen Teil kompensiert wird. Da die Subvention umso höher ausfällt, je größer die Distanz zwischen Wohnort und Arbeitsplatz ist, wird über die Pauschale, entgegen der erklärten Absicht der Umweltpolitik, doch nur die Bereitschaft gefördert, weit entfernt vom Arbeitsplatz zu wohnen und lange Strecken mit dem Pkw zu fahren.

Es reicht nicht, die Bevölkerung über den Preismechanismus zum Umsteigen auf öffentliche Verkehrsmittel zu bewegen, man muß auch dafür sorgen, daß die Bürger die Fahrt mit Bus und Bahn nicht nur als zweite Wahl sehen sondern als eine attraktive Alternative zum Pkw empfinden. Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln werden jedoch bisher sehr selten die Attribute „Schnell“, „Pünktlich“ und „Bequem“ zugeordnet. Insbesondere die gegenwärtige

Situation im Eisenbahnverkehr verärgert den Bürger. Als Folge einer fehlgeschlagenen Bahnpolitik ist die Deutsche Bahn schon heute nicht in der Lage, das vorhandene Fahrgastaufkommen in der Spitzenlast zur Zufriedenheit der Fahrgäste abzuwickeln. Gerade im Berufsverkehr gilt es schon heute, die vorhandene Fahrgastmenge in ausreichender Form aufzufangen. Demnach bleibt auch grundsätzlich offen, wie der im Modell prognostizierte Modal Shift als Folge von Kraftstoffpreiserhöhungen auf den öffentlichen Verkehr in Deutschland umgelenkt werden kann. Eine attraktivere Bahn muß jedoch keine Illusion bleiben. In der Schweiz demonstrieren Bevölkerung und Politik schon seit Jahren, wie ein solcher Wandel in Deutschland aussehen könnte. Indem die Begünstigung der Bahn dort sogar Verfassungsrang besitzt, fließen sehr viel mehr staatliche Mittel in ein effizientes und von den Bürgern als attraktiv empfundenes Bahnnetz.

Eine Korrektur der Transportpreisrelationen reicht nicht aus, den angestrebten Verkehrswandel herbeizuführen. Eine nachhaltige Verkehrswende erfordert vielmehr eine integrierte Strategie und ein ganzes Bündel von Maßnahmen aus dem Bereich der ordnungsrechtlichen, ökonomischen, planerischen und direkt verhaltensbeeinflussenden Instrumenten. Die Instrumente sollten von der Politik so gestaltet werden, daß sie im Sinne der angestrebten umweltpolitischen Ziele kumulierend wirken und sich nicht in ihrer Wirkung abschwächen. Insofern ist der 5-Mark-pro-Liter-Beschluß aus Magdeburg auch als kontraproduktiv zu bewerten. Mit Forderungen, die ein Anpassungsverhalten voraussetzen, das zur Zeit nicht denkbar ist, wird grundsätzlich die gesellschaftliche Akzeptanz einer ökologisch ausgerichteten Politik riskiert.

Wie die vorliegende Arbeit deutlich gezeigt hat, springt die ökologisch erwünschte Lenkungswirkung bereits bei niedrigeren Steuersätzen an. Hieraus folgt die Konsequenz, daß die Politik an dem sinnvollen Steuerungsinstrument Ökosteuer festhalten sollte mit der Maßgabe, für die Verursacher gleiche moderate Grenzsteuersätze auf der Basis der CO₂-Emissionen einzuführen. Hierdurch wird die insbesondere für den Autofahrer paradox erscheinende Situation vermieden, daß er bezahlen soll, wohingegen die CO₂-intensivere Kohlefeuerung freigestellt wird.

Erfolgreich kann diese Politik jedoch nur sein, wenn sie zugleich den öffentlichen Nahverkehr fördert und über Jahre hinaus kontinuierlich durchgeführt wird, um langfristig bei der Bevölkerung den nachhaltigen Bewußtseinswandel zu erleichtern, ihre Mobilitätsansprüche in Einklang mit ökologischen Zielsetzungen zu befriedigen.

Anhang A

Verzeichnis der im Modell verwendeten Variablen

Endogene Variablen:

ASLAUS	=	Auslastung Pkw: Aus bildung; Personen/Pkw
ASLBER	=	Auslastung Pkw: Beruf ; Personen/Pkw
ASLEIN	=	Auslastung Pkw: Einkauf ; Personen/Pkw
ASLFZT	=	Auslastung Pkw: Freizeit ; Personen/Pkw
ASLURL	=	Auslastung Pkw: Urlaub ; Personen/Pkw
AWAUS	=	Verkehrsaufkommen: Anzahl der Wege ; Aus bildung; Mio.
AWBER	=	Verkehrsaufkommen: Anzahl der Wege ; Beruf ; Mio.
AWEIN	=	Verkehrsaufkommen: Anzahl der Wege ; Einkauf ; Mio.
AWFZT	=	Verkehrsaufkommen: Anzahl der Wege ; Freizeit ; Mio.
AWURL	=	Verkehrsaufkommen: Anzahl der Wege ; Urlaub ; Mio.
CO2BV	=	Emission CO₂ : Eisenbahnverkehr; kt
CO2FVURL	=	Emission CO₂ : Flugverkehr; Urlaub ; kt
CO2OV	=	Emission CO₂ : ÖSPV ; kt
CO2PV	=	Emission CO₂ : Privater Personenverkehr; kt
CO2SV	=	Emission CO₂ : Straßenverkehr (Pkw); kt
COBV	=	Emission CO : Eisenbahnverkehr; kt
COFVURL	=	Emission CO : Flugverkehr; Urlaub ; kt
COOV	=	Emission CO : ÖSPV ; kt
COPV	=	Emission CO : Privater Personenverkehr: Gesamt; kt
COSV	=	Emission CO : Straßenverkehr (Pkw); kt
COSVAUS	=	Emission CO : Straßenverkehr (Pkw): Aus bildung; kt
COSVBER	=	Emission CO : Straßenverkehr (Pkw): Beruf ; kt
COSVEIN	=	Emission CO : Straßenverkehr (Pkw): Einkauf ; kt
COSVFZT	=	Emission CO : Straßenverkehr (Pkw): Freizeit ; kt
COSVURL	=	Emission CO : Straßenverkehr (Pkw): Urlaub ; kt
DEAUS	=	Durchschnittliche Entfernung: Aus bildung; km
DEBER	=	Durchschnittliche Entfernung: Beruf ; km
DEEIN	=	Durchschnittliche Entfernung: Einkauf ; km
DEFZT	=	Durchschnittliche Entfernung: Freizeit ; km
DEURL	=	Durchschnittliche Entfernung: Urlaub ; km
FLSV	=	Fahrleistung Straßenverkehr (Pkw): Gesamt ; Mio. fzkM
FLSVAUS	=	Fahrleistung Straßenverkehr (Pkw): Aus bildung; Mio. fzkM
FLSVBER	=	Fahrleistung Straßenverkehr (Pkw): Beruf ; Mio. fzkM
FLSVD	=	Fahrleistung Straßenverkehr Diesel-Pkw ; Mio. fzkM
FLSVDX	=	Fahrleistung Straßenverkehr Diesel-Pkw zu Gesamtfahrleistung Pkw ; von 1
FLSVEIN	=	Fahrleistung Straßenverkehr (Pkw): Einkauf ; Mio. fzkM
FLSVFZT	=	Fahrleistung Straßenverkehr (Pkw): Freizeit ; Mio. fzkM
FLSVO	=	Fahrleistung Straßenverkehr Otto-Pkw ; Mio. fzkM
FLSVURL	=	Fahrleistung Straßenverkehr (Pkw): Urlaub ; Mio. fzkM
HCBV	=	Emission HC : Eisenbahnverkehr; kt
HCFVURL	=	Emission HC : Flugverkehr; Urlaub ; kt

HCOV	=	Emission HC : ÖSPV ; kt
HCPV	=	Emission HC : Privater Personenverkehr ; kt
HCSV	=	Emission HC : Straßenverkehr (Pkw) : Gesamt; kt
HCSVAUS	=	Emission HC : Straßenverkehr (Pkw) : Ausbildung ; kt
HCSVBER	=	Emission HC : Straßenverkehr (Pkw) : Beruf ; kt
HCSVEIN	=	Emission HC : Straßenverkehr (Pkw) : Einkauf ; kt
HCSVFZT	=	Emission HC : Straßenverkehr (Pkw) : Freizeit ; kt
HCSVURL	=	Emission HC : Straßenverkehr (Pkw) : Urlaub ; kt
HUBD	=	Durchschnittlicher Hubraum : Diesel-Pkw ; ccm
HUBO	=	Durchschnittlicher Hubraum : Otto-Pkw ; ccm
KONSBV	=	Kons umausgaben Eisenbahnverkehr : Gesamt; Mio. DM
KONSBVAUS	=	Kons umausgaben Eisenbahnverkehr : Ausbildung ; Mio. DM
KONSBVBER	=	Kons umausgaben Eisenbahnverkehr : Beruf ; Mio. DM
KONSBVGV	=	Kons umausgaben Eisenbahnverkehr : Gelegenheitsverkehr ; Mio. DM
KONSFVURL	=	Kons umausgaben Flugverkehr : Urlaub ; Mio. DM
KONSOV	=	Kons umausgaben ÖSPV : Gesamt; Mio. DM
KONSOVAUS	=	Kons umausgaben ÖSPV : Ausbildung ; Mio. DM
KONSOVBER	=	Kons umausgaben ÖSPV : Beruf ; Mio. DM
KONSOVGV	=	Kons umausgaben ÖSPV : Gelegenheitsverkehr ohne Urlaub ; Mio. DM
KONSOVURL	=	Kons umausgaben ÖSPV : Urlaub ; Mio. DM
KONSPV	=	Kons umausgaben Personenverkehr ; Mio. DM
KONSSVKR	=	Kons umausgaben Straßenverkehr (Pkw) : Kraftstoffe ; Mio. DM
NOXBV	=	Emission NO_x : Eisenbahnverkehr ; kt
NOXVURL	=	Emission NO_x : Flugverkehr ; Urlaub ; kt
NOXOV	=	Emission NO_x : ÖSPV ; kt
NOXPV	=	Emission NO_x : Privater Personenverkehr ; kt
NOXSV	=	Emission NO_x : Straßenverkehr (Pkw) : Gesamt; kt
NOXSVAUS	=	Emission NO_x : Straßenverkehr (Pkw) : Ausbildung ; kt
NOXSVBER	=	Emission NO_x : Straßenverkehr (Pkw) : Beruf ; kt
NOXSVEIN	=	Emission NO_x : Straßenverkehr (Pkw) : Einkauf ; kt
NOXSVFZT	=	Emission NO_x : Straßenverkehr (Pkw) : Freizeit ; kt
NOXSVURL	=	Emission NO_x : Straßenverkehr (Pkw) : Urlaub ; kt
PKWD	=	Bestand Diesel-Pkw ; in 1000
PKWO	=	Bestand Otto-Pkw ; in 1000
PXD	=	Preis Dieselmotorkraftstoff ; Pf/l
PXO	=	Preis Ottomotorkraftstoff ; Pf/l
PXSV	=	Preis Straßenverkehr (Pkw) ; Pf/fzkm
PXSVAUS	=	Preis Straßenverkehr (Pkw) : Ausbildung ; Pf/pkm
PXSVBER	=	Preis Straßenverkehr (Pkw) : Beruf ; Pf/pkm
PXSVEIN	=	Preis Straßenverkehr (Pkw) : Einkauf ; Pf/pkm
PXSVFZT	=	Preis Straßenverkehr (Pkw) : Freizeit ; Pf/pkm
PXSVURL	=	Preis Straßenverkehr (Pkw) : Urlaub ; Pf/pkm
SPEZD	=	Spezifischer Verbrauch : Diesel-Pkw ; l/100 km
SPEZO	=	Spezifischer Verbrauch : Otto-Pkw ; l/100 km
VBD	=	Verbrauch : Diesel-Kraftstoff ; Mio.l
VBO	=	Verbrauch : Otto-Kraftstoff ; Mio.l
VLAUS	=	Verkehrsleistung : Ausbildung ; Mio. pkm

VLBER	=	Verkehrsleistung: Beruf ; Mio. pkm
VLBV	=	Verkehrsleistung: Eisenbahnverkehr: Gesamt; Mio. pkm
VLBVAUS	=	Verkehrsleistung: Eisenbahnverkehr: Ausbildung ; Mio. pkm
VLBVBBER	=	Verkehrsleistung: Eisenbahnverkehr: Beruf ; Mio. pkm
VLBVEIN	=	Verkehrsleistung: Eisenbahnverkehr: Einkauf ; Mio. pkm
VLBVFZT	=	Verkehrsleistung: Eisenbahnverkehr: Freizeit ; Mio. pkm
VLBVURL	=	Verkehrsleistung: Eisenbahnverkehr: Urlaub ; Mio. pkm
VLEIN	=	Verkehrsleistung: Einkauf ; Mio. pkm
VLFVURL	=	Verkehrsleistung: Flugverkehr: Urlaub ; Mio. pkm
VLFZT	=	Verkehrsleistung: Freizeit ; Mio. pkm
VLOV	=	Verkehrsleistung: ÖSPV : Gesamt; Mio. pkm
VLOVAUS	=	Verkehrsleistung: ÖSPV : Ausbildung ; Mio. pkm
VLOVBER	=	Verkehrsleistung: ÖSPV : Beruf ; Mio. pkm
VLOVEIN	=	Verkehrsleistung: ÖSPV : Einkauf ; Mio. pkm
VLOVFZT	=	Verkehrsleistung: ÖSPV : Freizeit; Mio. pkm
VLOVURL	=	Verkehrsleistung: ÖSPV : Urlaub; Mio. pkm
VLPV	=	Verkehrsleistung: Privater Personenverkehr ; Mio. pkm
VLRV	=	Verkehrsleistung: Radverkehr ; Gesamt; Mio. pkm
VLRVAUS	=	Verkehrsleistung: Radverkehr ; Ausbildung ; Mio. pkm
VLRVBER	=	Verkehrsleistung: Radverkehr ; Beruf; Mio. pkm
VLRVEIN	=	Verkehrsleistung: Radverkehr ; Einkauf; Mio. pkm
VLRVFZT	=	Verkehrsleistung: Radverkehr ; Freizeit ; Mio. pkm
VLSV	=	Verkehrsleistung: Straßenverkehr (Pkw): Gesamt; Mio. pkm
VLSVAUS	=	Verkehrsleistung: Straßenverkehr (Pkw): Ausbildung ; Mio. pkm
VLSVBER	=	Verkehrsleistung: Straßenverkehr (Pkw): Beruf ; Mio. pkm
VLSVEIN	=	Verkehrsleistung: Straßenverkehr (Pkw): Einkauf ; Mio. pkm
VLSVFZT	=	Verkehrsleistung: Straßenverkehr (Pkw): Freizeit ; Mio. pkm
VLSVURL	=	Verkehrsleistung: Straßenverkehr (Pkw): Urlaub ; Mio. pkm
VLURL	=	Verkehrsleistung: Urlaub ; Mio. pkm
VLZF	=	Verkehrsleistung: Zu Fuß : Gesamt; Mio. pkm
VLZFAUS	=	Verkehrsleistung: Zu Fuß : Ausbildung ; Mio. pkm
VLZFBBER	=	Verkehrsleistung: Zu Fuß : Beruf ; Mio. pkm
VLZFEIN	=	Verkehrsleistung: Zu Fuß : Einkauf ; Mio. pkm
VLZFFZT	=	Verkehrsleistung: Zu Fuß : Freizeit ; Mio. pkm
XD	=	Fahrleistungsabhängiger Verbrauch: Diesel-Pkw ; von 1
XO	=	Fahrleistungsabhängiger Verbrauch: Otto-Pkw ; von 1

Exogene Variablen:

AZB	=	Anzahl der Auszubildenden ; Millionen
EKCO2BV	=	Emissionskoeffizient CO₂ : Eisenbahnverkehr; g/pkm
EKCO2FV	=	Emissionskoeffizient CO₂ : Flugverkehr; g/pkm
EKCO2OV	=	Emissionskoeffizient CO₂ : ÖSPV ; g/pkm
EKCOBV	=	Emissionskoeffizient CO : Eisenbahnverkehr; g/pkm
EKCODAB	=	Emissionskoeffizient CO : Diesel-Pkw ; Autobahn ; g/fzkm
EKCODAO	=	Emissionskoeffizient CO : Diesel-Pkw ; Außerorts ; g/fzkm

