



# Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionspapiere

## **Verminderung der Kfz-Emissionen durch ökologische Steuern**

Martin Meyer-Renschhausen und Oskar von dem Hagen

V-165-96

Juli 1996

**Volkswirtschaftliche Reihe**

**Institut für Volkswirtschaftslehre I**

Universität Oldenburg, D-26111 Oldenburg

# **Verminderung der Kfz-Emissionen durch ökologische Steuern\***

von

**Martin Meyer-Renschhausen**

Fachhochschule Darmstadt

und

**Oskar von dem Hagen**

Universität Oldenburg

---

\* Für hilfreiche Kommentare und Anregungen sei Udo Ebert gedankt und den Teilnehmern der Vortragsreihe "Die Zukunft des Autos" an der Fachhochschule Darmstadt.

### **Zusammenfassung**

Während die Emissionen von Luftschadstoffen und Klimagasen aus Industrie und Kraftwerken in den zurückliegenden Jahren z. T. deutlich zurückgegangen sind, trifft dies für den Verkehrssektor, insbesondere den Straßenverkehr, nicht zu. Bei Stickoxiden (NO<sub>x</sub>), Kohlenmonoxid (CO) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) stellt der Straßenverkehr die wichtigste Emissionsquelle dar; seine Bedeutung hinsichtlich des Klimagases CO<sub>2</sub> nimmt wegen des steigenden Kraftstoffverbrauchs zu. Erfolge der Luftreinhalte- und der Klimaschutzpolitik hängen heute entscheidend von der Reduzierung der Verkehrsemissionen ab.

Der Beitrag untersucht die Determinanten der verkehrsbedingten Emissionen, wobei eine Beschränkung auf NO<sub>x</sub>, VOC und CO<sub>2</sub> vorgenommen wird. Der theoretischen Diskussion der Wirkungsweise von Emissionsteuern folgt eine Darstellung praktikabler Alternativen. Es wird gezeigt, daß je nach Art des emittierten Stoffes sehr unterschiedliche Steuervarianten sinnvoll sind. Sofern zieladäquate Steuersätze politisch nicht durchsetzbar sind, ist das Steuerinstrumentarium durch geeignete Auflagen zu ergänzen.

## **Inhaltsverzeichnis**

1 Bedeutung der Kfz-Emissionen	1
2 Determinanten der Kfz-Emissionen	3
3 Prognosen der Entwicklung des Straßenverkehrs	6
4 Einige sozialwissenschaftliche Erklärungen zum Anstieg des motorisierten Individualverkehrs	7
5 Ansatzpunkte zur Verminderung der Emissionen im Pkw-Bereich	9
6 Ökologische Steuern zur Verminderung von transportbedingten Emissionen	12
6.1 Wirkungsweise von Emissionssteuern	12
6.2 Praktikable Alternativen zu Emissionssteuern	18
7 Lenkungssteuern und -auflagen in der Praxis	19
7.1 Lenkungssteuern im Falle CO <sub>2</sub>	20
7.2 Auflagen zur CO <sub>2</sub> -Reduktion	21
7.3 Lenkungssteuern im Falle NO <sub>x</sub> und VOC	23
8 Schlußbemerkung	25
9 Literatur	26

## 1 Bedeutung der Kfz-Emissionen

Der scheidende Chefredakteur einer Umweltzeitschrift schrieb kürzlich in einem Beitrag in der 'Zeit', es sei heutzutage nicht einfach, eine Umweltzeitschrift mit Erfolg zu vermarkten. Vorbei seien die Zeiten, in denen man sich darauf beschränken könne, die Industrie wegen ihrer Umweltsünden anzuprangern. Die Industrie habe vielmehr in den letzten Jahren viel für den Umweltschutz getan, wenn auch nicht freiwillig. Heute seien es vielmehr die Haushalte, vor allem bezüglich der Nutzung der Autos, denen entscheidende Beiträge zum Umweltschutz abzuverlangen seien. Und sogar Leser einer Umweltzeitschrift ließen sich auf Dauer nur ungern kritisieren für die Umweltverschmutzung, die sie mit dem Auto verursachen.

In der Tat wirkt der Straßenverkehr auf vielfältige Weise auf die Umwelt ein, und zwar durch:

- Emission von Luftschadstoffen und Klimagasen
- Lärmemissionen
- Versiegelung von Flächen
- Zerschneidung von Naturräumen und von sozialen Nahräumen (Trennwirkung)
- Beeinträchtigungen des Stadtbildes durch fließenden und ruhenden Verkehr (optische Belästigungen)

Die folgenden Betrachtungen beschränken sich ausschließlich auf die Emissionen von Luftschadstoffen und Klimagasen.

**Tab. 1: Anteil des Straßenverkehrs an den Gesamtemissionen in %  
(alte Bundesländer)**

	1970	1980	1991
<b>CO<sub>2</sub></b>	8,9	13,0	17,7
<b>Stickoxide (als NO<sub>2</sub>)</b>	31,4	43,9	59,0
<b>SO<sub>2</sub></b>	1,6	2,0	5,3
<b>CO</b>	57,5	70,5	67,8
<b>VOC</b>	30,0	38,1	36,9
<b>Methan *)</b>	0,9	1,2	1,6

\*) Verkehr insgesamt

Quelle: UBA 1994, S. 236 f.

Ein Blick auf Tab. 1 zeigt für den Bereich der Luftschadstoffe, daß die verkehrsbedingten Emissionen insbesondere bei CO, NO<sub>x</sub> und VOC (flüchtige organische Verbindungen) maßgebliche Anteile an den Gesamtemissionen besitzen (SRU 1994, S.245). Bei wichtigen Emissionen, insbesondere bei CO<sub>2</sub> und den Stickoxiden (NO<sub>2</sub>) hat der Anteil der verkehrsbedingten Emissionen zugenommen. Dieser umweltpolitische Bedeutungszuwachs des Verkehrssektors ist z.T. auf einen absoluten Anstieg der Emissionen zurückzuführen (z.B. CO<sub>2</sub>), z.T. darauf, daß die verkehrsinduzierten Emissionen weniger stark vermindert wurden als die anderer Sektoren wie Industrie und Kraftwerke. Dies gilt z.B. für SO<sub>2</sub> (Tab. 2).

**Tab. 2: Emissionen des Straßenverkehrs (alte Bundesländer) in 1000 t**

	1970	1980	1991
<b>CO<sub>2</sub></b>	68.000	105.000	135.000
<b>Stickoxide (als NO<sub>2</sub>)</b>	800	1.350	1.550
<b>SO<sub>2</sub></b>	65	65	55
<b>CO</b>	8.400	8.500	4.950
<b>VOC</b>	800	1.050	840
<b>Methan*)</b>	35	40	45

\*) Verkehr insgesamt  
Quelle: UBA 1994, S. 232 ff

Die Wirkungen der verkehrsbedingten Emissionen sind vielfältig. Sie reichen von Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit (insbesondere durch krebserzeugende Stoffe wie VOC), über Vegetationsschädigungen (z.B. durch NO<sub>x</sub>) bis hin zu Klimaänderungen (Tab. 3). Die aufgeführten Stoffe wirken einzeln und im Verbund mit anderen (Entstehung von Ozon durch NO<sub>x</sub> und VOC).

Die folgenden Betrachtungen beschränken sich auf CO<sub>2</sub>, Stickoxide und VOC. Diese Verbindungen stehen wegen ihrer Klimarelevanz (CO<sub>2</sub>) bzw. ihres Beitrages zum Sommersmog und Waldsterben (Stickoxide) im Zentrum der umweltpolitischen Diskussion. Es wird zunächst nach den Determinanten der verkehrsbedingten Emissionen (Teil 2) sowie nach den künftigen Entwicklungen des Straßenverkehrs (Teil 3) gefragt. In einem weiteren Schritt werden einige sozialwissenschaftliche Interpretationen für den Anstieg des motorisierten Individualverkehrs genannt (Teil 4). Der Darstellung der verschiedenen Ansatzpunkte zur Verminderung von Kfz-Emissionen (Teil 5), folgt eine Diskussion von Emissionssteuern und Emissionsauflagen im allgemeinen (Teil 6) und im Falle des Verkehrsbereichs (Teil 7). Hieran anknüpfend wird im letzten Schritt auf die Konturen eines sinnvollen

umweltpolitischen Instrumentenbündels für den Verkehrssektor eingegangen, das sowohl Steuern als auch ordnungspolitische Maßnahmen umfaßt (Teil 8).

**Tab. 3: Verkehrsemissionen: lokale, regionale und globale Auswirkungen**

Auswirkung	Partikel	Blei	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	VOC	CO	Methan	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	FCKW
<b>lokal</b>										
<b>(Gesundheit und Wohlbefinden)</b>	X	X	X	X	X	X				
<b>regional</b>										
<b>Versauerung</b>			X	X						
<b>Photooxidantien</b>				X	X	X				
<b>global</b>										
<b>indirekter Treibhauseffekt</b>				X	X	X	X			X
<b>direkter Treibhauseffekt</b>				X			X	X	X	X
<b>Ozonabbau in der Stratosphäre</b>				X					X	X

Quelle: OECD/IEA 1994, S. 241

## 2 Determinanten der Kfz-Emissionen

Bei CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und VOC handelt es sich um sog. verbrennungsabhängige Emissionen, d.h. die Emissionsmenge hängt von Menge und Art der eingesetzten Energieträger ab. Von Bedeutung für die Entwicklung der Emissionen ist darüber hinaus die Existenz und Wirksamkeit von Rückhaltetechnologien.

Der Energieverbrauch von Kfz hängt - etwas vereinfacht - von folgenden Faktoren ab<sup>1</sup>:

1. der Verkehrsleistung in Personen- (Pkm) bzw. Tonnenkilometern (tkm),
2. dem Fahrzeuggewicht,
3. dem Motorwirkungsgrad und Fahrwiderstand sowie
4. der Fahrweise (Geschwindigkeit, Fahrzyklus, Fahrstil etc.)

Daneben spielt der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur eine Rolle.

