

sowie

der Bedeutung der Meßtechnik im Eisenbahnbetrieb (H. W. Frerke).

Auch der vorliegende Band des Jahrbuchs gewährt dem Leser mit der Rubrik »Weite Welt der Eisenbahn« einen Einblick in das Eisenbahnwesen anderer Länder: Ausführungen über die Finnischen Staatsbahnen (S. Werner), die Schweizer Jungfraubahn (R. Hirni) sowie ein Überblick über 150 Jahre Eisenbahn in England (H. Calmbach) regen zu zahlreichen Vergleichen mit dem deutschen Eisenbahnwesen an.

Zum Abschluß des Jahrbuchs informiert wiederum die »Chronik des Eisenbahnwesens 1974/75«, von H. G. Sparkuhle in bewährter Weise verfaßt, über die wesentlichen Neuerungen im Schienenverkehr aller Erdteile sowie über Neuentwicklungen von Fahrzeugen und Geräten.

Aufgrund der Themenvielfalt dürfte damit auch die 26. Folge des Jahrbuchs für das Eisenbahnwesen einem breiten Fachpublikum Lese- und Informationsstoff bieten.

Dr. Q. Faludi, Neuss

**Korp, Dieter, Protokoll einer Erfindung: Der Wankelmotor, 222 Seiten, 182 Abbildungen, Leinen, glanzfolienkaschierter Schutzumschlag, Motorbuch Verlag, Stuttgart 1976, DM 48,-.**

Der Wankelmotor ist, wie viele Innovationen, umstritten. Es dürfte aber eine ausgesprochene Seltenheit sein, wenn die schwankende Beurteilung einer Erfindung in den Augen der interessierten Öffentlichkeit tagtäglich ablesbar ist: Der in jüngster Zeit drastisch gesunkene Bör-

senkurs der Audi-NSU-Genußscheine, deren Besitzer an den Einnahmen aus Lizenzverkauf und Lizenznachbauten des Wankelmotors partizipieren, belegt die nach jahrelanger Euphorie eingelehrte Ermüchterung.

Korp zeichnet mit bewundernswertem, klarem Stil die Entwicklungsgeschichte und bisherigen Verwendungen des Kreiskolbenmotors nach. Seine reichlich bebilderte, authentische Untersuchung liest sich dabei streckenweise, wenn es um die gewaltigen Konstruktionsprobleme und die Bemühungen um den Lizenzschutz geht, wie ein Roman. Es ehrt den Autor, daß er nicht nur eine Jubel-Darstellung des Kreiskolbenmotors gibt. Vielmehr werden die Vor- und Nachteile des neuen Konstruktionsprinzips im Vergleich zum Hubkolbenmotor nüchtern aufgezeigt und bewertet. Bei den kritischen Punkten Treibstoffverbrauch und Herstellungskosten, wo die Probleme ursprünglich drastisch verkannt wurden, zeigt Korp allerdings nach dem Motto »dem Ingenieur ist nichts zu schwör« einen nicht ganz überzeugenden Optimismus.

So erstaunt dann auch nicht sein etwas resignierendes Fazit, Kosten-Nutzen-Überlegungen würden u.a. den Erfolg des doch so prächtigen Kreiskolbenmotors verhindern. Vor die Wahl gestellt, den Wankelmotor oder die Ökonomen abzuschaffen, scheint der Ingenieur Korp – allen interdisziplinären Verständigungsversuchen zum Trotz – die zweite Alternative vorzuziehen.

Dennoch kann man all jenen, die ebenfalls der Meinung sind, daß Verkehrswissenschaft nicht ohne das Verständnis technischer Rahmendaten und Entwicklungslinien betrieben werden sollte, das Buch von Korp wärmstens empfehlen.

Dr. K.-H. Lindenlaub, Köln

V. 88-6  
V. St. a

## Zur direkten Bewertung volkswirtschaftlicher Zusatzkosten in Form gesundheitlicher Schäden durch Abgasimmissionen des Straßenverkehrs

VON DR. RER. POL. ERNST-ALBRECHT MARBURGER, KÖLN

### I. Einleitung

Planung und Ausbau der städtischen Verkehrsinfrastruktur müssen in verstärktem Maße neben den üblichen Faktoren auch die möglichen Veränderungen der Umweltbelastung – unter anderem durch Automobilabgase – berücksichtigen. Sofern solche Effekte in Nutzen-Kosten-Untersuchungen einfließen sollen<sup>1)</sup>, sind sie quantitativ zu erfassen und zu bewerten. Der Problemstellung völlig entsprechen würde ein Bewertungsansatz, der den durch die Immission bewirkten Belastungssachverhalt direkt als monetär quantifizierte Schäden erfaßt<sup>2)</sup>.

Modellhaft hat diese Vorgehensweise Ridker<sup>3)</sup> mit seiner »damage function« zu beschreiben versucht:

$$D_i = f_i(\text{CO, CH, NO}_x, \text{Pb, Synergismen} \dots),$$

wobei  $i$  die Art des Schadens angibt und  $D_i$  als mengenmäßiger, physischer Schaden pro Geschädigten (z. B. in Form von Erwerbsunfähigkeitszeiten) verstanden wird. Für die Spezifizierung dieser Mengenfunktion freilich bestehen erhebliche Schwierigkeiten. Die direkte Vorgehensweise setzt nämlich einen eindeutig festgestellten Ursache-Wirkung-Zusammenhang zwischen dem umweltbelastenden Faktor und dem eingetretenen Schaden voraus. Hier bestehen nach allgemeiner Auffassung auch weiterhin erhebliche Erkenntnislücken<sup>4)</sup>, beispielsweise hinsichtlich synergistischer Effekte und der Toxizität

Anschrift des Verfassers:

Dr. rer.-pol. Ernst-Albrecht Marburger  
Escher Straße 227  
5000 Köln 60

<sup>1)</sup> Zu Begriff und gesetzlicher Institutionalisierung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen vgl. BHO § 7, Abs. 2 und HGrG § 6, Abs. 2 sowie die vorläufigen Verwaltungsvorschriften zu § 7, Abs. 2 der BHO des Bundesministers der Finanzen vom 21. Mai 1973 und die dazu erlassenen Erläuterungen zur Durchführung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen, in: Ministerialblatt des Bundesministers der Finanzen und des Bundesministers für Wirtschaft, 24. Jg. (1973) Nr. 13; vgl. auch Hesse, H., Die Kostenwirksamkeitsanalyse, in: Verwaltung und Fortbildung (= Schriften der Bundesakademie für öffentliche Verwaltung, Nr. 3), 1975 sowie Fischer, L., Die kombinierte Anwendung von Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) und Kosten-Wirksamkeitsanalyse (KWA) als Instrument zur Beurteilung von Investitionsmaßnahmen nach § 7, Abs. 2 Bundeshaushaltsordnung, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 47. Jg. (1976), S. 78 ff.

<sup>2)</sup> Vgl. Willeke, R. und Kentner, W., Die Kosten der Umweltbelastung durch den Verkehrslärm in Stadtgebieten (= Buchreihe des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, Nr. 31), Bentheim 1975, S. 28.

<sup>3)</sup> Vgl. Ridker, R. G., Economic Cost of Air Pollution, Studies in Measurement, New York-London 1967.

<sup>4)</sup> Vgl. Rümmler, Zusammensetzung und Wirkungen verkehrsbedingter Immissionen, Zahlen, Daten und Fakten. Eine Zusammenstellung aus der Literatur und den ersten Ergebnissen aus laufenden Forschungsvorhaben, unveröffentlichtes Vortragsmanuskript vom 23. 12. 1976. Vgl. auch die Zusammenfassung einer Arbeit von Högger, D., Effects of vehicle exhaust gases on human beings, animals and

der einzelnen Schadstoffe unter zeitlichem Aspekt (Kurz- und Langzeitwirkung), ganz abgesehen vom Problem eines operationalen Gesundheitsbegriffs.

Wären diese Schwierigkeiten zu beseitigen, könnte die gewonnene quantitative Schadensfunktion mit Hilfe geeigneter monetärer Bewertungsfaktoren ( $C_i$ ) in eine Kostenfunktion der Form:

$$K = \sum_{i=1}^n D_i \cdot C_i$$

überführt werden.

Dieses von vielen Verfassern nur für sehr schwer überwindbar gehaltene Problem, das noch um meßtechnische Schwierigkeiten ergänzt werden könnte<sup>5)</sup>, hat dazu geführt, daß eine ökonomische Bewertung von Umweltbelastungen durch den Straßenverkehr bislang vorwiegend an den Kosten für Vermeidungsmaßnahmen anknüpft<sup>6)</sup>.

Im folgenden soll in methodischer Analogie zu amerikanischen Untersuchungen<sup>7)</sup> eine direkte monetäre Bewertung der gesundheitlichen Schäden durch Kfz-Abgasimmissionen für konkrete Stadtstraßensituationen versucht werden<sup>8)</sup>.

## II. Methode, Mengengerüst und Bewertungsfaktoren

### 1. Das Modell

Ausgangspunkt sind die schon zitierten Arbeiten von *Ridker*. Er hatte die ökonomischen Folgen der Erkrankungen der Atmungsorgane für die USA im Jahre 1958 auf etwa 2 Mrd. Dollar geschätzt<sup>9)</sup>. Die Schäden wurden dabei mit Hilfe des Ertragswertprinzips (Schätzung des potentiellen Sozialproduktbeitrags des Geschädigten) geschätzt und um medizinische Behandlungskosten ergänzt. Aus umfangreichen epidemiologischen Regressionsanalysen über Stadt-Land-Vergleiche von Lungenkrebstodesfällen und Todesfällen durch andere Atmungsorganerkrankungen leitete *Ridker* die Hypothese ab, daß etwa

clans, in: Study on the evaluation of the cost/effectiveness ratio of anti pollution systems installed on cars, ed. by Committee of Common Market Automobile Constructors (CCMC) 1975, S. 15 ff. und die Zusammenfassung einer Arbeit von *Lahmann, E.*, Damage cost by pollution of the atmosphere from motor vehicle, in: Study on the Evaluation . . . a.a.O., S. 31 ff.

<sup>5)</sup> Beispielsweise steht immer noch aus, die im Abgas enthaltenen vielfältigen Kohlenwasserstoffe mit unterschiedlichen Giftigkeiten im einzelnen zu erfassen.

<sup>6)</sup> Vgl. *Kentner, W.*, Planung und Auslastung der Verkehrsinfrastruktur in Ballungsräumen (= Buchreihe des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, Nr. 29), Düsseldorf 1972; *Willeke, R.* und *Kentner, W.*, Die Kosten der Umweltbelastung . . . , a.a.O.; *Marburger E. A.*, Die ökonomische Beurteilung der städtischen Umweltbelastung durch Automobilabgase – Methoden und Quantifizierungsversuche (= Buchreihe des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, Nr. 30), Düsseldorf 1975; Anleitung für die standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des ÖPNV und Hinweise zum Rahmenvertrag (= Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 51), Bonn-Bad Godesberg 1976.

<sup>7)</sup> 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. 28. 2. 1972.

<sup>8)</sup> Der Ansatz wurde zuerst in einem Gutachten für den Bundesminister für Verkehr aufgegriffen. Vgl. dazu *Willeke, R.*, *Marburger, E. A.*, *Herion, E.*, Die Berücksichtigung von Umweltbelastungen bei der Planung städtischer Verkehrsinvestitionen mit Hilfe von Kosten-Nutzen-Analysen und Kosten-Wirksamkeitsanalysen, unveröffentlichtes Gutachten 1974. Der vorliegende Beitrag versucht eine anwendungsbezogene Weiterentwicklung der Methodik und eine Aktualisierung des Datenmaterials.

<sup>9)</sup> Die in diesem Kapitel angegebenen Zahlenwerte dienen nur der Verdeutlichung des Rechengangs. Es werden später entsprechend aktualisierte Werte für die Bundesrepublik Deutschland ermittelt.

20% dieses Schadens (400 Mio. Dollar) der Luftverunreinigung in Form von  $SO_2$  sowie Rauch- und Schwebeteilchen zuzuschreiben seien.

*Lave/Seskin*<sup>10)</sup> knüpfen methodisch an die Arbeiten von *Ridker* (epidemiologische Regressionsanalyse) an, schreiben von den gleichen Krankheiten der Luftverschmutzung allerdings 50% zu und machen diese darüber hinaus für 15% der übrigen Krebserkrankungen verantwortlich. Für die USA errechnet sich unter diesen Voraussetzungen für 1963 ein ökonomischer Schadensbetrag durch die globale Luftverschmutzung ( $SO_2$ , Staub) in Höhe von 4,16 Mrd. Dollar<sup>11)</sup>.

Dieser Betrag entspricht 0,7% des 1963er Bruttosozialprodukts der Vereinigten Staaten. Bei gleichem relativem Anteil am Bruttosozialprodukt würde das für 1968 Gesundheitsschäden durch  $SO_2$  und Staub/Schwebeteilchen in Höhe von 6,06 Mrd. Dollar bedeuten<sup>12)</sup>. Für die weiteren methodischen Überlegungen liegt damit eine Schlüsselgröße vor, über deren Bezug zur betrachteten Gesamtemission eine Bewertung der hier interessierenden straßenverkehrsspezifischen Schadstoffe  $CO$ ,  $CH$  und  $NO_x$ <sup>13)</sup> und in geringem Umfang auch  $SO_2$  möglich wird und zwar mit Hilfe sogenannter relativer Toxizitätsfaktoren, die die unterschiedliche Schädlichkeit der Einzelkomponenten angeben. Diese Faktoren weisen auch heute noch erhebliche Spannweiten auf<sup>14)</sup>. Für den vorliegenden Beitrag sollen die Toxizitätsfaktoren benutzt werden, die sich aus dem Verhältnis der Kurzzeimmissionsgrenzwerte der Schadstoffe zueinander ermitteln lassen, wie sie gegenwärtig in der Bundesrepublik angewendet werden und in der TA-Luft<sup>15)</sup> festgelegt sind. Für die Kohlenwasserstoffe wird ein amerikanischer Faktor benutzt, der für die Gruppe der Kohlenwasserstoffe mit Ausnahme von Methan angegeben ist<sup>16)</sup>.

Die Aussage der Toxizitätsfaktoren, daß z. B.  $SO_2$  als einhalbmal so schädlich wie etwa Staub angesehen wird, erlaubt eine Zusammenfassung der gewichteten mengenmäßigen

Tabelle 1:

Kurzzeit-Immissionsgrenzwerte und daraus abgeleitete Toxizitätsfaktoren

	Kurzzeit-Immissionsgrenzwerte in $mg/m^3$	Toxizitätsfaktoren
$SO_2$	0,40	75
$CO$	30,00	1
$CH$	0,29	103
$NO$	0,60	50
Staub	0,20	150

<sup>10)</sup> Vgl. *Lave, L. B.*, *Seskin, E. P.*, Air Pollution and Human Health, in: Science, Vol. 169 (1970), S. 723 ff.

<sup>11)</sup> *Barrett, L. B.* and *Waddell, Th. E.*, The cost of airpollution damages, a status report, in: RECAT-Report, Cumulative . . . , a.a.O., S. I-J 10.

<sup>12)</sup> *Ebenda*, S. I-J 10.

<sup>13)</sup> Bei der späteren Bewertung wird nur  $NO$  berücksichtigt, das mehr als 90% der  $NO_x$ -Emission ausmacht. Vgl. *Platzmann, E.*, *Waldeyer, H.*, *Hassel, D.*, Abgasemissionen und Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen mit Otto-Motor in der Bundesrepublik Deutschland (= Vortragsmanuskript anlässlich des FISITA-Kongresses, Mai 1976 in Tokio), S. 11.

<sup>14)</sup> RECAT-Report, Cumulative . . . , a.a.O., S. 27; Vgl. auch The report by the federal task force on motor vehicle goals beyond 1980, Washington September 1976, S. 10-1 ff.

<sup>15)</sup> Vgl. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA-Luft (1. DImSchVwV), 1. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 28. August 1974 (GMBl. S. 426).

<sup>16)</sup> Vgl. die Zusammenfassung der Arbeit von *Högger, D.*, Effects of vehicle . . . , a.a.O., S. 23.

Emission beider Schadstoffe<sup>17)</sup>, auf die dann der geschätzte Gesamtschaden bezogen werden kann. Man erhält dann einen Schadensbetrag pro gewichteter t Emission. Mit diesem sogenannten Proportionalitätsfaktor können dann alle anderen, nach demselben Verfahren vergleichbar gemachten Emissionsmengen bewertet werden. Der Vorteil dieser Vorgehensweise liegt in der Möglichkeit, an den im Unterschied zur Immission wesentlich einfacher zu erfassenden Schadstoffemissionen anknüpfen zu können. Dies gilt selbst bei größeren Variationen straßenverkehrlicher Parameter. Freilich muß noch einmal betont werden, daß die Aussagefähigkeit der auf diesem Wege gewonnenen Ergebnisse von der Qualität der Hypothese hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen globaler Luftverunreinigung und Gesundheitsschäden abhängig ist.