EKCODIO	=	Emissionskoeffizient CO: Diesel-Pkw; Innerorts g/fzkm
EKCOFV	=	Emissionskoeffizient CO: Flugverkehr; g/pkm
EKCOOAB	=	Emissionskoeffizient CO: Otto-Pkw; Autobahn; g/fzkm
EKCOOAO	=	Emissionskoeffizient CO: Otto-Pkw; Außerorts; g/fzkm
EKCOOIO	=	Emissionskoeffizient CO: Otto-Pkw; Innerorts; g/fzkm
EKCOOV	=	Emissionskoeffizient CO: ÖSPV; g/pkm
EKHCBV	=	Emissionskoeffizient HC: Eisenbahnverkehr; g/pkm
EKHCDAB	=	Emissionskoeffizient HC: Diesel-Pkw; Autobahn; g/fzkm
EKHCDAO	=	Emissionskoeffizient HC: Diesel-Pkw; Außerorts; g/fzkm
EKHCDIO	=	Emissionskoeffizient HC: Diesel-Pkw; Innerorts g/fzkm
EKHCFV	=	Emissionskoeffizient HC: Flugverkehr; g/pkm
EKHCOAB	=	Emissionskoeffizient HC: Otto-Pkw; Autobahn; g/fzkm
EKHCOAO	=	Emissionskoeffizient HC: Otto-Pkw; Außerorts; g/fzkm
EKHCOIO	=	Emissionskoeffizient HC: Otto-Pkw; Innerorts g/fzkm
EKHCOV	=	Emissionskoeffizient HC: ÖSPV; g/pkm
EKNOXBV	=	Emissionskoeffizient NO _x : Eisenbahnverkehr; g/pkm
EKNOXDAB	=	Emissionskoeffizient NO _x : Diesel-Pkw; Autobahn; g/fzkm
EKNOXDAO	=	Emissionskoeffizient NO _x : Diesel-Pkw; Außerorts; g/fzkm
EKNOXDIO	=	Emissionskoeffizient NO _x : Diesel-Pkw; Innerorts g/fzkm
EKNOXFV	=	Emissionskoeffizient NO _x : Flugverkehr; g/pkm
EKNOXOAB	=	Emissionskoeffizient NO _x : Otto-Pkw; Autobahn; g/fzkm
EKNOXOAO	=	Emissionskoeffizient NO _x : Otto-Pkw; Außerorts; g/fzkm
EKNOXOIO	=	Emissionskoeffizient NO _x : Otto-Pkw; Innerorts g/fzkm
EKNOXOV	=	Emissionskoeffizient NO _x : ÖSPV; g/pkm
ET	=	Anzahl der Erwerbstätigen; Mio.
EW	=	Anzahl der Einwohner; Mio.
HH	=	Anzahl der Haushalte; Mio.
HKD	=	Herstellungskosten (Erzeugerpreis) Diesel; in Pf/l
HKO	=	Herstellungskosten (Erzeugerpreis) Ottokraftstoffe; in Pf/l
LSTR	=	Länge der Straßen des überörtlichen Verkehrs; m/qkm Bundesgebiet
MINSTD	=	Mineralölsteuersatz Diesel; in v.H.
MINSTO	=	Mineralölsteuersatz Ottokraftstoffe, in v.H.
MWST	=	Mehrwertsteuersatz; in v.H.
PXBV	=	Preis Eisenbahnverkehr: Gelegenheitsverkehr; Pf/pkm
PXBVET	=	Preis Eisenbahnverkehr: Ermäßigter Tarif; Pf/pkm
PXFV	=	Preis Flugverkehr; Pf/pkm
PXOV	=	Preis ÖSPV: Gelegenheitsverkehr ohne Urlaub; Pf/pkm
PXOVAUS	=	Preis ÖSPV: Aus bildungsverkehr; Pf/pkm
PXOVER	=	Preis ÖSPV: Berufsverkehr; Pf/pkm
PXOVURL	=	Preis ÖSPV: Urlaubsverkehr; Pf/pkm
SPEZDK	=	Spezifischer Verbrauch: Diesel-Pkw; Konstante; l/100 km
SPEZOK	=	Spezifischer Verbrauch: Otto-Pkw; Konstante; l/100 km
TDV	=	Trend deutsche Vereinigung; ab 1991 = 0,3+0,7 ^T ; {T/1991 = 1;...;1998 = 8}
TR	=	Linearer Trend; 1978 = 1; 1998 = 21
YVERN	=	Verfügbares Pro-Kopf-Nominaleinkommen; 1000 DM/a

Anhang B

Daten des Modells											
1978 bis 1998											
Variable	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
AKPKWX	71,9	74,7	77	81,1	86,3	91,7	96,3	100	103,4	106,6	109,9
ASLAUS	1,561	1,531	1,531	1,552	1,544	1,527	1,517	1,519	1,491	1,478	1,456
ASLBER	1,109	1,103	1,106	1,116	1,108	1,103	1,098	1,1	1,09	1,082	1,078
ASLEIN	1,422	1,401	1,401	1,445	1,428	1,409	1,392	1,401	1,377	1,339	1,304
ASLFZT	2,138	2,063	2,047	2,114	2,129	2,061	2,003	2,017	1,957	1,822	1,722
ASLURL	2,834	2,765	2,803	2,882	2,855	2,815	2,775	2,779	2,738	2,632	2,565
AWAUS	6403	6354	6254	6155	6067	5878	5652	5452	5300	5119	5079
AWBER	13591	13687	13667	13646	13555	13313	13305	13390	13702	13918	14019
AWEIN	19807	19320	18909	18746	18591	18487	18526	18573	18483	18506	18589
AWFZT	25550	25686	25737	25763	25543	25529	25531	25366	25485	25665	25994
AWURL	94,5	93,2	93,6	91,4	95,3	94,6	96,2	102,3	110	109,5	115,6
AZB	13,09	12,983	12,829	12,625	12,316	11,976	11,612	11,271	11,033	10,805	10,681
DEAUS	6,061	6,199	6,455	6,53	6,856	6,997	6,742	6,745	6,798	6,752	6,861
DEBER	8,789	8,979	8,99	8,879	8,932	9,115	9,223	9,175	9,411	9,766	10,256
DEEIN	3,711	3,898	4,121	4,115	4,272	4,367	4,376	4,354	4,507	4,552	4,641
DEFZT	10,279	10,47	10,623	10,325	10,738	10,839	10,901	10,954	11,246	11,403	11,576
DEURL	551,72	589,83	609,88	623,88	612,9	625,58	640,17	626,52	614,39	674,26	679,78
EKCO2BV			83,8	82,1	74,8	77,4	78,5	77,3	78,5	78,6	73,7
EKCO2FV			184,9	179	170,9	162,5	155,7	155,8	162	149,4	153,8
EKCO2OV			56,7	55,1	56	56,4	57	55,2	55	55,5	54,7
EKCOBV			0,061	0,06	0,057	0,057	0,055	0,053	0,051	0,088	0,074
EKCODAB			0,69	0,58	0,51	0,48	0,45	0,43	0,41	0,38	0,36
Variable	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
AKPKWX	112,5	115,3	120	124,9	131,2	131,5	132,5	133,2	132,2	134	
ASLAUS	1,448	1,44	1,438	1,431	1,414	1,425	1,425	1,419	1,425	1,412	
ASLBER	1,077	1,07	1,082	1,079	1,074	1,075	1,072	1,073	1,072	1,068	
ASLEIN	1,293	1,268	1,302	1,295	1,295	1,306	1,294	1,297	1,304	1,283	
ASLFZT	1,625	1,562	1,555	1,52	1,518	1,615	1,595	1,59	1,561	1,525	
ASLURL	2,556	2,525	2,563	2,534	2,51	2,542	2,53	2,509	2,538	2,493	
AWAUS	4956	5064	6269	6496	6661	6913	7006	7141	7216	7264	
AWBER	14376	14832	18792	18808	18701	18762	18757	18745	18772	18804	
AWEIN	18820	19148	23932	24052	24345	24351	24386	24395	24509	24538	
AWFZT	26568	27276	34149	34629	34874	35061	35180	35372	35809	35815	
AWURL	117,3	123,5	137,1	147	155,4	159,6	157,7	147,8	149,6	154,6	
AZB	10,606	10,763	13,52	13,763	13,875	14,056	14,226	14,387	14,45	14,51	
DEAUS	6,716	6,866	6,332	6,262	6,213	6,229	6,276	6,292	6,345	6,318	
DEBER	10,291	10,399	10,015	9,991	10,203	10,136	10,134	10,23	10,256	10,262	
DEEIN	4,649	4,706	4,517	4,563	4,533	4,478	4,502	4,516	4,558	4,579	
DEFZT	11,541	11,619	11,188	11,253	11,247	11,214	11,367	11,327	11,241	11,313	
DEURL	718,46	747,44	733,67	788,1	791,68	785,27	821,03	867,23	877,44	871,29	
EKCO2BV	70,7	64,6	69,2	72,2	71,3	70,7	69,2	68,5	67,9	68,2	
EKCO2FV	149,5	147,2	150,3	141,9	136,6	129,1	126	126,1	126,4	121,4	
EKCO2OV	53,6	50,7	50,2	49,9	49,7	49,3	49	48,8	48,6	48,4	
EKCOBV	0,064	0,052	0,056	0,059	0,061	0,063	0,059	0,057	0,055	0,054	
EKCODAB	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,31	0,3	0,28	0,27	0,25	

Zu den Variablen vgl. Anhang A. Fortsetzung nächste Seite

Daten des Modells											
1978 bis 1998 (Fortsetzung)											
Variable	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
EKCODAO			0,73	0,63	0,56	0,52	0,48	0,45	0,42	0,39	0,38
EKCODIO			1,56	1,33	1,15	1,06	0,99	0,93	0,86	0,83	0,81
EKCOFV			0,649	0,592	0,537	0,481	0,43	0,402	0,374	0,316	0,301
EKCOOAB			26,36	25,29	24,39	23,76	23,3	22,55	21,37	19,83	17,98
EKCOOAO			14,77	13,67	12,82	11,99	11,35	10,94	10,49	9,84	9,09
EKCOOIO			32,55	30,16	28,43	26,95	25,69	24,87	24,12	22,96	21,39
EKCOOV			0,201	0,194	0,202	0,206	0,214	0,213	0,216	0,223	0,219
EKHCBV			0,026	0,025	0,024	0,024	0,023	0,021	0,02	0,022	0,02
EKHCDAB			0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05
EKHCDAO			0,12	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07
EKHCDIO			0,51	0,41	0,34	0,3	0,27	0,25	0,22	0,2	0,19
EKHCFV			0,154	0,143	0,131	0,119	0,109	0,104	0,102	0,089	0,086
EKHCOAB			1,72	1,73	1,71	1,71	1,72	1,71	1,63	1,52	1,39
EKHCOAO			1,88	1,86	1,79	1,77	1,75	1,74	1,69	1,62	1,54
EKHCOIO			6,32	6,22	6,09	6,06	6,03	6,06	6,02	5,87	5,63
EKHCOV			0,077	0,075	0,078	0,08	0,083	0,083	0,084	0,083	0,083
EKNOXBV			0,587	0,571	0,538	0,545	0,546	0,531	0,495	0,501	0,45
EKNOXDAB			0,95	0,86	0,8	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,69
EKNOXDAO			0,75	0,69	0,64	0,62	0,59	0,57	0,54	0,53	0,52
EKNOXDIO			0,87	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73	0,71	0,7	0,7
EKNOXFV			0,703	0,698	0,681	0,663	0,65	0,664	0,706	0,666	0,701
EKNOXOAB			3,32	3,38	3,45	3,49	3,52	3,5	3,38	3,09	2,73
Variable	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
EKCODAO	0,37	0,36	0,34	0,33	0,32	0,32	0,31	0,3	0,28	0,27	
EKCODIO	0,81	0,8	0,8	0,79	0,79	0,78	0,77	0,75	0,72	0,68	
EKCOFV	0,277	0,227	0,215	0,184	0,168	0,161	0,158	0,155	0,151	0,142	
EKCOOAB	16,15	14,78	11,85	9,91	8,73	7,84	7,08	6,37	5,6	4,98	
EKCOOAO	8,31	7,73	6,44	5,45	4,71	4,2	3,7	3,29	2,86	2,52	
EKCOOIO	19,74	18,49	16,21	14,47	13,26	12,33	11,44	10,59	9,62	8,77	
EKCOOV	0,215	0,202	0,205	0,199	0,186	0,173	0,162	0,15	0,137	0,125	
EKHCBV	0,019	0,019	0,021	0,021	0,02	0,019	0,018	0,017	0,017	0,016	
EKHCDAB	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	
EKHCDAO	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	
EKHCDIO	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	
EKHCFV	0,078	0,07	0,061	0,051	0,043	0,036	0,03	0,029	0,028	0,026	
EKHCOAB	1,27	1,28	0,65	0,5	0,41	0,35	0,29	0,25	0,2	0,17	
EKHCOAO	1,45	1,49	1,14	0,93	0,73	0,59	0,47	0,39	0,3	0,24	
EKHCOIO	5,36	5,32	4,28	3,67	3,16	2,76	2,4	2,1	1,78	1,5	
EKHCOV	0,081	0,077	0,076	0,074	0,07	0,067	0,065	0,062	0,058	0,055	
EKNOXBV	0,397	0,32	0,336	0,341	0,333	0,324	0,312	0,308	0,294	0,287	
EKNOXDAB	0,68	0,68	0,67	0,67	0,66	0,66	0,65	0,63	0,61	0,59	
EKNOXDAO	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,5	0,49	0,48	0,47	
EKNOXDIO	0,7	0,7	0,7	0,69	0,69	0,69	0,69	0,67	0,66	0,64	
EKNOXFV	0,696	0,702	0,703	0,644	0,601	0,55	0,52	0,52	0,522	0,501	
EKNOXOAB	2,39	2,11	1,75	1,49	1,32	1,19	1,08	0,95	0,82	0,7	

Zu den Variablen vgl. Anhang A.

Daten des Modells

1978 bis 1998 (Fortsetzung)

Variable	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
EKNOXOAO			2,58	2,56	2,56	2,56	2,55	2,52	2,44	2,29	2,1
EKNOXOIO			2	2	2,01	2,01	2,01	1,98	1,92	1,79	1,65
EKNOXOV			0,586	0,569	0,591	0,602	0,623	0,615	0,62	0,62	0,61
ET	26,219	26,652	27,059	27,033	26,725	26,347	26,393	26,593	26,96	27,157	27,366
EW	61,327	61,359	61,566	61,682	61,638	61,423	61,175	61,024	61,066	61,077	61,45
FLSV	229435	241334	245327	232363	240825	249599	256411	255289	273868	296410	319016
FLSVAUS	6203	6526	7018	6826	8351	8774	8180	8577	8917	9016	9331
FLSVBER	83761	87072	86743	83897	84825	86612	88849	88984	95636	102430	109264
FLSVDX	0,055	0,06	0,067	0,08	0,097	0,104	0,11	0,125	0,148	0,165	0,169
FLSVEIN	33889	35442	36648	34593	36442	38078	38867	38524	41260	43479	46220
FLSVFZT	95981	102058	104458	97155	100755	105487	109444	108187	116289	128694	140464
FLSVURL	9601	10236	10460	9892	10452	10648	11071	11017	11766	12791	13737
HH	24,221	24,486	24,811	25,1	25,336	25,676	26,018	26,367	26,739	27,006	27,403
HKD	35,658	45,477	60,883	69,571	70,911	67,389	69,779	72,876	42,313	35,351	32,719
HKO	36,631	44,919	61,045	76,179	70,689	69,354	69,531	71,217	41,633	37,535	36,454
HUBD							1976	1953	1927	1916	1914
HUBO	1447	1472	1487	1496	1500	1508	1518	1523	1545	1553	1565
LSTR	685,4	688,6	692,2	692,6	694,6	695,9	694,6	695,5	696,7	697,1	697,5
MINSTD	42	42	42	44	45	45	45	45	45	45	45
MINSTO	44	44	44	49	51	51	51	52,5	52,2	51,5	50,3
MWST	11	11	11	12	12,5	13	13	13	13,5	14	14
PKWD	545	656	763	897	1120	1293	1454	1700	2189	2603	2937

Variable	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
EKNOXOAO	1,9	1,71	1,45	1,24	1,09	0,97	0,86	0,75	0,64	0,54
EKNOXOIO	1,5	1,36	1,19	1,06	0,97	0,91	0,84	0,76	0,69	0,62
EKNOXOV	0,616	0,577	0,575	0,575	0,57	0,555	0,541	0,528	0,512	0,495
ET	27,761	28,495	36,564	35,854	35,186	34,881	34,817	36,089	35,797	35,935
EW	62,679	63,726	80,275	80,975	81,338	81,539	81,818	82,012	82,057	82,037
FLSV	336417	356059	416845	432599	439652	424171	432732	434761	440765	452149
FLSVAUS	9454	9820	10127	10407	10621	10602	10853	11145	11433	11668
FLSVBER	112704	117438	137865	137998	140944	137939	138737	140475	141193	142589
FLSVDX	0,171	0,169	0,154	0,159	0,166	0,17	0,172	0,171	0,167	0,164
FLSVEIN	47687	50168	57475	60050	60897	60143	61450	61675	62534	64359
FLSVFZT	151624	162894	194141	204948	207610	196452	202363	203318	208046	215461
FLSVURL	14948	15739	17237	19196	19580	19035	19329	18148	17559	18072
HH	27,793	28,175	35,256	35,7	36,23	36,695	36,938	37,281	37,457	37,532
HKD	38,596	44,474	43,947	37,982	39,435	37,565	36,261	44,087	46,348	37,179
HKO	42,156	45,726	44,468	38,693	38,117	35,896	35,4	40,917	45,304	37,724
HUBD	1916	1919	1930	1942	1952	1964	1973	1985	2000	2014
HUBO	1578	1589	1577	1568	1565	1575	1590	1602	1612	1622
LSTR	698,3	698,7	632,8	634,2	635,3	639,2	640,1	646,2	646,2	645,1
MINSTD	45	45	50	55	55	62	62	62	62	62
MINSTO	60,3	59,8	72,9	83,5	83,1	98,8	98,6	98,3	98	98
MWST	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15,75
PKWD	3119	3262	3482	3715	4020	4244	4403	4482	4458	4390

Zu den Variablen vgl. Anhang A.

