

Fiskalische Maßnahmen zur Förderung der technischen Entwicklung

R. Braunschweig

Zusammenfassung

Es wird untersucht, ob die technische Entwicklung in Richtung auf Verminderung der Menge an unerwünschten Motorfahrzeugabgasen durch fiskalische Maßnahmen gefördert werden kann. Dazu werden die Fiskal-Bezugsgrößen mit den technischen Entwicklungsmöglichkeiten konfrontiert.

Als Ergebnis wird die Ansicht vertreten, daß die Reduktion der Menge an unerwünschten Emissionen eine überwiegend fahrzeug- und verkehrstechnische Aufgabe ist, die durch steuerliche Maßnahmen nicht in relevantem Ausmaß gefördert werden kann.

Résumé

La question qui se pose est de savoir si et jusqu'à quel point des mesures fiscales sont à même d'encourager les constructeurs à apporter des perfectionnements techniques propres à abaisser la teneur en polluants des gaz d'échappement des véhicules à moteur. Les paramètres des charges fiscales sont confrontés avec les possibilités de développement technique.

On arrive à la conclusion que la réduction des émissions indésirables constitue une tâche d'ordre technique (véhicules, circulation) qu'il n'est pas possible d'influencer de manière significative par des mesures fiscales.

1. Problemstellung

Die Frage, ob durch bestimmte fiskalische Maßnahmen, also durch die Art der steuerlichen Belastung des Motorfahrzeuges, die technische Entwicklung in Richtung der Reduktion der Menge an unerwünschten Abgasen gefördert werden kann, ist der Prüfung wert. Es ist bekannt, daß sich die fiskalische Belastung des Motorfahrzeugverkehrs auch schon auf die technische Entwicklung ausgewirkt hat, wobei offengelassen werden soll, ob diese Konsequenzen beabsichtigt waren oder nicht.

Die hier interessierende Zielsetzung umfaßt zwei Belange, die von Prof. Dr. Högger in seinem Referat an der gegenwärtigen Tagung klar definiert wurden. Beide lassen sich mit dem Begriff «unerwünschte Abgase» zusammenfassen. Das Problem der Abgase mit *toxischem* Charakter läßt sich durch quantitative Angaben umschreiben. Mit Ausnahme von lokal begrenzten Erscheinungen (Los Angeles) ist es heute noch nicht von großer Dringlichkeit; sei es, daß die festgestellten Mengen an toxischen Bestandteilen der Atmosphäre noch keineswegs ein bedrohliches Ausmaß erreicht haben, sei es, daß sie von anderen Quel-

len als vom Motorfahrzeugverkehr stammen. Bestimmte Sonderfälle (Schäden bei Fahrzeuginsassen und Berufsarbeitern) sind besonders zu beachten.

Dringlicher ist die *Belästigung* der Umwelt durch üble Gerüche und Auspuffrauch. Die quantitative Beherrschung ist auf diesem Teilgebiet schwieriger, weil kleinste Mengen bereits zu Belästigungen führen können. Es muß jedoch grundsätzlich anerkannt werden, daß die Öffentlichkeit infolge der Zunahme des Motorfahrzeugverkehrs in derart steigendem Ausmaß solchen Belästigungen ausgesetzt ist, daß sich ein Anrecht auf Schutz vor dieser Kehrseite der Motorisierung herausgebildet hat.

Die Fiskalbelastung des Motorfahrzeugverkehrs fällt unter den Begriff der *indirekten* Steuern. Im allgemeinen werden von ihnen Objekte konkreter oder abstrakter Art belastet, die dem besteuerten Publikum als begehrenswert erscheinen. Sie sollen dem Staatswesen entweder allgemeine Mittel zuführen oder die Bewältigung besonderer Aufgaben gestatten. Bei der Besteuerung des Motorfahrzeugverkehrs trifft beides zu. So dient die Belastung von motorischen Treibstoffen in der Schweiz sowohl der Äufnung der allgemeinen Einnahmen der Eidgenossenschaft wie auch der Finanzierung des Straßenbaus. Wenn eine bestimmte Fiskalmaßnahme gleichzeitig auf zwei grundsätzlich verschiedene Zwecke ausgerichtet ist, so wird sie beiden nur mit beschränkter Wirksamkeit gerecht. Beispielsweise kann die Besteuerung von alkoholischen Getränken nicht gleichzeitig optimale Einnahmen und eine wirksame Bekämpfung der Trunksucht erzielen.

Eine Beeinflussung der *technischen* Entwicklung des Motorfahrzeugs im Sinn der Reduktion unerwünschter Abgase kann nun nicht so aufgefaßt werden, daß sie den Verkehr selbst reduzieren soll. Dazu müßte vielmehr die Aufgabe anders formuliert werden. Die Tragweite solcher Maßnahmen überschreitet aber den hier gesteckten Rahmen.

2. Bezugsgrößen der Motorfahrzeugbesteuerung

In den Ländern Europas, auf das wir uns hier beschränken, und das sich bezüglich der Fiskalbelastung des Motorfahrzeugverkehrs als besonders erfindungsreich erwiesen hat, wird die Motorfahrzeugbesteuerung nach folgenden Kriterien vorgenommen.