## 2. Die Ermittlung von Proportionalitätsfaktoren für die Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975

### a) Die relevanten Schadstoffemissionen

Die in dieser Arbeit übernommenen Hypothesen hinsichtlich der Schädigung durch Luftverunreinigung benutzen als Luftverunreinigungsindikator Schwefeloxide sowie Staub- und Schwebeteilchen. Zunächst müssen also deren Gesamtemissionsmengen für die Bundesrepublik Deutschland ermittelt werden. Für 1969 wurden

4 Mio. t Gesamtstaub  
und 4 Mio. t SO<sub>2</sub>

geschätzt. Diese im Materialienband zum Umweltprogramm der Bundesregierung<sup>18)</sup> ausgewiesenen Zahlen wurden im 1974-er Gutachten des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen übernommen<sup>19)</sup>. Nach Auskunft des Umweltbundesamtes werden entsprechende neue Zahlen erst nach Redaktionsschluß vorgelegt. Es kann jedoch nach Mitteilung des Umweltbundesamtes bei den hier betroffenen Emissionsarten von einer gewissen Verminderung ausgegangen werden, die allerdings noch nicht quantifiziert wurde. Es wird hier die Hypothese gewagt, für 1975 mit 3 Mio. t Staub und 3,5 Mio. t SO<sub>2</sub> zu rechnen.

### b) Das Mengengerüst zur Erfassung der Gesundheitsschäden

Als geeignete Mengengrößen für die ökonomische Bewertung von Gesundheitsschäden sind Daten über Erwerbszeiteinbußen und die Inanspruchnahme von medizinischen Leistungen und Hilfsmitteln anzusehen. Es wird daher ein Mengengerüst aus ausgefallenen Arbeitstagen und -jahren (bei Invalidität), Krankheitstagen, Krankenhaustagen und ambulanten Behandlungsfällen aufgestellt<sup>20)</sup>.

<sup>17)</sup> Beispiel: Bei 33 t SO<sub>2</sub> und einem Toxizitätsfaktor von 75 ergeben sich 2475 t gewichteter Emission. Hinzu kommen 28 t Staub. Bei einem Toxizitätsfaktor von 150 sind das 4200 t gewichtete Emission. Diese »gleichnamig« gemachte Emission kann nun zu 6675 t Gesamtemission zusammengefaßt werden.

<sup>18)</sup> Vgl. Materialienband zum Umweltprogramm der Bundesregierung (= Schriftenreihe des Bundesministers des Innern, Nr. 1), o. O. 1971, S. 204.

<sup>19)</sup> Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen, Umweltgutachten 1974 (= Bundestagsdrucksache 7/2802 vom 14. 11. 1974), S. 23.

<sup>20)</sup> Obwohl *Lave/Seskin* auch 15 % der gesamten Krebsmortalität und 25 % der Lungenkrebsmortalität der Luftverunreinigung zurechnen, soll von einer Erfassung von Todesfällen in dem vorliegenden Beitrag aus folgenden Gründen abgesehen werden: Der volkswirtschaftliche Verlust durch vorzeitigen Tod infolge externer Faktoren (z. B. Unfall, Luftverschmutzung usw.) wird bislang fast ausschließlich für Verkehrstote diskutiert. Weil es bei einer ökonomischen Bewertung dieser Schadensfolge um den gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrtsverlust in Form von Produktionsausfällen (Ertragswertprinzip) geht, spielt das Alter der Getöteten eine wesentliche Rolle. Hier nun unterscheiden sich Unfalltote und an

Als geeignete empirische Basis für die Erfassung der vorübergehenden Beeinträchtigungen liegt eine vom Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung herausgegebene Statistik vor<sup>21)</sup>. Für die Erfassung der dauernden Erwerbszeiteinbußen in Form von Berufs- und Erwerbsunfähigkeit steht mit der Statistik der deutschen Rentenversicherungen der Arbeiter und Angestellten<sup>22)</sup> gut gegliedertes Zahlenmaterial zur Verfügung.

Zu der Statistik der gesetzlichen Krankenkassen über Arbeitsunfähigkeitstage und fälle sind einige Anmerkungen zu machen:

- Die letzte zur Verfügung stehende Ausgabe dieser Statistik von Ende 1973 enthält Zahlenmaterial nur bis 1969. Allerdings ist dieser time-lag nach Auskunft des Bundesministeriums für Arbeit kein schwerer Mangel. Die in der Statistik erfaßten Daten sind langfristig so konstant, daß das Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung beabsichtigt, diese Statistik nur noch in sehr großen Zeitabständen zu erstellen.
- Weiterhin handelt es sich um eine von den gesetzlichen Krankenkassen mit Ausnahme der Ersatzkassen freiwillig erstellte Statistik. Die privat Versicherten sind nicht erfaßt. Die Freiwilligkeit hat zur Folge, daß sich nicht alle Kassen beteiligen und daß die Zahl der beteiligten Krankenkassen – wenn auch geringfügig – schwankt (1958: 1093, 1967: 1019 und 1969: 1028 Kassen).
- Die Statistik umfaßt einen heterogenen Personenkreis, der zu unterschiedlichen Anteilen repräsentiert wird. Neben den Pflichtmitgliedern mit sofortigem Anspruch auf Barleistungen der Kassen (die zu etwa 75 % erfaßt sind) gibt es eine Gruppe von Pflichtmitgliedern ohne diesen Anspruch (erfaßte Quote: 31 %). Letztere gehören zu dem Personenkreis mit Anspruch auf Lohn- oder Gehaltsfortzahlung im Krankheitsfalle. Da seit dem 1. 1. 1970 diese Lohnfortzahlung für alle Arbeitnehmer gilt, wäre eine solche Aufspaltung der Pflichtmitglieder heute nicht mehr erforderlich.
- Neben diesen beiden Gruppen berücksichtigt die Statistik noch freiwillige Mitglieder (erfaßte Quote 1967: 40 % und 1969: 31 %) und pflichtversicherte Rentner (erfaßte Quote 72 %). Hinzu kommen die Angehörigen sämtlicher Gruppen.
- Um den mit der Erstellung der Statistik erforderlichen Aufwand für die freiwillig mitarbeitenden Krankenkassen in vertretbarem Rahmen zu halten, gehen die

den hier behandelten Krankheiten Gestorbene erheblich. Während für 1973 das Durchschnittsalter des bei einem Kfz-Unfall Getöteten etwa bei 40 Jahren liegt (vgl. Statistisches Jahrbuch 1976, S. 86 f.), ergibt sich für die zweite Gruppe ein Durchschnittsalter von etwa 66 Jahren. Dies gilt gleichfalls für die durch böstartige Neubildungen Getöteten (von der theoretischen Möglichkeit, daß gerade die an Krebs infolge von Luftverunreinigung Verstorbenen weit unter dem Durchschnitt liegen, soll abgesehen werden. Hiergegen spricht im übrigen auch der bekannte Zusammenhang von Krebssterblichkeit und Lebensalter). Das Alter liegt also jenseits der »normalen« Berufstätigkeit. Von in der Literatur für diesen Fall vorgeschlagenen Ersatzlösungen in Form indirekter Indikatoren wie privater Nutzungs- oder Konsumwert der Altersgruppe jenseits des Erwerbsalters soll hier abgesehen werden, nicht zuletzt, um eine methodisch übereinstimmende Bewertung der weiter unten folgenden Erfassung der Produktionsausfälle durch Berufs- und Erwerbsunfähigkeit zu gewährleisten. Gleichwohl sollte man bei der Interpretation der Ergebnisse diesen Sachverhalt berücksichtigen, denn wenn ein Zusammenhang zwischen Luftverunreinigung und gesundheitlicher Beeinträchtigung besteht, beeinflußt dies sicher auch die Mortalität.

<sup>21)</sup> Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), Statistik der gesetzlichen Krankenkassen über Arbeitsunfähigkeitsfälle und -tage nach Krankheitsarten. (Jeweilige Jg.).

<sup>22)</sup> Der Rentenzugang und der Rentenwegfall im Jahre 1975, die Rentenbestände und Rentenzahlungen, die Beitragserstattungen und die Beitragszahlungen zur Krankenversicherung der Rentner in den Jahren 1972 bis 1975 in der Rentenversicherung der Arbeiter und der Rentenversicherung der Angestellten, hrsg. vom Verband Deutscher Rentenversicherungsträger, Frankfurt/Main 1976.

Kassen nach den »Regeln des Stichprobenverfahrens«<sup>23)</sup> vor. Die so ermittelten Daten können demnach als repräsentativ gelten. Sie werden linear entsprechend den repräsentierten Anteilen auf 100% fortgeschrieben. Es sind dann ca. 70% aller Versicherten erfaßt<sup>24)</sup>.

Daneben sind jedoch 20% der Bevölkerung in Ersatzkassen und etwa 10% in privaten Krankenkassen versichert<sup>25)</sup>. (Trotz geringfügiger Verschiebungen kann unterstellt werden, daß sich diese Anteile kurzfristig nicht wesentlich verändern). Leider existiert für diese beiden Gruppen eine vergleichbare Krankheitsartenstatistik nicht. Es ist deshalb zu überprüfen, ob ein proportionaler Schluß von den gesetzlichen Versicherten (70%) auf alle Versicherten vertretbar ist<sup>26)</sup>. Die Frage wird hier bejaht: Ein wesentliches Kriterium dafür ist die Übertragbarkeit des Krankenstandes, also die Frage, ob die Mitglieder der Ersatzkassen und privat Versicherten dem Umfang nach von Krankheiten gleich oder zumindest ähnlich betroffen sind wie die Mitglieder der gesetzlichen Krankenkassen, die die Krankheitsartenstatistik umfaßt. Zwischen den Ersatzkassen und den übrigen gesetzlichen Krankenkassen besteht hier fast kein Unterschied. So ergab sich z. B. für Dezember 1968 folgender Krankenstand:

Mitglieder der Ersatzkassen = 3,9%  
Mitglieder der übrigen gesetzlichen Krankenkassen = 3,8%<sup>27)</sup>.

Unterschiede des Krankenstandes in den einzelnen Krankheitsarten bringen diese Zahlen freilich nicht zum Ausdruck.

Darüber hinaus wird die Prämisse gesetzt, daß sich der umweltrelevante Lebensraum (Teilnahme am Verkehr, Freizeit usw.) wie auch die Arbeitsplatzbedingungen aller Versicherten spürbar angeglichen haben. Schließlich wird der Zusammenhang zwischen Krankheit und globaler Luftverunreinigung methodisch über die Gesamtexposition ermittelt: *Ridker et al.* korrelieren globale Luftverunreinigungsdaten mit globalen Krankheitsdaten ohne Berücksichtigung spezifischer Arbeitsplatzexpositionen und regionaler Differenzierungen. Es erscheint daher durchaus gerechtfertigt, die in der Statistik der Arbeitsunfähigkeits- und Krankenhaustage repräsentierten 70% auf 100% der Versicherten proportional hochzurechnen.

- Für die Pflichtmitglieder mit sofortigem Anspruch auf Barleistungen werden die Arbeitsunfähigkeitsfälle und -tage sowie die darin enthaltenen Krankenhaustage und -tage erfaßt, für die Pflichtmitglieder ohne sofortigen Anspruch auf Barleistungen der Kasse, die freiwilligen Mitglieder und die pflichtversicherten Rentner jedoch nur die Krankenhaustage und -tage, weil im Lohnfortzahlungsfall Arbeitsunfähigkeits-tage ohne Krankenhausaufenthalt nicht in die Statistik der Kassen gelangen. Für das Ergebnis bedeutet dies, daß ein durchaus gewichtiger Teil der ökonomischen

<sup>23)</sup> Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung . . . , a.a.O., S. 3.

<sup>24)</sup> Nahezu 100% der Bevölkerung in der Bundesrepublik gehören einer Krankenversicherung an. Vgl. Der Bundesminister für Jugend, Familie und Gesundheit (Hrsg.), Gesundheitsbericht, Bonn 1971, S. 68.

<sup>25)</sup> Ebenda, S. 68; Vgl. auch: Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), Arbeits- und sozialstatistische Mitteilungen, 21. Jg., Bonn 1970 sowie: Verband der privaten Krankenversicherung e. V., Die private Krankenversicherung im Jahre 1976, Köln 1977, S. 35.

<sup>26)</sup> Der Einfachheit halber werden später die ermittelten Wertansätze und nicht das Mengengerüst hochgerechnet (ergebnisunabhängig). Die Notwendigkeit der Fortschreibung wurde trotzdem an dieser Stelle erwähnt.

<sup>27)</sup> Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (Hrsg.), Arbeits- und sozialstatistische Mitteilungen, a.a.O.

Einbußen nicht erfaßt werden kann. Eine Statistik nach 1970 (generelle Lohnfortzahlung) würde diesen Fehler verkleinern. Auch für die Angehörigen aller Gruppen werden keine Arbeitsunfähigkeitsäquivalente berücksichtigt<sup>28)</sup>.

- Schließlich ist zu berücksichtigen, daß die Statistik natürlicherweise nur den »erfaßten« Krankenstand (Arztbesuch, Krankmeldung) enthält. Fälle, in denen Personen zwar infolge von Luftverunreinigung erkrankten oder belastet waren, aber nicht zum Arzt gingen oder sich nicht krank meldeten, sind nicht berücksichtigt.

Die betrachteten Krankheitsarten stimmen im wesentlichen mit den in den Regressionsanalysen von *Ridker* bzw. *Lave/Seskin* zur Hypothesenbildung verwendeten überein. Folgende Krankheitsarten sind zu berücksichtigen: Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane, Neubildungen (Tumore), Krankheiten der Atmungsorgane außer bösartigen Neubildungen, außer Tbc und außer Asthma Bronchiale (Lungenasthma), Tuberkulose der Atmungsorgane, Asthma Bronchiale.

Geringfügige Abweichungen zwischen dieser und der Krankheitsartenabgrenzung von *Ridker et al.* können in Kauf genommen werden. Obwohl *Lave/Seskin* auf den Zusammenhang zwischen Luftverunreinigung und »cardiovascular disease« hinweisen, sollen Herzerkrankungen außer wegen der schlechten Vergleichbarkeit des Datenmaterials (die deutsche Krankheitsartenstatistik weist verschiedene Herzerkrankungen aus) auch aufgrund der schwachen Basis des ursächlichen Zusammenhangs unberücksichtigt bleiben: »We caution the reader that the evidence relating cardiovascular disease to air pollution is less comprehensive than that linking bronchitis and lung cancer to air pollution«<sup>29)</sup>.

Das Mengengerüst aus Arbeitsunfähigkeits- und Krankenhaustagen, aus Krankheitsfällen für die Berücksichtigung der ambulanten Kosten sowie aus Berufs- und Erwerbsunfähigkeitsjahren ist in den folgenden Tabellen 2, 3, 4 dargestellt:

Tabelle 2:

Summe der Arbeitsunfähigkeitstage und Krankenhaustage in der Bundesrepublik Deutschland 1969 (100%) — (Für die spätere Bewertung werden 2 Gruppen gebildet)

Krankheitsart	Statistisch erfaßte Arbeitsunfähigkeitstage	Krankenhaustage
Tbc der Atmungsorgane	2 286 926	321 518
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	505 030	840 279
Asthma Bronchiale	1 227 588	858 470
Übrige Atmungsorganerkrankungen	54 153 386	10 304 338
Summe	58 172 930	12 324 695
Bösartige Neubildungen insgesamt	4 744 263	8 458 492

<sup>28)</sup> Das Problem der nicht berücksichtigten Hausarbeit bleibt in der vorliegenden Untersuchung ausgeklammert. Neuere Überlegungen dazu werden angestellt bei *Willeke, R., Jäger, W., Lindenlaub, K. H.*, Nutzen-Kosten-Untersuchungen von Verkehrssicherheitsmaßnahmen (= Schriftenreihe der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e. V. [FAT], Nr. 5), Frankfurt/Main 1977, S. 125 ff.

<sup>29)</sup> *Lave, B., and Seskin, E. R.*, Air Pollution . . . , a.a.O., S. 727.

Tabelle 3:

Krankheitsfälle in der Bundesrepublik Deutschland in Abhängigkeit von der Krankheitsart 1969<sup>30)</sup>

Krankheitsart	Krankheitsfälle
Tbc der Atmungsorgane	17 445
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	22 410
Asthma Bronchiale	51 445
Übrige Atmungsorganerkrankungen	4 199 105
Summe	4 290 405
Bösartige Neubildungen insgesamt	313 998

Tabelle 4:

Der Zugang an jeweiligen Renten (Statistisch zu 100%<sup>o</sup> erfaßt) in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975<sup>\*)</sup> in absoluten Zahlen

Krankheitsart	Arbeiter			
	Berufsunfähigkeit		Erwerbsunfähigkeit	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	71	6	1379	151
Bösartige Neubildungen insgesamt	359	352	4843	7203
Asthma Bronchiale	117	50	468	356
Übrige Atmungsorganerkrankungen	1392	367	6774	2212
	Angestellte			
	Berufsunfähigkeit		Erwerbsunfähigkeit	
	Männer	Frauen	Männer	Frauen
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	40	1	315	89
Bösartige Neubildungen insgesamt	180	247	1439	4500
Asthma Bronchiale	31	21	136	223
Übrige Atmungsorganerkrankungen	200	59	1094	737

<sup>\*)</sup> Über die Invalidität infolge von Tbc der Atmungsorgane stehen keine Daten zur Verfügung.

