

Ein monetärer Bewertungsfaktor für die Beurteilung von Luftverunreinigungen des Straßenverkehrs in den RAS-W¹⁾

VON DR. ERNST-ALBRECHT MARBURGER, KÖLN

I. Vorbemerkungen

Zwar reicht die Bandbreite einschlägiger Diskussionen über die Wirkung von Luftverunreinigungen auf den Menschen noch immer von „Einfache Zusammenhänge zwischen Effekten und den Komponenten der Luftverunreinigung, die erfahrungsgemäß mit diesen Wirkungen in Verbindung gebracht werden, konnten bisher nicht gefunden werden“²⁾ über „Auch lassen sich nachweisbare Gesundheitsstörungen in luftverschmutzten Gebieten nur selten auf einen ganz bestimmten Fremdstoff zurückführen“³⁾ bis zu „... wurde durch theoretische Ableitung plausible gemacht, daß auch bei kombinierter Einwirkung aller in der TA-Luft genannten Stoffe die Grenzwerte für CO 10 mg/m³ bzw. 30 mg/m³ beibehalten werden konnten“⁴⁾.

Trotzdem sind in verstärktem Maße bei Planung, Ausbau und Ergänzung der Verkehrsinfrastruktur Veränderungen der Immissionssituation nicht nur zu berücksichtigen, vielmehr werden an ein Bewertungsverfahren für die Praxis darüber hinaus Forderungen nach leichter Anwendung und Transparenz auf allen Planungsstufen erhoben.

Bislang knüpfte die ökonomische Bewertung in der Regel nicht an den tatsächlichen gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Immissionen, sondern an den Kosten für Maßnahmen zur Vermeidung solcher Schäden an⁵⁾; dies nicht zuletzt wegen der eingangszitierten Unsicherheit über die tatsächliche Wirkung von Schadstoffen. Natürlich enthält aber auch der geschätzte Vermeidungsaufwand zur Einhaltung eines Grenzwertes eben

Anschrift des Verfassers:

Dr. rer. pol. Ernst-Albrecht Marburger
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brühler Straße 1
5000 Köln 51

- 1) Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (RAS-W).
- 2) Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Luftreinhalteplan Rheinschiene Süd (Köln) 1977 – 1981, Düsseldorf 1977, S. 152.
- 3) Umweltbundesamt (Hrsg.), Der Bundesminister des Innern, Medizinische, biologische und ökologische Grundlagen zur Bewertung schädlicher Luftverunreinigungen, Sachverständigenanhörung Berlin, 20. – 24.2.1978, Wortprotokoll und Materialien, Berlin 1978, S. 115.
- 4) Winneke, G., Grenzwertvorschlag für Kohlenmonoxyd (CO), in: Umweltbundesamt (Hrsg.), Sachverständigenanhörung . . . , a.a.O., S. 294. Zur Diskussion der Schadstoffwirkungen vgl. auch Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1978 (= Drucksache 8/1938), S. 17 ff.
- 5) Willeke, R. und Kentner, W., Die Kosten der Umweltbelastung durch den Verkehrslärm in Stadtgebieten (= Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, Nr. 31), Bentheim 1975. Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), Anleitung für die standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des ÖPNV und Hähnweise zum Rahmenvertrag (= Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 51), Bonn-Bad Godesberg 1976.

über die legislative Setzung des Grenzwertes implizit eine Annahme über den verhindernden Schaden oder zumindest doch über eine Schadensgrenze⁶⁾.

Der Vermeidungskostenansatz hat allerdings gerade für die Beurteilung der Abgasimmission einer konkreten, lokal begrenzten Planungsvariante einen entscheidenden Nachteil: Weil Vermeidungsmaßnahmen – im Gegensatz etwa zum Verkehrslärm – fast ausschließlich am Fahrzeug selbst ansetzen können, ist eine räumliche Kostenzurechnung sehr erschwert. Zwar läßt sich der Vermeidungsaufwand auf die Fahrleistung eines Fahrzeugs verteilen (Vermeidungskosten pro Fahrzeugkilometer) und mit diesem Faktor die Gesamtfahrleistung auf einem Streckenabschnitt bewerten. Dabei ist dann allerdings offen, wie z. B. die Betroffenheit der Anwohner hier eingehen kann. Zum anderen stellt sich die Frage, welcher Abgasreduktionsgrad (20 %, 40 % oder gar 80 %) allgemein berücksichtigt werden soll, denn die Vermeidungsmaßnahme kann ja aus einfachen technischen Gründen nicht nach der jeweils örtlichen Reduktionserfordernis variiert werden. Beispiel: Maßstab für eine generelle gesetzliche Abgasreduktion sei der nach verkehrlichen, fahrzeugtechnischen und meteorologischen Parametern schlechteste Streckenabschnitt des Straßennetzes der Bundesrepublik. Dies führt zu erheblichem Vermeidungsaufwand an allen Fahrzeugen, unabhängig von ihrer räumlich unterschiedlichen Nutzung. Ein Großteil der so ausgestatteten Fahrzeuge bewegt sich beispielsweise auf Strecken, die durchgängig geringere Abgasreduktionen erfordern würden. Bei einer Verteilung der Vermeidungskosten auf die Fahrleistungen würden aber alle Strecken mit den hohen Vermeidungskosten belastet. Umgekehrt würde die Orientierung an einem mittleren Niveau nicht durchgängig die Einhaltung vorgegebener Immissionsgrenzwerte sicherstellen.