2.1. Jahressteuern

Mit Ausnahme von Portugal kennen alle größeren Länder die Jahressteuer, die nach folgenden Gesichtspunkten erhoben wird:

- Hubraum der Motoren (Schweiz, Deutsche Bundesrepublik, Italien [in Kombination mit anderen Parametern], Frankreich). Die Steuerbeträge sind in der Regel nicht absolut proportional zum Hubraum, sondern steigen von einem Minimalwert in verschiedenen Stufen zu einem Höchstwert an.

- Zylinderzahl (Italien, mit Hubraum gekoppelt).
- Fahrzeuggewicht (Belgien, Schweden, Norwegen, Luxemburg, Dänemark, in Deutschland als Ersatz der Hubraumsteuer vorgeschlagen). Bei Nutzfahrzeugen noch in vermehrtem Ausmaß.
- Fahrzeugalter (Reduktion für ältere Fahrzeuge in Frankreich sowie im schweizerischen Kanton Genf).
- Motorleistung (besonders für andere Motoren als Hubkolbenmaschinen, beispielsweise für Elektromotoren, auch für Rotationskolbenmotoren vorgeschlagen).
- Jahrespauschale (Großbritannien).

Personenwagen der meistverbreiteten Kategorien werden in Europa mit Jahressteuern belegt, deren Höhe im allgemeinen zwischen 100 und 300 Franken liegt.

Die wesentlichen Unterschiede bezüglich der Parameter wie auch der Beträge läßt darauf schließen, daß sich keine optimalen Bezugsgrößen herausgestellt haben.

2.2. Treibstoffsteuern

Die Treibstoffsteuer erfreut sich einer allgemeinen Beliebtheit. Sie wird sowohl als eigentliche Steuer wie auch als Einfuhrzoll erhoben. Im allgemeinen wird Dieselöl niedriger besteuert als Benzin. Die Ansätze liegen je nach Land und Treibstoffart zwischen 35 und 65 Rappen pro Liter Kohlenwasserstoff-Treibstoff.

Personenwagen der meistverbreiteten Kategorien werden in Europa mit Treibstoff-Fiskalbelastungen belegt, die unter Annahme eines Verbrauchs von 10 Liter auf 100 km und einer Jahresleistung von 10 000 km (wird in einigen Ländern zum Teil wesentlich überschritten) zwischen 600 und 1000 Franken pro Jahr liegt. Für Nutzfahrzeuge, besonders für solche des gewerbsmäßigen Transportes, sind Beträge zu verzeichnen, die ein Mehrfaches erreichen.

2.3. Übrige Steuern

Dazu werden auch *Schmierstoffe* zum Teil nicht unerheblich belastet. Ihre Gesamterträge sind jedoch wesentlich geringer. Nicht berücksichtigt sind hier Fahrzeugzölle, Umsatz- und Kaufgebühren, Zulassungs- und andere Gebühren.

Eine vergleichende Darstellung der Fiskalbelastung von Personenwagen in europäischen Ländern ergibt sich aus der Tabelle.

Diese Zusammenstellung erlaubt bereits gewisse Schlüsse bezüglich der Auswirkungen von überdurchschnittlich hoher Fiskalbelastung sowohl der Wagengröße (und damit in erster Annäherung auch des Motorhubraums) wie auch des Treibstoffs. Die Mindestwerte zeigen die Schweiz, die Bundesrepublik und Schweden, Höchstwerte dagegen Frankreich und Italien. Wenn somit durch

Jahressteuern und Benzinabgaben von Personenkraftwagen in acht europäischen Ländern

Mittelwerte auf Grund von Ansätzen Mitte 1965 – Beträge in Schweizer Währung umgerechnet – Jahresleistung 10 000 km

	Fiskalbelastung von Benzin pro Liter		Kleiner Wagen, Hubraum 1000 cm ³ , Gewicht 700 kg, Verbrauch 8 l Normalbenzin auf 100 km		Mittelwagen, Hubraum 1700 cm ³ , Gewicht 1100 kg, Verbrauch 11 l Benzingemisch auf 100 km		Großer Wagen, Hubraum 4800 cm ³ , Gewicht 1400 kg, Verbrauch 18 l Superbenzin auf 100 km							
	Normal	Super	Jahressteuer	Benzinabgaben	Gesamt-betrag	Jahressteuer	Benzinabgaben	Gesamt-betrag						
	Rp.	Rp.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.						
				in % des Gesamt-betrags		in % des Gesamt-betrags		in % des Gesamt-betrags						
Schweiz	36,3	37,4	168	436	72	604	234	609	70	865	578	1011	60	1689
Deutsche Bundesrepublik	37,1	38,2	156	446	74	602	265	622	70	887	669	1032	61	1701
Frankreich	63,3	66,9	80	660	89	740	106	1074	91	1180	886	1807	67	2693
Italien	57,4	58,8	126	689	85	815	357	893	71	1250	1400	1588	53	2988
Großbritannien	43,7	43,7	129	525	80	654	180	722	80	902	180	1181	87	1361
Belgien	46,4	46,8	94	557	86	651	141	770	85	911	610	1264	67	1874
Dänemark	44,9	44,9	69	539	90	608	95	741	89	836	165	1213	88	1378
Schweden	40,5	40,5	92	486	84	578	143	669	82	812	260	1095	81	1355

diese Fiskalbelastung ein Einfluß auf die Menge unerwünschter Abgase erzielt werden kann, so müßte sich ein signifikanter Unterschied bei Messungen in Gebieten starker Fahrzeugkonzentration (nur diese sind hier relevant) einstellen. So wäre zu erwarten, daß die Abgasbelastigung in den Großstädten Italiens und Frankreichs erheblich geringer wäre als diejenige in den Großstädten der Länder mit niedriger Fiskalbelastung.