<sup>30)</sup> Diese Statistik kann wegen ihres Bezuges zur Arbeitsunfähigkeitsstatistik nicht aktualisiert werden. Vergleichbare neuere Angaben liegen nur für andere (meldepflichtige) Krankheitsarten vor. Vgl. Statistisches Jahrbuch 1976, S. 81.

## c) Bewertung des Mengengerüsts

— Die Arbeitsunfähigkeit wird mit dem Nettosozialprodukt zu Faktorkosten (= Volkseinkommen) je Erwerbstätigen, bezogen auf den Arbeitstag, bewertet. Dieser Ansatz wird noch am ehesten dem Charakter des volkswirtschaftlichen Produktionsprozesses als Kombination der Faktoren gerecht.

Das Volkseinkommen je durchschnittlich Erwerbstätigen betrug in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975 31 305,— DM<sup>31)</sup>. Bei 252 Arbeitstagen pro Jahr ergibt sich pro Tag ein Betrag von 124,23 DM.

Das Ergebnis der Bewertung ist in der folgenden Tabelle 5 dargestellt:

Tabelle 5: Bewertung der Arbeitsunfähigkeitstage

Krankheitsart	Arbeitsunfähigkeitstage	Bewertungsfaktor in DM	Wert in Mio. DM
Tbc der Atmungsorgane	2 286 926	124,23	284,0
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	505 030	124,23	62,7
Asthma Bronchiale	1 227 588	124,23	152,5
Übrige Atmungsorganerkrankungen	54 153 386	124,23	6727,5
Summe	58 172 930	124,23	7226,8
Bösartige Neubildungen insgesamt	4 744 263	124,23	589,4

— Die Krankenhaustage von Beschäftigten und Nichtbeschäftigten werden mit den stationären Behandlungskosten bewertet. Geeigneter Indikator ist hier der Tagespflegesatz der allgemeinen Pflegeklasse, auf die die überwiegende Zahl von Krankenhauspflegetagen entfällt, der seit dem 3. 5. 1973 auch die Kosten aller »medizinisch notwendigen Leistungen« enthält<sup>32)</sup>. Er betrug nach Angaben der Deutschen Krankenhausgesellschaft 1974/75 = 149,50 DM und 1975/76 = 145,— DM<sup>33)</sup>.

Der Krankenhaustag soll hier mit 150,— DM bewertet werden.

Die folgende Tabelle 6 gibt das Bewertungsergebnis wieder:

Tabelle 6: Bewertung der Krankenhaustage

Krankheitsart	Krankenhaustage	Bewertungsfaktor in DM	Wert in Mio. DM
Tbc der Atmungsorgane	321 518	150,—	48,2
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	840 279	150,—	126,0
Asthma Bronchiale	858 470	150,—	128,8
Übrige Atmungsorganerkrankungen	10 304 338	150,—	1545,7
Summe	12 324 695	150,—	1848,7
Bösartige Neubildungen insgesamt	8 458 492	150,—	1268,8

<sup>31)</sup> Statistisches Jahrbuch 1976, S. 522.

<sup>32)</sup> Vgl. Verordnung zur Regelung der Krankenhauspfllegesätze Bundespflegesatzverordnung (BpflV).

<sup>33)</sup> Verband der privaten Krankenversicherung e. V., Die private Krankenversicherung im Jahre 1976, a.a.O., S. 67.

— Jeder Krankheitsfall wird auch mit ambulanten Kosten belastet. Statistische Angaben über Wert und Zahl der ambulanten Konsultationen für Unfallverletzte stehen nicht zur Verfügung. Nach Auskunft der Kassenärztlichen Bundesvereinigung vom 19. 7. 1977 betragen die liquidationsfähigen Arztkosten eines ambulanten Falles pro Quartal im Jahre 1976 = 46,— DM. Hinzu kommen Kosten für Medikamente und andere Heilmittel. Es sollen pro Krankheitsfall für ambulante Kosten 80,— DM angesetzt werden.

Die Tabelle 7 stellt die Beträge für die einzelnen Krankheitsarten zusammen:

Tabelle 7: *Ambulante Behandlungskosten*

Krankheitsart	Krankheitsfälle	Bewertungsfaktor in DM	Wert in Mio. DM
Tbc der Atmungsorgane	17 445	80,—	1,4
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	22 410	80,—	1,8
Asthma Bronchiale	51 445	80,—	4,1
Übrige Atmungsorganerkrankungen	4 199 105	80,—	335,9
Summe	4 290 405	80,—	343,2
Bösartige Neubildungen insgesamt	313 998	80,—	25,1

— Schließlich sind auch die langfristigen ökonomischen Folgen in Form von Produktionsausfällen durch Berufs- und Erwerbsunfähigkeit zu bewerten. Das Mengengerüst in Tabelle 4 wird dazu durch Angaben über das Zugangsalter der Rentenbezieher ergänzt. Bewertet wird der volkswirtschaftliche Verlust vom Rentenbeginn bis zum normalen Ruhestandsalter (Männer 65 Jahre, Frauen 60 Jahre). Wird z. B. ein 50-jähriger Mann erwerbs- oder berufsunfähig, wird sein Produktionsausfall für 15 Jahre geschätzt. Bewertungsfaktor ist das prognostizierte, auf 1975 diskontierte Volkseinkommen je Beschäftigten<sup>34)</sup><sup>35)</sup>. Die ermittelten Kostenbeträge werden voll dem Jahr des Rentenbeginns zugerechnet. Dies ist insofern unbefriedigend, als sich der Übergang zur Berufs- bzw. Erwerbsunfähigkeit nicht abrupt vollzieht, sondern Endpunkt eines über Jahre laufenden kumulativen Prozesses ist. Auch Ursachenfaktoren in den Jahren X—i führen schließlich zur Berufs- oder Erwerbsunfähigkeit im Jahre X. Über die zeitliche Verteilung dieses Prozesses sind aber keine plausiblen Annahmen möglich. Dieser Mangel wird bei längerfristiger Betrachtung allerdings dadurch gemindert, daß dem Jahr X + 1 auch kein Anteil aus dem Jahre X zugerechnet wird. Für die Bewertung ist schließlich noch zu berücksichtigen, daß der Produktionsausfall durch Berufs- bzw. Erwerbsunfähigkeit unterschiedlich ist. Versicherungsrechtlich bedeutet Berufsunfähigkeit, daß die berufliche Tätigkeit maximal bis »unterhalbsschichtig« ausgeführt werden darf, demgegenüber darf bei Erwerbs-

<sup>34)</sup> Es wurde eine jährliche Steigerung von 7% unterstellt. Dies ist die niedrigste Zuwachsrate der Jahre 1970—1975.

<sup>35)</sup> Als Diskontsatz wurden 3% gewählt. Zur Diskussion über die Wahl des richtigen Zinssatzes vgl. neuerlich Willeke, R., Jäger, W., Lindenlaub, K. H., Kosten-Nutzen-Untersuchungen . . . , a.a.O., S. 56 ff.

unfähigkeit maximal  $\frac{1}{5}$  des normalen Einkommens erzielt werden. Entsprechend höher ist hier also bei unterstellter 20%-iger Beschäftigung der Produktionsausfall. Über den tatsächlichen Beschäftigungsgrad der Berufs- und Erwerbsunfähigen werden keine Daten erhoben, hier sind demnach plausible Annahmen zu treffen. Erste Einflußgröße für den Beschäftigungsumfang wird die jeweilige Konjunkturlage sein. Es wird hier die Hypothese getroffen, daß es zumindest die Erwerbsunfähigen, die lediglich bis zu 20% ihrer Arbeitsleistung anbieten können, in der Regel schwer haben werden, eine Beschäftigung zu finden. Die Erwerbsunfähigkeit wird deshalb als vollständiger Produktionsausfall bewertet. Schwieriger ist eine Annahme für den Beschäftigungsumfang der Berufsunfähigen. Daß alle Berufsunfähigen ihr Arbeitsangebot bis zur Maximalgrenze (49%) ausschöpfen können, erscheint unwahrscheinlich. Es wird deshalb ein durchschnittlicher Beschäftigungsgrad von 30% unterstellt, was einem ökonomischem Verlust von 70% entspricht.

In der folgenden Tabelle 8 ist das Ergebnis dieser Bewertung für das Jahr 1975 dargestellt (siehe Seiten 206/207):

d) *Die Proportionalitätsfaktoren für die Bundesrepublik im Jahre 1975*

Mit den am Anfang genannten Hypothesen über den mengenmäßigen Anteil der globalen Luftverunreinigungen an den Gesundheitsschäden lassen sich nun ohne Schwierigkeiten auch deren monetäre Äquivalente bestimmen. *Ridker* hatte 20% aller Gesundheitsschäden der Atmungsorgane der SO<sub>2</sub>- und Staubluftverunreinigung zugeordnet. Im vorliegenden Beispiel wären das 2747,1 Mio. DM für die Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975. *Lave/Seskin* ermittelten für die gleiche Krankheitsgruppe einen 50%-igen Anteil. Der entsprechende monetäre Wert für die Bundesrepublik in 1975 ist dann 6867,9 Mio. DM. Hinzu kommen bei *Lave/Seskin* noch 15% der Gesundheitsschäden der übrigen Krebsarten (ohne die der Atmungsorgane, die im ersten Wert enthalten sind). Hierfür errechnet sich ein Betrag von 1261,7 Mio. DM. Die Werte von *Ridker* einerseits (= 2747,1 Mio. DM, Alternative I) und *Lave/Seskin* andererseits (= 8129,6 Mio. DM, Alternative II) sollen parallel verwendet werden, um die große Spannweite der Grundhypothese deutlich zu machen.

Durch Bezug dieser Schadenswerte auf die gewichteten Emissionstonnen von SO<sub>2</sub> und Staub werden abschließend die gesuchten Proportionalitätsfaktoren (= DM-Betrag pro Tonne gewichteter Emission) ermittelt, die zur Bewertung der straßenverkehrsspezifischen Abgaskomponenten CO, CH, NO, SO<sub>2</sub> erforderlich sind. Als Gewichte werden die aus den Immissionsgrenzwerten der TA-Luft ermittelten Toxizitätsfaktoren für SO<sub>2</sub> (= 75) und für Staub (= 150) angewendet, die zu einer globalen Gesamtemission aus diesen beiden Bestandteilen von 712,5 Mio. t für das Jahr 1975 führen.

Demnach errechnen sich folgende Proportionalitätsfaktoren:

$$\text{Alternative I} = \frac{2747,1}{712,5} = 3,86 \text{ DM/t gewichteter Emission,}$$

$$\text{Alternative II} = \frac{8129,6}{712,5} = 11,40 \text{ DM/t gewichteter Emission.}$$

Mit diesen Werten können nun die auf analoge Weise gewichteten Emissionen anderer Schadstoffe bewertet werden.

	Arbeiter					
	Berufsunfähigkeit (70% Produktionsausfall)					
	Männer			Frauen		
	Zahl Renten	Laufzeit	Wert in Mio. DM	Zahl Renten	Laufzeit	Wert in Mio. DM
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	71	10 J	20,9	6	3 J	
Bösartige Neubildungen insgesamt	359	11 J	117,4	352	8 J	
Asthma Bronchiale	117	15 J	55,6	50	8 J	
Übrige Atmungsorganerkrankungen	1392	8 J	321,3	367	3 J	
	Angestellte					
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane	40	9 J	10,5	1	16 J	
Bösartige Neubildungen insgesamt	180	10 J	52,9	247	9 J	
Asthma Bronchiale	31	9 J	8,1	21	8 J	
Übrige Atmungsorganerkrankungen	200	5 J	29,0	59	1 J	

Tabelle 8: Bewertung der Berufs- und Erwerbsunfähigkeit

In der Summe stellen sich die verschiedenen Kostenkomponenten folgendermaßen dar (vgl. Tabelle 9):

Tabelle 9:

Summe der Kosten über alle Kostenarten nach Krankheitsarten in der Bundesrepublik Deutschland 1975

Krankheitsart	Kostenart	Arbeitsunfähigkeitstage in Mio. DM	Krankenhaustage in Mio. DM	Ambulante Kosten in Mio. DM	Berufs- und Erwerbsunfähigkeit in Mio. DM	Summe in Mio. DM
Tbc der Atmungsorgane		284,0	48,2	1,4	—*)	333,6
Bösartige Neubildungen der Atmungsorgane		62,7	126,0	1,8	781,6	972,1
Asthma Bronchiale		152,5	128,8	4,1	433,6	719,0
Übrige Atmungsorganerkrankungen		6727,5	1545,7	335,9	3101,8	11710,9
Summe		7226,7	1848,7	343,2	4317,0	13735,7
Bösartige Neubildungen insgesamt		589,4	1268,8	25,1	7499,8	9383,1
Bösartige Neubildungen ohne die der Atmungsorgane		526,7	1142,8	23,3	6718,2	8411,0

\*) Keine Angaben verfügbar.

	Arbeiter					
	Erwerbsunfähigkeit (100% Produktionsausfall)					
	Männer			Frauen		
	Wert in Mio. DM	Zahl Renten	Laufzeit	Wert in Mio. DM	Zahl Renten	Laufzeit
	0,6	1379	10 J	578,7	151	6 J
	81,2	4843	13 J	2760,1	7203	7 J
	11,5	468	10 J	196,4	356	4 J
	34,1	6774	8 J	2233,5	2212	1 J
	Angestellte					
	0,5	315	8 J	103,9	89	8 J
	64,6	1439	11 J	672,4	4500	9 J
	4,8	136	9 J	50,8	223	5 J
	2,6	1094	7 J	314,3	737	3 J

### III. Die monetäre Schadenserfassung für einen konkreten innerstädtischen Straßenabschnitt: Ein Anwendungsbeispiel

Die bisherigen Überlegungen basieren auf einer Hypothese über den Zusammenhang zwischen globaler Luftverschmutzung durch zwei Emissionsarten (SO<sub>2</sub> und Staub) und gesundheitlichen Schäden ohne Berücksichtigung regionaler Differenzierungen. Werden nun für diesen Fall Gesundheitsschäden festgestellt, kann man wohl davon ausgehen, daß darüber hinaus auch Schäden durch lokal massiert vorhandene Luftverunreinigungs-komponenten auftreten, deren Höhe sich über die Schädlichkeitsrelationen (Toxizitätsfaktoren) der Schadstoffe zueinander ermitteln läßt. Im folgenden werden auf diesem Wege beispielhaft monetäre Werte von Gesundheitsschäden durch straßenverkehrs-spezifische Abgaskomponenten (CO, CH, NO, SO<sub>2</sub>) auf einem konkreten Straßenabschnitt der Kölner Innenstadt ermittelt. Die Emissionsmengen können den Untersuchungen des TÜV-Rheinland entnommen werden<sup>36)</sup>.

Weil das citynähere Teilstück wegen der größeren Verkehrsdichte auch größere Emissionen aufweist, wird die insgesamt 4,5 km lange Strecke in zwei Teilstrecken von 1,98 km (Teilstrecke a) und 2,52 km (Teilstrecke b) Länge aufgeteilt.

<sup>36)</sup> Vgl. Technischer Überwachungs-Verein Rheinland e. V., Analyse der Zusammenhänge zwischen Verkehrsaufkommen, Verkehrszusammensetzung und Umfang der Abgasbelastung (= Teilstudie III. 1.1 der Untersuchung der Umweltbelastung und Umweltschädigung durch den Straßenverkehr in Stadtgebieten (Lärm und Abgase), Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bonn und der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel), 1973. Die Emissionen werden durch Verknüpfung von spezifischen Emissionsfaktoren für das Einzelfahrzeug mit verkehrsspezifischen Parametern des konkreten Straßenabschnitts ermittelt (vgl. Kap. IV.). Die den Emissionswerten dieser Arbeit zugrundeliegenden spezifischen Emissionsfaktoren wurden vom TÜV Rheinland erstmalig 1970 für einen repräsentativen Querschnitt von im Verkehr befindlichen Pkw bestimmt. Eine Fortschreibung auf die Basis 1975 ist in Arbeit, aber noch nicht abgeschlossen. Erstmals berichtet wurde darüber auf dem FISITA-Kongreß im Mai 1976 in Tokio. Vgl. Plafmann, E., Waldeyer, H., Hassel, D., Abgasemissionen . . . , a.a.O. Die Ergebnisse der Rollenprüfstandtests der ersten 34 Fahrzeuge lassen tendenziell

### 1. Die CO-Belastung

Die spezifische CO-Belastung der Strecke betrug im Jahre 1971 auf dem Teilstück

a = 150–200 t CO pro Jahr und km  
und b = 300–737 t CO pro Jahr und km.