Selbst wenn man aber einmal – überaus optimistisch – unterstellt, diese Schwierigkeiten seien mit komplizierten Gewichtungsschema zu beheben, sollte nicht übersehen werden, daß auch exakt erfaßte Vermeidungskosten einerseits und die an sich gesuchten tatsächlichen Schäden andererseits unterschiedliche und auch nur lose durch umfangreiche Prämissen über die gesellschaftliche "willingness-to-pay" verbundene Kostenarten sind. Das einfache Beispiel des auslaufenden Giftfasses, wo mit vernachlässigbarem Aufwand unermesslicher Schaden verhindert werden kann, macht dies hinreichend deutlich.

Im folgenden soll mit Hilfe eines Bewertungsansatzes, der die tatsächlichen volkswirtschaftlichen Schäden durch Kfz-Abgasimmissionen zu erfassen versucht, für die anwendungsnahen RAS-W ein standardisierter Bewertungsfaktor abgeleitet werden.

- 6) Die Prämissen über das Funktionieren des Prinzips der repräsentativen Demokratie, die dabei unterstellt sind, sollen hier nicht diskutiert werden. Vgl. hierzu Willeke, R., Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Kosten der Belastung durch Autoabgase sowie deren Grenzkostenanteil (= Teilstudie II.3 der EG-Enquête Untersuchungen der Umweltbelastung und Umweltschädigung durch den Straßenverkehr in Stadtgebieten – Lärm und Abgase →), Düsseldorf 1974, S. 16 ff.

II. Das Modell

Ridker bzw. *Lave/Seskin*⁷⁾, deren Arbeiten für die vorliegende Fragestellung nach wie vor Bestand haben, hatten für die USA aus umfangreichen epidemiologischen Untersuchungen über Erkrankungen der Atmungsorgane die Hypothese abgeleitet, 20% (*Ridker*) bzw. 50% (*Lave/Seskin*) dieser Erkrankungen seien auf die globale Luftverunreinigung aus SO₂ sowie Rauch- und Schwebeteilchen (Staub) zurückzuführen. Um den Effekt nicht zu überschätzen, wird die kleinere „Anteilshypothese“ von *Ridker* für die Bundesrepublik übernommen.

Dieser zunächst nur mengenmäßige Anteil läßt sich mit Hilfe der den Atmungsorganerkrankungen zurechenbaren vorübergehenden oder dauerhaften Arbeitsunfähigkeit in Kosten überführen. Hinzu kommen die anteiligen Kosten für medizinische Behandlung und Medikamente.

Bezieht man die Summe dieser Kosten auf die als Verursacher angesehenen Schadstoffemissionen SO₂ und Staub, die hierzu mit den aus ihren Grenzwerten abzuleitenden relativen Toxizitätsfaktoren⁸⁾ gewichtet bzw. „gleichnamig“ gemacht werden, erhält man einen Kostenbetrag pro gewichteter t Emission, den sogenannten Proportionalitätsfaktor.

Für die Übertragbarkeit dieses Vorgehens auf die Beurteilung der Kraftfahrzeugabgasemissionen wird zunächst unterstellt, daß, wenn ein ursächlicher Zusammenhang zwi-

7) *Ridker, R. G.*, Economic Cost of Air Pollution, Studies in Measurement, New York – London 1967; vgl. auch *Lave, L. B., Seskin, E. P.*, Air Pollution and Human Health, in: Science, Vol. 169 (1970), S. 723 ff.; vgl. auch RECAT-Report, Cumulative Regulatory Effects on the Cost of Automotive Transportation (RECAT) (= Final Report of the ad hoc Committee. Prepared for the Office of Science and Technology), o.O. 1972; Umweltbundesamt, Materialien zum Immissionschutzbericht 1977 der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag, Berlin 1977, S. 164; *Gabriel, H., Zimmermann, K.*, Strategien zur Regulierung von Automobilemissionen, ökonomische und technische Auswirkungen der Clean Air Act Amendments (USA) und des Benzinbleigesetzes (Bundesrepublik Deutschland), Meisenheim a. Glan 1978, S. 31 ff.