Die folgenden Angaben beziehen sich auf die alten Bundesländer.

<sup>1</sup> Eine detailliertere Betrachtung enthalten OECD/IEA 1994, S. 80, sowie Helling 1992, S.128.

1. Die Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs ist von 470 Mrd. Pkm 1980 auf 628 Mrd. Pkm 1993 gestiegen (BMV 1994, S.212 f.). Wichtige Ursachen hierfür waren der Anstieg der Bevölkerung von 61,4 Mio. 1980 auf 65,5 Mio. 1993 (+7%), die Zunahme der Zahl der Haushalte<sup>2</sup> von ca. 24 Mio. auf 29 Mio. (+21%) sowie der Anstieg des verfügbaren Einkommens (und des BIP) um rd. 30 %. Im gleichen Zeitraum stieg die Verkehrsleistung des Straßengüterverkehrs (Fern- und Nahverkehr) ist von 124 Mrd. tkm auf 184 Mrd. tkm an (BMV 1994, S. 228 f.), eine Steigerung um 48%.

**Tab. 4: Entwicklung der Leergewichte bei Pkw-Modellreihen deutscher Hersteller**

Modellreihe	Modelljahr 1980	Modelljahr 1990
<b>Audi 80</b>	910-950	1130-1170
<b>Audi</b>	1110-1210	1160-1450
<b>BMW 3er</b>	1020-1135	1065-1810
<b>Ford Fiesta</b>	730-750	785-900
<b>Ford Escort</b>	880-925	840-980
<b>Mercedes Mittelklasse</b>	1340-1460	1280-1680
<b>Opel Kadett</b>	815-885	865-1040
<b>VW Polo</b>	685	730-800
<b>VW Golf</b>	750-810	845-1085
<b>VW Jetta</b>	785-855	875-1115
<b>VW Passat</b>	860-920	1100-1205

Quelle: Schallaböck 1990, S.709

2. Das durchschnittliche Pkw-Leergewicht hat ebenfalls zugenommen und zwar von rd. 900 kg 1970 über rd. 960 kg 1980 auf ca. 1150 kg 1990 (Helling 1992, S. 128). Die Tendenz zum Anstieg des Pkw-Gewichts zeigt sich auch bei der Betrachtung einzelner Pkw-Modelle (s. Tab. 4). Aufgeführt werden nur solche Modelle, die sowohl 1980 als auch 1990 angeboten wurden. Es wird deutlich, daß mit einer Ausnahme (Ford Escort) alle Pkw-Basismodelle ein höheres Gewicht aufweisen als 10 Jahre zuvor.
3. Die Motorenwirkungsgrade sind im Zeitablauf kontinuierlich gestiegen, die Fahrwiderstände deutlich gesunken: Betrag der durchschnittliche Widerstandsbeiwert (der  $c_w$ -Wert) um 1960 noch rd. 50, so betrug er 1993 nur noch gut 30 (Helling 1992, S. 129).

<sup>2</sup> Die Zahl der Haushalte ist deutlich stärker gestiegen als die Bevölkerung, weil sich die durchschnittliche Haushaltsgröße verringert hat.



4. In Bezug auf die Fahrweise liegen nur unvollständige Angaben vor. So ist bekannt, daß der Anteil von Fahrten mit einer Strecke von unter 4 km einen hohen Anteil ausmacht (Kaltstarts). Ferner ist bekannt, daß die Durchschnittsgeschwindigkeit auf Autobahnen in den letzten Jahren weiter angestiegen ist, und zwar von 114,6 km/h 1985 auf 120 km/h 1990 (SRU 1994, S.278).

Der Anstieg des Fahrzeuggewichtes trägt im Pkw-Bereich entscheidend dazu bei, daß sich die erwähnten Verbesserungen des Motorwirkungsgrades nicht in entsprechenden Reduzierungen des Kraftstoffverbrauchs niederschlagen<sup>3</sup> (s. Tab. 5). Neben der Gewichtszunahme der Modelle (z.B. VW Golf) spielen auch Struktureffekte eine Rolle, die durch den allgemeinen Trend zu größeren und stärker motorisierten Modellen gekennzeichnet sind.<sup>4</sup> Bei Diesel-Kfz, bei denen der Rückgang des spezifischen Kraftstoffverbrauchs mit 19% auffällig hoch ist, ist für den betreffenden Zeitraum ein umgekehrter Struktureffekt zu konstatieren: die überproportionale Zunahme kleiner Diesel-Pkw.

**Tab. 5: Spezifischer Kraftstoffverbrauch von Pkw und Kombi in l/100 km  
(alte Bundesländer)**

Motor	1980	1990	1993
<b>Benzin</b>	10,9	10,4	10,2
<b>Diesel</b>	9,7	8,4	7,9
<b>Insgesamt</b>	10,8	10,0	9,8

Quelle: BMV 1994, S.294 f.

Beim Lkw-Verkehr ist im Betrachtungszeitraum 1980-1992 insgesamt ein leichter Rückgang (2%) des spezifischen Verbrauchs zu verzeichnen. Dieser Rückgang ist zum Teil auf technische Verbesserungen zurückzuführen. Hinzu kommt aber, daß der Anteil Fernverkehrs an den gesamten tkm des Güterverkehrs in dieser Zeit von 46,4% auf 50,6% gestiegen ist und dieser aufgrund der größeren Fahrzeuge, der besseren Auslastung und des hohen Autobahnanteils günstigere spezifische Verbrauchswerte hat als der vor allem im innerörtlichen Bereich stattfindende Nahverkehr (DIW 1995, S.228).

<sup>3</sup> In einzelnen Fällen hat die Gewichtszunahme sogar die Verbesserungen der Motorenwirkungsgrade und der Aerodynamik überkompensiert, so etwa beim Golf. Beim Modellstart 1974 wies der Golf einen Verbrauch von 8,6 l/100 km auf. Der Verbrauch des Golf III beträgt dagegen 9,4 l/100 km (Canzler, Knie, Berthold 1993, S. 417)

<sup>4</sup> So sank in den alten Bundesländern der Anteil von Autos unter 1500 ccm Hubraum von 46,3% 1980 auf 25% 1993 (DIW 1994, S.142 f.)

**Tab. 6: Spezifischer Kraftstoffverbrauch von Lkw in l/100 tkm<sup>5</sup>  
(alte Bundesländer)**

Lkw-Art	1980	1990	1992
<b>Nahverkehr</b>	16,5	17,2	17,5
<b>Fernverkehr</b>	11,9	10,3	10,90
<b>Insgesamt</b>	14,4	13,5	14,0

Quelle: BMV 1994, S.292 f.

### 3 Prognosen der Entwicklung des Straßenverkehrs

Prognosen der Verkehrsentwicklung besagen, daß die Verkehrsleistung des Straßenverkehrs auch künftig weiter ansteigen wird. Im Bereich des Pkw-Verkehrs wird bis zum Jahr 2010 mit einem Anstieg der Verkehrsleistung in Personenkilometern um gut 30% gerechnet (DIW 1995, S.229; SRU 1994, S.270). Da der durchschnittliche Besetzungsgrad voraussichtlich weiterhin leicht abnehmen wird, ergibt sich für den Pkw-Verkehr auch für den eher optimistischen Fall, daß der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch in den nächsten 15 Jahren um 15% zurückgehen wird, dennoch ein Anstieg des Energieverbrauchs und dementsprechend des CO<sub>2</sub>-Ausstosses um 8% (DIW 1995, S.229).

Für den Güterverkehr prognostiziert das DIW einen noch deutlicheren Anstieg der Fahrleistungen und des Energieverbrauchs:

„Für die alten Bundesländer ergibt sich, bezogen auf 1988, bis 2010 eine Steigerung der Lkw-Fahrleistung im Nahverkehr um ein Drittel und im Fernverkehr um zwei Drittel. Da 1992 schon die Hälfte des prognostizierten Wachstums erreicht wurde, ist eher von einem noch größeren Anstieg der Fahrleistungen auszugehen. Für den spezifischen Treibstoffverbrauch wirken Faktoren in unterschiedliche Richtungen. Die Einsparungen am Fahrzeugleergewicht und bei den Dieselmotoren sind weitgehend ausgeschöpft. Per Saldo dürfte aus verbesserter Auslastung (Logistik), verringerter Geschwindigkeit (Einbau von Temporeglern) und weiter verringertem Luft- und Rollwiderstand eine geringe Reduktion des durchschnittlichen Verbrauchs (-2% im

<sup>5</sup> Abei der Interpretation von Tab.6 ist außerdem zu berücksichtigen, daß im Fernverkehr ausschließlich Dieselmotoren zum Einsatz kommen, während im Nahverkehr auch Benzinmotoren eingesetzt werden, deren Anteil am Energieverbrauch des Güternahverkehrs allerdings von 32% 1980 auf 12% 1992 zurückgegangen ist. Die CO<sub>2</sub> Emission pro Liter Kraftstoff ist bei Diesel etwa 14% höher als bei Benzin.

Vergleich zu 1992) resultieren. Daraus ergibt sich im Trend eine Erhöhung des Energieverbrauchs und damit auch der CO<sub>2</sub>-Emissionen um mindestens ein Sechstel" (DIW 1995, S.229).

#### **4 Einige sozialwissenschaftliche Erklärungen zum Anstieg des motorisierten Individualverkehrs**

Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich auf den Pkw-Verkehr, dem mit Abstand wichtigsten Teilsektor des Verkehrsbereichs.

Ökonomisch spricht man von einem Luxusgut, wenn die Nachfrage eines Haushalts nach dem betreffenden Gut rascher steigt als das verfügbare Einkommen. Es handelt sich mithin um ein Gut besonderer Wertschätzung, das man sich bei höherem Einkommen eher leisten kann. Die Pkw-Verkehrsleistung stellt ein derartiges Luxusgut dar. Während das verfügbare Einkommen je Haushalt in 1980-1993 real um rd. 7% zunahm, stieg die Pkw-Fahrleistung je Haushalt um 11%.