Diese Fragestellung war bisher nicht Gegenstand umfassender Untersuchungen. Die Tatsache aber, daß sowohl die Pariser Behörden sich ebenso zu regelmäßigen Analysen der Atmosphäre veranlaßt sehen wie diejenigen anderer Großstädte, scheint darauf hinzudeuten, daß dem Problem auf diesem Weg nicht in entscheidendem Ausmaß beizukommen ist.

Es scheint, daß die durch Fiskalmaßnahmen entscheidend zum kleindimensionierten, kleinmotorigen Personenwagen führenden Tendenzen der französischen und italienischen Automobilkonstruktion den gewünschten Erfolg nicht herbeiführen konnten.

3. Technische Maßnahmen zur Reduktion unerwünschter Abgase und ihre Erfolgsaussichten

Die Ursachen der Bildung unerwünschter Abgaserzeugnisse sind heute zu einem wesentlichen Teil erforscht. Es ist auch theoretisch abgeklärt, auf welchen technischen Wegen eine Reduktion der toxischen und lästigen Komponenten möglich ist. Die Aussichten sind immerhin so günstig, daß die Bestrebungen mit Nachdruck verfolgt werden sollen. Die meisten führen zu einer Gesamtwirkungsgradverbesserung.

3.1. Periodischer Unterhalt der Motorfahrzeuge

Es ist bekannt, daß die Menge unerwünschter Abgaskomponenten mit zunehmendem Fahrzeugalter ansteigt. Eine Ausnahme bildet der Schmierölverbrauch des Motors, der vom Neuzustand bis zum Abschluß des Einfahrens in vielen Fällen sinkt. Mit fortschreitender Abnutzung und mit der Zunahme von Störungen nimmt der Anteil unerwünschter Komponenten mit Ausnahme der Stickoxyde zu, da insbesondere der Anteil unverbrannter oder teilweise verbrannter Gase ansteigt.

Die Ursachen dieser Zunahme sind folgende:

- Zündaussetzer durch Störungen am Zündsystem,
- Spülverluste, beispielsweise durch steckenbleibende Ventile,
- Verdampfung von leichtflüchtigen Treibstoffkomponenten durch Leckstellen im Tank und Vergasersystem.

Über die Größe dieser Zunahme sind in Europa keine umfassenden Unter-

suchungen durchgeführt worden, wohl aber in den USA und vor allem in Kalifornien. Dabei standen Störungen am Zündsystem und an den Vergasern im Vordergrund. So berichten Brubacher und Olson [1] über die Wirksamkeit von periodischen Kontrollen und daraus abgeleiteten jährlichen Unterhaltsmaßnahmen. Es erwies sich, daß die üblichen Arbeiten nicht so befriedigende Ergebnisse zeitigten wie ausgedehntere, neu aufgestellte Unterhaltsprogramme. Je nach Tragweite dieser Arbeiten wurden bei größeren Wagenparks folgende Verbesserungen erzielt:

Emissionsart	Reduktion in %
CO	6–27
C _x H _x	5–21

Die Kosten beliefen sich dabei je nach Ausmaß der Arbeiten und Fahrzeugtyp auf 23 bis 36 Dollar.

Eine weitere Felduntersuchung von Way, Fagley, Sink und Heinen [2], [3] kam zu noch günstigeren Ergebnissen, nämlich zu Reduktionen der CO- und Kohlenwasserstoffemissionen bis zu 60% und zu Verbrauchseinsparungen (bei gebrauchten Fahrzeugen in schlechtem Zustand) von 15 bis 20%. Die jährlichen Unterhaltsarbeiten würden somit in den USA infolge der Einsparungen beinahe selbsttragend sein. Manche Anzeichen deuten darauf hin, daß der Fahrzeugunterhalt in vielen europäischen Ländern besser ist, so daß sowohl die Verbesserungen bezüglich der Emissionen wie auch die Verbrauchseinsparungen die von den amerikanischen Autoren genannten Werte wohl nicht erreichen würden.

Ob auf diesem Weg eine Reduktion der unerwünschten Auspuffemissionen erzielbar ist, muß noch abgeklärt werden. Diese Arbeit wäre verdienstlich; in Europa wäre hier auch das Dieselfahrzeug einzubeziehen, über das wohl, als Einzelfall betrachtet, Klarheit bezüglich der Auswirkungen des regelmäßigen Unterhalts herrscht, während bezüglich nationaler Parks nur in wenigen Ländern, so beispielsweise Belgien (siehe das entsprechende Tagungsreferat) Gesamtuntersuchungen durchgeführt wurden.