Daten des Modells											
1978 bis 1998 (Fortsetzung)											
Variable	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
PKWO	16887	17911	18369	18686	18818	19111	19512	19800	20356	21038	21783
PXBV	10,46	11,65	11,25	12,04	12,22	12,54	13,33	12,60	12,86	13,83	13,17
PXBVET	7,3	7,7	8,9	8,8	8,7	9,3	8,3	8,2	8,9	9	9,2
PXD	86,2	97,1	114,2	127,2	130,4	127	129,7	133,2	99,1	91,6	88,6
PXFV	13,36	13,74	16,22	18,18	19,52	19,66	20,3	20,04	17,93	16,85	17,02
PXO	89,5	98,7	116,6	140,2	136,9	136	136,2	139,8	106,5	101,5	98,9
PXOV	11,24	11,44	11,74	12,21	12,63	12,85	13,3	13,4	13,12	13,62	13,53
PXOVAUS	4,41	4,5	4,63	5,05	5,79	6,21	6,64	7,24	7,52	7,82	7,9
PXOVBER	7,77	7,97	8,22	9,31	9,92	10,65	11,49	11,51	11,75	11,64	11,59
PXOVURL	8,55	8,53	8,69	8,30	8,46	9,25	8,84	8,73	9,14	9,55	10,82
SPEZD	8,863	8,959	9,049	8,77	8,491	8,49	8,396	8,211	7,93	7,744	7,744
SPEZO	10,263	10,077	10,17	10,17	10,17	10,17	10,17	10,17	10,17	10,076	9,983
VLBV	34830	35758	36926	37983	37967	36391	36422	38216	36813	34844	36512
VLBVAUS	3499	3520	3579	3761	3848	3651	3357	3321	3115	2667	2655
VLBVBER	7482	7608	7560	8237	8041	7174	7031	7234	6963	6763	7333
VLBVEIN	3179	3518	4303	4462	4917	4763	5072	5154	5110	4788	4871
VLBFVZT	15997	16436	16782	16812	16464	16346	16846	18075	17454	16590	17310
VLBVURL	4673	4676	4702	4711	4697	4457	4116	4432	4171	4036	4343
VLVURL	17716	19284	20268	20722	20518	21379	23145	25176	27148	31839	34820
VLOV	68471	70298	71888	73283	71961	70444	67540	65459	64784	64608	64961
VLOVAUS	20919	21267	21586	21531	20567	19800	18211	16429	15740	14785	14891
VLOVBER	13730	13961	14080	14058	13975	13658	13159	12854	12812	13332	13656
Variable	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PKWO	22573	23420	26377	28009	30410	31119	31572	32140	32455	32812	
PXBV	13,60	14,01	13,96	14,95	15,29	14,95	15,46	15,19	16,34	16,16	
PXBVET	9,4	10,2	8,1	8,5	9,2	8,9	10,2	10,7	10,9	11,2	
PXD	95,3	102	107,1	106	108,6	114,5	113	122	124,6	114,8	
PXFV	17,4	17,4	18,07	19,38	18,65	19,32	18,19	18,83	18,91	19,43	
PXO	116,8	120,3	133,8	139,3	139,4	154,9	154,1	160,1	164,8	157,1	
PXOV	13,75	13,61	12,51	13,74	14,5	15,3	15,91	16,46	16,82	16,85	
PXOVAUS	8,32	8,3	7,96	8,35	8,84	9,3	9,66	10,09	10,5	10,63	
PXOVBER	11,26	11	9,43	10,05	10,54	11,04	12,09	12,6	13,07	13,74	
PXOVURL	10,26	10,27	9,25	9,10	9,03	10,66	10,72	11,28	12,20	11,34	
SPEZD	7,744	7,8	7,693	7,756	7,763	7,643	7,63	7,63	7,6	7,54	
SPEZO	9,797	9,725	9,514	9,419	9,381	9,304	9,25	9,15	9,01	8,925	
VLBV	36415	38393	49483	49868	50385	53425	55219	55609	55371	54779	
VLBVAUS	2031	2722	3324	3706	3497	4216	4309	4370	4324	4232	
VLBVBER	7603	7842	9830	10543	11123	13388	13415	13465	13515	13415	
VLBVEIN	4679	4798	6082	5913	5947	5661	5865	5934	5959	5786	
VLBFVZT	17938	18706	24830	24211	24208	24150	25976	26526	26708	26335	
VLBVURL	4164	4325	5417	5495	5610	6010	5654	5314	4865	5011	
VLVURL	37421	43394	44844	55303	61898	65378	69633	72019	76927	79469	
VLOV	64758	68451	87130	84206	83554	82331	81471	80727	80499	79997	
VLOVAUS	13885	14167	16836	17025	17776	18583	18982	19469	19865	19864	
VLOVBER	13986	15594	22087	21663	21902	22222	21998	21503	21785	21419	
Zu den Variablen vgl. Anhang A.											

Daten des Modells

1978 bis 1998 (Fortsetzung)

Variable	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
VLOVEIN	11355	11817	12281	12771	12621	12482	12048	11858	11722	11659	11600
VLOVFZT	19929	20543	21145	21840	21448	21135	20524	20447	20462	20543	20630
VLOVURL	2538	2710	2796	3083	3350	3369	3598	3871	4048	4289	4184
VLPV	546545	561512	571640	561506	574762	579081	581788	582452	602462	621208	644399
VLRV	16109	16561,5	17305,5	18232	18532,5	18756,25	18759,5	18079,75	17732,25	17537	17421,25
VLRVAUS	2627,5	2662,5	2695	2715	2740	2775	2670	2565	2482,5	2405	2350
VLRVBER	2750	2865	2977,5	3007,5	3007,5	3007,5	3027,5	3065	3120	3157,5	3187,5
VLRVEIN	3162,25	3256,75	3430	3689	3769,5	3864	3916,5	3921,75	3696	3638,25	3596,25
VLRVFZT	7569,25	7777,25	8203	8820,5	9015,5	9109,75	9145,5	8528	8433,75	8336,25	8287,5
VLSV	383257	394570	401252	388132	403219	410031	414014	413701	434197	450573	468786
VLSVAUS	9685	9993	10742	10592	12890	13401	12405	13032	13293	13326	13582
VLSVBER	92932	96038	95957	93666	93969	95538	97572	97840	104260	110847	117809
VLSVEIN	48195	49670	51359	49984	52026	53671	54086	53988	56822	58231	60292
VLSVFZT	205234	210567	213875	205383	214490	217446	219226	218227	227606	234502	241868
VLSVURL	27211	28302	29319	28507	29844	29975	30725	30614	32216	33667	35235
VLZF	26161,5	25040,5	24000,9	23154,3	22564,8	22079,7	21907,3	21820,5	21787,9	21806,5	21899,2
VLZFAUS	2080	1947	1770	1591	1552	1500	1463	1426	1401	1378	1367
VLZFBER	2555	2420	2290	2200	2080	1967	1920	1860	1800	1820	1800
VLZFEIN	7620	7052	6550,4	6224,8	6080,8	5951,2	5952,8	5948	5946,4	5920	5919,2
VLZFFZT	13906,5	13621,5	13390,5	13138,5	12852	12661,5	12571,5	12586,5	12640,5	12688,5	12813
YVERNXX	13,465	14,584	15,6	16,576	17,031	17,529	18,469	19,175	19,908	20,754	21,532
Variable	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
VLOVEIN	11612	12061	14907	13826	13232	12576	12227	12078	12071	11930	
VLOVFZT	20786	21783	27158	25284	24271	23400	22983	22366	21872	21612	
VLOVURL	4489	4846	6142	6408	6373	5550	5281	5311	4906	5172	
VLPV	659614	688360	818652	843877	857804	860803	873222	875685	883813	891111	
VLRV	17470,5	18033,25	23565,75	23510,5	23395,5	23430,25	23420,25	23475,25	23348,25	23246,5	
VLRVAUS	2307,5	2340	3155	3202,5	3222,5	3257,5	3292,5	3330	3347,5	3362,5	
VLRVBER	3245	3347,5	4707,5	4535	4345	4167,5	4010	4077,5	3955	3900	
VLRVEIN	3529,75	3648,75	4585	4560,5	4557	4558,75	4518,5	4501	4488,75	4466	
VLRVFZT	8388,25	8697	11118,25	11212,5	11271	11446,5	11599,25	11566,75	11557	11518	
VLSV	481270	497528	584640	601847	609601	607721	615230	615300	618590	624883	
VLSVAUS	13690	14142	14562	14892	15022	15103	15461	15813	16294	16474	
VLSVBER	121336	125690	149226	148933	151312	148351	148685	150749	151318	152274	
VLSVEIN	61674	63590	74837	77758	78891	78561	79495	79989	81549	82592	
VLSVFZT	246369	254362	301832	311619	315230	317315	322680	323217	324862	328493	
VLSVURL	38201	39744	44183	48645	49146	48391	48909	45532	44567	45050	
VLZF	22279,8	22560,4	28989,3	29142,9	28970,5	28518,2	28249,2	28554,8	29078,2	28736,3	
VLZFAUS	1371	1399	1819	1852	1869	1899	1928	1948	1955	1962	
VLZFBER	1771	1760	2355	2240	2116	2050	1977	1965	1958	1950	
VLZFEIN	6000,8	6018,4	7692,8	7682,4	7728	7691,2	7679,2	7664,8	7651,2	7596,8	
VLZFFZT	13137	13383	17122,5	17368,5	17257,5	16878	16665	16977	17514	17227,5	
YVERNXX	22,245	24,052	23,627	25,063	25,905	26,513	27,284	27,829	28,367	29,167	

Zu den Variablen vgl. Anhang A.; VLPV auf Null Stellen hinter dem Komma gerundet.

Anhang C

Die Verhaltensgleichungen wurden alle mit der Kleinsten-Quadrate-Methode (OLS) geschätzt. Die zugrundegelegten Daten sind in Anhang B aufgeführt. Das Verzeichnis der im Modell verwendeten Variablen findet sich in Anhang A. Die Konstanten vor den Emissionskoeffizienten bezeichnen die zweckspezifischen Anteile der Fahrleistungen nach Straßenkategorien. Die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs werden durch Multiplikation aus dem Verbrauch der Diesel- und Otto-Pkw mit konstanten Umrechnungsfaktoren berechnet. In den Verhaltensgleichungen bezeichnet D_{xx} Dummyvariable für das angegebene Jahr = 1. TDV in Form einer abnehmenden geometrischen Reihe ab dem Jahr 1991 = 0,3+0,7^T {T/1991 = 1;...;1998 = 8}. Unter den Regressionskoeffizienten sind in Klammern die t-Werte ausgewiesen. Zahlen in Klammern hinter den Variablen geben die zeitliche Verzögerung an. Die Beurteilung der Güte der einzelnen Verhaltensfunktionen erfolgt anhand der statistischen Prüfmaße: SE: Standardfehler der Schätzung; R²: Bestimmtheitsmaß; DW: Durbin-Watson-Prüfmaß.

ASLAUS	=	1,683 – 0,0003 PKW/HH + 0,125 PXS _V /YVERN _X – 0,044 TDV
		(52) (11,2) (7,7) (10)
		Stützbereich: 1979-1998; SE: 0,0054; R ² : 0,990; DW: 1,60
ASLBER	=	1,1474 – 0,0001 PKW/HH + 0,049 PXS _V /YVERN _X + 0,007 D81
		(105) (11,4) (8) (3)
		Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,002; R ² : 0,987; DW: 1,11
ASLEIN	=	1,396 – 0,0002 PKW/HH + 0,2313 PXS _V /YVERN _X – 0,039 TDV + 0,03 D86
		(27,6) (4,7) (8,1) (4,6) (2,5)
		– 0,03 D89 – 0,045 D90
		(2,9) (4,3)
		Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,009; R ² : 0,983; DW: 2,19
ASLFZT	=	2,506 – 0,0011 PKW/HH + 0,5803 PXS _V /YVERN _X – 0,305 TDV + 0,087 D86
		(14) (7,4) (5,8) (10) (2,5)
		– 0,132 D89 – 0,156 D90
		(3,7) (4,3)
		Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,032; R ² : 0,988; DW: 1,56
ASLURL	=	2,849 – 0,0006 PKW/HH + 0,573 PXS _V /YVERN _X – 0,07 TDV + 0,09 D86
		(27,7) (6,9) (10,3) (4,6) (4,5)
		Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,018; R ² : 0,986; DW: 1,75
AWAUS	=	– 1746 + 636 AZB – 608 TDV
		(20,5) (87,1) (17,7)
		Stützbereich: 1982-1998; SE: 28,4; R ² : 0,999; DW: 2,25
AWBER	=	– 1183 + 554 ET + 388 D93 + 618 D94 + 649 D95
		(3281,7) (62) (2,3) (3,7) (3,9)
		Stützbereich: 1978-1998; SE: 155; R ² : 0,997; DW: 1,61
AWEIN	=	4715 + 630 HH – 1346 LOG(TR) + 630 TDV
		(18,6) (54,9) (27,6) (4,4)
		Stützbereich: 1978-1998; SE: 101; R ² : 0,999; DW: 1,60
AWFZT	=	– 2661 + 194 YVERN _X + 420 EW – 580 LOG(TR)
		(13,6) (7,7) (68,3) (5,5)
		Stützbereich: 1978-1998; SE: 114; R ² : 0,999; DW: 1,46

AWURL	=	0,687 EW + 3,332 YVERNX + 7,9 D92 + 13,2 D93 + 15,2 D94 (5,6) (8,5) (1,6) (2,7) (3,1) Stützbereich: 1978-1998; SE: 4,7; R2: 0,974; DW: 1,21
CO2BV	=	VLBV*EKCO2BV/1000
CO2FVURL	=	VLFVURL*EKCO2FV/1000
CO2OV	=	VLOV*EKCO2OV/1000
CO2PV	=	CO2BV + CO2FVURL + CO2OV + CO2SV
CO2SV	=	2,639*VBD + 2,352*VBO
COBV	=	VLBV*EKCOBV/1000
COFVURL	=	VLFVURL*EKCOFV/1000
COOV	=	VLOV*EKCOOV/1000
COPV	=	COBV + COFVURL + COOV + COSV
COSV	=	COSVAUS + COSVBER + COSVEIN + COSVFZT + COSVURL
COSVAUS	=	(FLSVAUS*FLSVDX*XD*(0,35*EKCODAB + 0,38*EKCODAO + 0,27*EKCODIO) + (FLSVAUS*(1 - FLSVDX)*XO*(0,35*EKCOOAB + 0,38*EKCOOAO + 0,27*EKCOOIO))/1000
COSVBER	=	(FLSVBER*FLSVDX*XD*(0,175*EKCODAB + 0,342*EKCODAO + 0,483*EKCODIO) + (FLSVBER*(1 - FLSVDX)*XO*(0,175*EKCOOAB + 0,342*EKCOOAO + 0,483*EKCOOIO))/1000
COSVEIN	=	(FLSVEIN*FLSVDX*XD*(0,116*EKCODAB + 0,264*EKCODAO + 0,62*EKCODIO) + (FLSVEIN*(1 - FLSVDX)*XO*(0,116*EKCOOAB + 0,264*EKCOOAO + 0,62*EKCOOIO))/1000
COSVFZT	=	(FLSVFZT*FLSVDX*XD*(0,235*EKCODAB + 0,363*EKCODAO + 0,402*EKCODIO) + (FLSVFZT*(1 - FLSVDX)*XO*(0,235*EKCOOAB + 0,363*EKCOOAO + 0,402*EKCOOIO))/1000
COSVURL	=	(FLSVURL*FLSVDX*XD*(0,53*EKCODAB + 0,469*EKCODAO + 0,001*EKCODIO) + (FLSVURL*(1 - FLSVDX)*XO*(0,53*EKCOOAB + 0,469*EKCOOAO + 0,001*EKCOOIO))/1000
DEAUS	=	- 5,37 + 0,017 LSTR + 0,25 LOG(TR) + 0,5 TDV + 0,26 D82 + 0,33 D83 - 0,16 D89 (8,2) (17,8) (18,9) (6,3) (6,5) (8,4) (3,9) Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,038; R2: 0,988; DW: 2,60
DEBER	=	- 18,28 - 0,417 LOG(TR) + 0,028 LSTR + 0,0109 PKW/HH + 2,456 TDV (6,8) (5) (8,6) (13,1) (8,9) Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,093; R2: 0,980; DW: 1,52
DEEIN	=	0,313 LOG(TR) + 0,057 LSTR - 0,309 PXS V/YVERN X + 0,223 TDV (19) (48,7) (3,2) (6,3) Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,039; R2: 0,980; DW: 1,75
DEFZT	=	0,206 LOG(TR) + 0,0019 PKW/HH + 0,014 LSTR - 1,017 PXS V/YVERN X (7) (7,3) (40,5) (7,7) + 0,074 TDV - 0,267 D81 (16,2) (5) Stützbereich: 1978-1998; SE: 0,046; R2: 0,990; DW: 2,22