Für die Gesamtstrecke sind dies

a = 297 – 396 t/a  
und b = 756 – 1857 t/a  
Summe = 1053 – 2253 t/a.

Aus Vereinfachungsgründen soll nur mit den Klassenmitten (= 1653 t/a) weitergerechnet werden<sup>37)</sup>. Da die Giftigkeit der übrigen Schadstoffe auf CO bezogen wurde<sup>38)</sup> – die relative Toxizität für CO wird = 1 gesetzt – brauchen die CO-Tonnen nicht gewichtet zu werden. Eine unmittelbare Anwendung der Proportionalitätsfaktoren (= DM-Betrag pro gewichteter Tonne Schadstoff) ist möglich. Für die beiden Bewertungsalternativen 3,86 DM/t und 11,40 DM/t errechneten sich für die CO-Emission auf diesem Straßenstück folgende Gesundheitsschäden pro Jahr:

Alternative I = 6 381,– DM  
Alternative II = 18 844,– DM

### 2. Die CH-Belastung

Für das gleiche Teilstück sind folgende CH-Emissionen zu bewerten:

Teilstück a = 17,35 t CH/a  
Teilstück b = 47,00 t CH/a  
Summe = 64,35 t CH/a.

Diese CH-Emissionen müssen nun mit dem Toxizitätsfaktor (= 103) gewichtet werden. Das ergibt die unspezifizierte Schadstoffmenge von 6628 t/a.

Bewertet mit den Proportionalitätsfaktoren errechnen sich Gesundheitsschäden in Höhe von:

Alternative I = 25 584,– DM und  
Alternative II = 75 559,– DM.

erkennen, daß seit 1970 im Bereich niedriger Geschwindigkeiten, etwa bis zur mittleren Fahrgeschwindigkeit des gesetzlich institutionalisierten und deshalb den Herstellern als Orientierung dienenden europäischen Fahrzyklus (= 19 km/h) für CO und CH eine fühlbare Emissionsverbesserung eingetreten ist (im wesentlichen durch entsprechende Abmagerung des Kraftstoff-Luft-Gemisches). Gleichzeitig erhöhen sich aber schon in diesem Geschwindigkeitsbereich die NO<sub>x</sub>-Werte beträchtlich. Der CO-Wert liegt jenseits der 30 km/h auch über dem 1970er Vergleichswert, während die CH-Emission ständig unter den 70er Werten bleibt, so daß insgesamt ein Vergleich der 1975er Emissionssituation mit der in 1970 nicht möglich ist. Daß sich die Emissionen insgesamt erheblich in die eine oder andere Richtung verändert hätten, ist aber bei aller Vorsicht kaum anzunehmen. Die nicht mögliche Aktualisierung der auf den spezifischen Emissionsfaktoren des Jahres 1970 basierenden Emissionen für den betrachteten Straßenabschnitt erscheint für die Beispielsrechnung vertretbar.

<sup>37)</sup> Der Beispielcharakter der Rechnung läßt dies zu. An sich steht dieser Durchschnittsbildung entgegen, daß dem gemittelten Emissionswert rechnerisch ein Modus (= durchschnittliche Fahrgeschwindigkeit) zugeordnet würde, der den tatsächlichen Stadtverkehrsparametern nicht entspricht.

<sup>38)</sup> Vgl. dazu die Ausführungen über die Ermittlung der Toxizitätsfaktoren.

### 3. Die NO-Belastung

Folgende NO-Emissionen treten auf:

Teilstück a = 10,5 t NO/a  
Teilstück b = 17,0 t NO/a  
Summe = 27,5 t NO/a.

Bei einem Toxizitätsfaktor von 50 errechnen sich als gewichtete Emissionen 1375 t/a

Das ergibt folgende Gesundheitsschäden pro Jahr:

Alternative I = 5 308,– DM  
Alternative II = 15 675,– DM.

### 4. Die verkehrsspezifische SO<sub>2</sub>-Belastung

Der Vollständigkeit halber sei trotz geringer Mengen auch SO<sub>2</sub> aufgeführt:

Teilstück a = 2,22 t SO<sub>2</sub>/a  
Teilstück b<sub>1</sub><sup>39)</sup> = 0,32 t SO<sub>2</sub>/a  
Teilstück b<sub>2</sub> = 3,40 t SO<sub>2</sub>/a  
Summe = 5,94 t SO<sub>2</sub>/a.

Das ergibt (Toxizitätsfaktor 75) 445,5 t gewichtete Emission, die zu Gesundheitsschäden in Höhe von

Alternative I = 1720,– DM und  
Alternative II = 5079,– DM führt.

Nach dem gleichen Verfahren lassen sich auch die Blei- und Rußemissionen des Kraftverkehrs bewerten. Die hier mit Ausnahme für den CH-Immissionsgrenzwert benutzte TA-Luft gibt aber keine Grenzwerte für Ruß und Blei an, es soll deshalb hier auf eine Bewertung dieser beiden Schadstoffkomponenten verzichtet werden.

### 5. Ergebnis der Bewertung

In einem letzten Schritt schließlich können die monetisierten Gesundheitsschäden einzelner Schadstoffe zum Gesamtschaden durch straßenverkehrsspezifische Abgaskomponenten für einen konkreten Straßenabschnitt zusammengefaßt werden. Im vorliegenden Beispiel errechnet sich ein Betrag pro Jahr in Höhe von:

Alternative I = 38 993,– DM  
Alternative II = 115 193,– DM.

## IV. Die Leistungsfähigkeit des vorgestellten Lösungsansatzes

Sollen bei der Planung städtischer Verkehrsinvestitionen auch Umwelteffekte berücksichtigt werden, müssen diese zunächst der Investition zuzurechnen sein. Bei der hier vorgestellten Vorgehensweise, die an der Emission anknüpft, ist dies möglich, sofern der Effekt der Investition auf die Verkehrsmenge bestimmbar ist, die seinerseits den Schluß auf die proportional veränderte Emission zuläßt, die dann nach dem obigen Verfahren

<sup>39)</sup> Teilstück b ist hier unterschiedlich belastet.



bewertet werden kann. Die Aussage der proportionalen Emissionsveränderung muß allerdings ergänzt werden. Die Verkehrsmenge reicht als Parameter für die Bestimmung der Emissionsänderung nur solange aus, wie das jeweilige Fahrverhalten (= Fahrzustand) trotz veränderter Verkehrsmenge gleich bleibt. Zum Verständnis ist hier ein kurzer Exkurs erforderlich. Das Fahrverhalten läßt sich mit Hilfe sogenannter Fahrzyklen<sup>40)</sup> beschreiben, die eine Abfolge verschiedener Phasen (Stand, Beschleunigung, konstante Geschwindigkeit, Verzögerung) umfassen und sich durch eine bestimmte mittlere Fahrgeschwindigkeit auszeichnen. Je nach Anteil der verschiedenen Phasen ergeben sich unterschiedliche mittlere Fahrgeschwindigkeiten für die einzelnen Fahrzyklen. Um die Vielfalt einzuschränken, wird ein Bereich von durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten verschiedener Fahrzyklen durch eine mittlere Geschwindigkeit repräsentiert. Man spricht dann von einem Fahrmodus. Für jeden Fahrmodus weisen die Fahrzeuge eine durchschnittliche Emission pro Zeiteinheit auf, die durch den sogenannten spezifischen Emissionsfaktor gekennzeichnet wird. Außer vom Fahrzustand hängt die spezifische Emission darüber hinaus von fahrzeugspezifischen Parametern ab. Hier sind neben dem motorischen Verbrennungsverfahren (Otto, Diesel) die Art der Gemischaufbereitung (Vergaser, Einspritzung), Verdichtungsverhältnis, Hubraum, Form des Brennraums und Wartungszustand zu nennen<sup>41)</sup>.

Die Gesamtemission eines Schadstoffes  $x$  ( $= E_x$ ) auf einer Linienquelle (= Straßenabschnitt) läßt sich dann folgendermaßen bestimmen:

$$E_x = \frac{\text{Verkehrsmenge} \times \text{Länge der Quelle}}{\text{Durchschnittliche Geschwindigkeit}} \cdot e_x$$

Berücksichtigt man die Dimensionen der einzelnen Faktoren, ergibt sich:

$$E_x = \frac{\text{Kfz/h} \cdot \text{km}}{\text{km/h}} \cdot (\text{kg/Kfz} \cdot \text{h}) \\ = \text{Kfz/h} \cdot \text{km} \cdot (\text{kg/Kfz} \cdot \text{km})$$

Sofern  $e_x$  in kg/km angegeben wird, ist die Länge der Quelle = 1 und man erhält

$$E_x = \text{Kfz/h} \cdot e_x \text{ (kg/Kfz} \cdot \text{km)}$$

Es zeigt sich, daß sich  $E_x$  nur dann um den gleichen Prozentsatz wie die Kfz-Menge ändert, wenn  $e_x$  konstant bleibt. Ändert sich auch  $e_x$ , genügt es zur Ermittlung des Investitionseffekts auf die Umweltsituation nicht mehr, nur die Änderung der absoluten Verkehrsmenge zu berücksichtigen, es ist dann auch die veränderte spezifische Emission zu erfassen.

Hierzu müssen veränderte Fahrzustände, repräsentiert durch die mittlere Fahrgeschwindigkeit, erfaßt werden, darüber hinaus auch technische Veränderungen am Fahrzeug

<sup>40)</sup> Vgl. *Plafmann, E.*, Neue Versuchsanlage des TÜV Rheinland zur Ermittlung der Kraftfahrzeug-Emissionen im Rahmen eines Emissionskatasters, in: 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, TÜV-Akademie Rheinland [Hrsg.], Heft 2), Köln 1971, S. 31 ff.

<sup>41)</sup> Einzelheiten zu den fahrzeugspezifischen Kenngrößen finden sich bei *May, H.* und *Plafmann, E.*, Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen in Großstädten und industriellen Ballungsgebieten (= Schriftenreihe Umweltschutz des Technischen Überwachungsvereins [TÜV] Rheinland e. V., *Kuhlmann, H.* [Hrsg.], Band 3, Köln 1973, S. 68). Inzwischen werden weitere Einflußfaktoren der Emissionen untersucht. Vgl. dazu *Plafmann, E.*, *Waldeyer, A.*, *Hassel, D.*, Abgasemissionen . . . , a.a.O.

selbst bzw. die veränderte Zusammensetzung des Verkehrsstroms (z. B. mehr Dieselfahrzeuge, mehr Elektrofahrzeuge oder abgasverbesserte Fahrzeuge). Die Veränderung des Fahrzustands läßt sich theoretisch mit Hilfe von Geschwindigkeits-Durchfluß-Funktionen oder empirisch durch Geschwindigkeitsmessungen feststellen. Der Einfluß veränderter fahrzeugspezifischer Kenngrößen auf die Emission ist durch Rollenprüfstandtests zu ermitteln. Das bedeutet auch, daß sich der abgasseitige Fortschritt bei Fahrzeug- bzw. Antriebstechnik über den spezifischen Emissionsfaktor in die Emissions-erfassung und -bewertung integrieren läßt. Da alle drei Einflüsse auf die Gesamtemission (Verkehrsmenge, Fahrzustand, fahrzeugspezifische Kenngrößen) berücksichtigt werden können und nicht von lokalen Besonderheiten abhängen, kann die vorgeschlagene Bewertungsmethode ein breites Fragenspektrum abdecken. Dies würde sich selbst dann nicht ändern, wenn anstelle der Emission direkt die Immission berücksichtigt werden könnte, weil auch sie sich in Abhängigkeit von der Verkehrsmenge beschreiben läßt.

Außer den Veränderungen bei Verkehrsmenge, Fahrzustand und fahrzeugspezifischen Kenngrößen müssen auch die durch Verkehrsinfrastrukturinvestitionen auftretenden Verlagerungen erfaßt werden. Sie sind sowohl im Hinblick auf den Verkehrsweg wie auch im Hinblick auf das Verkehrsmittel möglich. Hier genügt der Hinweis, daß es methodisch und empirisch möglich ist, die verkehrsmäßige Belastung der Teilstrecken unterschiedlicher Netzvarianten unter Berücksichtigung des Individual- wie des öffentlichen Verkehrs sehr genau zu bestimmen<sup>42)</sup>.

Dabei werden die Verkehrsströme eines bestimmten Zeitpunkts (z. B. zum Zeitpunkt des Planungsziels) auf die einzelnen Netzvarianten umgelegt. Solchen Umlegungsmodellen liegen stochastische Simulationen beispielsweise über die Wahl der zeitgünstigsten Wege zugrunde<sup>43)</sup>. Ergebnis eines Umlegungsverfahrens sind die Belastungswerte jedes einzelnen Streckenabschnitts der untersuchten Netzvariante. Auch von dieser Seite stehen dem oben vorgestellten Bewertungsverfahren keine Schwierigkeiten entgegen. Im Gegenteil – die bei diesem Verfahren mögliche starke Disaggregation der Umweltbelastung auf einzelne Straßenabschnitte und kritische Punkte gestattet eine exakte Berücksichtigung von Umwelteffekten durch städtische Verkehrswegeinvestitionen.

Schließlich muß noch auf den sich eventuell durch Verkehrsinfrastrukturinvestitionen ändernden modal-split hingewiesen werden. Gerade für die Luftverunreinigung kommt dem erhöhte Bedeutung zu, wird doch vielfach übersehen, daß bei einer Substitution von Individualverkehr durch beispielsweise elektrisch betriebenen öffentlichen Nahverkehr die gesamte Umweltbelastung nicht auf Null sinkt, sondern zunächst eine – wahrscheinlich allerdings positive – Verlagerung vom Auspuff zum stromerzeugenden Elektrizitätswerk stattfindet. Das Bewertungsverfahren kann dieses Problem berücksichtigen, sofern die spezifischen Emissionen in bezug auf den Ausnutzungsgrad der eingesetzten Primärenergie für eine identische Verkehrsleistung (z. B. Personen-km) unter Stadtverkehrsbedingungen auch anderer Verkehrsmittel bekannt sind. Hier treten gegenwärtig (vom Bewertungsverfahren allerdings unabhängig) unüberwindbare Schwierigkeiten auf, insbesondere wegen der räumlich weit auseinanderfallenden »Standorte« von Energieerzeugung und -verbrauch<sup>44)</sup>.

<sup>42)</sup> Vgl. die Fülle von Generalverkehrsplänen für Städte oder Regionen.

<sup>43)</sup> Vgl. etwa Stadt Köln (Hrsg.) Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse zum Generalverkehrsplan, Köln 1973, S. 12 f.

<sup>44)</sup> Vgl. *Willeke, R.*, *Marburger, E. A.*, *Herion, E.*, Die Berücksichtigung von Umweltbelastungen . . . , a.a.O., S. 226 ff.

Abschließend sei noch einmal betont, daß der wesentliche Vorteil des vorgestellten Bewertungsverfahrens in seiner Anknüpfung an die leicht und exakt zu erfassenden Abgasemissionen liegt. Zur Ermittlung einer wesentlichen Bewertungskomponente — der Proportionalitätsfaktoren — ist das Verfahren allerdings auf eine plausible Aussage über den Zusammenhang zwischen *globaler Luftverschmutzung* und gesundheitlicher Schädigung angewiesen.

### Summary

Hitherto the consideration of traffic depending environment effects (such as noise- and exhaust-gas immissions) referred exclusively to the avoidable costs, when traffic infrastructure measures were judged. With regard to locally limited innerurban investments it is put a ceiling on this method because a sector referred association of avoidable costs for improvements on vehicles (contrary perhaps to noise protection by improved windows) is not possible. In the present article it is tried, by in literature regressionanalytically won hypotheses on the relation between global atmospheric pollution, sanitary damages and the relative toxicity of damaging materials to seize on direct monetarily sanitary damages which are conditioned by traffic immissions. By modal- and route splitting variations this method allows also to take in consideration environment effects, because it refers to emissions which are easily to seize on. The efficiency of the proposal is exemplified at hand of a concret road-section.

### Résumé

En jugeant les mesures infrastructurelles du trafic on a jusqu'à présent tenu compte des effets de l'environnement dépendant du trafic routiers (tels que les immissions de bruit et des gaz d'échappement) uniquement du point de vue des coûts évitables. A l'égard d'investissements urbains internes bornés localement on ne peut appliquer cette procédure que jusqu'à un certain point, étant donné l'impossibilité de coordonner, restreint à un secteur partiel, les coûts évitables se référant à des améliorations des véhicules (contrairement p.e. à la protection contre le bruit par des fenêtres perfectionnées). Dans l'article présent l'auteur fait l'essai de déterminer immédiatement du point de vue monétaire les préjudices sanitaires effectués par des immissions routières en se servant des hypothèses gagnées dans la littérature par des analyses de régression en ce qui concerne les connexités existant entre la pollution globale de l'air et les préjudices sanitaires et la toxicité relative des matières dommageables. Cette procédure permet de tenir compte également des effets d'environnement par des variations du splitting modal et routier, parce qu'elle part d'émissions facilement à déterminer. La capacité de la proposition est démontrée au moyen d'un tronçon concret d'une route.

v.st.a

## Motorisierung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960-1974

VON DR.-ING. JOACHIM WESTPHAL, HANNOVER

### 1. Einführung

Die Verkehrsverhältnisse auf den Straßen der Großstädte und Verdichtungsräume sind — hervorgerufen durch die starke Motorisierung breiter Bevölkerungsschichten und den nicht beliebig vermehrbaren Verkehrsraum — vor allem in den Spitzenzeiten des Berufs- und Ausflugsverkehrs schwierig. Im Berufsverkehr treten Probleme nicht nur bei der Abwicklung des fließenden Verkehrs, sondern auch bei der Bewältigung des parkplatzsuchenden und parkenden motorisierten Verkehrs auf.