3.2. Baumerkmale klassischer Hubkolbenmotoren, die die Emissionen beeinflussen

Unter der Voraussetzung eines einwandfreien Zustandes hängt die *Menge* der unerwünschten Auspuffgase bei Hubkolbenmotoren der herkömmlichen Bauart von folgenden Faktoren ab:

- abgegebene Leistung (Hubraum, Drehzahl, Mitteldruck bzw. Füllungsgrad und effektive Verdichtung; somit auch vom Gemischdurchsatz und damit auch von der Gesamtübersetzung),

- Ausnützung der Treibstoffenergie (Gemischzusammensetzung, Gleichmäßigkeit der Gemischverteilung, Verbrennungsverfahren und damit auch Treibstoffart, Güte des Gemischaufbereitungs- und Brennverfahrens, Spülverluste, Zündaussetzer, Güte von Ansaug- und Auspuffsystem),
- Fahrbetriebsmuster (Gleichmäßigkeit bzw. Wechselzahl des Fahrmusters, Häufigkeit von konstanter Geschwindigkeit bzw. Beschleunigen, Anfahren, Verzögern, Anhalten, Schiebebetrieb, Leerlauf, Kaltstart).

Diese Einflüsse können sich so stark überschneiden, daß sie im einzelnen nicht mehr erkennbar sind.

Der spezifische Treibstoffverbrauch ist dabei in erster Annäherung ein Maßstab für die Ausnützung der Treibstoffenergie und verläuft etwa proportional zum Ausstoß von CO und Kohlenwasserstoffen im Auspuff. Dagegen nimmt der Ausstoß von Bleioxyden und Stickoxyden mit sinkendem spezifischem Verbrauch zu.

Grundsätzlich ist das Streben nach vollständiger Verbrennung ($\lambda \geq 1$) mit demjenigen nach hoher Leistung bei gegebenen Baudaten (kein Luftüberschuß, Spülverluste durch große Ventilöffnungsüberschneidungen) unvereinbar. Auch kleine Leistungen aus großen Motoren können zu teilweise ungünstigen Verhältnissen führen. Um Zündaussetzer zu vermeiden, wird im allgemeinen mit zu geringem Luftüberschuß gearbeitet.

Im einzelnen ergeben sich folgende Verhältnisse:

- Für eine gegebene Transportleistung (Fahrgast-km bzw. Tonnen-km pro Zeiteinheit) ergibt die kleinste benötigte Motorleistung die geringste Abgasmenge und damit auch die geringste Menge an unerwünschten Emissionen. Somit sind geringe Fahrwiderstände, d. h.
 - kleines Fahrzeuggewicht,
 - kleine Roll- und Luftwiderstände (letztere im Stadtverkehr von geringster Bedeutung),
 - ebene Fahrstrecke,
 - gleichmäßige Geschwindigkeit anzustreben.
- Der Ausstoß insbesondere von Unverbranntem und Teilverbranntem ist über das Motorenkennfeld, also in Abhängigkeit von Drehzahl, Last und deren Änderung, stark verschieden. Günstig sind im allgemeinen die Verhältnisse bei Vollast und etwa halber Drehzahl (vom Maximum). Großer Luftüberschuß bedeutet, wie Huber [4] ausführte, Verzicht auf höchste spezifische Leistung.
- Ein Vergleich der üblichen Kreisprozesse ergab (1956) folgendes Bild, wenn die durchschnittlichen Emissionen beim Otto-Benzinmotor mit 100% angenommen werden:
Der *Ottomotor* ist noch stark verbesserungsfähig. Beim *Dieselmotor* scheinen

	Ottomotor		Diesel- motor %
	Benzin %	Propan %	
Kohlenmonoxyd	100	49	1
Kohlen- wasserstoffe	100	46	38
Stickoxyde	100	129	142
Aldehyde	100	65	141
Bleioxyde	100	–	–
Pyrene	fast 0	0	Spuren

die lästigen gegenüber den toxischen Emissionen weitaus zu überwiegen. Örtlicher Luftmangel kann hier trotz allgemein hohem Luftüberschuß zu Rauchbildung führen, ebenso bekanntlich mangelnder Unterhalt.

Der *Zweitakter* Ottomotor hat häufig große Spülverluste, viele Zündaussetzer, hohen spezifischen Verbrauch bei hoher Leistung und hohem Mitteldruck. Er ist durch den stechenden Geruch seiner Auspuffgase gekennzeichnet.

3.3. Maßnahmen zur Reduktion unerwünschter Emissionen

Die erkannte Aufgabe besteht heute darin, die Menge der unerwünschten Emissionen aus

- Kurbelgehäuse (Schmierölnebel usw.),
- Auspuff (Unverbranntes, Teilverbranntes, Stickoxyde usw.),
- Treibstoffsystem (verdampfte leichtflüchtige Treibstoffkomponenten) zu vermindern. Im einzelnen ergibt sich folgender Stand:

3.3.1. Kurbelgehäuseentlüftung

Diese ist heute als lösbar zu betrachten. Die Öldämpfe und unverbrannten Treibstoffkomponenten werden in den Verbrennungsprozeß zurückgeführt. In den USA und in Deutschland wird die Kurbelgehäuseentlüftung durchwegs angewendet, in anderen europäischen Ländern wird sie in zunehmendem Maß verwendet. Die Ergebnisse werden verschieden beurteilt. Amerikanische Forscher nennen Reduktionen bis zu 50% an Unverbranntem (Kohlenwasserstoffe) und bis zu 30% der Gesamt-Pollution der Atmosphäre durch die Motorfahrzeugemissionen.

3.3.2. Auspuff

Die naheliegenden Maßnahmen am Auspuff durch Nachbrenner oder katalytische Vorrichtungen haben die gehegten Erwartungen nicht erfüllt. Die bisher

bekannt gewordenen Lösungen sind meist sehr aufwendig, erfordern sehr großen Unterhalt und verfügen nur über begrenzte Lebensdauer. Nachbrenner haben zusätzlichen Brennstoffverbrauch und zeigen unzuverlässige Funktionsweise.