DEURL	=	380,2 + – 326,7 PXFV/YVERN _X + 362,6 PXS _V /YVERN _X + 18,38 YVERN _X (5,1) (3,9) (4,6) (11,2) Stützbereich: 1978-1998; SE: 16,4; R2: 0,978; DW: 1,71
FLSV	=	FLSVAUS + FLSVBER + FLSVEIN + FLSVFZT + FLSVURL
FLSVAUS	=	VLSVAUS/ASLAUS
FLSVBER	=	VLSVBER/ASLBER
FLSVD	=	FLSVDX*FLSV
FLSVDX	=	0,0266 + 1,1882 (PKWD/PKW) – 0,0002 (PXD-PXD(1)) – 0,01 D91 (9,1) (40,1) (2,5) (2,5) Stützbereich: 1979-1998; SE: 0,0038; R2: 0,992; DW: 1,46
FLSVEIN	=	VLSVEIN/ASLEIN
FLSVFZT	=	VLSVFZT/ASLFZT
FLSVO	=	(1 – FLSVDX)*FLSV
FLSVURL	=	VLSVURL/ASLURL
HCBV	=	VLBV*EKHCBV/1000
HCFVURL	=	VLFVURL*EKHCFV/1000
HCOV	=	VLOV*EKHCOV/1000
HCPV	=	HCBV + HCFVURL + HCOV + HCSV
HCSV	=	HCSVAUS + HCSVBER + HCSVEIN + HCSVFZT + HCSVURL
HCSVAUS	=	(FLSVAUS*FLSVDX*XD*(0,35*EKHCDAB + 0,38*EKHCDAO + 0,27*EKHCDIO) + (FLSVAUS*(1 – FLSVDX)*XO*(0,35*EKHCOAB + 0,38*EKHCOAO + 0,27*EKHCOIO))/1000
HCSVBER	=	(FLSVBER*FLSVDX*XD*(0,175*EKHCDAB + 0,342*EKHCDAO + 0,483*EKHCDIO) + (FLSVBER*(1 – FLSVDX)*XO*(0,175*EKHCOAB + 0,342*EKHCOAO + 0,483*EKHCOIO))/1000
HCSVEIN	=	(FLSVEIN*FLSVDX*XD*(0,116*EKHCDAB + 0,264*EKHCDAO + 0,62*EKHCDIO) + (FLSVEIN*(1 – FLSVDX)*XO*(0,116*EKHCOAB + 0,264*EKHCOAO + 0,62*EKHCOIO))/1000
HCSVFZT	=	(FLSVFZT*FLSVDX*XD*(0,235*EKHCDAB + 0,363*EKHCDAO + 0,402*EKHCDIO) + (FLSVFZT*(1 – FLSVDX)*XO*(0,235*EKHCOAB + 0,363*EKHCOAO + 0,402*EKHCOIO))/1000
HCSVURL	=	(FLSVURL*FLSVDX*XD*(0,53*EKHCDAB + 0,469*EKHCDAO + 0,001*EKHCDIO) + (FLSVURL*(1 – FLSVDX)*XO*(0,53*EKHCOAB + 0,469*EKHCOAO + 0,001*EKHCOIO))/1000
LOG(HUBD)	=	1,2554 + 0,8114 LOG(HUBD(1)) + 0,0547 LOG(YVERN _X) (4,1) (19,5) (12,3) Stützbereich: 1985-1998; SE: 0,002; R2: 0,989; DW: 2,45
LOG(HUBO)	=	2,5838 + 0,6385 LOG(HUBO(1)) – 0,0178 LOG(PXO) + 0,0535 LOG(YVERN _X) (3,7) (6,4) (3,9) (3,6) – 0,009 D91 – 0,012 D92 – 0,012 D93 (2,8) (4,6) (4,4) Stützbereich: 1979-1998; SE: 0,0025; R2: 0,995; DW: 2,03

KONSBV = KONSBVAUS + KONSBVBER + KONSBVGV
 KONSBVAUS = VLBVAUS*PXBVET/100
 KONSBVBER = VLBVBER*PXBVET/100
 KONSBVGV = (VLBVEIN + VLBVFZT + VLBVURL)*PXBV/100
 KONSFVURL = VLFVURL*PXFV/100
 KONSOV = KONSOVAUS + KONSOVBER + KONSOVGV + CPHOVURL
 KONSOVAUS = VLOVAUS*PXOVAUS/100
 KONSOVBER = VLOVBER*PXOVBER/100
 KONSOVGV = (VLOVEIN + VLOVFZT)*PXOV/100
 KONSOVURL = VLOVURL*PXOVURL/100
 KONSPV = KONSBV + KONSFVURL + KONSOV + KONSSVKR
 KONSSVKR = (VBD*PXD + VBO*PXO)/100
 NOXBV = VLBV*EKNOXBV/1000
 NOXFVURL = VLFVURL*EKNOXFV/1000
 NOXOV = VLOV*EKNOXOV/1000
 NOXPV = NOXBV + NOXFVURL + NOXOV + NOXSV
 NOXSV = NOXSVAUS + NOXSVBER + NOXSVEIN + NOXSVFZT + NOXSVURL
 NOXSVAUS = (FLSVAUS*FLSVDX*XD*(0,35*EKNOXDAB + 0,38*EKNOXDAO + 0,27*EKNOXDIO) + (FLSVAUS*(1 - FLSVDX)*XO*(0,35*EKNOXOAB + 0,38*EKNOXOAO + 0,27*EKNOXOIO))/1000
 NOXSVBER = (FLSVBER*FLSVDX*XD*(0,175*EKNOXDAB + 0,342*EKNOXDAO + 0,483*EKNOXDIO) + (FLSVBER*(1 - FLSVDX)*XO*(0,175*EKNOXOAB + 0,342*EKNOXOAO + 0,483*EKNOXOIO))/1000
 NOXSVEIN = (FLSVEIN*FLSVDX*XD*(0,116*EKNOXDAB + 0,264*EKNOXDAO + 0,62*EKNOXDIO) + (FLSVEIN*(1 - FLSVDX)*XO*(0,116*EKNOXOAB + 0,264*EKNOXOAO + 0,62*EKNOXOIO))/1000
 NOXSVFZT = (FLSVFZT*FLSVDX*XD*(0,235*EKNOXDAB + 0,363*EKNOXDAO + 0,402*EKNOXDIO) + (FLSVFZT*(1 - FLSVDX)*XO*(0,235*EKNOXOAB + 0,363*EKNOXOAO + 0,402*EKNOXOIO))/1000
 NOXSVURL = (FLSVURL*FLSVDX*XD*(0,53*EKNOXDAB + 0,469*EKNOXDAO + 0,001*EKNOXDIO) + (FLSVURL*(1 - FLSVDX)*XO*(0,53*EKNOXOAB + 0,469*EKNOXOAO + 0,001*EKNOXOIO))/1000
 LOG(PKWD) = 43,6 + 0,3207 LOG(PKWD(1)) - 5,65 LOG(HUBD) - 0,1821 LOG(PXD*SPEZD)
 (12,5) (6,3) (11,6) (5,7)
 + 1,5192 LOG(HH) + 0,2967 LOG(TR) - 0,2819 TDV
 (11,2) (3,8) (10,0)
 Stützbereich: 1984-1998; SE: 0,0076; R2: 0,999; DW: 2,53

LOG(PKWO)	=	4,946 + 0,506 LOG(PKWO(1)) – 0,188 LOG(AKPKWX*HUBO) + 0,549 LOG(HH) (5,2) (9,9) (2,4) (13,1) – 0,0658 LOG(PXO*SPEZO) + 0,2961 LOG(YVERN X) + 0,016 D89 + 0,032 D93 (4,3) (3,9) (2) (4) Stützbereich: 1979-1998; SE: 0,0072; R2: 0,999; DW: 1,72
PKW	=	PKWD + PKWO
PXD	=	(HKD + MINSTD)*(1 + MWST/100)
PXKR	=	(PXD*VBD+PXO*VBO)/(VBD+VBO)
PXO	=	(HKO + MINSTO)*(1 + MWST/100)
PXSV	=	(VBD*PXD + VBO*PXO)/FLSV
PXSVAUS	=	PXSV/ASLAUS
PXSVBER	=	PXSV/ASLBER
PXSVEIN	=	PXSV/ASLEIN
PXSVFZT	=	PXSV/ASLFZT
PXSVURL	=	PXSV/ASLURL
SPEZD	=	0,0045 HUBD – 0,0657 TR – 0,1563 D87 (153,7) (17,3) (2,4) Stützbereich: 1984-1998; SE: 0,06; R2: 0,943; DW: 1,63
SPEZO	=	0,0072 HUBO – 0,0055 (PXO–PXO(1)) – 0,1235 TR + 0,1968 D85 – 0,2182 D98 (235,4) (3,7) (33,5) (2,5) (2,8) Stützbereich: 1980-1998; SE: 0,076; R2: 0,978; DW: 1,45
VBD	=	FLSVD*SPEZD/100
VBO	=	FLSVO*SPEZO/100
VLAUS	=	AWAUS*DEAUS
VLBER	=	AWBER*DEBER
VLBV	=	VLBVAUS + VLBVBER + VLBVEIN + VLBVFZT + VLBVURL
VLBVAUS	=	– 6390 + 0,934 AWAUS + 667 DEAUS + 87,8 (PXSVAUS – PXBVET) (4,8) (14,9) (4,2) (3,4) – 317 TDV – 514 D89 (2,9) (3,9) Stützbereich: 1978-1998; SE: 117; R2: 0,974; DW: 1,96
VLBVBER	=	1,863 AWBER + 286 (PXSVBER – PXBVET) – 5,3 PKW/HH – 20,6 LSTR (14,9) (4,7) (2,6) (15,1) – 8847 TDV (11,4) Stützbereich: 1978-1998; SE: 346; R2: 0,986; DW: 2,02
VLBVEIN	=	0,055 AWEIN + 2712 DEEIN + 199 (PXSVEIN – PXBV) – 10,4 LSTR (3,5) (15,9) (5,9) (13,8) – 615 D89 – 665 D90 (3,7) (4) Stützbereich: 1978-1998; SE: 124; R2: 0,975; DW: 2,36

VLBFVZT	=	0,894 AWFZT + 561 (PXSVFZT – PXBV) – 25,9 LSTR + 1423 DEFZT (15,1) (2,5) (4,4) (2,8) – 2437 TDV + 954 D86 – 1560 D94 (2,8) (1,6) (2,7) Stützbereich: 1978-1998; SE: 532; R2: 0,989; DW: 1,84
VLBVURL	=	40,78 AWURL + 379 (PXSVURL – PXBV) + 1143 LOG(DEURL) (8,6) (5,6) (13,7) – 4,81 PKW/HH – 287 D85 (4,2) (1,8) Stützbereich: 1978-1998; SE: 152; R2: 0,944; DW: 1,92
VLEIN	=	AWEIN*DEEIN
VLFFVURL	=	149,2 DEURL + 1795 (PXSVURL – PXFV) + 2053 TR – 71,8 PKW/HH (6,8) (4,2) (10,4) (4) – 8530 D91 + 7711 D94 (2,9) (2,6) Stützbereich: 1978-1998; SE: 2740; R2: 0,988; DW: 2,00
VLFFZT	=	AWFZT*DEFZT
VLOV	=	VLOVAUS + VLOVBER + VLOVEIN + VLOVFZT + VLOVURL
VLOVAUS	=	3,467 AWAUS + 415 (PXSVVAUS – PXOVAUS) – 9,11PKW/HH + 816 DEAUS (25,6) (4,8) (5,1) (4,7) – 2847 TDV – 1314 D85 (9,3) (4) Stützbereich: 1978-1998; SE: 304; R2: 0,989; DW: 1,94
VLOVBER	=	– 8337 + 1,6 AWBER + 226 (PXSVBER – PXOVBER) (23,1) (70,2) (6,7) Stützbereich: 1978-1998; SE: 256; R2: 0,996; DW: 2,10
VLOVEIN	=	10633 + 348 (PXSVVEIN – PXOV) + 1393 DEEIN – 3,716 PKW/HH (18,2) (8,7) (6,6) (4,2) + 2175 TDV – 440 D84 – 577 D85 (17,2) (3) (4) Stützbereich: 1978-1998; SE: 135; R2: 0,981; DW: 2,51
VLOVFZT	=	0,22 AWFZT + 716 (PXSVFZT – PXOV) + 2726 DEFZT – 12,04 PKW/HH (4,6) (5,8) (28,7) (6,4) + 2668 TDV + 1414 D81 (4,2) (4,1) Stützbereich: 1978-1998; SE: 297; R2: 0,980; DW: 1,64
VLOVURL	=	20004 + 132,4 (PXSVURL – PXOVURL) – 6654 EW/HH + 2081 TDV (8,2) (1,6) (7,3) (7,7) Stützbereich: 1978-1998; SE: 298; R2: 0,948; DW: 1,30
VLPV	=	VLBV + VLFFVURL + VLOV + VLRV + VLSV + VLZF
VLRV	=	VLRVAUS + VLRVBER + VLRVEIN + VLRVFZT
VLRVAUS	=	0,424 AWAUS + 403 LOG(DEAUS) – 1,173 PKW/HH + 210 LOG(TR) + 226 TDV (32,4) (7) (6,1) (9,3) (6,3) Stützbereich: 1978-1998; SE: 29,4; R2: 0,995; DW: 1,43
VLRVBER	=	0,0311 AWBER + 1086 LOG(DEBER) + 114 LOG(TR) + 1369 TDV (2,8) (16,4) (7) (18,6) Stützbereich: 1978-1998; SE: 42,9; R2: 0,996; DW: 2,07

VLRVEIN	=	1756 + 0,135 AWEIN + 570 LOG(TR) – 2,737 PKW/HH + 924 PXSVM/YVERNIX (4,2) (19,2) (13,8) (5,5) (5,2) Stützbereich: 1978-1998; SE: 62,8; R2: 0,987; DW: 1,30
VLRVFZT	=	0,302 AWFZT + 795 LOG(TR) – 2,968 PKW/HH + 2742 PXSVM/YVERNIX (23,2) (8,5) (5,1) (8,8) Stützbereich: 1978-1998; SE: 175; R2: 0,989; DW: 1,72
VLSV	=	VLSVAUS + VLSVBER + VLSVEIN + VLSVFZT + VLSVURL
VLSVAUS	=	VLAUS – VLBVAUS – VLOVAUS – VLRVAUS – VLZFAUS
VLSVBER	=	VLBER – VLBVBER – VLOVBER – VLRVBER – VLZFBER
VLSVEIN	=	VLEIN – VLBVEIN – VLOVEIN – VLRVEIN – VLZFEIN
VLSVFZT	=	VLZFT – VLBVFZT – VLOVFZT – VLRVFZT – VLZFFZT
VLSVURL	=	VLURL – VLBVAUS – VLFVURL – VLOVAUS
VLURL	=	AWURL*DEURL
VLZF	=	VLZFAUS + VLZFBER + VLZFEIN + VLZFFZT
VLZFAUS	=	3418 + 0,188 AWAUS – 425 DEAUS – 48 LOG(TR) (8,6) (10,4) (9) (4,5) Stützbereich: 1978-1998; SE: 35,5; R2: 0,984; DW: 1,47
VLZFBER	=	2088 + 0,397 AWBER – 356 LOG(TR) + 447 TDV (18,9) (4,6) (24,9) (7,6) Stützbereich: 1978-1998; SE: 35,2; R2: 0,980; DW: 1,06
VLZFEIN	=	405 + 0,34 AWEIN – 349 LOG(TR) – 112 D83 (3,7) (44,1) (9) (1,8) Stützbereich: 1980-1998; SE: 59,1; R2: 0,996; DW: 1,19
VLZFFZT	=	0,544 AWFZT – 637 LOG(TR) – 647 D95 (93,8) (8,5) (3) Stützbereich: 1978-1998; SE: 208; R2: 0,991; DW: 1,05
XD	=	SPEZD/SPEZDK
XO	=	SPEZO/SPEZOK