Ganz anders entwickelte sich dagegen die Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsleistungen. Die Nachfrage nach Pkm je Haushalt nahm bei den Bahnen um 3%, beim öffentlichen Straßenverkehr sogar um 25% ab (BMV 1994, S.212 f). Eine Ausnahme im Bereich des öffentlichen Verkehrs bildet der Flugverkehr, dessen Leistung je Haushalt um knapp 60% angestiegen ist.

Als Erklärung für die überdurchschnittliche Zunahme des motorisierten Individualverkehrs verweist der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) neben sozialökonomischen Faktoren wie zunehmende Arbeitsteilung etc. auf das dem menschlichen Wesen inhärente Bedürfnis nach Selbstbestimmung. Das Bedürfnis „in all seinen konkreten Lebensäußerungen und Lebensvollzügen auf ein größtmögliches Maß an Unabhängigkeit und Eigenstand zu drängen“ werde durch den Individualverkehr viel eher erfüllt, als durch Formen kollektiver Fortbewegung (SRU 1994, S.236).

Er hebt weiterhin hervor, daß dem Individualverkehr unter den heutigen Bedingungen eines durch Leistungsdruck und soziale Zwänge zunehmend fremdbestimmten Lebens eine wichtige kompensatorische Funktion zukommt: „Wo der Alltag in einem hohen Maße als fremdbestimmt erfahren wird, erscheint vielen die Möglichkeit zu individueller Mobilität als eine besonders hervorgehobene Chance der Freiheit. Auf diese Weise kann sie sogar als eine Art `gesellschaftlicher Vergütung´ empfunden werden, die das wiedergutzumachen scheint, was durch die zahllosen Sachnotwendigkeiten im Leben

einer modernen Gesellschaft dem einzelnen an Freiheitsmöglichkeiten vorenthalten wird“ (SRU 1994, S.237).

Der Anstieg des durchschnittlichen Pkw-Gewichts ist auf unterschiedliche Faktoren zurückzuführen. Zu nennen ist zum einen das Bedürfnis, den `Arbeitsplatz Pkw´ sicherer und angenehmer zu gestalten. Dies erfolgt über eine verbesserte Ausstattung der Pkw. Folgende Ausstattungen verbessern die

#### **Sicherheit**

- Verbesserungen/Versteifungen der Karosserie und des Fahrgestells (Seitenaufprallschutz etc.)
- Airbag
- Sicherheitsgurte, Gurtstraffer, Nackenstützen
- Anti-Blockiersysteme
- Erhöhung der Motorleistung
- 4-Rad-Antrieb

#### **Ergonomie**

- Geräuschkindernde Maßnahmen (Lärmdämmung, Motorkapselung, etc.)
- Klimatisierung (Klimaanlage, Sitzheizung, Standheizung etc.)
- Servolenkung
- Automatikgetriebe
- Unterhaltungselektronik
- höhenverstellbare Sitze

All diese Technologien, die zunehmend zur Standard-Ausstattung von Pkw und Kombi gehören, tragen zur **Humanisierung des Arbeitsplatzes** Pkw bei. Sie dienen damit letztlich der Verminderung des Arbeitsleids und der Steigerung der Produktivität des Faktors Arbeit bei der Erstellung der Dienstleistung, gemessen z.B. in Fahrzeugkilometern pro Stunde.

Von 1970 bis 1990 hat das durchschnittliche Gewicht der Pkw-Ausstattung von ca. 200 kg auf knapp 400 kg zugenommen, während zugleich das durchschnittliche Karosseriegewicht um 50 kg verringert wurde (Helling 1992).

Die Verbesserung von Sicherheit und Ergonomie kann die Gewichtszunahme im Durchschnitt des Pkw-Bestandes (von 1970-1990 um rd. 250 kg) nur teilweise erklären. Der Bedeutungszuwachs größerer, hubraum- und PS-stärkerer Modelle ist auch auf andere Ursachen zurückzuführen (Canzler, Knie, Berthold 1993).

Hier ist die Tatsache zu nennen, daß das Auto in besonderer Weise geeignet ist, dem - legitimen - Bedürfnis nach sozialer Geltung Rechnung zu tragen. Große leistungsstarke und somit schwere Au-

tos besitzen einen höheren Prestigewert als kleine Autos. Der SRU sieht gerade in der `Verselbständigung des Prestigefaktors im Mobilitätsverhalten´ einen entscheidenden Grund für die zunehmende Umweltbrisanz des Individualverkehrs: „Tatsächlich geht ein erheblicher Teil der bisherigen umweltschädigenden Wirkungen des motorisierten Individualverkehrs auf das Konto eines Geltungsstrebens, das sich geradezu blind an den Steigerungsmöglichkeiten in der Auslegung motorisierter Individualverkehrsmittel festmacht“ (SRU 1994, S.238).

Fazit: Es ist die hohe Wertschätzung individueller Mobilität in Verbindung mit einem ausgeprägten Sicherheits- und Prestigedenken, welche bislang zu einem kontinuierlichen Anstieg des Pkw-induzierten Energieverbrauchs und damit - ceteris paribus - auch zu steigenden Emissionen beiträgt.

## **5 Ansatzpunkte zur Verminderung der Emissionen im Pkw-Bereich**

Bevor auf die Möglichkeiten eingegangen wird, die Kfz-Emissionen mit Hilfe ökologischer Steuern zu vermindern, sollen zunächst ganz allgemein die verschiedenen Ansatzpunkte zur Reduzierung transportbedingter Emissionen dargestellt werden. Im Falle des Personenverkehrs, auf den wir uns hier beschränken, lassen sich die Emissionen aus dem Optimierungsproblem eines Haushaltes ableiten: Ein Haushalt führt bestimmte Aktivitäten aus, die ihm Nutzen stiften und eine bestimmte Fahrleistung erfordern. Diese Fahrleistungen können entweder auf dem Markt gekauft (öffentliche Verkehrsmittel, Taxis, Mietautos) oder im Haushalt produziert werden. Die Entscheidung hierüber wird durch die unterschiedlichen Kosten bestimmt, die zum Teil als Ausgaben, zum Teil als Opportunitätskosten anfallen, z.B. als unterschiedliche Fahrzeiten.

Die Bewertung von Transportleistungen ist relativ einfach, wenn dafür Marktpreise vorliegen. In der Praxis geben diese Marktpreise allerdings nicht die sozialen Kosten wieder, weil die externen Kosten der Umweltverschmutzung ignoriert werden. Im Falle der Haushaltsproduktion fragt der Haushalt nicht das Endprodukt Fahrkilometer oder Personenkilometer nach sondern die dazu erforderlichen Inputs, die sich in drei Gruppen einteilen lassen: Kapitalgüter (z.B. Auto), Verbrauchsgüter (z.B. Kraftstoff) und Umwelt.<sup>6</sup> Ein nutzenmaximierender Haushalt wird die Inputs zur Produktion der gewünschten Fahrkilometer so wählen, daß die Summe aus Kapital- und laufenden Kosten minimiert

---

<sup>6</sup>Da Autos Emissionen verursachen, die die Umwelt aufnimmt, kann die Aufnahmefähigkeit der Umwelt als Produktionsfaktor betrachtet werden, mit dem Fahrkilometer produziert werden.

wird. Da die Kosten seiner Umweltverschmutzung nur zu einem unbedeutenden Teil beim Haushalt selbst anfallen, wird er diese Kosten ignorieren.

An zwei Stellen gibt es hier Probleme, die mit öffentlichen Inputs zusammenhängen. Damit ist die technische Möglichkeit gemeint, denselben Input durch mehrere Personen zu benutzen. Ein privater Pkw ist in diesem Zusammenhang ebenso ein öffentlicher Input wie die Umwelt. Beim Auto kommt dies dadurch zur Geltung, daß die für eine Aktivität nötigen Personenkilometer durch unterschiedliche Fahrkilometer erreicht werden können und damit auch unterschiedliche Kosten verursachen. Je größer der Besetzungsgrad eines Pkw ist, desto billiger können die erforderlichen Personenkilometer produziert werden. Da die Eigentumsrechte für Autos allerdings wohldefiniert sind und der Ausschluß (anderer Personen) von der Nutzung möglich ist, reduzieren sich die entstehenden Probleme im wesentlichen auf den zu geringen Auslastungsgrad und eine zu große Anzahl an Autos.

Dramatisch anders ist es bei der Umwelt. Die große Anzahl der Nutzer, die fehlenden Eigentumsrechte und die Nicht-Anwendbarkeit des Ausschlußprinzips bewirken hier, daß der Verschmutzer weder einen Anreiz hat seine Verschmutzung zu reduzieren noch den Schmutz zu beseitigen. Die Tatsache, daß das konsumierte Endprodukt erst im Haushalt hergestellt wird, macht es für den Staat so gut wie unmöglich, die dabei entstehende Umweltverschmutzung direkt zu kontrollieren. Es sind vielmehr nur indirekte Steuerungsmöglichkeiten über die eingesetzten Kapital- und Verbrauchsgüter möglich.

Einen Lichtblick gibt es allerdings. Bei limitationalen Produktionsprozessen, bei denen zwei oder mehrere Inputs aufgrund technischer Restriktionen immer in einem konstanten Verhältnis eingesetzt werden müssen, führt die Kontrolle eines Inputs automatisch zur Kontrolle der anderen. So ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß eines Autos eng verbunden mit dem Kraftstoffverbrauch. Eine Kontrolle des Kraftstoffverbrauchs führt somit auch zur Kontrolle der Umweltnutzung. Leider ist das bei anderen Schadstoffen nicht so einfach.

In dem betrachteten Rahmen hängt also die gesamte Schadstoffemission wesentlich von der Anzahl der Aktivitäten, den jeweils erforderlichen Fahrkilometern sowie, natürlich, von der eingesetzten Technik ab. Verschiedene Ansatzpunkte zur Reduktion von Emissionen stehen dem einzelnen Haushalt, der Autoindustrie und der Gesellschaft/Politik zur Verfügung. Die in Tab. 7 aufgeführten Ansatzpunkte unterscheiden sich darüber hinaus hinsichtlich der Kosten, des Zeithorizonts und der möglichen Steuerung durch Preisanreize oder Auflagen. Manche Ansatzpunkte sind kurzfristig

wirksam und verursachen nur geringe Kosten (z.B. Vergaserkontrolle), andere dagegen sind teuer und/oder nur langfristig wirksam. Zu den Kosten zählen dabei nicht nur die in Geldeinheiten anfallenden Kosten, sondern auch etwaige Opportunitätskosten (z.B. Verzicht auf Komfort und Individualität bei der Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln).