Es erscheint zudem technisch nicht als richtig, die Emissionen unvollkommener motorischer Verbrennung nachträglich zu verbrennen. Die Lösung wird heute als ebenso unbefriedigend wie grundsätzlich unrichtig angesehen.

Ein neues Verfahren ist die Nachoxydation durch Lufteinspritzung in der Nähe des Auspuffventils. Nach diesem in den USA durch General Motors, Ford, American Motors und andere entwickelten Verfahren wird von einer Pumpe Druckluft in den Auspuffkrümmer nach dem Auslaßventil eingeblasen. Die Wirkung scheint gut bezüglich Kohlenwasserstoff, weniger befriedigend bezüglich CO zu sein. Obwohl diese Lösung bereits das Serienstadium erreicht hat und in den USA bei gewissen Baumustern erhältlich sein wird (Aufpreis etwa 50 Dollar), so scheint sie doch mehrere technische Komplikationen aufzuweisen und Wartung zu verlangen. Cantwell und Pahnke [5] haben darauf hingewiesen, daß die Ausbildung des Auspuffsammlers als chemisches Reaktionsfeld völlig neue Probleme stellt.

Deshalb sind diejenigen Arbeiten zu bevorzugen, die den Verbrennungsprozeß an der Wurzel verbessern. Eberan [6] hat sehr deutlich darauf hingewiesen, daß die sich folgendes Arbeitstakte auch in ein und demselben Zylinder außerordentlich große Unterschiede bezüglich Druckverlauf und Auspuffzusammensetzung aufweisen, und daß die üblichen Messungen nur Mittelwerte von stark streuenden Einzelwerten darstellen.

Neue Erkenntnisse bezüglich Brennraumformen, Wirbelung, Ladungsart, Verdampfung, Maßnahmen zur Erreichung der Schichtladung oder der Fackelzündung, Hybridmotoren mit Fremdzündung (MAN), hohe Verdichtung bei bescheidenem Füllungsgrad (Auto Union Audi) scheinen größere Möglichkeiten in sich zu bergen, als gemeinhin angenommen wurde.

Maßnahmen zur gleichmäßigen, möglichst vollständigen Verbrennung bei möglichst hohem Lambda und bei allen Betriebszuständen nehmen die verschiedensten Formen an. So hat Chrysler eine Sammlung von Maßnahmen unter der Bezeichnung CAP (cleaner air package) entwickelt. Sie umfaßt:

- am Vergaser: rascheres Öffnen der Choke-Klappe, Leerlauf und Düsen ärmer,
- am Verteiler: mehr Leerlauf-Spätzündung, mehr Frühzündung beim Schieben.

Das Ergebnis soll sehr befriedigend sein.

Andere Maßnahmen, die vorgeschlagen wurden, umfassen:

- Plombieren des Leerlaufs nach genauer Einstellung (nicht nach Gehör),
- Abschalten der Treibstoffzufuhr bei schiebendem Wagen,
- Gedämpftes Schließen der Drosselklappe (durch Dashpot).

Eine der vielversprechendsten Maßnahmen ist die *Benzineinspritzung*, die den Vergaser ersetzt. Aus den bisherigen praktischen Erfahrungen ist bekannt, daß besonders im Teillastbetrieb mit günstigerem Gemischverhältnis noch sichere Zündung gewährleistet ist. Auf dem Prüfstand wurde schon mit Luftüberschuß von 1,6 gefahren. Auch im Leerlauf und Schiebetrieb ergeben sich günstigere Verhältnisse. Die Gleichmäßigkeit der Gemischzuteilung an die einzelnen Zylinder ist wesentlich verbessert. Fahrversuche haben besonders bei Teillast (weniger bei Vollast) und nach Kaltstart nicht unerhebliche Treibstoffersparnisse (bis zu 20%, bei Vollast 10% und weniger) gemessen in g/PSh ergeben. Über die Auspuffzusammensetzung bei Einspritzmotoren sind noch wenig genaue Vergleichsdaten bekannt geworden; nicht veröffentlichte Unterlagen sprechen von Reduktionen von CO von immerhin gegen 40% und von Kohlenwasserstoffen (Unverbranntem) von gegen 50%.

Die bisher bekannt gewordenen, bewährten Baumuster (Daimler Benz-Bosch, Kugelfischer-Peugeot und -Lancia, Lucas-Maserati) konnten sich wegen der erheblichen Mehrkosten gegenüber Vergaserausrüstungen (etwa 1500 bis 2000 Franken für den Käufer) nicht in sehr großen Zahlen durchsetzen.

Zur Reduktion der Stickoxyde wurde vorgeschlagen, bei Ottomotoren Wassereinspritzung zur Verhinderung der hohen Temperatur- und Druckspitzen oder Inhibitoren zu verwenden und bei Dieselmotoren eine gewisse Leistungsspitze abzuschneiden und die Einbuße in Kauf zu nehmen.

3.3.3. Treibstoffsystem

Es wäre recht einfach, die Dämpfe der leichtsiedenden Benzinkomponenten aus Tank, Undichtheiten der Benzinleitung und aus dem Vergaser in die Ansaugleitung zu führen. Es ist bedauerlich, daß von dieser Möglichkeit zu wenig Gebrauch gemacht wird.