8) Ein Toxizitätsfaktor gibt an, um wieviel schädlicher ein Schadstoff, verglichen mit einem anderen anzusehen ist. Aus den Grenzwerten der TA-Luft für CO = 10 mg/m³ und beispielsweise NO₂ = 0,10 mg/m³ ergibt sich, daß NO₂ 100mal giftiger ist als CO. Vgl. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, TA-Luft (1. BImSchVwV), 1. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz vom 28. August 1974 (GMBL. S. 426). Die zugrundegelegten Grenzwerte der TA-Luft für CO, NO₂ sowie Ruß und Staub werden selbst dann als hinreichend angesehen, wenn Kombinationswirkungen berücksichtigt werden sollen. Vgl. Medizinisches Institut für Lufthygiene und Silikoseforschung der Universität Düsseldorf, Gutachtliche Stellungnahme zu Fragen der Luftreinhaltung (= Anhang zu: Umweltbundesamt (Hrsg.), Sachverständigenanhörung . . . a.a.O.), S. 259. Für SO₂ vgl. auch *Antweiler, H.* Grenzwertvorschlag für Schwefeldioxid, in: Umweltbundesamt (Hrsg.) Sachverständigenanhörung . . . a.a.O., S. 315. Dieser Wert ist etwas strenger als in der TA-Luft (= 0,14 mg/m³). Die TA-Luft enthält für die Gruppe CH keinen Grenzwert. Es wird deshalb ein amerikanischer Wert benutzt, der für die Gruppe der Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme von Methan angegeben ist. Vgl. Committee of Common Market Automobile Constructors (Hrsg.), Study on the evaluation of the cost / effectiveness ratio of anti-pollution systems installed on cars, 1975, S. 15 ff. und S. 31 ff. Da es sich um einen Kurzzeitgrenzwert handelt, ist die Toxizität am Kurzzeitgrenzwert für CO (30 mg/m³) gemessen worden. Für Blei vgl. *Pott, F. und Evers, U.*, Grenzwertvorschlag für Blei und Bleiverbindungen (berechnet als Pb), in: Umweltbundesamt (Hrsg.) Sachverständigenanhörung . . . a.a.O., S. 281.

schen globaler Luftverunreinigung – ohne räumliche Differenzierung – und den Atmungsorganerkrankungen besteht, ein solcher in gleichem Umfang auch für die lokal konzentriert auftretenden Schadstoffkomponenten angenommen werden kann. Die an sich naheliegende Vermutung, für diese räumlich begrenzte Immission gegenüber einer Globalverschmutzung höhere Erkrankungsanteile anzunehmen, ist gegenwärtig medizinisch noch nicht gesichert. Die Annahme wird aber gestützt durch den Beitrag der Kfz-Emissionen zur Immissionsbelastung in Stadtstraßen, der z. B. für Köln auf bis zu 94 – 99% für CO, 76 – 89% für CH und 83 – 93% für NO_x geschätzt wird⁹⁾. Der Zusammenhang rechtfertigt das weitere Vorgehen, den aus der globalen Hypothese ermittelten Schadensbetrag pro t Emission auf die Schadstoffemission des Kraftfahrzeugverkehrs anzuwenden. Die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Schadstoffe und damit ihre Bewertbarkeit mit dem aus SO₂- und Staubemission ermittelten Proportionalitätsfaktor wird dabei wieder mit Hilfe der Toxizitätsfaktoren hergestellt.

Schließlich können die ermittelten Kosten auf die insgesamt in der Bundesrepublik von Kraftfahrzeugimmissionen in genau definiertem Umfang betroffene Bevölkerung umgelegt werden, und man erhält einen Schadensbetrag pro Einwohner bzw. Einwohneräquivalent, der in die RAS-W-Bewertung konkreter Straßenbaualternativen eingehen kann.

III. Globale Luftverschmutzung und Atmungsorganerkrankungen in der Bundesrepublik in 1980

a) Gesamtemission

Der Indikator für die allgemeine Luftverunreinigung soll neben SO₂ und Staub in Anlehnung an *Dolgner/Schlipköter*¹⁰⁾ auch NO₂ enthalten. Die gegenläufige Mengenentwicklung (Staub stark zurückgehend, NO₂ stark ansteigend)¹¹⁾ und die gleiche Toxizität beider Schadstoffe lassen dies sinnvoll erscheinen. Für 1980 prognostiziert das Umweltbundesamt für die Bundesrepublik folgende Emissionsmengen:

4,1 Mio t SO₂
0,5 Mio t Staub
2,3 Mio t NO₂¹²⁾

Gewichtet mit den in Tabelle 1 aufgeführten Toxizitätsfaktoren sind dies 620,3 Mio t Emission.

9) *Becker, K., et al.*, Empfehlungen zur Schadstoffverminderung – Kraftfahrzeugabgase – (= Berichte 7/76, Umweltbundesamt (Hrsg.)), Berlin 1976, S. 29. Zu dieser Frage vgl. auch *Bruner, G.*, Die Belastung der Umwelt durch Kraftfahrzeugemissionen, in: Institut für Verkehrstechnik TU Wien (Hrsg.), Kolloquium aus Verkehrsplanung und Verkehrstechnik – Straßenverkehr und Umweltschutz am 1. Dez. 1978, Wien 1979, S. 25 ff.