Eine Vielfalt von Ansatzpunkten zur Emissionsreduktion liegt also im individuellen Bereich. Sie setzen aber zum Teil geeignete Rahmenbedingungen durch Industrie und Gesellschaft voraus. Zum Beispiel ist die Substitution privater Pkw-Fahrten durch Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel oder Telekommunikation wesentlich von der Infrastruktur abhängig.

**Tab. 7: Ansatzpunkte zur Verminderung der Pkw-Emissionen**

Reduktionspotentiale	Maßnahmen
<b>Individuum</b>	
<b>Emissionsintensität (SF/Fkm)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Katalysatoren</li> <li>– Filter</li> <li>– Vergasereinstellung</li> <li>– Fahrverhalten</li> </ul>
<b>Fahrleistungsintensität (Pkm/Fkm)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Erhöhung des durchschnittlichen Besetzungsgrades von Pkw</li> <li>– Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel</li> </ul>
<b>Transportintensität (Pkm/A)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Substitution von Personentransporten durch Telekommunikation</li> </ul>
<b>Aktionsintensität (A)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Umstieg vom „Mengenkonsum“ zum „Qualitätskonsum“</li> </ul>
<b>Industrie</b>	
<b>Emissionsintensität (SF/Fkm)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verbesserung des Motorwirkungsgrades</li> <li>– Alternative Motorkonzepte</li> <li>– schadstoffreduzierte Kraftstoffe</li> <li>– Verringerung des Fahrzeuggewichts</li> <li>– Fahrwiderstand (Aerodynamik etc.)</li> </ul>
<b>Gesellschaft/Politik</b>	
<b>Transportintensität (Pkm/A)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Veränderung der Wohnsiedlungsstruktur</li> </ul>
<b>Abkürzungen:</b> SF=Schadstofffracht , Fkm= Fahrkilometer,, Pkm= Personenkilometer, A= Aktivitäten	

## 6 Ökologische Steuern zur Verminderung von transportbedingten Emissionen

Strebt die Regierung eine Emissionsminderung an, so kann sie dies mit Hilfe von ordnungsrechtlichen Maßnahmen (Auflagen, Gebote, Verbote), Preissteuerung<sup>7</sup> (Steuern, Abgaben, Subventionen, Emissionszertifikate) oder einer Kombination verschiedener Maßnahmen erreichen. Da die Maßnahmen zur Preissteuerung ähnliche marginale Anreize haben, beschränken sich die folgenden Überlegungen auf ordnungsrechtliche Instrumente und Steuern.

Aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht werden allgemein Steuerlösungen präferiert, da sie zwei entscheidende Vorteile aufweisen: Unter idealtypischen Bedingungen

- sorgen sie für effiziente Lösungen, d.h. sie ermöglichen eine Verminderung von Schadstoffen zu volkswirtschaftlich minimalen Kosten,
- besitzen sie eine dynamische Anreizwirkung; d.h. sie reizen die Emittenten zur Entwicklung und zum Einsatz emissionsenkender Technologien an.

Die Frage ist nur, ob diese Vorzüge auch im konkreten Fall der Kfz-Emissionen zur Geltung gebracht werden können. Betrachten wir aber zunächst die Wirkungsweise von Auflagen bzw. Steuern unter idealtypischen Bedingungen, d.h. bei vollkommener Konkurrenz, vollkommener Information, Fehlen von Wirkungsbrüchen etc.

### 6.1 Wirkungsweise von Emissionssteuern

Die Wirkungsweise von Steuer- und Auflagenlösung soll anhand von Abb. 1 erläutert werden. Abgebildet sind Grenzkosten der Vermeidung (GKV) von zwei Emittenten. Für ein gegebenes Emissionsniveau geben diese Kurven die Kosten der letzten vermiedenen Schadstoffeinheit wieder. Diesen Grenzkostenkurven liegt eine optimale Wahl der Technologien zugrunde, die in Teil 5 dargestellt wurden. Außerdem enthalten die Kurven nicht nur die Kosten für die Technologie sondern auch Opportunitäts- sowie immaterielle Kosten. End-of-pipe Maßnahmen wie Motorwartung, Filterwechsel oder der Einbau eines Katalysators gehören typischerweise zu den billigsten Möglichkeiten einer geringen Emissionsvermeidung - sofern der betrachtete Schadstoff eine solche Vermeidung technisch zuläßt. Größere Wirkung läßt sich zum Beispiel durch den Umstieg auf einen Klein(eren)wagen erzielen. Neben den Anschaffungskosten fallen hier auch immaterielle Kosten wie reduzierte Sicherheit,

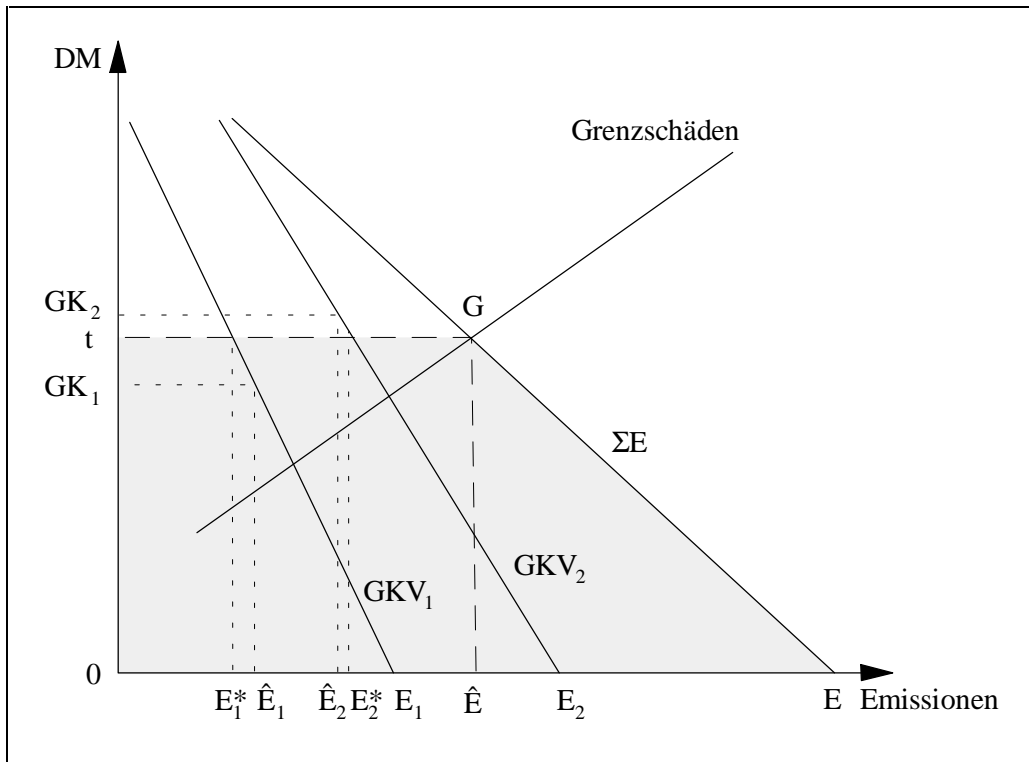
---

<sup>7</sup>Aus Sicht des Staates sind Zertifikate eine Mengensteuerung. Aber der auf die Emittenten wirkende Anreiz ist der Zertifikatspreis,



weniger Komfort oder weniger Laderaum an. Da die Haushalte als Emittenten unterschiedlich Präferenzen haben, werden sowohl die materiellen Kosten differieren, z.B. weil die benutzten Autos unterschiedlich sind, als auch die immateriellen. Unterschiedliche Haushalte werden deshalb auch unterschiedliche Grenzkosten der Vermeidung haben, wie in der Abbildung dargestellt.

**Abb. 1: Emissionsreduktion mittels Emissionsauflage und Emissionssteuer**



Andererseits kann die funktionale Beziehung auch umgekehrt betrachtet werden. Dann gibt die jeweilige Kurve für einen gegebenen (Steuer-)Preis die sich ergebenden Emissionen wieder. Die Kurven der Grenzkosten der Vermeidung können also auch als Verschmutzungskurven interpretiert werden. Das Gesamtniveau an Verschmutzung ergibt sich dementsprechend aus der horizontalen Aggregation der Verschmutzungskurven. Ohne Staatseingriffe würde Emittent 1 die Menge  $E_1$  und Emittent 2 die Menge  $E_2$  an Schadstoffen emittieren. Die gesamten Emissionen würden sich auf  $E = E_1 + E_2$  belaufen.

Angenommen, es sei nun das Ziel, die Emissionen auf die Hälfte  $\hat{E} (=E/2)$  zu vermindern. Soll dieses Ziel mittels einer Emissionsauflage erreicht werden, so muß die Regierung jedem Emittenten vorschreiben, wieviel er emittieren darf. Eine mögliche Vorschrift wäre: alle Emittenten müssen ihre

Emissionen um die Hälfte reduzieren. Dazu muß bekannt sein, wieviel jeder emittiert.<sup>8</sup> Eine derartige Regelung würde für Emittent 1 zu Emissionen  $\hat{E}_1$  und für Emittent 2 zu  $\hat{E}_2$  führen. Das Mengenziel wird so erreicht. Allerdings ist diese Lösung ineffizient, weil sie volkswirtschaftlich nicht kostenminimal ist. Die sich ergebenden Grenzkosten der Vermeidung sind für Emittent 2 ( $GK_2$ ) größer als für Emittent 1 ( $GK_1$ ). Wenn also Emittent 2 eine Einheit mehr und Emittent 1 eine Einheit weniger emittieren würde, würden die Gesamtemissionen unverändert bleiben und Emittent 2 hätte mehr gespart als Emittent 1 zusätzlich ausgegeben hätte.