3.4. Andere Motorenarten

Es ist zu prüfen, ob andere Motorenarten bezüglich der Emissionsverhütung und in ihrer Entwicklung sich als so günstig erweisen, daß eine Förderung durch Fiskalmaßnahmen gerechtfertigt erscheint.

3.4.1. Kreiskolbenmotoren

Der heutige Stand der Entwicklung von Kreiskolbenmotoren läßt noch keine unmittelbar bevorstehende Großproduktion erwarten. Bezüglich seiner Emissionen im Auspuff ergibt sich nach privaten Mitteilungen folgendes Bild:

- Kohlenmonoxyd: Etwa gleich wie Hubkolbenmotor.
- Kohlenwasserstoffe: Wegen Aussetzer heute z.T. noch wesentlich größer.

Im Lauf der Entwicklung dürfte sich dieser Umstand beheben lassen (hohe Temperaturen), ebenso der noch höhere Ölgehalt im Auspuff (Ölverbrauch).
 – Stickoxyde: Genaue Messungen liegen noch nicht vor, doch besteht die Möglichkeit größerer Anteile wegen des Auftretens höherer Temperaturspitzen.

Dagegen bietet das an sich kleine Bauvolumen dieses Motors den Vorteil, daß durch größere Motordimensionierung ohne Einbuße an Gewicht oder Bau-raumaufwand (größere Kammervolumina) mit höherem Luftüberschuß gefahren werden kann, sofern sich der Motor bezüglich seiner Fiskalbelastung nicht ungünstig stellt.

3.4.2 Gasturbinen

Der Entwicklungsstand dieser Maschinen und einige grundsätzliche Eigenheiten lassen die Aussichten für eine Verbreiterung im Personenwagenbau als gering erscheinen. Eigene Beobachtungen ließen erkennen, daß ein großes Auspuffgasvolumen austritt, wie es der Verbrennungsprozeß ja erfordert, daß aber auch in unmittelbarer Nähe der Mündung keine hohen Temperaturen auftreten.

Über die Emissionen seien folgende Vergleichszahlen genannt, die auf ein Treibstoff-Luft-Verhältnis wie bei der Motorenart (obere Zeile) beziehungsweise auf ein solches von 1 (untere Zeile) bezogen sind:

	Ottomotor		Dieselmotor		Gasturbine mit Wärmeaustauscher	
	Leerlauf	Vollast	Leerlauf	Vollast	Leerlauf	Vollast
Lambda	0,8–1,2		7–10	1,2– 2	10–12	6,3–6,8
CO Vol. %	9–15	0,2–1,4	0,2	0,1	0,054	0,027
	do.	do.	1,4	0,16	0,5	0,15

Der Vorteil der Gasturbine gegenüber den Kolbenmotoren im Leerlauf geht auch aus dieser Zusammenstellung hervor.

3.4.3. Heißluftmotoren

Der an sich wegen seiner Emissionsfreiheit attraktive Stirling-Motor (Phillips, General Motors) eignet sich gegenwärtig noch nicht als Fahrzeugmotor.

3.4.4 Elektromotoren

Für reine Stadtfahrzeuge würde der Elektromotor neben seiner Auspufffreiheit noch weitere Vorteile bieten. Auch er hat aber den technischen Stand für eine Großverbreitung nicht erreicht.

3.4.5 Treibstoffzellen

Während die Aussichten für Treibstoffzellen (keine Emissionen) als Fahrzeugantriebsquelle weitgehend als utopisch angesehen werden, so muß auf Grund der raschen Fortschritte der letzten Jahre möglicherweise mit Überraschungen gerechnet werden. Amerikanische Quellen sprechen davon, daß dieser technische Stand bis etwa 1980 erreicht werden kann. Bis zur Großverbreitung dürfte aber noch lange Zeit verstreichen.

3.5 Treibstoffe

Die heute gebräuchlichen Treibstoffe sind bezüglich ihrer Emissionen weitgehend erforscht. Benzin ergibt im allgemeinen mehr toxische, Dieselöl mehr lästige Abgase. Beim Benzin bietet sich technisch die Möglichkeit, durch höheres Reformieren höhere Klopfestigkeit ohne Beimischung von Bleitetraäthyl oder Bleitetramethyl zu erhalten. Die Gestehungspreise würden durch dieses Vorgehen wesentlich ansteigen.

Günstigere Verhältnisse bezüglich den Emissionen von CO und Kohlenwasserstoffen ergibt die Verwendung von *Flüssiggasen* wie Propan und Butan (vgl. Angaben unter 3.2). Dazu sind indessen Installationen für das Mitführen des Treibstoffs nötig (Hochdruckflaschen). Für den Stadtbetrieb hat sich Flüssiggas als Fahrzeugtreibstoff in den USA in kleinerem Maßstab bewährt. Ähnliches gilt auch für Methan, das als eines der Endprodukte der Kehrlichtverbrennung sowie in beschränktem Umfang auch als Naturprodukt als Fahrzeug-Treibstoff dient und geringe Mengen an Unverbranntem und Teilverbranntem ergibt.

Auch *Ammoniak*, das als Treibstoff für militärische Zwecke bestimmte Vorteile bietet, ergibt günstige Abgasverhältnisse, doch sind die Voraussetzungen für allgemeine Verwendung nicht gegeben.