Eine wesentliche Ursache für diese bekannten Gegebenheiten in den Großstädten und Verdichtungsräumen ist in dem enormen Anwachsen der Motorisierung während der zurückliegenden 25 Jahre zu suchen. Die Trennung der Wohn- und Arbeitsstätten und damit die ausgeprägten Pendlerströme sowie die infolge der starken Motorisierung wachsende Mobilität der Bevölkerung stehen zueinander in enger Wechselbeziehung.

Es erscheint daher wichtig, als Teilaspekt dieses Problemkreises die Motorisierungsentwicklung in den Großstädten und Verdichtungsräumen über einen längeren Zeitraum hinweg zu analysieren und Tendenzen aufzuzeigen. Wegen des zu großen Aufwandes konnten in der vorliegenden Studie jedoch nicht die Verdichtungsräume als jeweils geschlossene räumliche Einheiten untersucht werden, so aufschlußreich dies sicher gewesen wäre. Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind daher die Großstädte der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) während des 15 jährigen Zeitraums zwischen 1960 und 1974. Diese Großstädte weisen eine Wohnbevölkerung von jeweils mindestens 100 000 Einwohnern auf. Im Untersuchungszeitraum stieg die Zahl der Großstädte von 52 im Jahre 1960 auf 61 im Jahre 1974.

Die Zahlenangaben, die der Untersuchung zugrunde liegen, entstammen amtlichen Statistiken des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden<sup>1) 2)</sup> und des Kraftfahrt-Bundesamtes Flensburg<sup>3)</sup>. Für die Wohnbevölkerung wurde — mit Ausnahme der Jahre 1961 und 1970, in denen Volks- und Berufszählungen stattfanden — als Stichtag jeweils der 30. 6.

#### Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Joachim Westphal  
Baudirektor im Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft und Verkehr  
Friedrichswall 1  
3000 Hannover 1

- 1) Statistisches Bundesamt Wiesbaden: Fachserie A: Bevölkerung und Kultur, Reihe 1: Gebiet und Bevölkerung, I. Bevölkerungsstand und -entwicklung 1960-1974. Stuttgart und Mainz 1961-1975.
- 2) Statistisches Bundesamt Wiesbaden: Fachserie A: Bevölkerung und Kultur, Reihe 1: Gebiet und Bevölkerung, III. Bevölkerung der kreisfreien Städte und Landkreise 1960-1974. Stuttgart und Mainz 1961-1975.
- 3) Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg: Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Juli 1960-1974. Bonn-Bad Godesberg 1961-1975.

eines Jahres gewählt. Der Bestand an Kraftfahrzeugen und der Bestand an Personenkraftwagen gelten jeweils für den 1.7. eines Jahres. Der Bestand an Personenkraftwagen schließt in der vorliegenden Arbeit stets die Kombinationskraftwagen ein.

Tabelle 1:

Entwicklung der Wohnbevölkerung/des Bestandes an Kraftfahrzeugen/des Bestandes an Personenkraftwagen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974

Laufende Nr.	Jahr	Wohnbevölkerung jeweils am 30.6. (Mio. E.)	Bestand jeweils am 1.7.	
			Kraftfahrzeuge (Mio. KFZ)	Personenkraftwagen (Mio. PKW)
1	2	3	4	5
1	1960	18,576	2,392	1,725
2	1961	18,800 <sup>1)</sup>	2,669	2,014
3	1962	18,948	2,966	2,334
4	1963	19,126	3,230	2,641
5	1964	19,403	3,507	2,954
6	1965	19,476	3,764	3,234
7	1966	19,474	4,040	3,525
8	1967	19,323	4,160	3,685
9	1968	19,249	4,300	3,836
10	1969	19,625	4,593	4,114
11	1970	19,541 <sup>2)</sup>	5,007	4,510
12	1971	19,674	5,358	4,844
13	1972	19,577	5,557	5,039
14	1973	20,020	5,899	5,357
15	1974	20,264	6,053	5,496

<sup>1)</sup> am 6.6.1961 (Volkszählung)

<sup>2)</sup> am 27.5.1970 (Volkszählung)

In Tabelle 1 sind die Daten Wohnbevölkerung, Bestand an Kraftfahrzeugen und Bestand an Personenkraftwagen jährlich für den Zeitraum 1960–1974 jeweils als Summenwerte für alle Großstädte der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) zusammen eingetragen.

Nach Tabelle 1 ist die gesamte Wohnbevölkerung in den Großstädten von 18,58 Mio. Einwohnern im Jahre 1960 auf 20,26 Mio. Einwohner im Jahre 1974 gewachsen, das entspricht einer Zunahme von 9,1%. Der gesamte Bestand an Kraftfahrzeugen in den Großstädten nahm dagegen von 2,39 Mio. Kraftfahrzeugen im Jahre 1960 auf 6,05 Mio. Kraftfahrzeuge im Jahre 1974 und damit um 153,1% zu. Noch stärker wuchs im selben Zeitraum der gesamte Bestand an Personenkraftwagen in den Großstädten: Er stieg von 1,73 Mio. Personenkraftwagen im Jahre 1960 um 218,6% auf 5,50 Mio. Personenkraftwagen im Jahre 1974.

Grundlage für die vorliegende Untersuchung waren die aus den Daten Wohnbevölke-

rung, Bestand an Kraftfahrzeugen und Bestand an Personenkraftwagen gebildeten Datensätze der Großstädte, die jährlich für den Zeitraum 1960–1974 zusammengestellt wurden. Dabei konnten die drei obengenannten Merkmale als Zufallsvariable aufgefaßt werden, so daß sie den Verfahren der mathematischen Statistik genügten.

Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit wird das aus insgesamt 848 Datensätzen mit zusammen 2544 Einzeldaten bestehende Basismaterial für die vorliegende Untersuchung hier weder tabellarisch noch grafisch wiedergegeben.

Im Abschnitt 2. werden aus dem Basismaterial ursprüngliche stochastische Zusammenhänge zwischen den Variablen Wohnbevölkerung, Bestand an Kraftfahrzeugen und Bestand an Personenkraftwagen aufgezeigt und in geeigneter Form veranschaulicht. Die aus diesen ursprünglichen Zusammenhängen abgeleiteten Beziehungen werden im Abschnitt 3. entwickelt und grafisch dargestellt.

## 2. Ursprüngliche Beziehungen

Das jährlich zusammengefaßte Datenmaterial für die drei Variablen

- Wohnbevölkerung,
- Bestand an Kraftfahrzeugen,
- Bestand an Personenkraftwagen

ließ bereits anhand von Voruntersuchungen erkennen, daß deren stochastische Zusammenhänge sehr gut durch lineare Einfachkorrelationen zwischen jeweils zwei dieser Variablen beschrieben werden.

Die Fülle des Datenmaterials führte zum Einsatz einer EDV-Anlage. Mit Hilfe der Rechenprogramme KORRMA und MURADO wurden die Datensätze nach Jahrgängen zu Regressions- und Korrelationsanalysen verarbeitet.

Bei den Analysen wurde für den Zusammenhang zwischen den Variablen X und Y jeweils von folgenden Ansätzen der linearen Einfachkorrelation ausgegangen:

1. Regressionsgerade:  $Y = A + B \cdot X$ ,
2. Regressionsgerade:  $X = C + D \cdot Y$ .

Während die 1. Regressionsgerade die Abhängigkeit der Variablen Y von der Variablen X beschreibt, gibt die 2. Regressionsgerade die Abhängigkeit der Variablen X von der Variablen Y wieder. Die Regressionskoeffizienten A, B, C und D wurden mit Hilfe des Rechenprogramms MURADO zahlenmäßig bestimmt. Die Straffheit des stochastischen Zusammenhangs zwischen den Variablen X und Y wird durch den Korrelationskoeffizienten R bzw. das Bestimmtheitsmaß  $B = R^2$  gekennzeichnet. Während der Korrelationskoeffizient die Werte  $-1 \leq R \leq +1$  annehmen kann, ergibt sich das Bestimmtheitsmaß zu  $0 \leq B \leq 1$ . Bei  $R = -1$  oder  $R = +1$  bzw.  $B = 1$  stehen die Variablen X und Y in einem funktionalen Zusammenhang zueinander. Andernfalls ergeben sich aufgrund von Zufallseinflüssen stochastische Zusammenhänge zwischen den beiden Variablen. Bei Vorliegen einer stochastischen Abhängigkeit ( $R \neq 0$  bzw.  $B \neq 0$ ) bilden die beiden Regressionsgeraden einen Winkel, der mit wachsenden Werten für das Bestimmtheitsmaß kleiner wird. Bei funktionaler Abhängigkeit zwischen den Variablen X und Y fallen beide Regressionsgeraden zusammen.

Abbildung 1:

Bestand an Kraftfahrzeugen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.

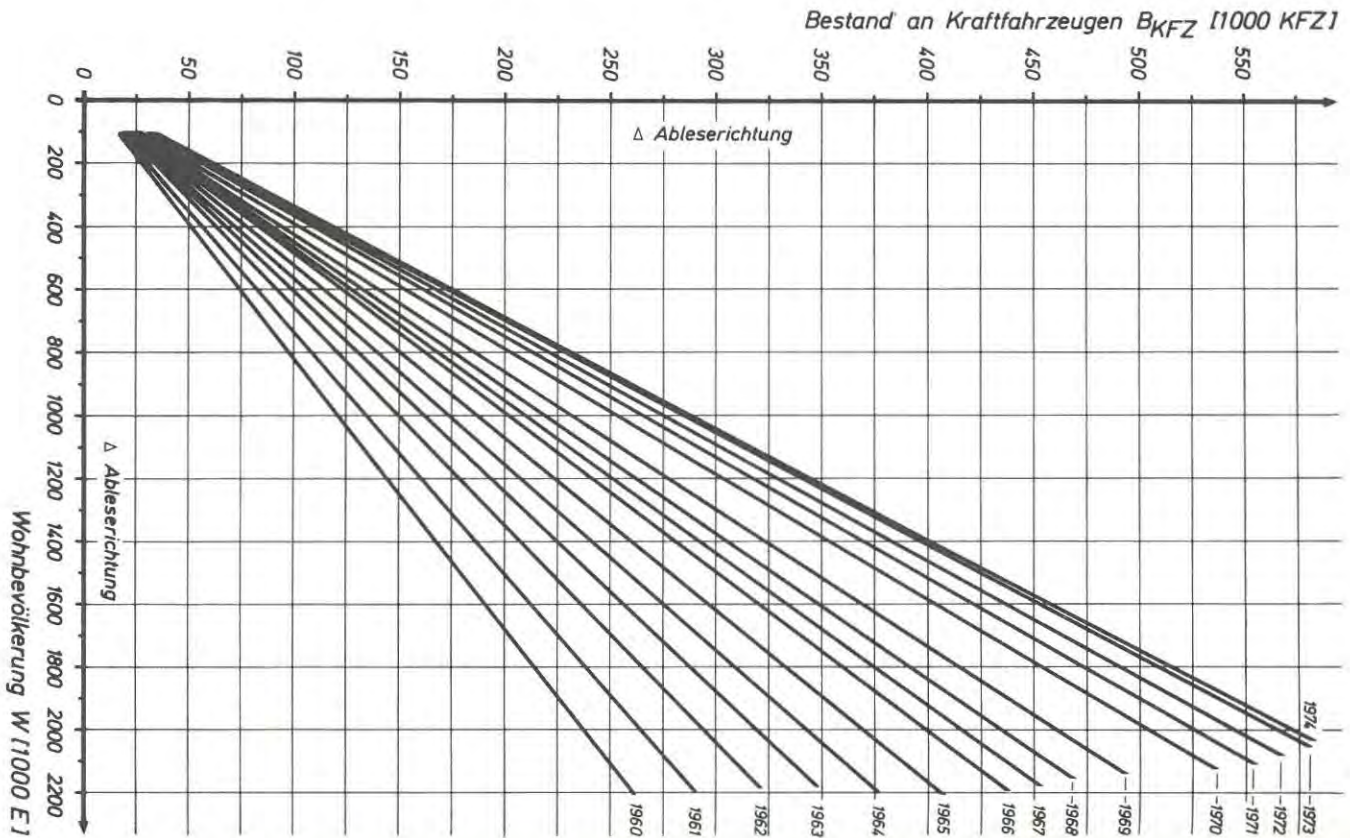
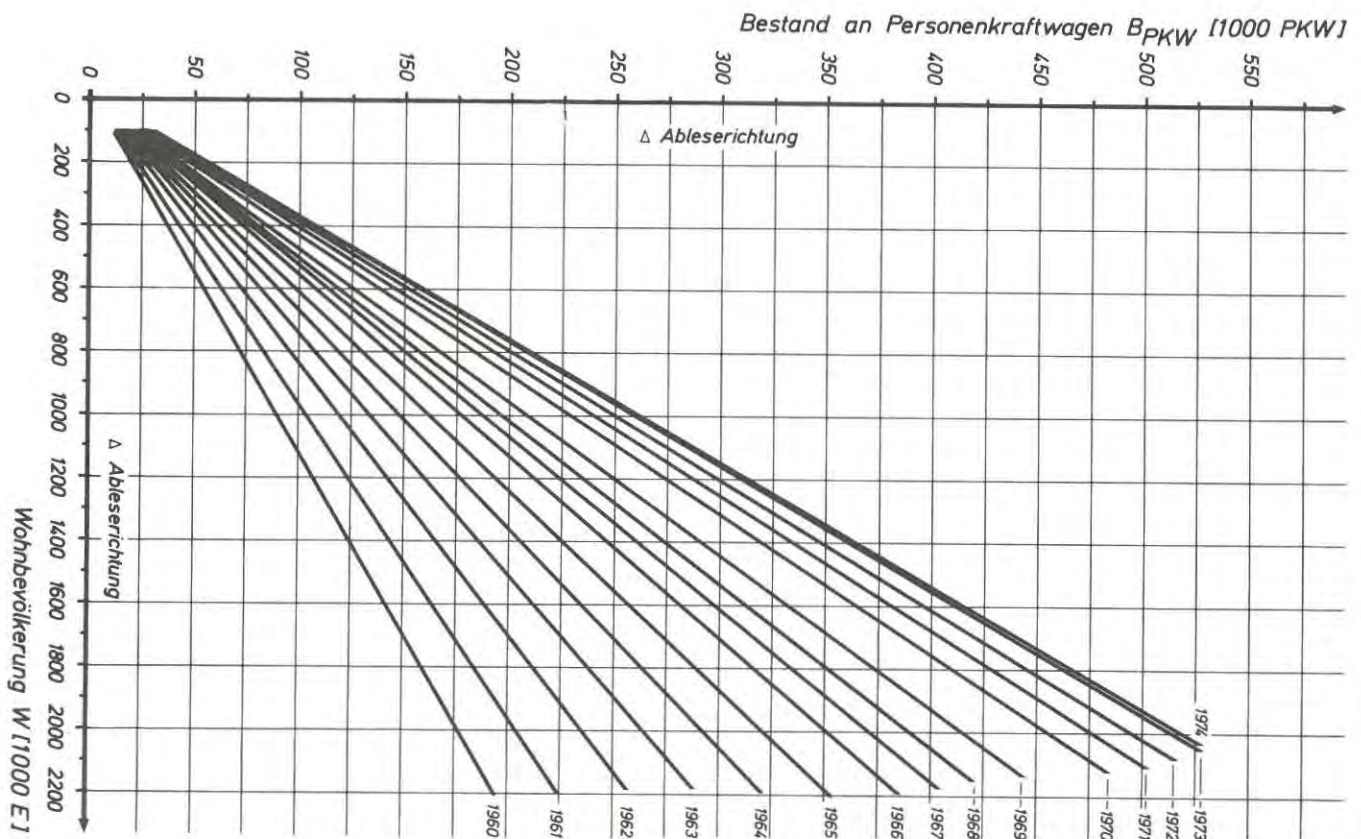


Abbildung 2:

Bestand an Personenkraftwagen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.