Da die Auflagen direkt bei der Zielvariablen ansetzen, spricht man von direkter Regulierung. Im Falle der Emissionssteuer liegt dagegen eine indirekte Vorgehensweise vor. Für jede emittierte Einheit des Schadstoffes ist ein bestimmter Steuerbetrag zu zahlen. Den Emittenten steht es frei, zu emittieren oder Schadstoffe durch geeignete Maßnahmen zurückzuhalten bzw. zu vermeiden. Sie werden diese Entscheidung nach Maßgabe ihrer individuellen  $GKV$  treffen. Im Fall der Abb. 1 wird die Regierung den Steuersatz  $t$  wählen, der zum anvisierten Gesamtemissionsniveau führt. Emittent 1 wird das Emissionsniveau  $E_1^*$  wählen, Emittent 2  $E_2^*$ . Bei diesem Emissionsniveau sind die Grenzkosten der Vermeidung für beide Emittenten identisch und gleich dem Steuersatz  $t$ . Das bedeutet, daß die Emissionsreduktion auf die volkswirtschaftlich kostengünstigste Weise erreicht wird. Allerdings erfordert dies, daß ein Emittent mit niedrigeren Grenzvermeidungskosten (Emittent 1 in Abb. 1) seine Emissionen relativ stärker reduziert als andere Emittenten.

Die Frage nach kostenminimaler Emissionsvermeidung ist ein Teilaspekt im Zusammenhang von Umweltverschmutzung. Das zentrale Problem ist eigentlich die Frage nach der optimalen Umweltverschmutzung oder, weniger provokant formuliert, die Entscheidung darüber, wie stark die Emissionen reduziert werden sollen. Das gesamtwirtschaftliche Optimum ergibt sich in Abb. 1 aus dem Schnittpunkt  $G$  der Grenzschadenskurve mit den Grenzkosten der Vermeidung ( $\Sigma E$ ), also dem Emissionsniveau  $\hat{E}$ . Der Verlauf der Grenzkosten der Vermeidung impliziert, daß es durchaus möglich ist, mehr Emissionen zu vermeiden. Aber gesellschaftliche Optimalität verlangt nicht das tech-

---

<sup>8</sup> Wer bisher unnötig viele Emissionen produziert wird mit einem Wettbewerbsvorteil belohnt. Ihn trifft die Auflage weniger hart als Firmen, die schon bisher stärker Emissionen vermieden haben. Ihm wird der bisherige verschwenderische Umgang mit der Umwelt auch für die Zukunft 'erlaubt'.

nisch machbare, sondern das ökonomisch vertretbare.<sup>9</sup> Bei höheren Grenzschäden wäre es optimal mehr zu vermeiden, bei niedrigeren würde im Optimum mehr emittiert werden.

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ist die Tatsache, daß mit der Festsetzung eines Preises die Emissionsreduktion zu volkswirtschaftlich minimalen Kosten erreicht werden kann, ein wichtiger Vorteil der Preissteuerung. Hinsichtlich der ökologischen Treffsicherheit sind Auflagen- und Steuerlösung in dem betrachteten Rahmen identisch. Beide erreichen das Ziel der Halbierung der Emissionen. Theoretisch könnte man sich auch Auflagen  $E_1^*$  bzw.  $E_2^*$  vorstellen, die auch zu kostenminimaler Emissionsreduktion führen würden. Aber dann bräuchte der Staat mehrere Instrumente (Auflagen) zur Erreichung des Reduktionszieles und zusätzliche Instrumente bedeuten auch höhere Entscheidungskosten für die Festsetzung der Instrumente, weil mehr Informationen benötigt werden und verarbeitet werden müssen.

Der zweite wichtige Vorteil der Steuerlösung, die dynamische Anreizwirkung, ist darauf zurückzuführen, daß die Emittenten für die nicht-vermiedenen Restemissionen Steuern zahlen müssen. Die Kosten der Emittenten belaufen sich in Abb. 1 auf  $0EGt$ , wovon  $0\hat{E}Gt$  als Steuer zu entrichten ist, während  $\hat{E}EG$  als Vermeidungskosten anfallen. Um die Steuerzahlungen zu reduzieren, ist es also in ihrem Interesse Technologien zu entwickeln, die Emissionen zu geringeren Kosten vermeiden helfen. Im Falle der Auflagen entstehen den Emittenten, die sich an die Auflagen halten, nur die Vermeidungskosten ( $\hat{E}EG$  in Abb.1) und es gibt deshalb auch keine weiteren Anreize zur Emissionsreduktion. Gerade dieser Kostenunterschied zwischen Steuer- und Auflagenlösung läßt aus der Sicht eines Emittenten die Auflagenlösung vorteilhaft erscheinen.

Die Darstellung in Abb.1 geht implizit von der Annahme aus, daß die untersuchte (end-of-pipe) Emissionsreduktion unabhängig von der Produktionsmenge bestimmt werden kann. Dies ist für solche Stoffe, für die end-of-pipe Technologien verfügbar sind, unter bestimmten Umständen zwar richtig, im Falle verkehrsbedingter Emissionen aber eher die Ausnahme. Bei Stoffen wie  $CO_2$ , für die es eine solche Technologie nicht gibt, trifft die Annahme mit Sicherheit nicht zu, sondern eher der in Abb. 2b dargestellte Fall  $GKV_0$ , in dem die Grenzkosten der Vermeidung bei gegebener Produktionsmenge unendlich sind, d.h. eine Emissionsreduktion läßt sich nur über eine Verringerung des

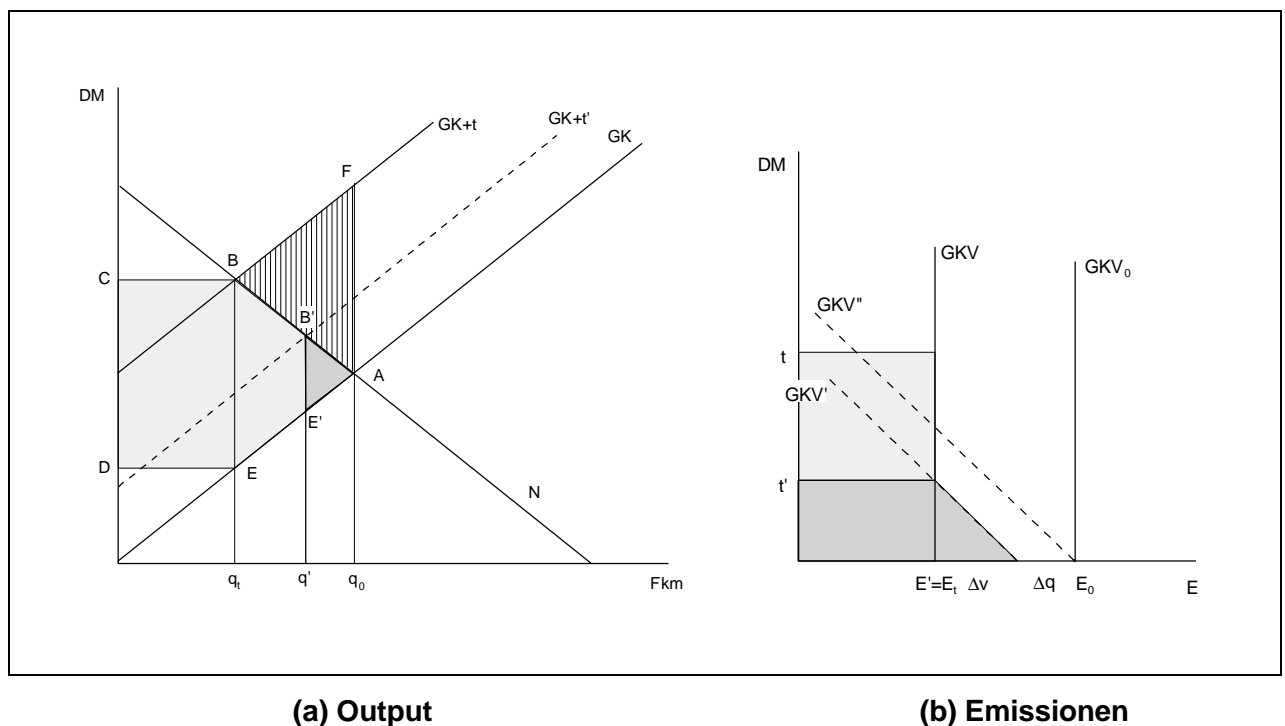
---

<sup>9</sup> Der Begriff "ökonomisch vertretbar" ist allerdings sehr weit zu fassen. Er beinhaltet theoretisch **alle** Kosten und Nutzen - auch zukünftige und immaterielle.

Outputs erreichen.<sup>10</sup> Ohne Regulierung ergibt sich aus der Nachfrage (N) des Haushalts und dem, aus der Haushaltsproduktion abgeleiteten, Angebot an Fahrkilometern (GK) das Haushaltsoptimum A (Abb.2a), welches zu Emissionen  $E_0$  führt (Abb.2b). Sollen die Emissionen um die Hälfte auf  $E_t$  reduziert werden, so kann dies durch eine entsprechende Auflage oder einen Emissionssteuersatz  $t$  erreicht werden. In beiden Fällen geht die Emissionsreduktion voll zu Lasten der konsumierten Fahrkilometer. Im Falle der Auflage entstehen dem Haushalt Kosten in Höhe von  $EAB$  in Abb.2a, die auf den Nutzenentgang durch geringere Fahrkilometer zurückzuführen sind. Im Falle der Steuer kommt der Betrag  $DEBC$  als Steuerzahlung noch hinzu, so daß sich dann die gesamten Kosten des Haushalt auf  $DEABC$  belaufen.<sup>11</sup>

Wenn die Emissionen, wie z.B. bei  $\text{NO}_x$ , sowohl durch Änderung der Produktionsmenge als auch

**Abb. 2: Emissionssteuern ohne und mit end-of-pipe Technologie**



<sup>10</sup> Im Falle von  $\text{CO}_2$  sind die Emissionen zwar starr an den Kraftstoffverbrauch gekoppelt, aber dieser kann, z.B. durch den Fahrstil, auch bei vorgegeben Fahrkilometern in gewissem Rahmen variiert werden. Die Grenzkosten der Vermeidung dürften dann zwar sehr steil, aber nicht genau senkrecht verlaufen.