4. Fiskalmaßnahmen zur Förderung der technischen Entwicklung

4.1 Die Auswirkungen der klassischen Fiskal-Bezugsgrößen

Grundsätzlich ergibt sich, daß die Beschränkung der *Motorleistung* in erster Linie eine Beschränkung der Abgasvolumina ergibt. Die *Hubraumsteuer* wirkt sich insofern günstig aus, als sie den Zug zum schweren und damit hohe Leistungen erfordernden Fahrzeug bremst. Die Hubraumbesteuerung soll aber nicht übertrieben werden, weil sie sonst zu allzu kleinen, hochgezüchteten Motoren führt, die mit reicher Vergasereinstellung gefahren werden und wegen der starken Überschneidungen der Ventilöffnungszeiten auch bedeutende Spülverluste (hohe Anteile an Teilverbranntem) verursachen. Maßvolle Hubraumvergrößerung erlaubt Einstellungen mit höherem Luftüberschuß auch bei Benzin-Ottomotoren.

Die Besteuerung des *Fahrzeuggewichts* unterstützt den Zug zum leichten Fahrzeug und damit zu Motoren von relativ niedriger Leistung, die für die gewünschten Fahrleistungen angesichts der niedrigen Fahrwiderstände genügen.

Die in Europa meistverbreiteten Fiskal-Bezugsgrößen erfüllen somit in erster Annäherung die Forderungen, die auch vom Standpunkt der Reinhaltung der Atmosphäre zu stellen sind.

Die *Treibstoffbesteuerung* wirkt sich ebenfalls günstig auf die Abgasmenge aus. Sie züchtet wirtschaftliche Motoren. Dagegen ist sie nicht imstande, die Ausnutzung der Treibstoffenergie bis aufs letzte zu fördern, da der Anteil an Unverbranntem und Teilverbranntem nicht so groß ist, daß er durch Elimination eine ins Gewicht fallende Kosteneinsparung ergeben würde. Eine Erhöhung der Treibstoffbelastung zu diesem Zweck müßte derart massiv ausgestaltet werden, daß primär eine Lähmung des Straßenverkehrs eintreten würde. Dies ist aber nicht der Zweck der uns hier interessierenden Maßnahmen.

Die Steuererleichterungen für *ältere Fahrzeuge* widersprechen dagegen den Forderungen nach Reduktion der lästigen Abgase, da diese Fahrzeuge erfahrungsgemäß mit zunehmendem Alter sich in technisch schlechterem Zustand befinden. Es ist deshalb im Rahmen des hier behandelten Problemkreises zu begrüßen, daß diese Besteuerungsart nur ganz vereinzelt verwendet wird.

Da *Dieselmotoren* im Auspuff weniger toxische Bestandteile aufweist, wird gelegentlich die Frage gestellt, ob seine Besteuerung nicht noch stärker als bisher vermindert werden könnte, um vermehrten Anreiz für die Verwendung von Dieselmotoren in Personenwagen zu bieten. Dazu ist zu sagen, daß die Belästigung des Publikums durch Dieselmotoren-Abgase als mindestens so groß empfunden wird als diejenige durch Benzin-Abgase. Zudem steht der breiteren Verwendung des Dieselmotors sein höheres Gewicht, seine geringere Leistung und seine geringere Fahrkultur entgegen, während der niedrigere Verbrauch erst bei sehr hohen Jahresleistungen die höheren Gestehungskosten zu decken vermag.

4.2 Neue Bezugsgrößen

Aus dem Abschnitt 3.3 ergibt sich, daß die Reduktion lästiger Auspuffbestandteile heute technisch wohl möglich erscheint, daß dazu aber Entwicklungsarbeiten auf sehr verschiedenartigen Gebieten vorgenommen werden müssen. Sie lassen sich nicht auf einen Nenner bringen, der für Fiskalmaßnahmen genügend einfach ist.

Zweifellos sind bestimmte technische Entwicklungsrichtungen auch vom Standpunkt der Reinhaltung der Luft begrüßenswert. Das gilt beispielsweise für den Ersatz des Vergasers durch die *Benzineinspritzung*. Auch die Einführung von *automatischen Kraftübertragungen* dürfte sich günstig auswirken, weil sie den Verkehrsfluß in den Städten, und zwar besonders beim Anfahren, beruhigt.

Es ist aber nicht denkbar, solche Teilmaßnahmen durch wirklich wirksame Fiskalmaßnahmen zu fördern. Hier muß sich der technische Fortschritt ohne Fiskalkrücken durchsetzen. Es bestehen Anzeichen dafür, daß dies – und zwar gegenwärtig besonders für die automatischen Kraftübertragungen – der Fall ist.

Die übrigen technischen Maßnahmen sind der Einwirkung durch Fiskalmaßnahmen noch weniger zugänglich.

4.3 Fahrzeugzustand

Nachdem die amerikanischen Untersuchungen eindeutig ergeben haben, daß regelmäßige Unterhaltsarbeiten die Verschlechterungen der Abgaszusammensetzung durch Abnutzung aufzuheben imstande sind, muß auch die Frage geprüft werden, ob sich diese Arbeiten durch Fiskalmaßnahmen fördern lassen. Denkbar wäre ein Steuerzuschlag, der nur beim Nachweis der ausgeführten Unterhaltsarbeiten erlassen würde.