10) *Dolgner, R., Schlipköter, H.-W.*, Untersuchungen an Erwachsenen und Schulkindern (= Anhang A 3 zum Luftreinhaltplan Ruhrgebiet Ost 1979 – 1983, im Auftrag des Ministers für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW), Düsseldorf 1978, S. 266.

11) Umweltbundesamt, Materialien . . . a.a.O., S. 13.

12) Ebenda, S. 13 ff.

Tabelle 1: Immissionsgrenzwerte und entsprechende Toxizitätsfaktoren (Vgl. Fußnote 8)

Schadstoff	Immissionsgrenzwert in mg/m ³		Toxizitätsfaktor
	Langzeit	Kurzzeit	
SO ₂	0,12	0,29	83
CO	10		1
CH			103
NO ₂	0,10		100
Staub/Ruß	0,10		100
Pb	0,001		10 000

b) Atmungsorganerkrankungen und ihre ökonomischen Folgen

Geeignete Mengengrößen als Ausgangspunkt für die ökonomische Bewertung der hier interessierenden Gesundheitsschäden sind Daten über die vorübergehende oder dauernde Arbeitszeiteinbuße infolge von Erkrankungen der Atmungsorgane (erfaßt werden bösartige Neubildungen der Atmungsorgane, Asthma-Bronchiale und übrige Erkrankungen der Atmungsorgane außer Tbc) und die im Zusammenhang damit stehende Inanspruchnahme von medizinischen Leistungen und Hilfsmitteln. Es wird ein Mengengerüst aus ausgefallenen Arbeitstagen, aus Krankheitstagen, Krankenhaustagen, ambulanten Behandlungsfällen und Teildauerinvalidität infolge der genannten Krankheiten aufgestellt.

Die entsprechende Mortalität wird – logisch unbefriedigend – nicht berücksichtigt, weil das Durchschnittsalter der an den hier behandelten Krankheitsarten Verstorbenen jenseits des üblichen Rentenalters von 65 Jahren liegt¹³⁾ und die ökonomische Bewertung gerade dieses Altersbereichs noch immer heftig umstritten ist.

Für die Erfassung der vorübergehenden Arbeitsunfähigkeit liegt die Statistik der gesetzlichen Krankenkassen über Arbeitsunfähigkeitsfälle und -tage nach Krankheitsarten vor¹⁴⁾. Die letzte zur Verfügung stehende Ausgabe enthält Zahlenmaterial nur bis 1969. Die Auffassung des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung, daß Daten und Struktur dieser Statistik langfristig konstant sind und somit eine Aktualisierung nur noch in sehr großen Zeitabständen notwendig erscheint, wurde an entsprechend neuem Zahlenmaterial des Bundesverbandes der Allgemeinen Ortskrankenkassen überprüft. Sie hat sich im wesentlichen bestätigt. Zwar weisen die Zahlen über Krankheitsfälle und -tage je nach Krankheitsart und Betroffenengruppe im Zeitverlauf leichte Schwankungen auf, ein Trend nach oben oder unten ist aber nicht zu erkennen. Die Daten der 73er Statistik werden deshalb für 1980 unverändert herangezogen.

13) Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland (Verschiedene Jahrgänge).

14) Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), Statistik der gesetzlichen Krankenkassen über Arbeitsunfähigkeitsfälle und -tage nach Krankheitsarten (verschiedene Jahrgänge). Zu den Einzelheiten dieser Statistik vgl. Marburger, E. A., Zur direkten Bewertung volkswirtschaftlicher Zusatzkosten in Form gesundheitlicher Schäden durch Abgasimmissionen des Straßenverkehrs, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 48. Jg. (1977), S. 199 ff.

Zur Erfassung der dauernden Erwerbszeiteinbußen in Form von Berufs- und Erwerbsunfähigkeit steht gut gegliedertes Zahlenmaterial über den jährlichen Rentenzugang infolge bestimmter Krankheiten zur Verfügung¹⁵⁾. Auch hier kann auf die langfristige relative Konstanz der Daten verwiesen werden, die für 1980 die Verwendung der gegenwärtig bis 1977 vorliegenden Zahlen gestattet.

Das Mengengerüst aus Arbeitsunfähigkeits- und Krankenhaustagen, aus Krankheitsfällen (für die zusätzliche Berücksichtigung der Kosten für ambulante Behandlung) sowie aus Berufs- und Erwerbsunfähigkeitsrenten für 1980 ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Vorübergehende und dauernde Arbeitsunfähigkeit sowie Krankheitsfälle

Krankheitsart	Arbeitsunfähigkeitstage in Mio	Krankenhaustage in Mio	Krankheitsfälle in Mio	Rentenzugang wegen	
				Berufsunfähigkeit	Erwerbsunfähigkeit
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	0,5	0,8	0,02	140	2 041
Asthma Bronchiale	1,2	0,9	0,05	201	1 401
Übrige Atmungsorganerkrankungen (ohne Tbc)	54,1	10,3	4,2	1 486	10 886

Bewertet werden die Arbeitsunfähigkeitstage mit dem Nettosozialprodukt zu Faktorkosten (=Volkseinkommen) je durchschnittlich Erwerbstätigen und Arbeitstag. Es wird für 1980 auf 221,- DM geschätzt¹⁶⁾.