<sup>11</sup> Dem Nutzenentgang durch geringere Fahrkilometer ( $EAB$ ) steht allerdings eine Ersparnis an externen Kosten durch Umweltschäden gegenüber. Angenommen, die externen Grenzschaäden seien konstant gleich  $t$ , dann belaufen sich die, durch die Reduktion von  $q_0$  auf  $q_t$  eingesparten Kosten der Umweltverschmutzung auf  $EAFB$ , so daß die Steuer  $t$  oder die entsprechende Auflage zu einer gesellschaftlichen Wohlfahrtssteigerung von  $AFB$  führt.

durch end-of-pipe Beseitigung vermieden werden können, werden die Emittenten auf Emissionssteuern oder Auflagen sowohl mit einer Verringerung des Outputs als auch mit zunehmenden Reinigungsaktivitäten reagieren. Ausgehend vom Haushaltsgleichgewicht  $A$  in Abb.2a und Grenzvermeidungskosten  $GKV''$  in Abb.2b, läßt sich eine Reduktion der Emissionen von  $E_0$  auf  $E_t$  durch eine entsprechende Auflage oder durch den Steuersatz  $t'$  erreichen. Im letzteren Fall ergibt sich eine Verringerung des Outputs auf  $q_t$  (Abb.2a). Diese verschiebt die  $GKV''$  Kurve (Abb.2b) nach links, und zwar um den Betrag  $\Delta q$ , der den dadurch vermiedenen Emissionen entspricht. Bei einem Steuersatz von  $t'$  lohnt es sich für die Emittenten allerdings, die Emissionen durch zusätzlich end-of-pipe Maßnahmen um  $\Delta v$  zu reduzieren. Die gesamten Kosten für den Emittenten belaufen sich bei einer Auflage von  $E_t$  auf  $E'AB'$ , dem dunklen Dreieck in Abb.2a, und  $t'\Delta v/2$ , dem dunklen Dreieck in Abb.2b. Im Falle der Steuerlösung käme noch die Steuerzahlung für die nicht vermiedenen Restemissionen, d.h.  $t'E'$ , hinzu.

Der Vorteil der Emissionssteuer, mit einem einzigen Instrument eine effiziente Schadstoffreduktion zu erreichen, muß allerdings aus mehreren Gründen relativiert werden:

- Für jeden Schadstoff müßte getrennt ein Steuersatz festgelegt werden.
- Ein einheitlicher Steuersatz für einen einzelnen Schadstoff setzt voraus, daß es außer den externen Kosten der Emissionen keine weiteren Verzerrungen gibt. Wenn es zum Beispiel verzerrende Steuern, Marktunvollkommenheiten oder international unterschiedliche Emissionssteuern gibt, dann muß für ein volkswirtschaftliches Optimum in der Regel nicht nur der Steuersatz des betroffenen Sektors sondern auch der aller anderen Sektoren verändert werden - und zwar in unterschiedlicher Weise.
- Die Steuersätze müßten so hoch sein, daß die induzierten Strukturveränderungen nur über längere Zeit und die Umverteilungswirkungen nur unter flankierenden Maßnahmen realisiert werden könnten. Soll die Emissionssteuer nicht zu einer Erhöhung der Staatseinnahmen oder der Steuerbelastung der Haushalte führen, so könnte dem z.B. durch eine Erhöhung des Grundfreibetrags bei der Einkommensteuer oder eine Senkung der Mehrwertsteuer entgegen gewirkt werden. Für eine Senkung der Mehrwertsteuer besteht allerdings zur Zeit kein Spielraum, da die geltenden EU-Richtlinien einen Mindestsatz von 15% vorschreiben.

## 6.2 Praktikable Alternativen zu Emissionssteuern

Im Falle der Kfz-Emissionen ist eine laufende Messung bzw. Überprüfung der tatsächlichen Emissionen zur gegenwärtigen Zeit ökonomisch unmöglich. Emissionssteuern können also nicht direkt bei den Emissionen ansetzen, sondern müssen sich auf andere Größen beziehen.

Wenn z.B. ein Haushalt die km-Leistung mit den Inputs Kraftstoff und Umwelt produziert, so könnte eine Besteuerung des Kraftstoffs die gewünschte Reduzierung der Emissionen bewirken. Dies funktioniert genau dann, wenn die beiden Inputs perfekte Komplemente sind. Dann ist es für das Produktionsniveau und das Faktoreinsatzverhältnis irrelevant, welcher Faktor besteuert wird. Wenn es dagegen Substitutionsmöglichkeiten zwischen den beiden Inputs gibt, dann wird eine Besteuerung des Kraftstoffs tendenziell dazu führen, daß mehr von dem anderen, jetzt relativ billigeren Input verwendet wird. Das heißt, die Umwelt wird stärker verschmutzt als vorher. Dem steht aber entgegen, daß die Verteuerung des Autofahrens diese Aktivität tendenziell reduziert, so daß der Gesamteffekt einer Steuer auf substituierbare Inputs unklar ist.

Welche Ansatzpunkte für eine Steuerlösung kommen in Frage?

a) *Anlagen- bzw. modelltypische Emissionsfracht (bei durchschnittlicher Nutzung):*

Der Rückgriff auf die modelltypische Emissionsfracht bei durchschnittlicher Nutzung besitzt den großen Vorteil der administrativen Praktikabilität. Die Emissionskonzentration ist nur einmal pro Fahrzeugtyp und nicht individuell für jedes Fahrzeug zu ermitteln. Die Steuer kann wie die Kfz-Steuer erhoben werden. Der Nachteil besteht in der schwachen Anreizwirkung. Zwar besteht ein Anreiz, bei der Anschaffung eines Kfz emissionsärmeren Fahrzeugen den Vorzug zu geben. Ist das Auto jedoch einmal angeschafft, erlöschen die Anreize, die Emissionen durch Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit von end-of-pipe Technologien (Katalysator) durch Minderung der Fahrzeugleistung bzw. durch eine angepaßte Fahrweise zu kontrollieren.

b) *Stichprobenhaft gemessene Emissionskonzentrationen:*

In diesem Fall wird die modell-durchschnittliche Emissionskonzentration der Lösung a) durch die stichprobenartig gemessene Emissionskonzentration ersetzt. Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, daß die Fahrzeughalter einen Anreiz besitzen, die Motoreinstellung bzw. die Funktionstüchtigkeit von end-of-pipe Technologien zu kontrollieren. Die Stärke dieses Anreizes hängt entscheidend von der Häufigkeit der Messungen ab und davon, ob die Messungen unangekündigt oder angekündigt erfolgen. Mit zunehmender Meßhäufigkeit sinkt die administrative Praktikabili-

tät. Die Schwäche dieses Ansatzes liegt darin, daß Anreize zur Kontrolle der Fahrzeugleistung sowie der Fahrweise fehlen.

c) *Stichprobenhaft gemessene Emissionskonzentrationen plus gemessene Anlagen- bzw. Fahrzeugleistung*

Werden neben den periodisch gemessenen Emissionskonzentrationen die gemessene Fahrzeugleistung (anstelle der durchschnittlichen Fahrzeugleistung) bei der Bemessung der Abgabe zugrunde gelegt, so besteht nicht nur ein Anreiz den Motorzustand und die Wirksamkeit von end-of-pipe Technologien zu überprüfen, sondern auch die Fahrzeugleistung. Weiterhin fehlt jedoch ein Anreiz, die Fahrweise (Kaltstarts, Geschwindigkeit etc.) zu kontrollieren.

d) *Eingesetzte Menge emissionsträchtiger Inputs:*

Alternativ zur Heranziehung von Hilfsgrößen der Emissionserfassung können auch die emissionsintensiven Inputs als Bemessungsgrundlage herangezogen werden. Diese Vorgehensweise ist dann sinnvoll, wenn zwischen den betreffenden Inputs und den Emissionen eine enge Korrelation besteht. Dies trifft zu für die Beziehung zwischen Kraftstoffeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Eine Besteuerung des Mineralöls bietet folglich Anreize, nach Möglichkeiten zur Verminderung des Kraftstoffverbrauchs und damit zugleich der CO<sub>2</sub>-Emissionen Ausschau zu halten. Möglichkeiten zur Kraftstoffverbrauchsminderung bestehen in nahezu sämtlichen in Tab.7 aufgelisteten Maßnahmen. Ausgenommen sind lediglich end-of-pipe Maßnahmen und andere Technologien, die nicht zugleich kraftstoffsparend sind. Die Inputbelastung bietet somit keinen Anreiz zum Einsatz von Katalysatoren, Rußfiltern oder schadstoffarmen Kraftstoffen, sicherlich mit die wichtigsten Technologien zur Minderung von Kfz-Emissionen bei gegebener Fahrzeugleistung - abgesehen von der Reduktion des Autoverkehrs.

## **7 Lenkungssteuern und -auflagen in der Praxis**

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, daß es

- sehr unterschiedliche Möglichkeiten gibt, ökologische Lenkungssteuern auszugestalten, und daß
- sich die verschiedenen Varianten insbesondere hinsichtlich ihrer administrativen Praktikabilität sowie ihrer Anreizwirkungen unterscheiden.

Aufgrund der größeren Homogenität der Einsatzstoffe etc. sind Inputabgaben i.d.R. leichter administrierbar als Emissionsabgaben; sie haben jedoch den Nachteil, nur solche Emissionsreduktionspotentiale zu erschließen, die sich aus Verminderungen des Stoffeinsatzes ergeben. Sie sind folglich hinsichtlich ihrer Anreizes zur Emissionsvermeidung lückenhaft, wenn andere Einsparwege (end-of-

pipe Technologien) offenstehen. Diese Anreizlücke entfällt bei Stoffen, bei denen die Emissionen wegen fehlender Rückhaltetechnologien nur über eine Verminderung der Inputs reduzierbar sind (starre Kuppelproduktion). Vor diesem Hintergrund kann es sinnvoll sein, beide Typen von Lenkungssteuern anzuwenden.