Anhang D

Prüfmaße einer dynamischen ex post-Prognose					
1989 bis 1998					
Variable	Bezeichnung	MEAN	MAE	RMSE	MAPE
ASLAUS	Auslastung Pkw: Ausbildung	0,00	0,00	0,00	0,24
ASLBER	Auslastung Pkw: Beruf	0,00	0,00	0,00	0,14
ASLEIN	Auslastung Pkw: Einkauf	0,00	0,00	0,00	0,29
ASLFTZ	Auslastung Pkw: Freizeit	0,00	0,03	0,02	1,22
ASLURL	Auslastung Pkw: Urlaub	0,00	0,02	0,02	0,52
AWAUS	Anzahl Wege: Ausbildung; Mio.	8,27	28,32	28,11	0,40
AWBER	Anzahl Wege: Beruf; Mio.	-37,29	145,40	142,89	0,68
AWEIN	Anzahl Wege: Einkauf; Mio.	-11,04	80,52	77,18	0,26
AWFZT	Anzahl Wege: Freizeit; Mio.	0,44	109,69	104,06	0,23
AWURL	Anzahl Wege: Urlaub; Mio.	-1,19	3,54	3,56	1,21
CO2BV	Emission CO2: Eisenbahn; kt	-1,15	44,26	42,01	0,92
CO2FVURL	Emission CO2: Flug; Urlaub; kt	59,43	459,39	439,85	5,17
CO2OV	Emission CO2: ÖSPV; kt	-0,68	35,87	34,03	0,66
CO2PV	Emission CO2: Personenverkehr; kt	-238,91	1088,03	1059,49	0,76
CO2SV	Emission CO2: Pkw; kt	-292,10	954,04	951,05	0,84
COBV	Emission CO: Eisenbahn; kt	0,00	0,04	0,04	0,91
COFVURL	Emission CO: Flug; Urlaub; kt	0,13	0,63	0,61	4,79
COOV	Emission CO: ÖSPV; kt	-0,01	0,13	0,13	0,63
COPV	Emission CO: Personenverkehr; kt	-18,75	43,02	44,92	0,90
COSV	Emission CO: Pkw; kt	-18,64	43,66	45,42	0,91
COSVAUS	Emission CO: Pkw; Ausbildung; kt	-0,08	0,79	0,76	0,70
COSVBER	Emission CO: Pkw; Beruf; kt	-7,19	10,91	12,60	0,79
COSVEIN	Emission CO: Pkw; Einkauf; kt	-2,10	7,78	7,68	1,12
COSVFZT	Emission CO: Pkw; Freizeit; kt	-4,53	26,14	25,21	1,15
COSVURL	Emission CO: Pkw; Urlaub; kt	-4,70	8,33	9,19	5,77
DEAUS	DE: Ausbildung; km	0,00	0,02	0,02	0,27
DEBER	DE: Beruf; km	-0,01	0,06	0,06	0,45
DEEIN	DE: Einkauf; km	0,00	0,03	0,03	0,62
DEFZT	DE: Freizeit; km	0,00	0,05	0,05	0,33
DEURL	DE: Urlaub; km	-0,55	16,88	16,03	1,82
FLSV	FL: Pkw; Mio. fzkM	-1148,52	5316,47	5172,76	1,11
FLSVAUS	FL: Pkw; Ausbildung; Mio. fzkM	3,08	73,35	69,65	0,57
FLSVBER	FL: Pkw; Beruf; Mio. fzkM	-511,59	1422,12	1442,89	0,99
FLSVD	FL: Diesel-Pkw; Mio. fzkM	622,53	1113,67	1226,28	1,40
FLSVDX	Anteil FL: Diesel-Pkw/Pkw-Gesamt	0,00	0,00	0,00	1,42
FLSVEIN	FL: Pkw; Einkauf; Mio. fzkM	-20,88	664,10	630,37	0,89
FLSVFZT	FL: Pkw; Freizeit; Mio. fzkM	-125,24	3364,02	3193,85	1,22
FLSVO	FL: Otto-Pkw; Mio. fzkM	-1771,03	5321,92	5350,43	1,31
FLSVURL	FL: Pkw; Urlaub; Mio. fzkM	-497,86	1281,13	1313,40	6,70
HCBV	Emission HC: Eisenbahn; kt	0,00	0,01	0,01	0,90
HCFVURL	Emission HC: Flug; Urlaub; kt	0,05	0,17	0,17	4,68
HCOV	Emission HC: ÖSPV; kt	0,00	0,05	0,05	0,64
HCPV	Emission HC: Personenverkehr; kt	-3,37	8,19	8,47	0,87
HCSV	Emission HC: Pkw; kt	-3,41	8,21	8,50	0,88
HCSVAUS	Emission HC: Pkw; Ausbildung; kt	-0,01	0,12	0,12	0,67
HCSVBER	Emission HC: Pkw; Beruf; kt	-1,48	2,26	2,61	0,77
HCSVEIN	Emission HC: Pkw; Einkauf; kt	-0,55	1,65	1,66	1,08
HCSVFZT	Emission HC: Pkw; Freizeit; kt	-0,88	4,68	4,52	1,09
HCSVURL	Emission HC: Pkw; Urlaub; kt	-0,49	0,84	0,93	5,50
HUBD	Ø Hubraum: Diesel-Pkw	-0,78	2,53	2,53	0,12
HUBO	Ø Hubraum: Otto-Pkw	-0,93	3,29	3,25	0,18
KONSBV	Konsum: Bahn; Mio. DM	-2,86	80,67	76,58	0,91

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung -. Fortsetzung nächste Seite.

Prüfmaße einer dynamischen ex post-Prognose

1989 bis 1998

Variable	Bezeichnung	MEAN	MAE	RMSE	MAPE
KONSBVAUS	Konsum: Bahn: Ausb.; Mio. DM	-0,02	12,53	11,88	2,87
KONSBVBER	Konsum: Bahn: Beruf; Mio. DM	-3,37	27,00	25,84	2,21
KONSBVGV	Konsum: Bahn: Gelegenh. Mio. DM	0,64	64,15	60,87	1,11
KONSFVURL	Konsum: Flug; Urlaub; Mio. DM	42,32	626,23	596,27	5,36
KONSOV	Konsum: ÖSPV; Mio. DM	1,11	86,62	82,18	0,70
KONSOVAUS	Konsum: ÖSPV; Ausb. Mio. DM	5,43	20,79	20,45	1,24
KONSOVBER	Konsum: ÖSPV; Beruf; Mio. DM	-7,52	37,60	36,45	1,55
KONSOVGV	Konsum: ÖSPV; Gelegenh. Mio. DM	6,96	40,55	39,09	0,61
KONSOVURL	Konsum: ÖSPV; Urlaub; Mio. DM	-3,61	39,65	37,79	6,22
KONSPV	Konsum: Personenverk.; Mio. DM	-135,03	956,56	917,46	0,90
KONSSVKR	Konsum: Kraftstoffe; Mio. DM	-172,71	592,26	587,81	0,94
NOXBV	Emission NOX: Eisenbahn; kt	0,00	0,20	0,19	0,89
NOXVURL	Emission NOX: Flug; Urlaub; kt	0,33	2,05	1,97	5,15
NOXOV	Emission NOX: ÖSPV; kt	-0,01	0,40	0,38	0,65
NOXPV	Emission NOX: Personenverk.; kt	-1,81	5,39	5,42	0,74
NOXSV	Emission NOX: Pkw; kt	-2,11	5,17	5,34	0,81
NOXSVAUS	Emission NOX: Pkw; Ausbildung; kt	0,00	0,10	0,09	0,57
NOXSVBER	Emission NOX: Pkw; Beruf; kt	-0,74	1,22	1,37	0,68
NOXSVEIN	Emission NOX: Pkw; Einkauf; kt	-0,17	0,78	0,75	1,01
NOXSVFZT	Emission NOX: Pkw; Freizeit; kt	-0,37	3,16	3,02	1,05
NOXSVURL	Emission NOX: Pkw; Urlaub; kt	-0,84	1,55	1,69	5,80
PKW	Bestand Pkw; Tsd.	-51,38	209,65	205,42	0,61
PKWD	Bestand Diesel-Pkw; Tsd.	16,28	52,24	52,16	1,13
PKWO	Bestand Otto-Pkw; Tsd.	-67,66	175,51	179,73	0,58
PXKR	Preis: Kraftstoffe; DM/l	-0,05	0,10	0,11	0,05
PXSV	Preis Pkw-Verkehr; Pf/fzkm	-0,10	0,08	0,08	0,55
PXSVAUS	Preis Pkw-Verkehr: Ausb.; Pf/pkm	-0,01	0,06	0,06	0,54
PXSVBER	Preis Pkw-Verkehr: Beruf; Pf/pkm	-0,02	0,07	0,07	0,48
PXSVEIN	Preis Pkw-Verkehr: Einkauf; Pf/pkm	-0,01	0,06	0,06	0,45
PXSVFZT	Preis Pkw-Verkehr: Freizeit; Pf/pkm	-0,01	0,13	0,12	1,20
PXSVURL	Preis Pkw-Verkehr: Urlaub; Pf/pkm	-0,01	0,04	0,04	0,68
SPEZD	Spez. Verb.: Diesel-Pkw; l/100 km	-0,02	0,06	0,05	0,50
SPEZO	Spez. Verb.: Otto-Pkw; l/100 km	0,00	0,06	0,06	0,54
VBD	Kraftstoffverbrauch: Diesel; Mio. l	37,13	83,73	87,68	1,26
VBO	Kraftstoffverbrauch: Otto; Mio. l	-164,55	429,00	438,99	1,01
VLAUS	VL: Ausbildung; Mio. pkm	76,23	244,05	243,75	0,57
VLBER	VL: Beruf; Mio. pkm	-555,42	1570,06	1589,67	0,77
VLBV	VL: Eisenbahn; Mio. pkm	-20,20	630,05	598,06	0,92
VLBVAUS	VL: Eisenbahn; Ausb.; Mio. pkm	-0,29	130,54	123,84	2,75
VLBVBER	VL: Eisenbahn; Beruf; Mio. pkm	-28,33	294,91	281,21	2,18
VLBVEIN	VL: Eisenbahn; Einkauf; Mio. pkm	-3,76	144,12	136,78	1,97
VLBVFZT	VL: Eisenbahn; Freizeit; Mio. pkm	33,80	493,91	469,78	1,62
VLBVURL	VL: Eisenbahn; Urlaub; Mio. pkm	-21,48	203,19	193,96	2,83
VLEIN	VL: Einkauf; Mio. pkm	-28,23	1039,02	986,11	0,78
VLVURL	VL: Flug; Urlaub; Mio. pkm	298,72	3377,02	3217,62	5,29
VLVZT	VL: Freizeit; Mio. pkm	-4,61	1160,00	1100,48	0,20
VLOV	VL: ÖSPV; Mio. pkm	-10,43	720,69	683,79	0,67
VLOVAUS	VL: ÖSPV; Ausbildung; Mio. pkm	61,76	238,40	234,45	1,22
VLOVBER	VL: ÖSPV; Beruf; Mio. pkm	-54,86	342,80	329,81	1,57
VLOVEIN	VL: ÖSPV; Einkauf; Mio. pkm	14,19	147,84	140,97	0,99
VLOVFZT	VL: ÖSPV; Freizeit; Mio. pkm	26,52	200,30	191,87	0,70
VLOVURL	VL: ÖSPV; Urlaub; Mio. pkm	-57,88	383,68	368,56	6,24

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung -. Fortsetzung nächste Seite.

Prüfmaße einer dynamischen ex post-Prognose

1989 bis 1998

Variable	Bezeichnung	MEAN	MAE	RMSE	MAPE
VLPV	VL: Personenverkehr; Mio. pkm	-1517,55	4550,39	4575,85	0,48
VLRV	VL: Rad; Mio. pkm	33,71	199,72	192,45	0,75
VLRVAUS	VL: Ausbildung; Mio. pkm	5,73	24,41	23,85	0,70
VLRVBER	VL: Beruf; Mio. pkm	-4,23	46,59	44,40	0,99
VLRVEIN	VL: Einkauf; Mio. pkm	12,22	70,85	68,32	1,31
VLRVFZT	VL: Freizeit; Mio. pkm	20,02	117,51	113,26	0,97
VLSV	VL: Pkw; Mio. pkm	-1836,09	4615,33	4747,88	0,73
VLSVAUS	VL: Pkw; Ausbildung; Mio. pkm	17,67	135,73	129,97	0,82
VLSVBER	VL: Pkw; Beruf; Mio. pkm	-467,74	1435,30	1439,75	0,88
VLSVEIN	VL: Pkw; Einkauf; Mio. pkm	-39,84	790,06	750,57	0,85
VLSVFZT	VL: Pkw; Freizeit; Mio. pkm	-115,45	1001,36	956,96	0,23
VLSVURL	VL: Pkw; Urlaub; Mio. pkm	-1235,60	3119,56	3207,06	6,26
VLURL	VL: Urlaub; Mio. pkm	-1015,34	2660,88	2720,87	1,82
VLZF	VL: zu Fuß; Mio. pkm	10,57	322,06	305,71	1,02
VLZFAUS	VL: zu Fuß; Ausbildung; Mio. pkm	-8,64	32,86	32,35	1,53
VLZFBER	VL: zu Fuß; Beruf; Mio. pkm	-0,25	22,82	21,65	0,84
VLZFEIN	VL: zu Fuß; Einkauf; Mio. pkm	-11,03	47,08	46,00	0,59
VLZFFZT	VL: zu Fuß; Urlaub; Mio. pkm	30,50	273,27	261,04	1,40

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung.