Bewertungsfaktor für die Krankenhaustage ist der Tagespflegesatz der allgemeinen Pflegeklasse. Nach Auskunft der Kassenärztlichen Bundesvereinigung und des Verbandes der Privaten Krankenversicherungen vom Juli 1979 kann für 1980 mit etwa 170,- DM gerechnet werden (Bewertungsergebnis siehe Tab. 3).

Für die Kosten der ambulanten Behandlung werden pro Krankheitsfall die „liquidationsfähigen Arztkosten eines ambulanten Falles pro Quartal“ angesetzt. Sie betragen nach Auskunft der Kassenärztlichen Bundesvereinigung im Juli 1979 52,- DM. Mit den Kosten für Medikamente und andere Heilmittel während der ambulanten Behandlung ergibt dies Kosten in Höhe von 92,- DM (Bewertungsergebnis siehe Tab. 3).

15) Verband Deutscher Rentenversicherungsträger (Hrsg.), Der Rentenzugang und der Rentenwegfall im Jahre 1977, Frankfurt/M 1978.

16) Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1978, S. 523. Vgl. auch Institut der Deutschen Wirtschaft (Hrsg.), Zahlen zur wirtschaftlichen Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland, Ausgabe 1979, S. 19. Für das Volkseinkommen je durchschnittlich Beschäftigten wird für die Jahre 1977 bis 1980 eine jährliche Steigerung von 6,3 % angenommen.

Schließlich werden die dauernden ökonomischen Lasten durch vorzeitige Berufs- und Erwerbsunfähigkeit vom Rentenbeginn bis zum normalen Ruhestandsalter (Männer 65 J., Frauen 60 J.) erfaßt. Bewertungsfaktor ist auch hier das mit einer jährlichen Steigerung von 6,3 % prognostizierte, auf 1980 mit 3,5 % diskontierte Volkseinkommen je durchschnittlich Beschäftigten. Das Volkseinkommen je Beschäftigten ist einer Bewertung mit den gezahlten Renten vorzuziehen, weil sich Renten anteilig aus früherem Konsumverzicht durch Beitragszahlung und aus verschiedenen anderen Umverteilungskomponenten zusammensetzen, hier jedoch die Abschätzung des realen volkswirtschaftlichen Verlustes angestrebt wird. Die ermittelten Kostenbeträge der Renten werden voll dem Jahr des Rentenbeginns (1980) zugerechnet. Dagegen kann eingewendet werden, daß Berufs- und Erwerbsunfähigkeit Ergebnis eines kumulativen Erkrankungsprozesses sind und schon in früheren Jahren teilweise verursacht wurden. Dies wird bei längerfristiger Betrachtung jedoch dadurch ausgeglichen, daß späteren Jahren auch kein Rentenanteil aus dem Bezugsjahr 1980 zugerechnet wird.

Tabelle 3: *Summe der Kosten nach Kostenarten und Krankheitsarten in der Bundesrepublik Deutschland für 1980 in Mio DM*

Krankheitsart	Arbeitsunfähigkeit	Kosten für stationäre Behandlung	Kosten für ambulante Behandlung	Berufsunfähigkeitsrenten	Erwerbsunfähigkeitsrenten	Summe
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	110,5	136,0	1,8	47,5	1 056,6	
Asthma Bronchiale	265,2	153,0	4,6	86,5	587,8	
Übrige Atmungsorganerkrankungen (ohne Tbc)	11 956,1	1 751,0	386,4	241,9	5 932,0	
S u m m e	12 331,8	2 040,0	392,8	375,9	7 576,4	22 716,9

Die Bewertung berücksichtigt, daß Berufsunfähigkeit maximal 49 %ige und Erwerbsunfähigkeit maximal 20 %ige Beschäftigung bzw. entsprechenden Produktionsausfall bedeuten. Über den tatsächlichen Beschäftigungsgrad der Berufs- und Erwerbsunfähigen liegen keine Daten vor. Es wird unterstellt, daß es die Erwerbsunfähigen in der Regel schwer haben werden, eine Beschäftigung zu finden. Die Erwerbsunfähigkeit wird deshalb als vollständiger Produktionsausfall bewertet. Demgegenüber wird bei der Berufsunfähigkeit ein durchschnittlicher Beschäftigungsgrad von 30 % und damit eine ökonomische Einbuße von 70 % unterstellt (Bewertungsergebnis siehe Tab. 3).

Ridker hatte 20 % der Kosten der globalen Luftverschmutzung zugerechnet, im vorliegenden Fall sind das 4.543 Mill. DM. Bezieht man diesen Betrag auf die geschätzte Globalemission von 620,3 Mill. t pro Jahr, ergibt sich für die Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1980 ein Schadensbetrag pro t gewichteter Emission (= Proportionalitätsfaktor) von 7,30 DM. Mit diesem Betrag kann die Kfz-Luftverunreinigung später bewertet werden.