Die folgende Betrachtung beschränken sich auf steuerliche Möglichkeiten der Verminderung von CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und VOC-Emissionen.

### 7.1 *Lenkungssteuern im Falle CO<sub>2</sub>*

Spezifikum der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist es, daß sie unmittelbar mit dem Kohlenstoffgehalt des Kraftstoffs korrelieren. Dies macht es sinnvoll, den Kraftstoff zu besteuern. Eine Erhöhung des Kraftstoffpreises vermittelt den Kfz-Besitzern Anreize, nach Kraftstoffeinsparungsmöglichkeiten zu suchen und diese zu nutzen. Gleichsam als Nebeneffekt werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen (aber auch sonstige Emissionen) vermindert.

Eine Kraftstoffbesteuerung besteht bereits heute in Form der Mineralölsteuer. Soll die Mineralölsteuer so bemessen werden, daß auch im Verkehrsbereich die CO<sub>2</sub>-Emissionen innerhalb eines bestimmten Zeitraums um einen bestimmten Prozentsatz gegenüber dem bisherigen Niveau gesenkt werden (z.B. um 25% bis zum Jahre 2005 bezogen auf das Jahr 1987), so muß der Steuersatz entsprechend hoch sein. Hierbei ist einerseits die Elastizität der Nachfrage, zum anderen die künftige Nachfrageentwicklung zu berücksichtigen. Wie die Ausführungen in Teil 3 zeigen, ist in Bezug auf die Verkehrsleistung mit einer deutlichen Nachfragesteigerung zu rechnen. Sofern sich die Fahrzeuggewichte nicht deutlich vermindern, wird sich dies trotz verbesserter Motorwirkungsgrade, Aerodynamik etc. in einer entsprechenden Erhöhung der Mineralölnachfrage niederschlagen.

Wenn der Steuersatz auf ein bestimmtes Emissionsniveau ausgerichtet ist, dann bedeutet die erwartete Nachfragesteigerung, daß auch der Emissionssteuersatz angehoben werden muß. Die konkrete Erhöhung hängt dabei von der Elastizität der Nachfrage ab. Je unelastischer die Nachfrage ist, desto größer muß die Steuererhöhung ausfallen.

Berücksichtigt man, daß die Preiselastizität der Nachfrage kurzfristig gering ist, so führt die Einführung der CO<sub>2</sub>-Steuer mit einem zieladäquaten Satz zu einer kurzfristig sehr starken Belastung der Wirtschaftssubjekte. Die politische Durchsetzbarkeit der Steuer ist hierdurch erschwert. Von ver-



schiedener Seite wurde deshalb vorgeschlagen, den Kraftstoffpreis kontinuierlich um einen bestimmten Prozentsatz anzuheben. Das wachsende Mineralölsteueraufkommen sollte dabei genutzt werden, die Besteuerung anderer Produktionsfaktoren zu vermindern (vgl. Bach et al., 1995, Enquete-Kommission, 1995, und Weizsäcker, 1994).

Auch wenn die Bereitschaft in allen Parteien gestiegen ist, über eine ökologische Steuerreform nachzudenken, und auch seitens der EU grünes Licht für nationale Alleingänge bezüglich einer steuerlichen Forcierung des Klimaschutzes gegeben wurde, so sind die Realisierungschancen einer deutlichen Anhebung der Mineralölsteuer gegenwärtig als gering einzustufen.

## 7.2 Auflagen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion

Ist eine Erhöhung der Mineralölsteuer nicht durchsetzbar, so ist nach den Möglichkeiten zu fragen, die klimapolitisch erwünschte CO<sub>2</sub>-Reduktion mittels ordnungsrechtlicher Instrumente durchzusetzen.

Als Ansatzpunkte für Auflagen kommen im Prinzip sämtliche in Tab.7 genannten Reduktionspotentiale mit den dazugehörigen Maßnahmen in Frage. Ausnahmen gibt es in Bezug auf die Senkung der Emissionsintensität: End-of-pipe Technologien (Katalysatoren und Filter) stehen bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht zur Verfügung. Da die Erschließung der verschiedenen Reduktionspotentiale mittels Auflagen mit unterschiedlich starken Eingriffen in die Entscheidungsfreiheit der Wirtschaftssubjekte verbunden ist, empfiehlt sich ein schrittweises Vorgehen. Im Vordergrund stehen Maßnahmen zur Minderung der Emissionsintensität. Ordnungsrechtliche Eingriffe erscheinen hier am ehesten akzeptabel.

Ansatzpunkte zur Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionsintensität bieten

- Verbesserungen des Motorwirkungsgrades
- Verbesserungen des Fahrwiderstandes (Aerodynamik, Rollwiderstand etc.)
- Verringerung des Fahrzeuggewichts
- Einsatz CO<sub>2</sub>-armer Kraftstoffe
- Vergasereinstellung
- Fahrverhalten

Das ordnungsrechtliche Instrumentarium kann sich nun an die Kfz-Nachfrager bzw. -Halter richten, aber auch an die Kfz-Hersteller. **Herstellerauflagen** erscheinen dann sinnvoll, wenn technische Po-

tentiale der Kraftstoff- und Emissionsreduktion (Motorwirkungsgrad, Aerodynamik, Gewicht) erschlossen werden sollen. In Bezug auf Herstellerauflagen können verschiedene Typen unterschieden werden:

- a) Auflagen bzgl. der verschiedenen verbrauchs- und emissionsrelevanten Parameter (z.B. minimale Wirkungsgrade und cw-Werte, maximales Leergewicht).
- b) Auflagen bzgl. des zulässigen Kraftstoffverbrauchs im Sinne eines maximalen Kraftstoffverbrauchswertes.
- c) Auflagen bzgl. des zulässigen Kraftstoffverbrauchs im Sinne eines maximalen Flottenverbrauchswertes.

Es ist offensichtlich, daß die verschiedenen Auflagenvarianten die Gestaltungsfreiheit der Hersteller sehr unterschiedlich stark einschränken. Während a) eine Detailregulierung aller verbrauchs- und emissionsrelevanten Parameter enthält, eröffnen b) und c) Freiheiten, verbrauchs- und emissionsbezogene Verbesserungen gegeneinander aufzurechnen. Die größten Freiheitsgrade bietet die Variante c), da der maximale Verbrauchswert hier nicht für jedes einzelne Fahrzeug, sondern nur im Durchschnitt der verkauften Kfz-Flotte einzahlen ist. Es können mithin auch große verbrauchsintensive Fahrzeuge verkauft werden, wenn nur im gleichen Maß entsprechend kraftstoffsparende Kfz abgesetzt werden.

Auflagen werden i.d.R. nur dann befolgt, wenn die Einhaltung überprüft und die Nichteinhaltung sanktioniert wird. Als Sanktionen stehen Geld- oder Freiheitsstrafen zur Auswahl. Wird die Höhe der Geldstrafe an das Maß der Überschreitung des geltenden Flottenverbrauchswertes geknüpft, so erhalten die Anbieter verbrauchsintensiver Kfz einen Anreiz, nach Verbrauchssenkungsmöglichkeiten Ausschau zu halten.<sup>12</sup> Die Strafe erhält den Charakter einer vollzugsunterstützenden Steuer. Ein derart gestaltetes Auflageninstrument bietet - je nach Höhe der Strafe - Anreize, den existierenden Flottenverbrauchswert einzuhalten. Es bietet dagegen keinen Anreiz, den Flottenverbrauchswert zu unterschreiten. Ein derartiger Anreiz könnte erreicht werden, wenn Unterschreitungen der Flottenverbrauchswerte staatlicherseits finanziell honoriert würden.

---

<sup>12</sup> Weitere Wege zur Vermeidung von Strafzahlungen bieten die Ausweitung der Produktionspalette in Richtung Kleinwagen bzw. der Kauf von Automobilfabrik mit hohem Kleinwagenanteil. Während der erste Weg eine Belebung des Wettbewerbs beinhaltet, führt der zweite zur Verminderung von Wettbewerb.

Staatliche Grenzwerte bezüglich des Flottenverbrauchs beeinflussen den modelltypischen Kraftstoffverbrauch der Pkw. Sie bewirken jedoch weder, daß verhaltensabhängige Potentiale zur Reduktion der Emissionsintensität ausgeschöpft werden (Fahrweise, Fahrzeugleistung), noch die Möglichkeiten zur Verminderung der Fahrleistungs-, Transport- und Aktionsintensität (s. Tab. 7).

Zur Erschließung der verhaltensabhängigen CO<sub>2</sub>-Minderungspotentiale kommen Auflagen aufgrund ihrer häufig freiheitsbeschränkenden Wirkung nur teilweise in Frage. Soweit es die Geschwindigkeit betrifft, kann die Fahrweise ohne große Akzeptanzprobleme reguliert werden (Geschwindigkeitsbegrenzung); andere verbrauchs- und emissionsrelevante Aspekte der Fahrweise (Fahrzyklus, Kavalierstarts etc.) sind mit Hilfe von Auflagen dagegen kaum regulierbar. Die gleiche Aussage gilt für die Fahrleistungs-, Transport- und Aktionsintensität. Hier besitzen indirekt wirkende Maßnahmen, aufgrund ihrer größeren Flexibilität der möglichen Reaktionen, eindeutige Vorteile. Auf sie kann folglich, ggf. ergänzt um sog. 'push and pull'-Maßnahmen (z.B. Parkraumbewirtschaftung in Kombination mit einer Subventionierung öffentlicher Verkehrsmittel) kaum verzichtet werden.