Anhang E

Auswirkungen einer jährlich erhobenen Umweltabgabe von 6 Pf/l					
Ex post-Simulation 1989 bis 1998; Referenzjahr 1998					
Variable	Bezeichnung	Referenz- lösung	Simulations- lösung	Abweichung absolut	Abweichung in v.H.
ASLAUS	Auslastung Pkw: Ausbildung	1,413	1,451	0,038	2,69
ASLBER	Auslastung Pkw: Beruf	1,068	1,082	0,014	1,31
ASLEIN	Auslastung Pkw: Einkauf	1,286	1,34	0,054	4,20
ASLFZT	Auslastung Pkw: Freizeit	1,547	1,709	0,162	10,47
ASLURL	Auslastung Pkw: Urlaub	2,489	2,627	0,138	5,54
AWAUS	Anzahl Wege: Ausbildung; Mio.	7265	7265	0	0,00
AWBER	Anzahl Wege: Beruf; Mio.	18728	18728	0	0,00
AWEIN	Anzahl Wege: Einkauf; Mio.	24481	24481	0	0,00
AWFZT	Anzahl Wege: Freizeit; Mio.	35699	35699	0	0,00
AWURL	Anzahl Wege: Urlaub; Mio.	153,6	153,6	0	0,00
CO2BV	Emission CO2: Eisenbahn; kt	3740	4056	317	8,47
CO2FVURL	Emission CO2: Flug; kt	9054	11130	2076	22,92
CO2OV	Emission CO2: ÖSPV; kt	3868	4173	305	7,89
CO2PV	Emission CO2: Personenverkehr; kt	109813	100092	-9721	-8,85
CO2SV	Emission CO2: Pkw; kt	93150	80733	-12417	-13,33
COBV	Emission CO: Eisenbahn; kt	2,96	3,21	0,25	8,48
COFVURL	Emission CO: Flug; kt	10,59	13,02	2,43	22,93
COOV	Emission CO: ÖSPV; kt	9,99	10,78	0,79	7,89
COPV	Emission CO: Personenverk.; kt	2206,99	1941,54	-265,45	-12,03
COSV	Emission CO: Pkw; kt	2183,53	1914,63	-268,91	-12,32
COSVAUS	Emission CO: Pkw; Ausbildung; kt	49,84	41,29	-8,55	-17,15
COSVBER	Emission CO: Pkw; Beruf; kt	709,37	638,05	-71,32	-10,05
COSVEIN	Emission CO: Pkw; Einkauf; kt	361,01	326,81	-34,20	-9,47
COSVFZT	Emission CO: Pkw; Freizeit; kt	1002,36	860,35	-142,01	-14,17
COSVURL	Emission CO: Pkw; Urlaub; kt	60,96	48,05	-12,92	-21,19
DEAUS	DE: Ausbildung; km	6,309	6,309	0	0,00
DEBER	DE: Beruf; km	10,219	9,739	-0,48	-4,70
DEEIN	DE: Einkauf; km	4,591	4,531	-0,06	-1,31
DEFZT	DE: Freizeit; km	11,356	11,073	-0,283	-2,49
DEURL	DE: Urlaub; km	861,2	931,9	70,7	8,21
FLSV	FL: Pkw; Mio. fzk	448478	396633	-51845	-11,56
FLSVAUS	FL: Pkw; Ausbildung; Mio. fzk	11695	9801	-1895	-16,20
FLSVBER	FL: Pkw; Beruf; Mio. fzk	141236	128514	-12722	-9,01
FLSVD	FL: Diesel-Pkw; Mio. fzk	75603	62262	-13341	-17,65
FLSVDX	Anteil FL: Diesel-Pkw/Pkw-Gesamt	0,169	0,157	-0,012	-7,10
FLSVEIN	FL: Pkw; Einkauf; Mio. fzk	64225	58815	-5409	-8,42
FLSVFZT	FL: Pkw; Freizeit; Mio. fzk	212361	184385	-27976	-13,17
FLSVO	FL: Otto-Pkw; Mio. fzk	372875	334372	-38503	-10,33
FLSVURL	FL: Pkw; Urlaub; Mio. fzk	18966	15105	-3861	-20,36
HCBV	Emission HC: Eisenbahn; kt	0,88	0,95	0,08	8,55
HCFVURL	Emission HC: Flug; kt	1,94	2,38	0,45	22,95
HVOV	Emission HC: ÖSPV; kt	4,40	4,74	0,35	7,90
HCPV	Emission HC: Personenverk.; kt	301,90	267,23	-34,66	-11,48
HCSV	Emission HC: Pkw; kt	294,69	259,15	-35,54	-12,06
HCSVAUS	Emission HC: Pkw; Ausbildung; kt	5,51	4,56	-0,95	-17,21
HCSVBER	Emission HC: Pkw; Beruf; kt	99,78	89,73	-10,06	-10,08
HCSVEIN	Emission HC: Pkw; Einkauf; kt	54,93	49,72	-5,22	-9,50
HCSVFZT	Emission HC: Pkw; Freizeit; kt	131,14	112,52	-18,62	-14,20
HCSVURL	Emission HC: Pkw; Urlaub; kt	3,33	2,62	-0,71	-21,36
HUBD	Hubraum: Diesel-Pkw	2013	2013	0	0,00
HUBO	Hubraum: Otto-Pkw	1617	1593	-24	-1,50

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung -. Fortsetzung nächste Seite.

Auswirkungen einer jährlich erhobenen Umweltabgabe von 6 Pf/l

Ex post-Simulation 1989 bis 1998; Referenzjahr 1998

Variable	Bezeichnung	Referenz- lösung	Simulations- lösung	Abweichung absolut	Abweichung in v.H.
KONSBV	Konsum: Bahn: Mio. DM	7981	8632	651	8,15
KONSBVAUS	Konsum: Bahn: Ausb.; Mio. DM	484	520	36	7,47
KONSBVBER	Konsum: Bahn: Beruf; Mio. DM	1503	1693	190	12,61
KONSBVGV	Konsum: Bahn: Gelegenh. Mio. DM	5994	6419	425	7,09
KONSFVURL	Konsum: Flug; Urlaub; Mio. DM	14491	17813	3322	22,92
KONSOV	Konsum: ÖSPV; Mio. DM	11282	12175	893	7,92
KONSOVAUS	Konsum: ÖSPV; Ausb. Mio. DM	2090	2295	205	9,80
KONSOVBER	Konsum: ÖSPV; Beruf; Mio. DM	2927	3085	158	5,41
KONSOVGV	Konsum: ÖSPV; Gelegenh. Mio. DM	5652	6154	502	8,88
KONSOVURL	Konsum: ÖSPV; Urlaub; Mio. DM	612	641	28	4,63
KONSPV	Konsum: Personenverk.; Mio. DM	92436	113069	20633	22,32
KONSVKR	Konsum: Kraftstoffe; Mio. DM	58682	74449	15767	26,87
NOXBV	Emission NOX: Eisenbahn; kt	15,74	17,07	1,33	8,47
NOXFVURL	Emission NOX: Flug; Urlaub; kt	37,37	45,93	8,57	22,93
NOXOV	Emission NOX: ÖSPV; kt	39,56	42,68	3,12	7,89
NOXPV	Emission NOX: Personenverk.; kt	362,61	339,65	-22,96	-6,33
NOXSV	Emission NOX: Pkw; kt	269,95	233,97	-35,99	-13,33
NOXSVAUS	Emission NOX: Pkw; Ausbildung; kt	7,10	5,83	-1,27	-17,84
NOXSVBER	Emission NOX: Pkw; Beruf; kt	84,77	75,59	-9,18	-10,83
NOXSVEIN	Emission NOX: Pkw; Einkauf; kt	38,78	34,79	-3,99	-10,28
NOXSVFZT	Emission NOX: Pkw; Freizeit; kt	127,77	108,73	-19,04	-14,90
NOXSVURL	Emission NOX: Pkw; Urlaub; kt	11,54	9,02	-2,53	-21,88
PKW	Bestand Pkw; Tsd.	37410	35752	-1658	-4,43
PKWD	Bestand Diesel-Pkw; Tsd.	4405	3908	-497	-11,28
PKWO	Bestand Otto-Pkw; Tsd.	33005	31844	-1161	-3,52
PXD	Preis: Dieseldieselkraftstoff; DM/l	114,8	184,25	69,45	60,50
PXKR	Preis: Kraftstoffe; DM/l	150,84	220,61	69,77	46,25
PXO	Preis: Ottokraftstoff; DM/l	157,10	226,55	69,45	44,21
PXSV	Preis Pkw-Verkehr; Pf/fzkm	13,085	18,77	5,685	43,45
PXSVAUS	Preis Pkw-Verkehr: Ausb.; Pf/pkm	9,263	12,938	3,675	39,67
PXSVBER	Preis Pkw-Verkehr: Beruf; Pf/pkm	12,255	17,352	5,097	41,59
PXSVEIN	Preis Pkw-Verkehr: Einkauf; Pf/pkm	10,175	14,008	3,833	37,67
PXSVFZT	Preis Pkw-Verkehr: Freizeit; Pf/pkm	8,459	10,982	2,523	29,83
PXSVURL	Preis Pkw-Verkehr: Urlaub; Pf/pkm	5,257	7,146	1,889	35,93
SPEZD	Spez. Verb.: Diesel-Pkw; l/100 km	7,611	7,611	0	0,00
SPEZO	Spez. Verb.: Otto-Pkw; l/100 km	8,89	8,675	-0,215	-2,42
VBD	Kraftstoffverbrauch: Diesel; Mio. l	5754	4739	-1015	-17,65
VBO	Kraftstoffverbrauch: Otto; Mio. l	33150	29007	-4143	-12,50
VLAUS	VL: Ausbildung; Mio. pkm	45836	45836	0	0,00
VLBER	VL: Beruf; Mio. pkm	191372	182387	-8985	-4,70
VLBV	VL: Eisenbahn; Mio. pkm	54833	59478	4646	8,47
VLBVAUS	VL: Eisenbahn; Ausb.; Mio. pkm	4321	4644	323	7,47
VLBVBER	VL: Eisenbahn; Beruf; Mio. pkm	13420	15112	1692	12,61
VLBVEIN	VL: Eisenbahn; Einkauf; Mio. pkm	5862	6461	599	10,22
VLBFVZT	VL: Eisenbahn; Freizeit; Mio. pkm	26168	27181	1013	3,87
VLBVURL	VL: Eisenbahn; Urlaub; Mio. pkm	5061	6079	1019	20,13
VLEIN	VL: Einkauf; Mio. pkm	112392	110918	-1474	-1,31
VLVURL	VL: Flug; Urlaub; Mio. pkm	74578	91682	17103	22,93
VLVZT	VL: Freizeit; Mio. pkm	405399	395286	-10113	-2,49
VLOV	VL: ÖSPV; Mio. pkm	79909	86218	6309	7,90
VLOVAUS	VL: ÖSPV; Ausbildung; Mio. pkm	19666	21593	1928	9,80

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung -. Fortsetzung nächste Seite.

Auswirkungen einer jährlich erhobenen Umweltabgabe von 6 Pf/l

Ex post-Simulation 1989 bis 1998; Referenzjahr 1998

Variable	Bezeichnung	Referenz- lösung	Simulations- lösung	Abweichung absolut	Abweichung in v.H.
VLOVBER	VL: ÖSPV; Beruf; Mio. pkm	21300	22452	1152	5,41
VLOVEIN	VL: ÖSPV; Einkauf; Mio. pkm	11782	13194	1412	11,99
VLOVFZT	VL: ÖSPV; Freizeit; Mio. pkm	21760	23328	1567	7,20
VLOVFTZ	VL: ÖSPV; Urlaub; Mio. pkm	5400	5650	250	4,63
VLPV	VL: Personenverkehr; Mio. pkm	887240	877535	-9705	-1,09
VLRV	VL: Rad; Mio. pkm	23285	24251	966	4,15
VLRVAUS	VL: Ausbildung; Mio. pkm	3373	3424	52	1,54
VLRVBER	VL: Beruf; Mio. pkm	3944	3892	-52	-1,32
VLRVEIN	VL: Einkauf; Mio. pkm	4490	4791	301	6,71
VLRVFZT	VL: Freizeit; Mio. pkm	11478	12144	666	5,80
VLSV	VL: Pkw; Mio. pkm	625612	586865	-38747	-6,19
VLSVAUS	VL: Pkw; Ausbildung; Mio. pkm	16521	14218	-2303	-13,94
VLSVBER	VL: Pkw; Beruf; Mio. pkm	150797	139021	-11777	-7,81
VLSVEIN	VL: Pkw; Einkauf; Mio. pkm	82595	78809	-3787	-4,58
VLSVFZT	VL: Pkw; Freizeit; Mio. pkm	328496	315137	-13360	-4,07
VLSVURL	VL: Pkw; Urlaub; Mio. pkm	47205	39679	-7526	-15,94
VLURL	VL: Urlaub; Mio. pkm	132242	143094	10852	8,21
VLZF	VL: zu Fuß; Mio. pkm	29025	29025	0	0,00
VLZFAUS	VL: zu Fuß; Ausbildung; Mio. pkm	1956	1956	0	0,00
VLZFBER	VL: zu Fuß; Beruf; Mio. pkm	1910	1910	0	0,00
VLZFEIN	VL: zu Fuß; Einkauf; Mio. pkm	7663	7663	0	0,00
VLZFFZT	VL: zu Fuß; Urlaub; Mio. pkm	17496	17496	0	0,00

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen;
FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung -. Fortsetzung nächste Seite.

Auswirkungen des umweltpolitischen Vorschlags der „Grünen“

Ex post-Simulation 1989 bis 1998; Referenzjahr 1998

Variable	Bezeichnung	Referenz- lösung	Simulations- lösung	Abweichung absolut	Abweichung in v.H.
ASLAUS	Auslastung Pkw: Ausbildung	1,413	1,579	0,166	11,75
ASLBER	Auslastung Pkw: Beruf	1,068	1,13	0,062	5,81
ASLEIN	Auslastung Pkw: Einkauf	1,286	1,542	0,256	19,91
ASLFZT	Auslastung Pkw: Freizeit	1,547	2,272	0,725	46,86
ASLURL	Auslastung Pkw: Urlaub	2,489	3,136	0,647	25,99
AWAUS	Anzahl Wege: Ausbildung; Mio.	7265	7265	0	0,00
AWBER	Anzahl Wege: Beruf; Mio.	18728	18728	0	0,00
AWEIN	Anzahl Wege: Einkauf; Mio.	24481	24481	0	0,00
AWFZT	Anzahl Wege: Freizeit; Mio.	35699	35699	0	0,00
AWURL	Anzahl Wege: Urlaub; Mio.	153,6	153,6	0	0,00
CO2BV	Emission CO2: Eisenbahn; kt	3740	5092	1352	36,16
CO2FVURL	Emission CO2: Flug; kt	9054	18494	9440	104,26
CO2OV	Emission CO2: ÖSPV; kt	3868	5147	1279	33,07
CO2PV	Emission CO2: Personenverkehr; kt	109813	80311	-29502	-26,87
CO2SV	Emission CO2: Pkw; kt	93150	51579	-41571	-44,63
COBV	Emission CO: Eisenbahn; kt	2,96	4,03	1,07	36,17
COFVURL	Emission CO: Flug; kt	10,59	21,63	11,04	104,27
COOV	Emission CO: ÖSPV; kt	9,99	13,29	3,30	33,07
COPV	Emission CO: Personenverk.; kt	2206,99	1295,17	-911,82	-41,31
COSV	Emission CO: Pkw; kt	2183,53	1256,19	-927,34	-42,47
COSVAUS	Emission CO: Pkw; Ausbildung; kt	49,84	16,44	-33,40	-67,01
COSVBER	Emission CO: Pkw; Beruf; kt	709,37	462,42	-246,95	-34,81
COSVEIN	Emission CO: Pkw; Einkauf; kt	361,01	225,38	-135,63	-37,57
COSVFZT	Emission CO: Pkw; Freizeit; kt	1002,36	533,22	-469,15	-46,80
COSVURL	Emission CO: Pkw; Urlaub; kt	60,96	18,73	-42,24	-69,28
DEAUS	DE: Ausbildung; km	6,309	6,309	0	0,00
DEBER	DE: Beruf; km	10,219	8,742	-1,477	-14,45
DEEIN	DE: Einkauf; km	4,591	4,286	-0,305	-6,64
DEFZT	DE: Freizeit; km	11,356	10,089	-1,267	-11,16
DEURL	DE: Urlaub; km	861,2	1219,6	358,3	41,61
FLSV	FL: Pkw; Mio. fzkm	448478	269120	-179358	-39,99
FLSVAUS	FL: Pkw; Ausbildung; Mio. fzkm	11695	4074	-7621	-65,17
FLSVBER	FL: Pkw; Beruf; Mio. fzkm	141236	97243	-43993	-31,15
FLSVD	FL: Diesel-Pkw; Mio. fzkm	75603	35649	-39954	-52,85
FLSVDX	Anteil FL: Diesel-Pkw/Pkw-Gesamt	0,169	0,132	-0,037	-21,89
FLSVEIN	FL: Pkw; Einkauf; Mio. fzkm	64225	42349	-21876	-34,06
FLSVFZT	FL: Pkw; Freizeit; Mio. fzkm	212361	119309	-93052	-43,82
FLSVO	FL: Otto-Pkw; Mio. fzkm	372875	233471	-139404	-37,39
FLSVURL	FL: Pkw; Urlaub; Mio. fzkm	18966	6142	-12824	-67,61
HCBV	Emission HC: Eisenbahn; kt	0,88	1,20	0,32	36,26
HCFVURL	Emission HC: Flug; kt	1,94	3,96	2,02	104,28
HVOV	Emission HC: ÖSPV; kt	4,40	5,85	1,45	33,06
HCPV	Emission HC: Personenverk.; kt	301,90	182,80	-119,09	-39,45
HCSV	Emission HC: Pkw; kt	294,69	171,80	-122,89	-41,70
HCSVAUS	Emission HC: Pkw; Ausbildung; kt	5,51	1,82	-3,70	-67,06
HCSVBER	Emission HC: Pkw; Beruf; kt	99,78	65,00	-34,79	-34,86
HCSVEIN	Emission HC: Pkw; Einkauf; kt	54,93	34,27	-20,66	-37,61
HCSVFZT	Emission HC: Pkw; Freizeit; kt	131,14	69,69	-61,45	-46,86
HCSVURL	Emission HC: Pkw; Urlaub; kt	3,33	1,02	-2,32	-69,46
HUBD	Hubraum: Diesel-Pkw	2013	2013	0	0,00
HUBO	Hubraum: Otto-Pkw	1617	1534	-83	-5,13

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung -. Fortsetzung nächste Seite.