IV. Ermittlung der Innerorts-Kfz-Abgasemissionen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1980

Um die Beeinträchtigung der Bevölkerung durch Automobilabgase nicht zu überschätzen, werden im folgenden ausschließlich die Emissionen des Innerortsverkehrs betrachtet. Sie müssen als Produkt aus Innerortsfahrleistung und spezifischer Emission (Emission pro Fahrzeugkilometer) errechnet werden.

a) Fahrleistung

Die Schwierigkeiten der Fahrleistungsermittlung sind bekannt¹⁷⁾. Für die vorliegende Untersuchung wird mit den DIW-Zahlen für 1977 gerechnet. Hier ergab die Schätzung 97,1 Mrd Fahrzeugkilometer innerorts¹⁸⁾.

Wegen des unterschiedlichen Emissionsverhaltens der Fahrzeugarten (Lkw, Pkw) werden diese Fahrleistungen zunächst nach den Anteilen der Fahrzeuggruppen an den Gesamtfahrleistungen aufgeteilt. Es entfallen dann auf

- Pkw 85,5 Mrd Innerortskilometer und auf
- Lkw, Busse, Sattelzüge und Zugmaschinen 9,5 Mrd Innerortskilometer.

Der Rest von 2 Mrd km stammt von motorisierten Zweirädern und bleibt unberücksichtigt.

b) Verteilung der Innerortsfahrleistungen auf die Fahrmodi

Die spezifische Abgasemission hängt außer von der Fahrzeugart auch vom jeweiligen Fahrzustand des Fahrzeugs ab (Stand, Beschleunigung, konstante Geschwindigkeit, Verzögerung). Die Anteile dieser Fahrzustände variieren gerade im Innerortsverkehr sehr stark. Zur Einschränkung und Erfassung der möglichen Vielfalt dieser Fahrzeugparameter sind vom TÜV Rheinland e. V. sogenannte Fahrzyklen bzw. Fahrmodi (insgesamt 7) definiert worden¹⁹⁾, die die relativen Anteile der Fahrzustände an einer Fahrstrecke möglichst

17) Bauer, R., et al., Fahrleistungen im Straßenverkehr, Datenbedarf, Erhebungsmethoden und Realisierungsempfehlungen zu Fahr- und Verkehrsleistungsstatistiken (= Projektgruppenbericht „Fahrleistungen im Straßenverkehr“, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Bereich Straßenverkehrstechnik, Köln 1978.

18) Der Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 1978, S. 124. Auf eine Prognose soll aus naheliegenden Gründen verzichtet werden, die Zahlen werden auch für 1980 angenommen.

19) TÜV-Akademie Rheinland (Hrsg.), Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen und ihre Bedeutung für die Luftreinhaltung, Kolloquium des Technischen Überwachungsvereins Rheinland e. V. am 23. 7. 1970 (= Schriftenreihe für Sicherheit und Wirtschaftlichkeit in der Industrie, Heft 2), Köln 1971.

genau bestimmen und durch eine mittlere Fahrgeschwindigkeit gekennzeichnet sind. Sie gelten für den gesamten Verkehr im Citybereich, auf den Umgehungsstraßen und in den Stadtrandbereichen²⁰⁾.

Die Verteilung der Innerortsfahrleistungen auf diese Modi ist bei der Erstellung von Luftreinhalteplänen für drei Gebiete in NRW ermittelt worden²¹⁾.

Mit den aus den drei Verteilungen errechneten Mittelwerten können nun angenähert auch die Innerortsfahrleistungen der Bundesrepublik anteilig den Fahrmodi zugeordnet werden (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Anteil der Fahrmodi an den Innerortsfahrleistungen

Modus	mittlere Geschwindigkeit in km/h	P k w		L k w	
		Anteil in %	Fahrleistung in Mrd km	Anteil in %	Fahrleistung in Mrd km
0	19,5	3,4	2,9	1,9	0,2
1	100 konstant	24,9	21,3	40,6	3,9
2	60	12,0	10,3	12,1	1,1
3	42,5	34,5	29,5	30,7	2,9
4	26,0	24,6	21,5	14,4	1,4
5	13,5	0,5	—	0,3	—
6	6	0,1	—	—	—
Sa.	—	100	85,5	100	9,5

c) Ermittlung der Innerorts-Kfz-Emission

Die in Tabelle 3 aufgeführten Fahrleistungen müssen mit dem für den jeweiligen Modus gültigen spezifischen Emissionsfaktor multipliziert werden. Solche Emissionsfaktoren, die angeben, wieviel Abgas ein Fahrzeug pro Bezugseinheit (im vorliegenden Fall ist der Fahrzeugkilometer die geeignete Bezugsgröße) bei einem bestimmten Fahrmodus emittiert, sind vom TÜV Rheinland zunächst für einen Querschnitt der im Verkehr befindlichen

20) Technischer Überwachungsverein Rheinland e. V., Das Emissionsverhalten von Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1975 (= Berichte 3/78 des Umweltbundesamtes (Hrsg.), S. 10.

21) Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW (Hrsg.), Luftreinhalteplan Rheinschiene Süd – (Köln) 1977 – 1981, Köln 1977, Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West 1978 – 1982, Düsseldorf 1977, Luftreinhalteplan Ruhrgebiet Ost 1979 – 1983, Düsseldorf 1979.

Pkw-Population der Bundesrepublik für 1970 ermittelt worden²²⁾. Im Auftrag des Umweltbundesamtes wurden diese Faktoren für einen 1975er repräsentativen Fahrzeugquerschnitt aktualisiert²³⁾ und darüber hinaus unter Berücksichtigung bestehender und noch zu erwartender gesetzlicher Abgasvorschriften für einige Zieljahre (1981, 1982, 1987) prognostiziert²⁴⁾. Im folgenden werden die Faktoren für 1981 benutzt.

Wendet man diese für die einzelnen Fahrmodi spezifischen Emissionsfaktoren auf die Pkw- und Lkw-Innerortsfahrleistungen an, ergeben sich für 1980 in der Bundesrepublik Deutschland folgende Emissionsmengen in Tonnen

CO	=	1.583.390
SO ₂	=	16.190
NO _x	=	211.954
CH	=	182.231
Pb	=	1.254
Ruß	=	4.478

Um diese Emissionen später mit dem Proportionalitätsfaktor (7,30 DM je t) bewerten zu können, sind sie analog Kap. II(a) mit ihren relativen Toxizitäten zu gewichten. Es errechnet sich eine Gesamtemission für 1980 von

55.880.153 t.

V. Bewertung der Emission und Zurechnung des Schadens auf die betroffene Bevölkerung

Auf die „gleichnamig“ gemachte Gesamtemission kann jetzt der Proportionalitätsfaktor angewendet werden. Es ergibt sich ein volkswirtschaftlicher Schaden durch Kfz-Abgasimmissionen pro Jahr in Höhe von 409,4 Mio DM. Dieser Betrag ist auf die betroffene Bevölkerung umzulegen. Der Umfang der durch Kfz-Schadstoffimmissionen Betroffenen wird mit Hilfe der Zahl der Einwohner bestimmt, die einer CO-Immission ausgesetzt sind, die größer ist als der halbe Langzeitimmissionsgrenzwert der TA-Luft²⁵⁾. Bewertet werden – wie schon erwähnt – aber auch die übrigen Schadstoffkomponenten des Kfz-Verkehrs. Wegen der unterschiedlichen Belastung werden die Personen in sogenannte Einwohnergleichwerte umgerechnet, wobei ein Einwohnergleichwert als ein mit dem vollen Immissionsgrenzwert belasteter Einwohner definiert ist. Es ergeben sich nach diesem Kriterium für die Bundesrepublik insgesamt rd. 5 Mio Einwohner-Gleichwerte²⁶⁾.

22) TÜV-Akademie Rheinland (Hrsg.), Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen . . . , a.a.O. Vgl. auch TÜV-Rheinland e. V., Analyse der Zusammenhänge zwischen Verkehrsaufkommen, Verkehrszusammensetzung und Umfang der Abgasbelastung (= Teilstudie II. 1.1 der EG-Enquête, Untersuchung der Umweltbelastung und Umweltschädigung durch den Straßenverkehr in Stadtgebieten – Lärm und Abgase –), Düsseldorf 1974.

23) Ders., Das Emissionsverhalten von Personenkraftwagen . . . , a.a.O.

24) Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes NRW (Hrsg.), Luftreinhalteplan Ruhrgebiet Ost . . . , a.a.O., S. 247 ff., Luftreinhalteplan Ruhrgebiet West . . . , a.a.O., S. 316.

25) Dieser Wert basiert auf einer Schätzung von Glück, K.

26) Ebenda.

Pro Einwohner-Gleichwert bedeutet das einen jährlichen Schadensbetrag durch Kfz-Abgasimmissionen von rd. 80,- DM.

Damit ist ein Bewertungsfaktor gefunden, der für die Beurteilung der Kfz-Abgasimmission in einem konkreten Planungsfall herangezogen werden kann.

VI. Schlußbemerkungen

Das vorgestellte Verfahren hat seine Grenzen, dennoch:

- Die Forderung nach quantitativer und wertmäßiger Berücksichtigung der Abgasimmission bei straßenbaulichen Maßnahmen ist unabweisbar, nicht zuletzt vor dem Hintergrund sinnvollen gesamtwirtschaftlichen Ressourceneinsatzes.
- Das größte Fragezeichen ist sicher am unterstellten Verursachungsanteil der Luftverunreinigung an bestimmten Erkrankungen zu machen. Hier wurde deshalb bewußt nur die vorsichtige Variante von *Ridker* (20%) benutzt. Daß fühlbare Beeinträchtigungen zu erwarten sind, ist wahrscheinlich, die für alle Schadstoffe vorliegenden Grenzwerte machen dies deutlich. Sie werden zwar mit wenigen Ausnahmen (z. B. CO) immer wieder diskutiert, aber doch in einer Größenordnung, die weit entfernt ist von der tödlichen Dosis.