Wegen der hier vorliegenden sehr straffen linearen Abhängigkeiten zwischen je zwei Variablen liegen die beiden Regressionsgeraden in allen Fällen so eng benachbart, daß in der grafischen Darstellung eine Unterscheidung nicht mehr möglich ist. Aus diesem Grunde sind in den Bildern 1, 2, 3 und 7 jeweils nur die 1. Regressionsgeraden mit den ihnen entsprechenden Ableserichtungen, nicht jedoch die 2. Regressionsgeraden dargestellt. Ebenfalls aus Gründen besserer Übersichtlichkeit wurden in sämtlichen Bildern die zu den ursprünglichen Regressionsgeraden bzw. den abgeleiteten Kurven gehörenden Punkthaufen weggelassen.

Mit Hilfe des Rechenprogramms MURADO wurde bei allen Korrelationsanalysen geprüft, ob der Korrelationskoeffizient R bei einer gewählten statistischen Sicherheit S = 95 % signifikant von Null abweicht und somit eine echte korrelative Abhängigkeit zwischen den beiden Variablen X und Y anzeigt.

2.1. Kraftfahrzeuge – Wohnbevölkerung

Bild 1 zeigt den Bestand an Kraftfahrzeugen in den Großstädten in Abhängigkeit von deren Wohnbevölkerung während des Zeitabschnitts 1960–1974. Für jedes Jahr ergibt

Tabelle 2:

*Regressionsgleichungen und statistische Kennwerte für die linearen Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung und dem Bestand an Kraftfahrzeugen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974*

Bild-Nr.	Laufende Nr.	Jahr	1. Regressionsgerade				2. Regressionsgerade <sup>1)</sup>				Zahl der Wertepaare N (I)	Bestimmtheitsmaß B (II)	Korrelationskoeffizient R (III)	T-Test nach Student		
			Regressionsgleichung $B_{KFZ} = A + B \cdot W$		Gültigkeitsbereich		Regressionsgleichung $W = C + D \cdot B_{KFZ}$		Gültigkeitsbereich					errechneter T-Wert $T_{ERR}$ (I)	T-Tafelwert für S = 95 % $T_{TAF}$ (I)	T-Tafelwert für S = 99 % $T_{TAF}$ (II)
			A	B	min. W	max. W	C	D	min. $B_{KFZ}$	max. $B_{KFZ}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	1	1960	4,21563	0,11696	107,200	2203,900	-4,55641	7,86562	9,262	237,495	52	0,91994	0,95913	23,969	2,009	2,678
	2	1961	4,01688	0,13067	100,200	2197,600	-2,30242	7,08833	10,176	265,771	53	0,92622	0,96240	25,303	2,008	2,676
	3	1962	4,04750	0,14522	100,600	2180,300	-1,02863	6,40645	11,584	298,108	53	0,93035	0,96454	26,100	2,008	2,676
	4	1963	3,85915	0,15799	100,400	2176,600	-1,96761	5,95393	12,544	321,861	54	0,94068	0,96989	28,717	2,007	2,674
	5	1964	3,68019	0,17013	100,600	2192,700	-2,10307	5,56591	13,436	346,048	56	0,94695	0,97311	31,047	2,005	2,670
	6	1965	3,43329	0,18339	100,900	2201,800	-2,28810	5,20844	14,472	372,005	56	0,95516	0,97732	33,917	2,005	2,670
	7	1966	3,17888	0,19829	101,400	2190,600	-1,72773	4,84478	15,557	402,174	56	0,96068	0,98014	36,324	2,005	2,670
	8	1967	2,90405	0,20687	101,600	2173,300	-1,11201	4,65990	16,021	415,091	56	0,96400	0,98184	38,029	2,005	2,670
	9	1968	2,32950	0,21661	101,000	2149,700	0,15919	4,47444	16,557	426,880	56	0,96921	0,98449	41,232	2,005	2,670
	10	1969	1,40242	0,22982	99,900	2135,100	1,42800	4,25446	17,889	443,771	59	0,97777	0,98882	50,071	2,003	2,665
	11	1970	1,62382	0,25151	100,100	2122,300	1,24117	3,88829	20,145	479,187	57	0,97796	0,98892	49,403	2,004	2,668
	12	1971	3,84304	0,26079	100,900	2105,300	-5,32160	3,73076	21,828	509,197	59	0,97296	0,98639	45,291	2,003	2,665
	13	1972	4,53946	0,27019	101,300	2080,000	-8,16113	3,60936	22,960	524,648	59	0,97522	0,98753	47,360	2,003	2,665
	14	1973	4,64807	0,28047	101,400	2052,700	-9,12069	3,48838	24,180	536,774	61	0,97839	0,98913	51,680	2,001	2,662
	15	1974	5,07938	0,28343	100,300	2032,600	-10,47709	3,45314	24,264	530,798	61	0,97874	0,98931	52,116	2,001	2,662

<sup>1)</sup> nicht dargestellt.

sich eine andere Regressionsgerade, wodurch der aus insgesamt 15 Geraden bestehende Fächer entsteht. Für ein bestimmtes Jahr nimmt der Bestand an Kraftfahrzeugen linear mit wachsender Wohnbevölkerung der Großstädte zu. Dieser Zuwachs wird mit steigenden Jahreszahlen größer, die in Bild 1 dargestellten Regressionsgeraden werden steiler. Der Einfluß wachsender Motorisierung zeigt sich deutlich darin, daß der Bestand an Kraftfahrzeugen bei konstanter Wohnbevölkerung erheblich zunimmt.

In Tabelle 2 sind die zu den in Bild 1 gezeichneten 1. Regressionsgeraden gehörenden Geradengleichungen sowie die statistischen Kennwerte zusammengestellt. Zwischen den beiden Variablen Wohnbevölkerung und Bestand an Kraftfahrzeugen bestehen straffe lineare Abhängigkeiten, weil das Bestimmtheitsmaß B Werte zwischen 0,92 und 0,98 annimmt (Tabelle 2, Spalte 13). Nach dem STUDENT-Test weichen sämtliche Korrelationskoeffizienten R gesichert von Null ab (Tabelle 2, Spalten 15–17).

2.2. Personenkraftwagen – Wohnbevölkerung

In Bild 2 ist der Bestand an Personenkraftwagen in den Großstädten in Abhängigkeit von deren Wohnbevölkerung im Zeitraum 1960–1974 dargestellt. Danach ergibt sich eine zu Bild 1 analoge Darstellung eines aus insgesamt 15 Geraden bestehenden Fächers. Für ein bestimmtes Jahr nimmt der Bestand an Personenkraftwagen geradlinig mit der Wohnbevölkerung zu. Die Neigung der Geraden wächst mit steigenden Jahreszahlen, der Zuwachs des Bestandes an Personenkraftwagen nimmt zu. Bei konstanter Wohnbevölkerung steigt der Bestand an Personenkraftwagen erheblich, was Ausdruck der zunehmenden Motorisierung ist.

Dimension der Variablen: Wohnbevölkerung W (1000 E) Bestand an Kraftfahrzeugen  $B_{KFZ}$  (1000 KFZ)

In Tabelle 3 sind die Geradengleichungen und statistischen Kennwerte zusammengefaßt, die den in Bild 2 dargestellten 1. Regressionsgeraden zugeordnet sind. Die beiden Variablen Wohnbevölkerung und Bestand an Personenkraftwagen hängen in sehr strenger Form linear voneinander ab: Das Bestimmtheitsmaß B erreicht Werte zwischen 0,91 und 0,98 (Tabelle 3, Spalte 13). Sämtliche Korrelationskoeffizienten unterscheiden sich nach dem STUDENT-Test signifikant von Null (Tabelle 3, Spalten 15–17).

2.3. Kraftfahrzeuge – Personenkraftwagen

Bild 3 zeigt die Abhängigkeit des Bestandes an Personenkraftwagen in den Großstädten von deren Bestand an Kraftfahrzeugen zwischen 1960 und 1974. Der gegenüber den Bildern 1 und 2 erheblich schmalere Geradenfächer kann aus Übersichtsgründen in Bild 3 nicht vollständig wiedergegeben werden, da die 15 Geraden zu eng benachbart sind. Nach Bild 3 steigt für ein bestimmtes Jahr der Bestand an Personenkraftwagen linear mit dem Bestand an Kraftfahrzeugen. Der Zuwachs wird mit steigender Jahreszahl größer, die Geraden neigen sich stärker. Bei festgehaltenem Bestand an Kraftfahrzeugen nimmt der Bestand an Personenkraftwagen zu.

Tabelle 3:

Regressionsgleichungen und statistische Kennwerte für die linearen Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung und dem Bestand an Personenkraftwagen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974

Bild-Nr.	Lau-fende Nr.	Jahr	1. Regressionsgerade				2. Regressionsgerade <sup>1)</sup>									
			Regressionsgleichung $B_{PKW} = A + B \cdot W$		Gültigkeitsbereich		Regressionsgleichung $W = C + D \cdot B_{PKW}$		Gültigkeitsbereich							
			A	B	min. W	max. W	C	D	min. B <sub>PKW</sub>	max. B <sub>PKW</sub>						
1	2	1960	1,98115	0,08733	107,200	2203,900	10,50627	10,45079	6,105	175,441	52	0,91263	0,95532	22,854	2,009	2,678
		1961	2,11754	0,10115	100,200	2197,600	9,53102	9,08421	7,249	203,465	53	0,91890	0,95859	24,039	2,008	2,676
		1962	2,35649	0,11659	100,600	2180,300	8,07988	7,93478	8,691	236,537	53	0,92510	0,96182	25,097	2,008	2,676
		1963	2,38821	0,13132	100,400	2176,600	5,68933	7,12687	10,007	265,823	54	0,93588	0,96741	27,550	2,007	2,674
		1964	2,39229	0,14532	100,600	2192,700	3,53968	6,50197	11,179	294,044	56	0,94489	0,97206	30,428	2,005	2,670
		1965	2,26738	0,15953	100,900	2201,800	2,37890	5,98108	12,396	322,260	56	0,95417	0,97681	33,529	2,005	2,670
		1966	2,09300	0,17496	101,400	2190,600	2,16127	5,49106	13,605	353,757	56	0,96074	0,98017	36,350	2,005	2,670
		1967	1,97572	0,18496	101,600	2173,300	2,32855	5,20888	14,108	370,164	56	0,96343	0,98154	37,716	2,005	2,670
		1968	1,60124	0,19463	101,000	2149,700	2,83912	4,97645	14,720	382,823	56	0,96856	0,98415	40,786	2,005	2,670
		1969	0,84149	0,20712	99,900	2135,100	3,64563	4,71767	15,873	399,708	59	0,97711	0,98849	49,323	2,003	2,665
		1970	1,13687	0,22749	100,100	2122,300	2,84998	4,29664	18,545	433,079	57	0,97744	0,98865	48,813	2,004	2,668
		1971	3,17645	0,23671	100,900	2105,300	-3,99798	4,10991	20,178	461,331	59	0,97284	0,98633	45,185	2,003	2,665
		1972	3,87967	0,24571	101,300	2080,000	-7,19994	3,96921	21,293	476,495	59	0,97529	0,98757	47,431	2,003	2,665
		1973	4,08139	0,25514	101,400	2052,700	-8,54000	3,83451	22,495	488,175	61	0,97834	0,98911	51,618	2,001	2,662
		1974	4,56192	0,25748	100,300	2032,600	-10,35590	3,80214	22,620	481,719	61	0,97896	0,98942	52,395	2,001	2,662

<sup>1)</sup> nicht dargestellt.

Tabelle 4 enthält die zu den in Bild 3 eingetragenen 1. Regressionsgeraden gehörenden Geradengleichungen sowie die statistischen Kennwerte. Zwischen den Variablen Bestand an Kraftfahrzeugen und Bestand an Personenkraftwagen bestehen bei Bestimmtheitsmaßen  $B \geq 0,999$  außerordentliche straffe lineare Beziehungen (Tabelle 4, Spalte 13). Alle Korrelationskoeffizienten sind aufgrund des STUDENT-Tests signifikant von Null verschieden (Tabelle 4, Spalten 15–17).

In Bild 4 sind die in Prozent angegebenen Bestimmtheitsmaße für die linearen Zusammenhänge zwischen je zwei der Variablen

- Wohnbevölkerung,
- Bestand an Kraftfahrzeugen,
- Bestand an Personenkraftwagen

für den Zeitraum 1960–1974 zusammenfassend grafisch dargestellt. Die Zahlenwerte der Bestimmtheitsmaße wurden den Tabellen 2–4 entnommen. Bei allen drei Variablenkombinationen nimmt die Straffheit des linearen Zusammenhangs und damit das lineare Bestimmtheitsmaß B mit steigenden Jahreszahlen zu. Allerdings sind seit etwa 1968 nur noch geringfügige Zunahmen der Bestimmtheitsmaße festzustellen. Dies gilt insbesondere für die stochastischen Beziehungen zwischen dem Bestand an Kraftfahrzeugen und dem Bestand an Personenkraftwagen (Bild 4, unterer Teil), die allerdings schon nahezu funktional sind.

Bild-Nr.	Lau-fende Nr.	Jahr	1. Regressionsgerade				2. Regressionsgerade <sup>1)</sup>									
			Regressionsgleichung $B_{PKW} = A + B \cdot W$		Gültigkeitsbereich		Regressionsgleichung $W = C + D \cdot B_{PKW}$		Gültigkeitsbereich							
			A	B	min. W	max. W	C	D	min. B <sub>PKW</sub>	max. B <sub>PKW</sub>						
1	2	1960	1,98115	0,08733	107,200	2203,900	10,50627	10,45079	6,105	175,441	52	0,91263	0,95532	22,854	2,009	2,678
		1961	2,11754	0,10115	100,200	2197,600	9,53102	9,08421	7,249	203,465	53	0,91890	0,95859	24,039	2,008	2,676
		1962	2,35649	0,11659	100,600	2180,300	8,07988	7,93478	8,691	236,537	53	0,92510	0,96182	25,097	2,008	2,676
		1963	2,38821	0,13132	100,400	2176,600	5,68933	7,12687	10,007	265,823	54	0,93588	0,96741	27,550	2,007	2,674
		1964	2,39229	0,14532	100,600	2192,700	3,53968	6,50197	11,179	294,044	56	0,94489	0,97206	30,428	2,005	2,670
		1965	2,26738	0,15953	100,900	2201,800	2,37890	5,98108	12,396	322,260	56	0,95417	0,97681	33,529	2,005	2,670
		1966	2,09300	0,17496	101,400	2190,600	2,16127	5,49106	13,605	353,757	56	0,96074	0,98017	36,350	2,005	2,670
		1967	1,97572	0,18496	101,600	2173,300	2,32855	5,20888	14,108	370,164	56	0,96343	0,98154	37,716	2,005	2,670
		1968	1,60124	0,19463	101,000	2149,700	2,83912	4,97645	14,720	382,823	56	0,96856	0,98415	40,786	2,005	2,670
		1969	0,84149	0,20712	99,900	2135,100	3,64563	4,71767	15,873	399,708	59	0,97711	0,98849	49,323	2,003	2,665
		1970	1,13687	0,22749	100,100	2122,300	2,84998	4,29664	18,545	433,079	57	0,97744	0,98865	48,813	2,004	2,668
		1971	3,17645	0,23671	100,900	2105,300	-3,99798	4,10991	20,178	461,331	59	0,97284	0,98633	45,185	2,003	2,665
		1972	3,87967	0,24571	101,300	2080,000	-7,19994	3,96921	21,293	476,495	59	0,97529	0,98757	47,431	2,003	2,665
		1973	4,08139	0,25514	101,400	2052,700	-8,54000	3,83451	22,495	488,175	61	0,97834	0,98911	51,618	2,001	2,662
		1974	4,56192	0,25748	100,300	2032,600	-10,35590	3,80214	22,620	481,719	61	0,97896	0,98942	52,395	2,001	2,662

Dimension der Variablen: Wohnbevölkerung W (1000 E.) Bestand an Personenkraftwagen B<sub>PKW</sub> (1000 PKW)

Abbildung 3:

Bestand an Personenkraftwagen in Abhängigkeit vom Bestand an Kraftfahrzeugen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.