Auswirkungen des umweltpolitischen Vorschlags der „Grünen“

Ex post-Simulation 1989 bis 1998; Referenzjahr 1998

Variable	Bezeichnung	Referenz- lösung	Simulations- lösung	Abweichung absolut	Abweichung in v.H.
KONSBV	Konsum: Bahn: Mio. DM	7981	10722	2741	34,34
KONSBVAUS	Konsum: Bahn: Ausb.; Mio. DM	484	654	170	35,13
KONSBVBER	Konsum: Bahn: Beruf; Mio. DM	1503	2379	876	58,31
KONSBVGV	Konsum: Bahn: Gelegenh. Mio. DM	5994	7688	1694	28,27
KONSFVURL	Konsum: Flug; Urlaub; Mio. DM	14491	29599	15109	104,26
KONSOV	Konsum: ÖSPV; Mio. DM	11282	14977	3696	32,76
KONSOVAUS	Konsum: ÖSPV; Ausb. Mio. DM	2090	2985	894	42,77
KONSOVBER	Konsum: ÖSPV; Beruf; Mio. DM	2927	3698	771	26,35
KONSOVGV	Konsum: ÖSPV; Gelegenh. Mio. DM	5652	7561	1909	33,78
KONSOVURL	Konsum: ÖSPV; Urlaub; Mio. DM	612	734	122	19,88
KONSPV	Konsum: Personenverk.; Mio. DM	92436	168084	75648	81,84
KONSVKR	Konsum: Kraftstoffe; Mio. DM	58682	112787	54105	92,20
NOXBV	Emission NOX: Eisenbahn; kt	15,74	21,43	5,69	36,16
NOXFVURL	Emission NOX: Flug; Urlaub; kt	37,37	76,32	38,96	104,26
NOXOV	Emission NOX: ÖSPV; kt	39,56	52,64	13,08	33,07
NOXPV	Emission NOX: Personenverk.; kt	362,61	299,84	-62,77	-17,31
NOXSV	Emission NOX: Pkw; kt	269,95	149,45	-120,50	-44,64
NOXSVAUS	Emission NOX: Pkw; Ausbildung; kt	7,10	2,28	-4,81	-67,81
NOXSVBER	Emission NOX: Pkw; Beruf; kt	84,77	53,86	-30,91	-36,47
NOXSVEIN	Emission NOX: Pkw; Einkauf; kt	38,78	23,58	-15,20	-39,19
NOXSVFZT	Emission NOX: Pkw; Freizeit; kt	127,77	66,27	-61,51	-48,14
NOXSVURL	Emission NOX: Pkw; Urlaub; kt	11,54	3,46	-8,08	-70,05
PKW	Bestand Pkw; Tsd.	37410	32309	-5101	-13,63
PKWD	Bestand Diesel-Pkw; Tsd.	4405	3037	-1368	-31,06
PKWO	Bestand Otto-Pkw; Tsd.	33005	29273	-3732	-11,31
PXD	Preis: Dieselmotorkraftstoff; DM/l	114,8	485,2	370,4	322,65
PXKR	Preis: Kraftstoffe; DM/l	150,84	522,19	371,34	246,18
PXO	Preis: Ottomotorkraftstoff; DM/l	157,10	527,50	370,40	235,77
PXSV	Preis Pkw-Verkehr; Pf/fzkm	13,085	41,909	28,824	220,28
PXSVAUS	Preis Pkw-Verkehr: Ausb.; Pf/pkm	9,263	26,547	17,284	186,59
PXSVBER	Preis Pkw-Verkehr: Beruf; Pf/pkm	12,255	37,088	24,833	202,64
PXSVEIN	Preis Pkw-Verkehr: Einkauf; Pf/pkm	10,175	27,182	17,007	167,14
PXSVFZT	Preis Pkw-Verkehr: Freizeit; Pf/pkm	8,459	18,449	9,99	118,10
PXSVURL	Preis Pkw-Verkehr: Urlaub; Pf/pkm	5,257	13,365	8,108	154,23
SPEZD	Spez. Verb.: Diesel-Pkw; l/100 km	7,611	7,611	0	0,00
SPEZO	Spez. Verb.: Otto-Pkw; l/100 km	8,89	8,089	-0,801	-9,01
VBD	Kraftstoffverbrauch: Diesel; Mio. l	5754	2713	-3041	-52,85
VBO	Kraftstoffverbrauch: Otto; Mio. l	33150	18885	-14265	-43,03
VLAUS	VL: Ausbildung; Mio. pkm	45836	45836	0	0,00
VLBER	VL: Beruf; Mio. pkm	191372	163728	-27644	-14,45
VLBV	VL: Eisenbahn; Mio. pkm	54833	74660	19827	36,16
VLBVAUS	VL: Eisenbahn; Ausb.; Mio. pkm	4321	5839	1518	35,13
VLBVBBER	VL: Eisenbahn; Beruf; Mio. pkm	13420	21245	7825	58,31
VLBVEIN	VL: Eisenbahn; Einkauf; Mio. pkm	5862	8416	2554	43,56
VLBFVZT	VL: Eisenbahn; Freizeit; Mio. pkm	26168	29973	3805	14,54
VLBVURL	VL: Eisenbahn; Urlaub; Mio. pkm	5061	9187	4127	81,55
VLEIN	VL: Einkauf; Mio. pkm	112392	104919	-7474	-6,65
VLFFVURL	VL: Flug; Urlaub; Mio. pkm	74578	152342	77763	104,27
VLFFZT	VL: Freizeit; Mio. pkm	405399	360180	-45219	-11,15
VLOV	VL: ÖSPV; Mio. pkm	79909	106336	26427	33,07
VLOVAUS	VL: ÖSPV; Ausbildung; Mio. pkm	19666	28078	8412	42,78

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung -. Fortsetzung nächste Seite.

Auswirkungen des umweltpolitischen Vorschlags der „Grünen“

Ex post-Simulation 1989 bis 1998; Referenzjahr 1998

Variable	Bezeichnung	Referenz- lösung	Simulations- lösung	Abweichung absolut	Abweichung in v.H.
VLOVBER	VL: ÖSPV; Beruf; Mio. pkm	21300	26913	5613	26,35
VLOVEIN	VL: ÖSPV; Einkauf; Mio. pkm	11782	17772	5990	50,84
VLOVFZT	VL: ÖSPV; Freizeit; Mio. pkm	21760	27101	5341	24,54
VLOVFTZ	VL: ÖSPV; Urlaub; Mio. pkm	5400	6474	1074	19,88
VLPV	VL: Personenverkehr; Mio. pkm	887240	861929	-25311	-2,85
VLRV	VL: Rad; Mio. pkm	23285	27673	4388	18,85
VLRVAUS	VL: Ausbildung; Mio. pkm	3373	3532	159	4,73
VLRVBER	VL: Beruf; Mio. pkm	3944	3775	-169	-4,30
VLRVEIN	VL: Einkauf; Mio. pkm	4490	5776	1286	28,63
VLRVFZT	VL: Freizeit; Mio. pkm	11478	14591	3113	27,12
VLSV	VL: Pkw; Mio. pkm	625612	471890	-153722	-24,57
VLSVAUS	VL: Pkw; Ausbildung; Mio. pkm	16521	6431	-10090	-61,07
VLSVBER	VL: Pkw; Beruf; Mio. pkm	150797	109885	-40913	-27,13
VLSVEIN	VL: Pkw; Einkauf; Mio. pkm	82595	65292	-17303	-20,95
VLSVFZT	VL: Pkw; Freizeit; Mio. pkm	328496	271018	-57478	-17,50
VLSVURL	VL: Pkw; Urlaub; Mio. pkm	47205	19260	-27945	-59,20
VLURL	VL: Urlaub; Mio. pkm	132242	187265	55022	41,61
VLZF	VL: zu Fuß; Mio. pkm	29025	29025	0	0,00
VLZFAUS	VL: zu Fuß; Ausbildung; Mio. pkm	1956	1956	0	0,00
VLZFBER	VL: zu Fuß; Beruf; Mio. pkm	1910	1910	0	0,00
VLZFEIN	VL: zu Fuß; Einkauf; Mio. pkm	7663	7663	0	0,00
VLZFFZT	VL: zu Fuß; Urlaub; Mio. pkm	17496	17496	0	0,00

Eigene Berechnungen. – Zu den Variablen vgl. Anhang A. Es bedeuten: DE: Durchschnittliche Entfernungen; FL: Fahrleistung; VL: Verkehrsleistung.

Literaturverzeichnis

- Aberle, G.: Das Phänomen Mobilität - beherrschbarer Fortschritt oder zwangsläufige Entwicklung? in: Internationales Verkehrswesen Jg.45/1993.
- Albers, S.: Absatzplanung von ÖPNV-Ticketarten bei differenzierter Preispolitik; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 67 (1997); S. 122 ff.
- Assenmacher, W.: Einführung in die Ökonometrie; München 1980.
- Bamberg, S; Schmidt, P; Empirischer Test einer Handlungstheorie zur Erklärung der Verkehrsmittelwahl; in: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie; Heft 1; 1994; S. 80 ff.
- Bartsch, K.; Cors, A.: Drastische Mineralölsteuererhöhungen -Ein geeigneter Hebel für den ökologischen Umbau des Verkehrssystems?; in: WSI-Mitteilungen, Heft 10 (1994); S. 654 ff.
- Baum, H.: Infrastrukturpolitik als Mittel zur Steuerung des Verkehrsträgerwettbewerbs; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 62 (1991); S. 6 ff.
- Baumol, W. J.; Oates, W. E.: Economics, Environmental policy, and the quality of life; London u.a.O. 1979.
- Baumol, W. J; Oates, W. E.: The use of standards and prices for protection of the environment, in: Swedish Journal of Economics, Jg.73, 1971, S. 42 ff.
- Beckenbach, F.: Die ökologische Herausforderung für die ökonomische Theorie; Marburg 1991.
- Beckenbach, F.: Zwischen Frosch- und Vogelperspektive: Das Ökologieproblem als Verknüpfung von ökonomischer Entscheidungs- und Reproduktionstheorie; in: Beckenbach, F.: Die ökologische Herausforderung für die ökonomische Theorie; Marburg 1991.
- Becker, G. S.: A Theory of the Allocation of Time; in: The Economic Journal; vol. 75 (1965); S. 493 ff.
- Becker, U.; Bertram, M.: Externe Effekte im Straßenverkehr; in: Prognos-Schriftenreihe; Identifizierung und Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung Bd. 2; Basel 1992.
- Beesley, M. E.: The Value of Time Spent in Travelling: Some New Evidence, in: Economica; vol. 32 (1965); S. 174 ff.

- Belshey, D. A.: Sinnvolle Modelle in der Angewandten Statistik: ein sine qua non; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 41, Berlin 1990; S. 307 ff.
- Binswanger, H.-C.; Bonus, H.; Timmermann, M.: Wirtschaft und Umwelt. Möglichkeiten einer ökologieverträglichen Wirtschaftspolitik; Stuttgart u.a.O. 1981.
- Blandow, V.; Zittel, W.: Abschätzung der Schäden durch CO₂/CH₄ Akkumulation, in: Prognos Schriftenreihe: Identifizierung und Internalisierung externer Kosten der Energieversorgung; Band 4, Basel 1992.
- Blankert, C. B.: Ökonomie der öffentlichen Unternehmen. Eine institutionelle Analyse der Staatswirtschaft; München 1987.
- Bobinger, R.: Straßenbenutzungsgebühren in Theorie und Praxis; in: Veröffentlichungen des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung; München 1993.
- Bohi, D. R.: Analyzing Demand Behavior: A Study of Energy Elasticities; Baltimore 1981.
- Brenck, A.: Moderne umweltpolitische Konzepte: Sustainable Development und ökologisch-soziale Marktwirtschaft; in: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht Heft 4 (1992); S. 379 ff.
- Bretzke, W.-R.: Homo oeconomicus - Wiederbelebungsversuche an einem Totgesagten; in: Das Wirtschaftsstudium; 13 Jg. (1984); S. 63 ff.
- Button, K. J.: Transport Economics; Aldershot 1993.
- California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Staff Report: Low Emissions Vehicle and Zero Emission Vehicle Program Review; State of California, November 1996.
- Cerwenka, P.; Rommerskirschen, S.; Personenverkehrsprognosen für die Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000; in: Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V.; Nr.48; Frankfurt a.M. 1985.
- Clement, V.: Leitlinien für die Verkehrspolitik der Zukunft; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 68 (1997); S. 12 ff.
- Dahl, C. A.: Consumer adjustment to a gasoline tax; in: The review of economics and statistics, vol. 61 (1979); S. 427 ff.
- Dahl, C. A.; Sterner, T.: Analysing gasoline demand elasticities: A survey; in: Energy economics, vol. 13 (1991); S. 203 ff
- Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1994: Für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung; Stuttgart 1994.

Deutsche Bahn AG; Geschäftsbericht; Frankfurt a.M., verschiedene Jahrgänge.

Deutsche Bahn AG; Geschäftsbericht; Frankfurt a.M.; verschiedene Jahrgänge.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Der Endenergieverbrauch im Sektor Verkehr nach Subsektoren sowie nach Verwendungsarten und Verkehrsbereichen; in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung/Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln/Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Endenergieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland; Köln 1986.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: Verkehr in Zahlen; Berlin, verschiedene Jahrgänge.

Dieckheuer, G.: Die gesamtwirtschaftliche Preisfunktion - Modelltheoretische und empirische Untersuchungen für die Bundesrepublik Deutschland; in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft; Bd. 131; Tübingen 1975; S. 385 ff.

Dillmann; R.: Statistik II; Heidelberg 1990.

Döhrn, R. u.a.: Ein techno-ökonomisches Energiemodell für die Bundesrepublik Deutschland; in: RWI-Mitteilungen, Jg. 36, Berlin 1985; S. 63 ff.

Duncan, R. S.: The Effect of Gasoline Prices On Automobile Sales; in: The American Economist; vol. 23 (1980); S. 62 ff.

Endres, A.: Umweltökonomie - Eine Einführung -; Darmstadt 1994.

Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des deutschen Bundestags (Hrsg.); Mobilität und Klima: Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik; Bonn 1994.

Europäische Kommission (Hrsg.): - Grünbuch - . Faire und effiziente Preise im Verkehr. Politische Konzepte zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs; Brüssel, Luxemburg 1996.

Fiederer, H. J.: Umlage der Kfz-Steuer auf die Mineralölsteuer; Tübingen 1996.

Frank, W.: Auswirkungen von Fahrpreisänderungen im öffentlichen Personennahverkehr; Berlin 1990.

Franz, P.: Soziologie der räumlichen Mobilität; Frankfurt a.M. 1984.

Gaab, W.; Ökonometrische Modelle; in: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung: Arbeiten mit ökonometrischen Modellen (unveröffentlichtes Manuskript); Essen 1991; S. 39 ff.

- Gawel, E.: Die mischinstrumentelle Strategie in der Umweltpolitik. Ökonomische Betrachtungen zu einem neuen Politikmuster, in: Jahrbuch für Sozialwissenschaft, Heft 43, 1992; S. 267 ff.
- Gertz, C.; Holz-Rau, C.; Rau, P.: Verkehrsvermeidung durch Raumstruktur –Personenverkehr; in: Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des deutschen Bundestags (Hrsg.): Mobilität und Klima: Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik; Bonn 1994.
- Gollnick, H; Theil, N: Ökonometrie. Methoden und Anwendungen; Stuttgart 1980.
- Golob, T. F.: The causal influences of income and car ownership on trip generation by mode; in: Journal of transport economics and policy; Vol. 23, London 1989; S. 141 ff.
- Gommersbach, M.: Ökonomische Analyse der Pkw-Kraftstoffnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland; Köln 1988.
- Goodwin, P. B.: A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes; in: Journal of transport economics and policy; vol. 26, London 1992; S. 160 ff.
- Gorißen, N.: The Need of Low Consuming and Emitting Automobiles; in: OECD and International Energy Agency; Low Consumption / Low Emission Automobiles; Paris 1991; S. 127 ff.
- Gotthardi, G.; Hautzinger, H.; Tassaux, B.: Mobilitätschancen und Mobilitätsverhalten –Indikatorensystem für eine laufende Beobachtung der Mobilitätsentwicklung auf der Basis des Mikrozensus - Analyse des Mikrozensus 1984 -; Zürich 1984.
- Gronemann, S; Hampicke, U.: Die Monetarisierung der Natur -Möglichkeiten, Grenzen und Methoden; in: Ökonomie und Gesellschaft, Jahrbuch 14; Frankfurt a.M. 1997.
- Güntensperger, H.: Die Nachfrage nach Pkw und Kraftstoffen im Individualverkehr; in: Schriften des Energiewirtschaftlichen Institut an der Universität Köln; Bd. 43, München 1993.
- Gürtler, J. u. a.: Arbeitsmarkt: Systemwandel hinterläßt tiefe Spuren; in ifo-Schnelldienst; Nr. 17-18, Jg. 48 (1995); S. 33 ff.
- Hampicke, U.: Ökologische Ökonomie; Opladen 1992.
- Haupt, T.; Mott, P.: Aufbereitung von Ergebnissen der Stadtverkehrsforschung -Ermittlung der Verkehrsnachfrage-; in: Forschung Stadtverkehr; Heft A 4, Hof/Saale 1988.
- Hautzinger, H. u.a.: Mobilität der westdeutschen Bevölkerung; in: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Heft M55; Heilbronn 1996.