Auch diese Möglichkeit ist abzulehnen. Einmal fehlen für die europäischen Länder die meisten statistischen Unterlagen besonders für Personenwagen, und dazu ergäbe sich ein administrativer Aufwand von unübersehbarem Ausmaß. Am ehesten kämen solche Maßnahmen für Nutzfahrzeuge in Frage.

Sollte die Absicht bestehen, die mancherorts bereits eingeführten periodischen Kontrollen des technischen Fahrzeugzustandes auf die Abgaszusammensetzung auszudehnen, so wären gesetzliche Vorschriften wohl die richtigere Maßnahme.

5. Der Einfluß der Verkehrsdichte

Während im vorstehenden stets das Einzelfahrzeug betrachtet wurde, so darf doch nicht übersehen werden, daß erst der wirkliche dichte Verkehr, und zwar primär der Stadtverkehr, die hier behandelten Probleme aufgeworfen hat. Es ist auf der Hand liegend, daß die Menge der Abgase primär eine Frage der Fahrzeuganzahl auf einem bestimmten Straßenabschnitt darstellt.

Ferner ist bekannt, daß stark wechselnde Verkehrsverhältnisse (viel Anhalten, Motoren im Leerlauf drehend, viel Anfahren und Beschleunigen, viel Schubverkehr) bei gleicher Verkehrsdichte ein starkes Ansteigen der lästigen Abgase erzeugt. Somit ergibt gleichmäßiger Verkehrsfluß auch hier die günstigsten Verhältnisse. Alle Maßnahmen zur Lösung des Verkehrsproblems werden sich somit automatisch auch in günstigem Sinn auf die lästigen Emissionen auswirken. Diese Betrachtungsweise ist indessen dem folgenden Referenten vorbehalten.

6. Schlußfolgerungen

– Die Reduktion unerwünschter Abgase am Einzelfahrzeug ist eine technische Aufgabe. Es wird an ihr gearbeitet. Sie soll das Problem an der Wurzel, also

am Verbrennungsprozeß und an der Gemischaufbereitung und nicht in sekundärer Weise (Nachbrenner usw.) anpacken.

– Dieser Prozeß kann durch äußere Maßnahmen nur dort beeinflußt werden, wo die technische Entwicklung bereits stark fortgeschritten ist. Fiskalmaßnahmen sind dabei wegen ihrer wirtschaftlich nicht sehr stark ins Gewicht fallenden Auswirkungen weniger wirksam als gesetzliche Vorschriften.

– Als persönliche Bemerkung sei beigefügt, daß die Frage der Verunreinigung der Luft durch den Motorfahrzeugverkehr nicht das wichtigste Problem des Straßenverkehrs darstellt. Neben den Folgen der Verkehrsunfälle, die im Jahr auf der Erde rund 150 000 Tote und 5 Millionen Verletzte nach sich ziehen, erscheinen die Folgen der Luftverunreinigung doch noch sekundär. Die beschränkten Möglichkeiten und Mittel zum Lösen von Verkehrsproblemen sind deshalb primär für die Erhöhung der Verkehrssicherheit einzusetzen.

– Dennoch ist zu begrüßen, daß regelmäßige Kontrollen über die Konzentration toxischer und lästiger Emissionen durchgeführt werden, denn eine Änderung der Prioritäten soll nicht überraschend eintreten. Während Fiskalmaßnahmen zur Förderung der technischen Entwicklung nicht geeignet erscheinen, ist diese doch mit allen anderen Mitteln zu fördern. Die Beeinflussung der öffentlichen Meinung gehört dabei an eine der vordersten Stellen.

Literatur

- [1] *Brubacher Miles L.* und *Olson Donel R.*: Smog Tune-Up for Older Cars. SAE Paper No. S-403 (Southern California Section, 27. April 1964).
- [2] *Way Gilbert* und *Fagley W. S.*: Field Survey of Exhaust Gas Composition. SAE-Paper 11-A (Annual Meeting, Detroit, 13.–17. Januar 1958).
- [3] *Fagley W. S.*, *Sink M. V.* und *Heinen C. M.*: Maintenance and the Automobile Exhaust. SAE-Paper 29-V (Annual Meeting, Detroit, 12.–16. Januar 1959).
- [4] *Huber E. W.*, Dr. ing.: Belästigung durch Abgase, Gemisch-Bildungsverfahren und Betriebsverhalten von Fahrzeugmotoren. Mitteilung am 8. FISITA Kongreß, Den Haag, Mai 1960.
- [5] *Cantwell E. N.* und *Pahnke A. J.*: Design Factors Affecting the Performance of Exhaust Manifold Reactors. SAE-Paper No. 650 527 (Midyear Meeting, Chicago, 17.–20. Mai 1965).
- [6] *Eberan-Eberhorst Robert*, Prof. Dr.-Ing.: Über Probleme des modernen Fahrzeugmotors. Vortrag, gehalten am 24. Juni 1965 an der Tagung der Schweiz. Gesellschaft für das Studium der Motorbetriebsstoffe in Luzern.
- [7] *Fiala E.*, Prof. Dr.-Ing., und *Zeschmann E. G.*: Zum Abgasproblem des Straßenfahrzeugs. Teil I. Automobiltechnische Zeitschrift, Heft 9, September 1965.

Adresse des Autors: *R. Braunschweig*, Chefredaktor der Automobil-Revue, Nordring 4, Bern.