### 7.3 Lenkungssteuern im Falle NO<sub>x</sub> und VOC

Anders als bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen sind bei NO<sub>x</sub> und VOC Rückhaltetechnologien (Katalysator, Filter) anwendbar. In diesem Falle ist es sinnvoll, die Emissionen selbst zu besteuern, da nur so Anreize gegeben werden, alle verfügbaren Emissionsreduktionstechnologien in Betracht zu ziehen. Voraussetzung für eine derartige Emissionssteuer ist, daß eine präzise, fälschungssichere Technologie der Emissionserfassung zu angemessenen Preisen zur Verfügung steht. Eine weitere Anforderung betrifft den fiskalischen Erhebungsaufwand. Dieser kann reduziert werden, wenn Chip-Systeme zur Verfügung stehen, bei denen die Kfz-Halter das Entgelt für die von ihnen geplante Umweltnutzung im voraus entrichten. Solange diese Anforderungen nicht erfüllbar sind, ist auf die oben erwähnten second-best Lösungen zur Berechnung bzw. Schätzung der Emissionsfrachten zurückzugreifen. Es gilt hier die folgende Hierarchie abnehmender Anreizkompatibilität bei Schätzungen der Emissionsfrachten auf der Basis:

- a) periodisch gemessener Emissionskonzentrationen und gemessener Fahrzeugleistung
- b) periodisch gemessener Emissionskonzentrationen und einer Standard-Fahrzeugleistung
- c) der modelltypischen Emissionskonzentration und einer Standard-Fahrzeugleistung.

Variante a) verlangt statt einer robusten Emissionsmeßtechnologie eine präzise, manipulationsresistente Technologie zur Erfassung der Fahrzeugleistung. Die stichprobenhafte Erfassung der Emissionskonzentrationen könnte auf die bereits vorhandenen Einrichtungen und Technologien der Abga-

suntersuchungen (AU) zurückgreifen. Die Bescheinigungen wären zusammen mit der Fahrzeugleistung zu einem Emissionssteuerbescheid zusammenzufassen. Der bürokratische Aufwand wäre in jedem Falle beträchtlich.

Variante b) verzichtet auf den Einsatz von neuen Meßtechnologien; sie beschränkt sich auf die bereits bekannten Technologien der Abgasuntersuchungen. Da die Behörde auf eine Standard-Fahrzeugleistung zurückgreifen kann, ist der bürokratische Aufwand geringer als bei a), er ist aber dennoch nicht zu vernachlässigen.

Variante c) greift sowohl hinsichtlich der Emissionskonzentrationen als auch hinsichtlich der Fahrzeugleistungen auf nicht-individuelle Standardwerte zurück. Der Verwaltungsaufwand unterscheidet sich in diesem Falle nur unwesentlich von dem bei der Erhebung der Kfz-Steuer.

Die gegenwärtigen Überlegungen der Bundesregierung konzentrieren sich auf die Variante c). Allerdings ist hier nicht daran gedacht, eine neue Steuer ergänzend zu den bestehenden Steuern einzuführen, sondern die Bemessungsgrundlage der vorhandenen Kfz-Steuer von der Hubraumgröße auf die modelltypischen Emissionskonzentrationen umzustellen. Nach einem Vorschlag des Bundesumweltministeriums sollten in der neuen Bemessungsgrundlage Abgasemissionen, akustische Emissionen sowie Partikelemissionen Berücksichtigung finden (Körner 1995, S. 21). Die Kfz-Schuld pro Jahr würde sich demzufolge nach der folgenden Steuerformel berechnen:

Kfz-Steuer pro Jahr =  
(Abgaspunkte + Lärmpunkte + Verbrauchspunkte) \* Steuersatz je Umweltpunkt

In Bezug auf den Steuertarif sieht der BMU-Vorschlag eine Proportionalzone bis 60 KW sowie eine Progressionszone ab 61 KW vor.

Die geänderte Bemessungsgrundlage der Kfz-Steuer schafft Anreize, ökologischen Gesichtspunkten beim Kfz-Kauf stärker als bislang Beachtung zu schenken. Die Stärke dieses Anreizes hängt von der Höhe des Steuersatzes ab. Sofern daran gedacht ist, die Umstellung der Kfz-Steuer aufkommensneutral zu gestalten, dürfte die Anreizwirkung gering bleiben, da die Steuer im Verhältnis zum Pkw-Anschaffungspreis ein vergleichsweise geringes Gewicht besitzt. Eine Verstärkung des Anreizeffektes läßt sich durch eine Änderung des Erhebungsmodus erzielen, indem die jährliche Steuerzahlung durch eine einmalige Zahlung mit dem Kaufpreis ersetzt wird. Ein derartiges Erhebungsverfahren hätte den Vorteil einer Verringerung Verwaltungsaufwandes.

## 8 **Schlußbemerkung**

Die Darstellung zeigt, daß zur Verminderung der Kfz-Emissionen CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und VOC nicht auf ein universell wirkendes Instrument zurückgegriffen werden kann, sondern verschiedene Instrumente einzusetzen sind. Unter Effizienzgesichtspunkten ist der Emissionssteuer der Vorzug zu geben, wobei ein einheitlicher Steuersatz für alle Sektoren gelten sollte.

Ob Steuern mit einem zieladäquaten Steuersatz tatsächlich in Frage kommen hängt ab von deren politischer Durchsetzbarkeit sowie administrativer Praktikabilität. Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist die Besteuerung des Inputs Mineralöl effizient und praktikabel. Ein zieladäquater Steuersatz ist jedoch nur im Rahmen einer umfassenden ökologischen Steuerreform, d.h. bei Senkung anderer Steuern, durchsetzbar. Eine rechtzeitige und schrittweise Anhebung der Mineralölsteuer verbessert die Signalwirkung und erleichtert die politische Durchsetzbarkeit.

Solange zieladäquate Steuersätze nicht durchsetzbar sind, sind - alternativ oder ergänzend - Auflagen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion sinnvoll. Flottenverbrauchs-Grenzwerte erscheinen am geeignetsten, da sie einerseits effektiv sind (wirkungsvoller als z.B. freiwilligen Verbände-Zusagen) und andererseits für die Automobilproduzenten keine inakzeptablen Einschränkungen von Produktgestaltungsmöglichkeiten darstellen. Da derartige Herstellerauflagen keine Anreize zur Ausschöpfung der im Fahrverhalten liegenden CO<sub>2</sub>-Potentiale beinhalten, sollten sie durch weitere Auflagen ergänzt werden, z.B. Geschwindigkeitsbegrenzungen.

Die erwähnten Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Reduktion haben zugleich positive Wirkungen auf das Angebot an NO<sub>x</sub>- und VOC-Emissionen. Für eine zielgerichtete Reduktion dieser Emissionen reicht dieser Effekt aber nicht aus. Sie setzt Instrumente voraus, die die Emission dieser Stoffe unmittelbar beeinflussen.

Eine Besteuerung der NO<sub>x</sub>- und VOC-Emissionen setzt präzise, fälschungssichere sowie kostengünstige Meßtechnologien voraus. Solange diese nicht gegeben sind, muß auf Ersatzlösungen zurückgegriffen werden, etwa der Besteuerung der modelltypischen Emissionen. Auch hier hängt die Wirkung entscheidend von der Höhe des Steuersatzes ab. Der geplante aufkommensneutrale Umbau der Kfz-Steuer von einer hubraumabhängigen zu einer emissions- und verbrauchsabhängigen Steuer leistet wegen des niedrigen Steuersatzes nur einen marginalen Beitrag.

Alternativ besteht die Möglichkeit, die betreffenden Emissionen über Auflagen zu verringern. Die gegenwärtig praktizierte Auflagenregelung limitiert die Emissionskonzentrationen, nicht jedoch die Gesamtemissionsmenge. Angesichts der skizzierten Zunahme des Individualverkehrs wird sich letztere nur schleppend vermindern.

Intelligente steuerliche Lösungen (oder auch Kombinationen von Steuern und Auflagen), die Anreize bieten, die Emissionen insgesamt zu vermindern, sollten deshalb weiter untersucht werden,

## 9 Literatur

Bach, S., M. Kohlhaas, V. Meinhardt, B. Praetorius, H. Wessels und R. Zwiener (1995): *Wirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform*, Berlin

Bundesminister für Verkehr (Hrg.) (1995): *Verkehr in Zahlen 1994*, Bonn

Bundesregierung (1992): *Bericht der Bundesregierung an den Bundestag - Fünfter Immissionschutzbericht der Bundesregierung*, Bonn

Canzler, W., A. Knie, O. Berthold (1993): Das Leitbild Automobil vor seiner Auflösung? Zum Widerspruch von motorischer Aufrüstung und realem Nutzerverhalten. In: *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht*. H.4/93, S.407-429

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (1995): Ziel der CO<sub>2</sub>-Minderung durch weltweit steigenden Energieverbrauch im Verkehrsbereich gefährdet. In: *DIW-Wochenbericht* 10/95, S.228-235

Enquete Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (1995): *Mehr Zukunft für die Erde - nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz*, Bonn

Helling, J. (1992): Reduktion von Energiebedarf und CO<sub>2</sub>-Emissionen beim Pkw-Verkehr. In: *Energiwirtschaftliche Tagesfragen*, 42. Jg.,H.3, S.126-133

Körner, J. (1995): Kfz-Steuer: Kommt ein umweltbezogener Tarif? In: *IFO-Schnelldienst* 19/95, S. 18-26

OECD/IEA (1994): *Verkehr und Klimaänderung*, Essen

Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU)(1994): *Jahresgutachten 1994*, BT-Drucksache 12/6995, Bonn

Schallaböck, K.O. (1990): Limitierung des spezifischen Treibstoffverbrauchs der Nutzfahrzeuge. In: Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ (Hrg.): *Energie und Klima Bd. 7* (Konzeptionelle Fortentwicklung des Verkehrsbereichs), Bonn, Karlsruhe 1990, S. 679-776

Umweltbundesamt (1994): *Daten zur Umwelt 1992/93*, Berlin

von Weizsäcker, Ernst Ulrich (1994): *Erdpolitik : ökologische Realpolitik an der Schwelle zum Jahrhundert der Umwelt*, 4. Aufl., Darmstadt