- Hautzinger, H.: Haushaltsbefragungen vom KONTIV-Typ: Hochrechnung–Gewichtung–Genauigkeitsbeurteilung, Teil A; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft; Jg. 60 (1989); S. 345 ff. sowie Teil B; Jg. 61 (1990); S. 15 ff.
- Heil, J.: Einführung in die Ökonometrie; München 1996.
- Hochmuth, U.; Kurz, R.: Verteilungswirkungen von Umweltsteuern; in: Jahrbuch für Nationalökonomie und Statistik; Bd. 213/6, Stuttgart 1994; S. 699 ff.
- Hödl, E; Kuhne, D.; Voßnacke, M.: Strukturanalyse der Luftschadstoffemissionen durch Energieverbräuche in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1970 –86; Arbeitspapiere des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaft der Universität-Gesamthochschule Wuppertal, Nr. 170; Wuppertal 1995.
- Hohmeyer, O.; u.a.: Methodenstruktur zur Emittentenstruktur in der Bundesrepublik Deutschland. –Verknüpfung von Wirtschaftsstruktur und Umweltbelastungsdaten; Karlsruhe 1992.
- Holzmann, F. D: Inflation: Cost-Push and Demand-Pull; in: American Economic Review; vol. 50 (1960); S. 20 ff.
- Hopf, R. u.a.: Analyse des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 1990; in: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung; Beiträge zur Strukturforchung, Heft 43/2 1977.
- Hopf, R.: Projektion des Pkw-Bestandes für die Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2010; in: Wochenbericht des DIW; Nr. 36, Berlin 1989; S. 425 ff.
- Höpfner, U.; u.a.: Motorisierter Verkehr in Deutschland - Energieverbrauch und Luftschadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in der DDR, Berlin (Ost) und in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1988 und in Deutschland im Jahr 2005; Heidelberg 1992.
- Höpfner, U.; u.a.: Pkw, Bus oder Bahn? Schadstoffemissionen und Energieverbrauch im Stadtverkehr 1984 und 1995; IFEU-Bericht Nr. 48; Heidelberg 1988.
- Hujer, R.; Cremer, R.: Methoden der empirischen Wirtschaftsforschung; München 1978.
- Ilgmann, G.: Die Illusion vom freiwilligen Verzicht auf Pkw; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 53 (1982); S. 30 ff.
- Jäckel, K.: Der Prozeß der Deregulierung des EG-Luftverkehrs; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 64 (1993); S. 163 ff.
- Jahnke, C.-D.; Seute, J.: Aufbereitung von Ergebnissen der Stadtverkehrsforschung - Pilotstudie: Sachgebiet Modal-Split; in: Forschung Stadtverkehr, Heft A 1, Hof/Saale 1984.

- Kentner, W.: Zeitbewertung im Personenverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft; Jg. 41 (1970); S. 93 ff.
- Kirchgässner, G.: Erhöhung der Mineralölsteuern als umweltpolitische Maßnahme? Bemerkungen aus ökonomischer Perspektive zu den entsprechenden Vorschlägen der SPD-Arbeitsgruppe; in: Zeitschrift für Energiewirtschaft; Heft 1 (1990); S. 58 ff.
- Kiy, M.; Neuhaus, R.; Wenke, M.: Simulationen mit ökonometrischen Modellen; in: Rheinisch-Westfälisches-Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.); [IV]; S. 47 ff.
- Klamer, M.: Bewertung von Maßnahmen zur Beschränkung des motorisierten Individualverkehrs in Städten; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 69 (1998); S. 165 ff.
- Kloas, J. u.a.: Regionale Struktur des Personenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1980; Berlin 1985.
- Kohlhaas, M.; Voigt, U.: Gesellschaftliche Kosten und Nutzen der Verteuerung des Transports; in: Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des deutschen Bundestags (Hrsg.): Mobilität und Klima: Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik; Bonn 1994.
- Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.): Neuzulassungen – Besitzumschreibungen - Löschungen von Kraftfahrzeugen; Flensburg verschiedene Jahrgänge.
- Kraftfahrt-Bundesamt: Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern; Flensburg, verschiedene Jahrgänge.
- Kroeber-Riel, W.: Konsumentenverhalten; München 1975.
- Kutter, E.; Holzapfel, H.; Martens, G.: Ermittlung von Variablen und Parametern möglicher Gesamtmodelle für Verkehrsanalyse und Verkehrsprognose auf der Grundlage der amtlichen Statistik; in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 339; Bonn-Bad Godesberg 1981.
- Lancaster, K. J.: A New Approach to Consumer Theory; in: Journal of Political Economy; vol. 74, 1966; S. 132 ff.
- Leopold, H.: Grundsätzliche und aktuelle Fragen der Tarifgestaltung im öffentlichen Personennahverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 54 (1983); S. 124 ff.
- Lukner, C. (Hrsg.): Umweltverträgliche Verkehrskonzepte in Kommunen; Bonn 1994.
- Maier-Rigaud, G.: Die Herausbildung der Umweltökonomie: Zwischen axiomatischem Modell und normativer Theorie; in: Beckenbach, F.: Die ökologische Herausforderung für die ökonomische Theorie; Marburg 1991.

- Meissner, W.: Zur Methodologie der Simulation; in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft; Jg. 126 (1970).; S. 385 ff.
- Menges, G.: Ökonometrie; Wiesbaden 1961.
- Meyerhöfer, W.: Die Vertriebsstrukturen auf dem Mineralölmarkt der Bundesrepublik Deutschland; Berlin 1979.
- Mohnfeld, J.; u.a.: Die Entwicklung des Mineralölmarkts in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 19xy; in: Zeitschrift für Energiewirtschaft; Braunschweig und Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.
- Moussiopoulus; N.; Oehler, W.; Zellner, K.: Kraftfahrzeugemissionen und Ozonbildung; Berlin 1993.
- Muth, R. F.: Household Production and Consumer Demand; in: Econometrica; vol. 34 (1966); S. 699 ff.
- Neumann, R.: Ökologie und Verkehr; Berlin 1980.
- Nickel, B. E.: Vorwärtsstrategie im öffentlichen Personennahverkehr; in: Lukner, C. (Hrsg.): Umweltverträgliche Verkehrskonzepte in Kommunen; Bonn 1994.
- Novy, P.; Pfeiffer, G.: Der Ökobonus. Eine soziale und umweltfreundliche Ökoabgabe mit Rückvergütung; Frankfurt a.M. 1994.
- Oberheitmann, A.; Wenke, M.: Strukturveränderungen des westdeutschen Privaten Verbrauchs; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 45, Berlin 1994; S. 107 ff.
- Oberstraß, M.: Ein makroökonomisches Modell zur Abbildung des Zusammenhangs von Strukturwandel und Umweltbelastung; Berlin 1999.
- Oum, T. H.; Waters II, W. G.; Yong, J.-S.: Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates; in: Journal of transport economics and policy, vol. 26, London 1992; S. 139 ff.
- Pagenkopf, J.: Simulation; in: Albers, W.; u.a. (Hrsg.): Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft; Band 6; Stuttgart u.a.O. 1981; S. 536 ff.
- Pastowski, A.; Petersen, R.; Schallaböck, K. O.: Potentiale an Verkehrsvermeidung durch Raumstruktur –Schlußbericht; in: Enquete Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des deutschen Bundestags (Hrsg.): Mobilität und Klima: Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik; Bonn 1994.
- Pethig, R.: Umweltökonomische Allokation mit Emissionssteuern; Tübingen 1979.
- Pigou, A. C.: The Economics of Welfare; London 1952.

- Priewe, J.: Wirksamkeit und Akzeptanz von Internalisierungsmaßnahmen, in: Prognos AG (Hrsg.): Externe Effekte der Energieversorgung. Versuch einer Identifizierung; Basel 1991.
- Prognos AG (Hrsg.): Externe Effekte der Energieversorgung. Versuch einer Identifizierung; Basel 1991.
- Puller, S. L.; Greening, L. A.: Household adjustment to gasoline price change: an analysis using 9 years of US survey data; in: Energy economics; Vol. 21 (1999); S. 37 ff.
- Quandt, R. E.; Baumol, W. J.: The demand for abstract transport modes, theory and measurement; in: Journal of Regional Science; vol. 6 (1966); S. 13 ff.
- Radermacher, W.: Nachhaltiges Einkommen. Gedanken zur Naturbewertung in der umweltökonomischen Gesamtrechnung; in: Wirtschaft und Statistik; Heft 5, 1993; S. 331 ff.
- Ratzenberger, R.; Hahn, W.: Aufkommens-, Verteilungs- und Wirkungsanalyse der Finanzleistungen für den ÖPNV; in: ifo Studien zur Verkehrswirtschaft 25; München 1992.
- Reza, A. M.; Spiro, M. H.: The demand for passenger car transport services and for gasoline; in: Journal of transport economics and policy; vol. 13, London 1979; S. 304 ff.
- Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.): Ein Energiemodell für die Bundesrepublik Deutschland; Band 4: Private Haushalte. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft; Essen 1987.
- Rommerskirchen, S.; u. a.; Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen zur Reduktion der verkehrlichen CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2005; Basel 1991.
- Schmid, M.: Auswirkungen der Kraftstoffbesteuerung auf die Pkw-Fahrleistungen im Freizeitverkehr; in: Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, Nr. 21; Stuttgart 1991.
- Schmidt, G.: Die Mineralölwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland und der Binnenmarkt für Energie; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 42, Berlin 1991; S. 141 ff.
- Schmitz, S.: Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland; in: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung; Forschungen zur Raumentwicklung Bd. 19; Bonn 1990.
- Schneeweiß, Ökonometrie, Würzburg, Wien 1971.
- Schneider, H.: Mikroökonomie; München 1995.
- Schöneberg, H.-G.: Zeitbewertung im Personenverkehr. Dargestellt am Beispiel einer geplanten Ersatzstrecke für die Eisenbahnstrecke Menden-Neuenrade; Bonn 1979.

- Schulz, H.: Werden die Stammkunden jünger? - Erfahrungen mit dem Umwelt-Abo -; in: Der Nahverkehr; Heft 2/1989; Düsseldorf; S. 24 ff.
- Schumann, J.; Meyer, U.; Ströbele, W.: Grundzüge der mikroökonomischen Theorie, Berlin, Heidelberg 1999.
- Seidenfus, H. S.: „Sustainable Mobility“ – Kritische Anmerkungen zum Weißbuch der EG-Kommission; in: RWI-Mitteilungen, Jg. 44; Berlin 1993; S. 285 ff.
- Siebert, H.: Economics of the Environment; Berlin u.a.O. 1987.
- Spaetling, D.: Das Problem der Zeitallokation in der Theorie des Haushalts. Bemerkungen zur Frage der Relevanz der ökonomischen Theorie des Haushaltsverhaltens; in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft; Jg. 132 (1976); S. 19 ff.
- Sprenger, R.-U. u.a.: Das deutsche Steuer- und Abgabensystem aus umweltpolitischer Sicht; ifo Studien zur Umweltökonomie 18; München 1994.
- Statisches Bundesamt: Einnahmen und Ausgaben ausgewählter privater Haushalte; Fachserie 15; Reihe 1; verschiedene Jahrgänge.
- Statisches Bundesamt: Preise und Preisindizes für die Lebenshaltung; Fachserie 17; Reihe 7; verschiedene Jahrgänge.
- Statistischen Bundesamtes: Statistisches Jahrbuch, verschiedene Jahrgänge.
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Zur Neuberechnung des Preisindex für die Lebenshaltung; in: Wirtschaft und Statistik; Stuttgart 1990.
- Statistisches Bundesamt: Eisenbahnverkehr; Fachserie 8, Reihe 2; verschiedene Jahrgänge.
- Statistisches Bundesamt: Konten und Standardtabellen; Fachserie 18, Reihe 1.2; verschiedene Jahrgänge.
- Statistisches Bundesamt: Luftverkehr; Fachserie 8, Reihe 6; verschiedene Jahrgänge.
- Statistisches Bundesamt: Straßenpersonenverkehr; Fachserie 8, Reihe 3; verschiedene Jahrgänge.
- Stegmüller, W.: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie - Band IV, Studienausgabe Teil D - Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit – Jenseits von Popper und Carnap: Die logischen Grundlagen des statistischen Schließens; Berlin u.a.O. 1973.

- Stegmüller, W.: Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und Analytischen Philosophie - Band IV, Studienausgabe Teil A - Personelle und Statistische Wahrscheinlichkeit – Aufgaben und Ziele der Wissenschaftstheorie. Induktion. Das ABC der modernen Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik; Berlin u.a.O. 1973.
- Sterner, T.; Dahl, C. A., Franzen, M.: Gasoline tax policy, carbon emissions and the global environment; in: Journal of transport economics and policy; vol. 26, London 1992; S. 109 ff.
- Storchmann, K.-H.: Abgaben auf den Pkw-Verkehr und ihre Wirkungen auf den Kraftstoffverbrauch im internationalen Vergleich; in RWI-Mitteilungen, Jg. 44; Berlin 1993; S. 345 ff.
- Storchmann, K.-H.: Das Defizit im öffentlichen Personennahverkehr in Theorie und Empirie; Berlin 1999.
- Storchmann, K.-H.: Einstieg in die ökologische Steuerreform: Auswirkungen auf den Öffentlichen Personennahverkehr; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 50 (1999); S. 65 ff.
- Streissler, E.; Streissler, M. (Hrsg.): Konsum und Nachfrage; Köln und Berlin 1966.
- Suntum, U. van: Ökosteuern im Verkehr?; in: Wirtschaftsdienst; 1989/XI; S. 557 ff.
- Teichmann, U.: Die Nachfrageelastizität im innerstädtischen Individualverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 54 (1983); S.71 ff.
- Theil, H.: Economic forecasts and policy; Amsterdam u.a.O. 1975.
- Tishler, A.: The Demand for Cars and the Price of Gasoline: The User Cost Approach; in: The Review of Economics and Statistics; vol. 64 (1982); S. 184 ff.
- Umweltbundesamt (1997a): Jahresbericht 1997; Berlin 1997.
- Umweltbundesamt (1997b): Nachhaltiges Deutschland. Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung; Berlin 1997.
- Umweltbundesamt; Luftreinhaltung '88, Tendenzen-Probleme-Lösungen; Berlin 1989.
- Umweltbundesamtes: Daten zur Umwelt; Berlin, verschiedene Jahrgänge.
- Vickerman, R. W.; Barmby, T. A.: The structur of shopping travel; in: Journal of transport economics and policy; Vol. 18, London 1984; S. 109 ff.
- Voigt, F.; Zachcial, M.; Solzbacher, F.: Determinanten der Nachfrage nach Verkehrsleistungen - Teil 1: Personenverkehr; Opladen 1976.

- Waldmann, R.; Kaufmann, L.: Kraftfahrzeug und räumliche Entwicklung; in; Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. Nr. 34; Frankfurt a.M. 1981.
- Weber, K.: Wirtschaftsprognostik; München 1990; S. 177.
- Weida, A.: Sektorale Strukturpolitik und Umweltschutz; Frankfurt a.M. 1997.
- Weimann, J.: Umweltökonomik -Eine theorieorientierte Einführung-; Berlin u.a.O. 1991.
- Wenglorz, G. W.; Wittmann, M.: Tarife im EG-Linienflugverkehr; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 62 (1991); S. 144 ff.
- Wenke, M.: Konsumklima und Ausgabeverhalten der privaten Haushalte. Zur Relevanz von Konsumentenstimmungen für die Erklärung der gesamtwirtschaftlichen Konsumnachfrage; in: RWI-Mitteilungen; Jg. 42, Berlin 1991; S. 157 ff.
- Wergles, K.: Tarifstrategien im Rahmen des Marketings öffentlicher Nahverkehrsunternehmen; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 58 (1987); S. 276 ff.
- Wermuth, M. (1978a): Der Einfluß des Pkw-Besitzes auf die Fahrtenhäufigkeit und Wahl der Verkehrsmittel; in: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 265/1978.
- Wermuth, M. (1978b): Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs; München 1978.
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr - Gruppe A Verkehrswirtschaft: Marktwirtschaftliche Instrumente zur Reduktion von Luftschadstoffemissionen des Verkehrs; in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 63 (1992); S. 114 ff.
- Wold, H.; Demand Analysis; Stockholm, New York 1952; S. 64 ff.
- Zimmermann, K.: Zur Inzidenz des Katalysators; Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 56 (1985); S. 126 ff.