Summary

Starting from epidemiologically deduced results with respect to the quantitative relationship between overall air pollution and certain respiratory diseases, attempts are made at determining impairments of health due to the effects of motor vehicle pollutants. As an indicator for the number of persons affected by motor vehicle pollutants inside urban areas in the Federal Republic of Germany, the number of "urban inhabitants" are used who are subject to CO pollution exceeding half the long-term limit for CO (TA atmosphere). Data with respect to temporary and permanent inability to work on account of respiratory diseases are evaluated and supplemented by the costs of hospital and general medical treatment.

Résumé

En partant des résultats déduits épidémiologiquement quant à la relation quantitative entre la pollution atmosphérique considérée globalement et certaines affections des voies respiratoires, on tente de déterminer les atteintes à la santé imputables aux polluants émis par les véhicules automobiles. Comme indicateur de l'importance de la population touchée en République Fédérale d'Allemagne, on prend le nombre des "habitants d'agglomération" exposés à un niveau de CO supérieur à la valeur limite de longue durée pour le CO (TA - atmosphère). On évalue ensuite une trame de données relative aux incapacités de travail temporaires ou de longue durée dues à des affections des voies respiratoires et on la complète par les coûts de traitement avec et sans hospitalisation.

Zur Diskussion des „Verkehrsleistungs“-Begriffs

VON DR. THIES CLAUSSEN, MÜNCHEN

Die betriebswirtschaftliche Behandlung verkehrswirtschaftlicher Tatbestände und Probleme kann als unbefriedigend bezeichnet werden. Während zum Beispiel die Industrie-, Handels-, Bank- oder Versicherungsbetriebslehren relativ weit entwickelte Forschungs- und Lehrsysteme darstellen, weist die Verkehrsbetriebslehre einen deutlichen Entwicklungsrückstand auf¹⁾.

Wichtig für eine Weiterführung der verkehrsbetrieblichen Fragestellungen ist eine genaue Analyse der „Produkte“, d. h. der Leistungen des Verkehrsbetriebes. Auf die Erstellung und die Verwertung von Verkehrsleistungen konzentrieren sich die Arbeitsprozesse und die unternehmerischen Entscheidungen im Verkehrsbetrieb.

Die Leistung eines Verkehrsbetriebes ist eine komplexe Erscheinung. Um das Phänomen der Verkehrsleistung gedanklich erfassbar und darstellbar zu machen, muß die Verkehrsleistung unter mehreren Aspekten untersucht werden²⁾. Zunächst erscheint eine Systematisierung der verkehrlichen Produktionsfaktoren (1) notwendig. In einem zweiten Schritt werden die Teilfunktionen und die Teilprozesse (2) der Verkehrsleistung behandelt. Hieran schließt sich die Analyse der Verkehrsleistung als Leistungsergebnis und Leistungsprozeß (3), als Marktleistung und Betriebsleistung (4) und als Gelegenheits- und Linienverkehrsleistung (5) an. Zum Abschluß sollen drei spezifische, für die Verkehrspraxis relevante Kennzeichen (6) der Verkehrsleistung untersucht werden, in denen Transportprozesse Unterschiede zu industriellen Produktionsprozessen aufweisen.

1. Verkehrliche Produktionsfaktoren

Die Verkehrsleistung knüpft nach *Diederich* an den Tatbestand an, daß sich jeder körperliche Gegenstand zu jedem Zeitpunkt an einem konkreten Aufenthaltsort befindet, dieser Aufenthaltsort aber nicht immer mit dem erwünschten oder dem geplanten Aufenthaltsort dieses Gegenstandes übereinstimmt³⁾. Um aber Personen, Güter oder Nachrichten

Anschrift des Verfassers:

Dr. Thies Claussen
Hochschule der Bundeswehr München
Fachbereich Wirtschafts- und
Organisationswissenschaften
D-8014 Neubiberg

- 1) Vgl. in diesem Zusammenhang auch: *Diederich, H.*, Verkehrsbetriebslehre, Wiesbaden 1977, S. 3 und S. 15 ff.; sowie: *Riebel, P.*, Lage und Forschungsaufgaben der Verkehrsbetriebslehre, in: *Internationales Verkehrswesen*, 27. Jg. (1975), S. 67 ff.
- 2) Vgl. zur Behandlung der Verkehrsleistung auch: *Claussen, T.*, Grundlagen der Güterverkehrsökonomie, Hamburg 1979, S. 101 ff.
- 3) Vgl. *Diederich, H.*, Zur Theorie des Verkehrsbetriebes, in: *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 36. Jg. (1966), 1. Ergänzungsheft, S. 38.

b.v.a.a