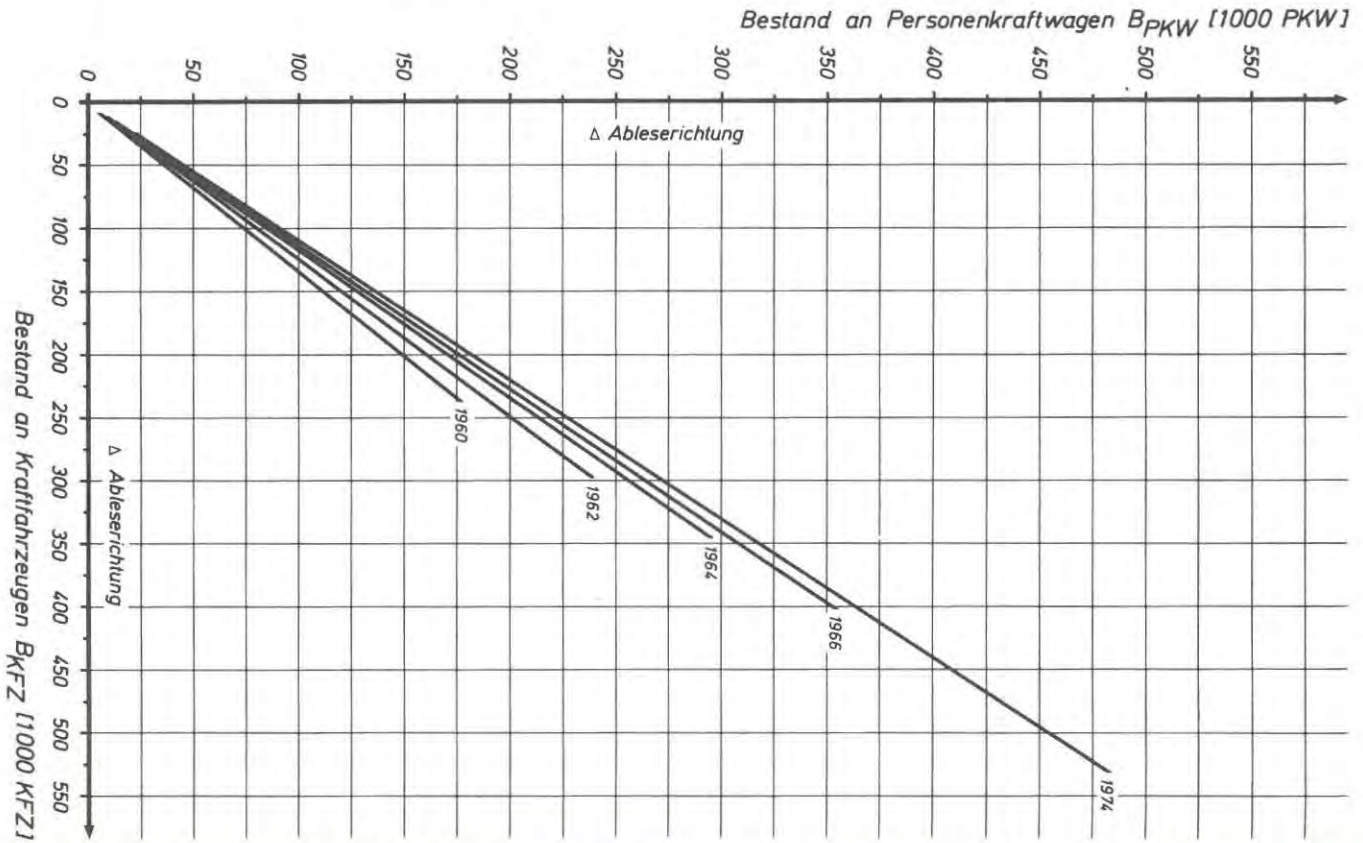
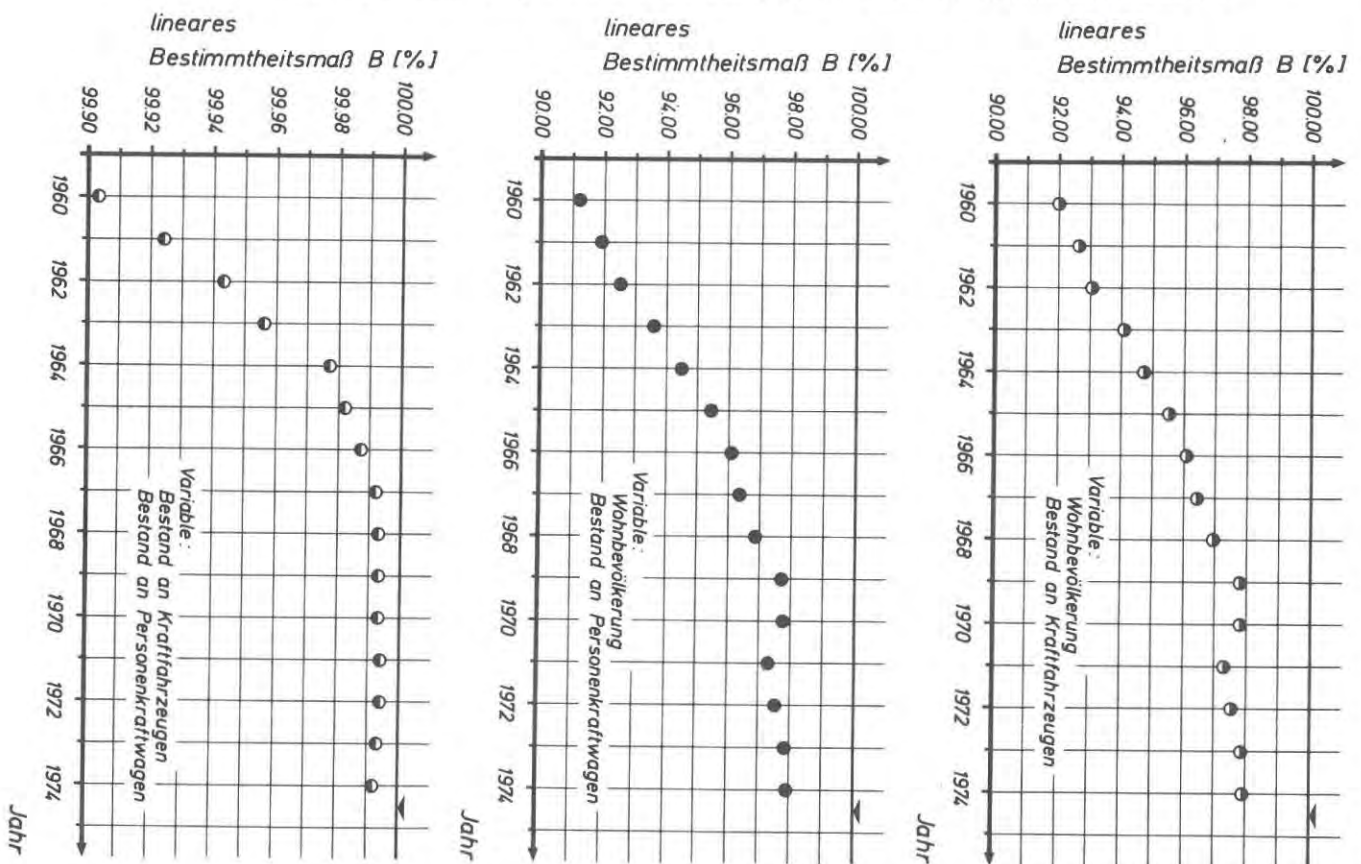


Abbildung 4:

Bestimmtheitsmaße für die linearen Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung und dem Bestand an Kraftfahrzeugen, der Wohnbevölkerung und dem Bestand an Personenkraftwagen, dem Bestand an Kraftfahrzeugen und dem Bestand an Personenkraftwagen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.



### 3. Abgeleitete Beziehungen

Im Abschnitt 2. wurden die ursprünglichen Beziehungen zwischen den drei Variablen

- Wohnbevölkerung,
- Bestand an Kraftfahrzeugen,
- Bestand an Personenkraftwagen

mit Hilfe der mathematischen Statistik quantifiziert. Die Ergebnisse waren lineare Einfachkorrelationen, deren 1. Regressionsgeraden in den Bildern 1, 2 und 3 veranschaulicht sind.

Im vorliegenden Abschnitt werden aus diesen ursprünglichen linearen Beziehungen abgeleitete nichtlineare Beziehungen für die Variablen

- Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge,
- Motorisierungsgrad Personenkraftwagen,
- Personenkraftwagen-Anteil

Tabelle 4:

Regressionsgleichungen und statistische Kennwerte für die linearen Beziehungen zwischen dem Bestand an Kraftfahrzeugen und dem Bestand an Personenkraftwagen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960-1974

Bild-Nr.	Laufende Nr.	Jahr	1. Regressionsgerade				2. Regressionsgerade <sup>1)</sup>				Zahl der Wertepaare N (I)	Bestimmtheitsmaß B (I)	Korrelationskoeffizient R (I)	T-Test nach Student		
			Regressionsgleichung $B_{PKW} = A + B \cdot B_{KFZ}$		Gültigkeitsbereich		Regressionsgleichung $B_{KFZ} = C + D \cdot B_{PKW}$		Gültigkeitsbereich					errechneter T-Wert $T_{ERR}$ (I)	T-Tafelwert für S = 95% $T_{TAF}$ (I)	T-Tafelwert für S = 99% $T_{TAF}$ (I)
			A	B	min. $B_{KFZ}$	max. $B_{KFZ}$	C	D	min. $B_{PKW}$	max. $B_{PKW}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	1	1960	-1,28687	0,74928	9,262	237,495	1,76050	1,33333	8,105	175,441	52	0,99903	0,99951	226,750	2,009	2,678
	2	1961	-1,13223	0,77691	10,176	265,771	1,49433	1,28618	7,249	203,465	53	0,99924	0,99962	259,623	2,008	2,676
	3	1962	-1,00745	0,80488	11,584	298,108	1,28281	1,24172	8,691	236,537	53	0,99943	0,99972	299,346	2,008	2,676
	4	1963	-0,93567	0,83312	12,544	321,861	1,14920	1,19977	10,007	265,823	54	0,99956	0,99978	341,799	2,007	2,674
	5	1964	-0,80326	0,85500	13,436	346,048	0,95388	1,16931	11,179	294,044	56	0,99977	0,99988	481,056	2,005	2,670
	6	1965	-0,74454	0,87029	14,472	372,005	0,86740	1,14884	12,396	322,260	56	0,99982	0,99991	549,681	2,005	2,670
	7	1966	-0,70588	0,88227	15,557	402,174	0,80944	1,13329	13,605	353,757	56	0,99987	0,99993	641,716	2,005	2,670
	8	1967	-0,63807	0,89430	16,021	415,091	0,71912	1,11810	14,108	370,164	56	0,99992	0,99996	843,093	2,005	2,670
3	9	1968	-0,51288	0,89879	16,557	426,880	0,57569	1,11254	14,720	382,823	56	0,99993	0,99997	909,936	2,005	2,670
	10	1969	-0,44388	0,90148	17,889	443,771	0,49761	1,10922	15,873	399,708	59	0,99993	0,99997	924,905	2,003	2,665
	11	1970	-0,35045	0,90469	20,145	479,187	0,39332	1,10528	16,545	433,079	57	0,99993	0,99997	904,312	2,004	2,668
	12	1971	-0,31443	0,90767	21,828	509,197	0,35173	1,10166	17,178	461,331	59	0,99994	0,99997	985,970	2,003	2,665
	13	1972	-0,24270	0,90935	22,960	524,648	0,27265	1,09963	17,293	476,495	59	0,99994	0,99997	969,707	2,003	2,665
	14	1973	-0,14624	0,90968	24,180	536,774	0,16720	1,09922	17,495	488,175	61	0,99993	0,99997	947,001	2,001	2,662
	15	1974	-0,03858	0,90828	24,264	530,798	0,05013	1,10090	17,620	481,719	61	0,99992	0,99996	875,826	2,001	2,662

<sup>1)</sup> nicht dargestellt.

entwickelt und in den Bildern 5, 8, 9 und 12 grafisch dargestellt. Die aus den 1. Regressionsgeraden in den Bildern 1, 2 und 3 hergeleiteten Kurven folgen Funktionen des gebrochen rationalen Typs

$$Y = \frac{A + B \cdot X}{C + D \cdot X}$$

und besitzen Asymptoten. Wegen der besseren Übersichtlichkeit sind diese Asymptoten in den Bildern 5, 8, 9 und 12 jedoch nicht eingetragen. Die Ableserichtungen für die abgeleiteten Kurven ergeben sich aus den analogen Ableserichtungen der zugehörigen 1. Regressionsgeraden in den Bildern 1, 2 und 3.

#### 3.1. Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge - Wohnbevölkerung

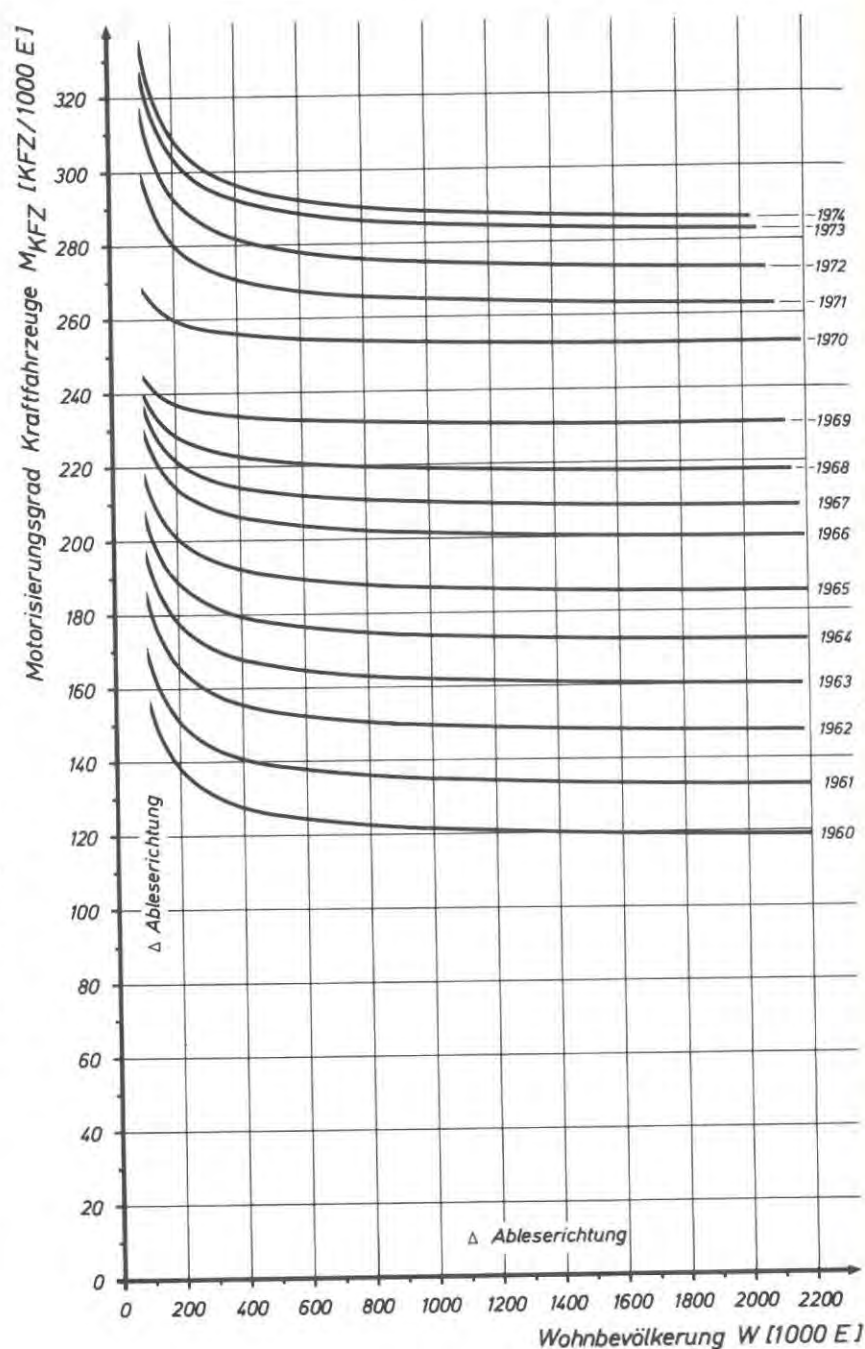
Unter dem Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge wird die Zahl der Kraftfahrzeuge je 1000 Einwohner verstanden. In Bild 5 ist der Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge in den Großstädten in Abhängigkeit von deren Wohnbevölkerung für den Zeitraum 1960-1974 aufgetragen. Die Kurven in Bild 5 wurden aus den 1. Regressionsgeraden in Bild 1 abgeleitet.

Nach Bild 5 bestehen zwischen der Wohnbevölkerung einerseits und dem Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge andererseits nichtlineare Abhängigkeiten. Für ein bestimmtes Jahr nimmt der Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge mit wachsender Wohnbevölkerung zunächst steil, dann flacher werdend ab und nähert sich einer - aus Gründen besserer Übersichtlichkeit nicht gezeichneten - Asymptote. Kleine Großstädte sind folglich

Dimensionen der Variablen: Bestand an Kraftfahrzeugen  $B_{KFZ}$  (1000 KFZ), Bestand an Personenkraftwagen  $B_{PKW}$  (1000 PKW)



Abbildung 5:  
Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.



stärker mit Kraftfahrzeugen motorisiert als Großstädte mit einer großen Wohnbevölkerung. Diese Erscheinung, die vermutlich auf die mit der Wohnbevölkerung wachsende Überalterung der Großstädte zurückgeht, ist in allen untersuchten Jahren zwischen 1960 und 1974 zu beobachten.

Die in Bild 5 dargestellte Kurvenschar des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge ist dadurch gekennzeichnet, daß die Kurven mit steigenden Jahreszahlen nach oben verschoben werden: Die Stärke der Motorisierung Kraftfahrzeuge nimmt zu.

Tabelle 5:

Gleichungen und Gültigkeitsbereiche für die nichtlinearen Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung und dem Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974

Bild-Nr.	Laufende Nr.	Jahr	Gleichung $M_{KFZ} = \frac{A + B \cdot W}{0,001 \cdot W}$		Gültigkeitsbereich		Asymptote $A_{MKFZ}$ (KFZ/1000 E.)
			A	B	min. W	max. W	
1	2	3	4	5	6	7	8
	1	1960	4,21563	0,11696	107,200	2203,900	116,96
	2	1961	4,01688	0,13067	100,200	2197,600	130,67
	3	1962	4,04750	0,14522	100,600	2180,300	145,22
	4	1963	3,85915	0,15799	100,400	2176,600	157,99
	5	1964	3,68019	0,17013	100,600	2192,700	170,13
	6	1965	3,43329	0,18339	100,900	2201,800	183,39
	7	1966	3,17888	0,19829	101,400	2190,600	198,29
	8	1967	2,90405	0,20687	101,600	2173,300	206,87
	9	1968	2,32950	0,21661	101,000	2149,700	216,61
	10	1969	1,40242	0,22982	99,900	2135,100	229,82
	11	1970	1,62382	0,25151	100,100	2122,300	251,51
	12	1971	3,84304	0,26079	100,900	2105,300	260,79
	13	1972	4,53946	0,27019	101,300	2080,000	270,19
	14	1973	4,64807	0,28047	101,400	2052,700	280,47
15	1974	5,07938	0,28343	100,300	2032,600	283,43	

Dimensionen der Variablen: Wohnbevölkerung W [1000 E.]  
Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge  $M_{KFZ}$  [KFZ/1000 E.]

Tabelle 5 umfaßt die Gleichungen für die in Bild 5 aufgetragenen Kurven des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge, deren Gültigkeitsbereiche sowie Asymptotenwerte.

Bild 6 zeigt u. a. die Asymptoten des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge, die in Tabelle 5 zahlenmäßig genannt sind, jahresweise in grafischer Darstellung. Danach stieg dieser Asymptotenwert von 117 KFZ/1000 E im Jahre 1960 etwa linear auf 283 KFZ/1000 E im Jahre 1974.

Im oberen Teil von Bild 7 ist die Asymptote des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge in Abhängigkeit vom gesamten Bestand an Kraftfahrzeugen in allen Großstädten zusam-

Abbildung 6:

Asymptote des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge/Personenkraftwagen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.

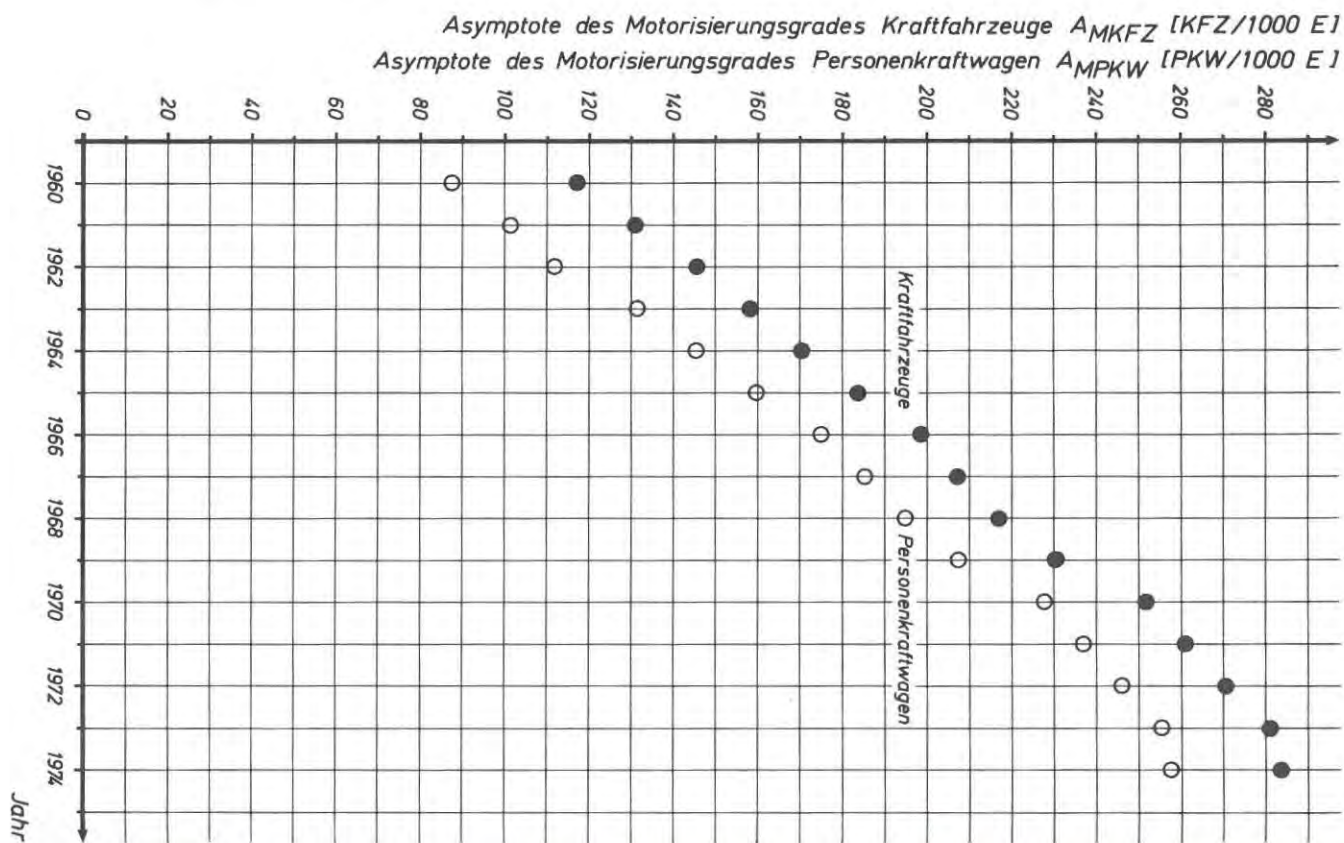
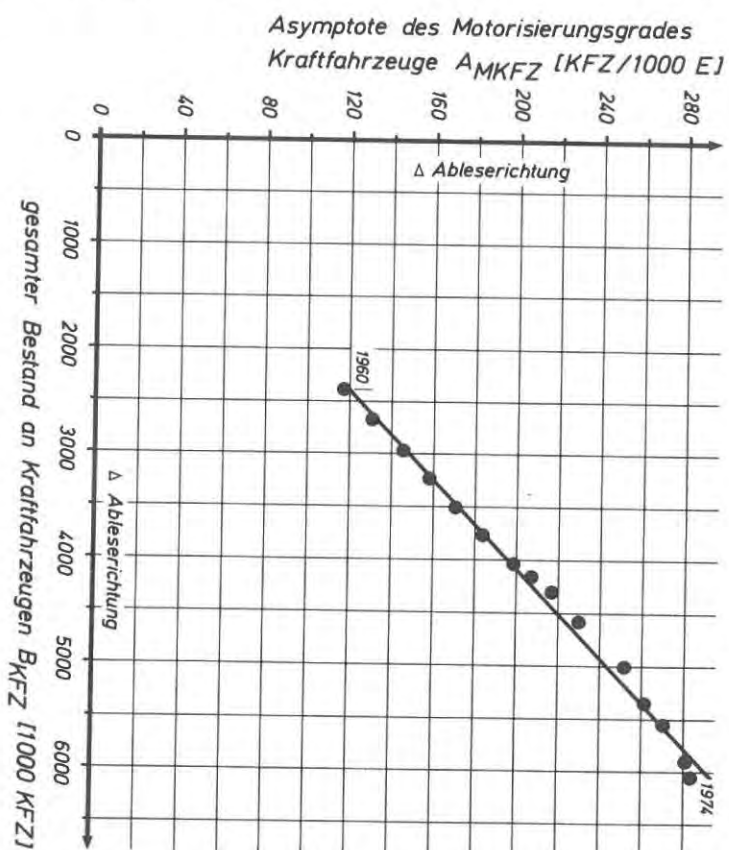
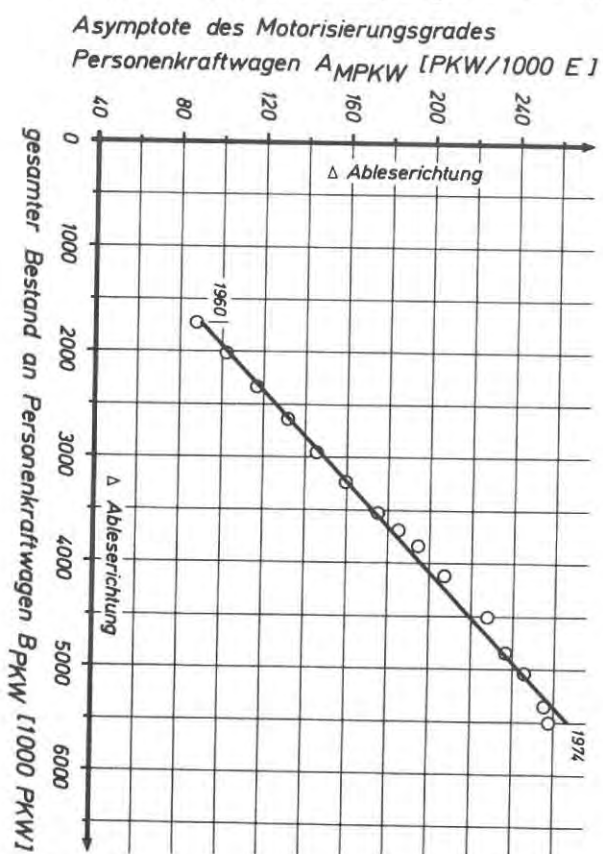


Abbildung 7:

Asymptote des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge/Personenkraftwagen in Abhängigkeit vom gesamten Bestand an Kraftfahrzeugen/Personenkraftwagen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.



men dargestellt. Aus der Form des Punkthaufens folgte unmittelbar die Berechtigung, für den Ausgleich einen linearen Ansatz zu wählen. Die lineare Einfachkorrelation führte zu folgenden Ergebnissen:

1. Regressionsgerade: Asymptote des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge:  

$$A_{MKFZ} = 6,86746 + 0,04724 \cdot B_{KFZ}$$
 Gültigkeitsbereich:  

$$2392 \leq B_{KFZ} \leq 6053$$
2. Regressionsgerade: gesamter Bestand an Kraftfahrzeugen:  

$$B_{KFZ} = -114,83583 + 21,02205 \cdot A_{MKFZ}$$
 Gültigkeitsbereich:  

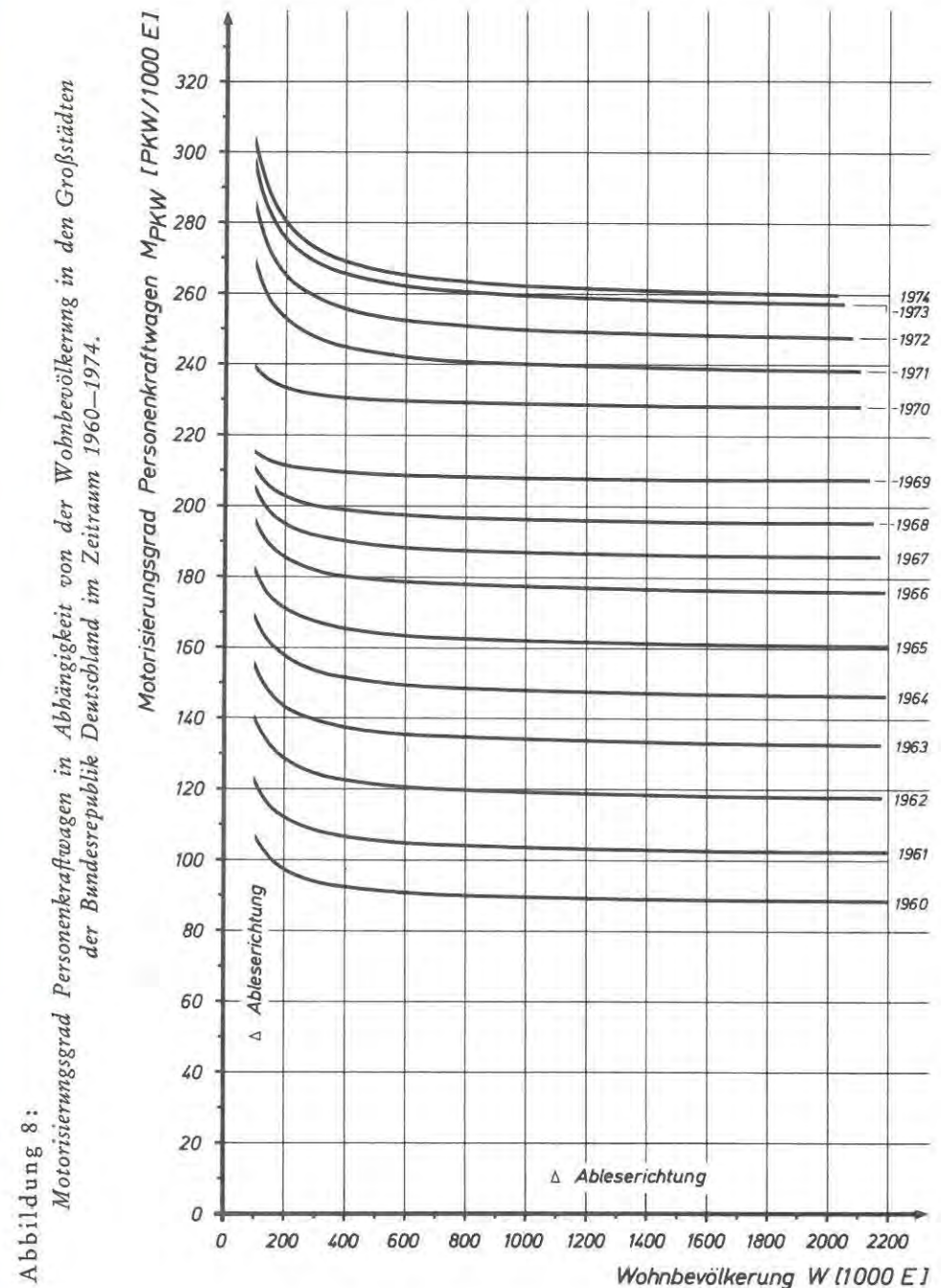
$$116,96 \leq A_{MKFZ} \leq 283,43$$
 Zahl der Wertepaare:  $N = 15$   
 Bestimmtheitsmaß:  $B = 0,99302$   
 Korrelationskoeffizient:  $R = 0,99651$   
 errechneter T-Wert:  $T_{ERR} = 30,489$   
 T-Tafelwert für  $S = 95\%$ :  $T_{95\%} = 2,160$   
 T-Tafelwert für  $S = 99\%$ :  $T_{99\%} = 3,012$   
 Dimensionen der Variablen:  
 $B_{KFZ}$  [1000 KFZ]  
 $A_{MKFZ}$  [KFZ/1000 E].

Der Korrelationskoeffizient weicht aufgrund des T-Tests nach STUDENT gesichert von Null ab. Der hohe Wert des Bestimmtheitsmaßes ( $B = 0,99$ ) zeigt nahezu funktionale lineare Beziehungen zwischen dem gesamten Bestand an Kraftfahrzeugen in allen Großstädten zusammen und der Asymptote des Motorisierungsgrades Kraftfahrzeuge an.

### 3.2. Motorisierungsgrad Personenkraftwagen – Wohnbevölkerung

Analog zu dem im Abschnitt 3.1. behandelten Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge wird unter dem Motorisierungsgrad Personenkraftwagen die auf je 1000 Einwohner bezogene Zahl der Personenkraftwagen verstanden. Da es stets weniger Personenkraftwagen als Kraftfahrzeuge gibt, muß der Motorisierungsgrad Personenkraftwagen unter dem Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge liegen. Bild 8 zeigt den Motorisierungsgrad Personenkraftwagen in den Großstädten in Abhängigkeit von deren Wohnbevölkerung im Zeitabschnitt 1960–1974. Die in Bild 8 gezeichneten 15 Kurven des Motorisierungsgrades Personenkraftwagen wurden aus den entsprechenden 1. Regressionsgeraden in Bild 2 entwickelt. Die Kurvenschar des Motorisierungsgrades Personenkraftwagen in Bild 8 zeigt – auf niedrigerem Niveau – einen ähnlichen Verlauf wie die Kurvenschar in Bild 5, die den Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge beschreibt.

Bild 8 stellt die nichtlineare Abhängigkeit des Motorisierungsgrades Personenkraftwagen von der Wohnbevölkerung dar. Bei Betrachtung eines vorgegebenen Jahres sinkt der Motorisierungsgrad Personenkraftwagen mit wachsender Wohnbevölkerung zunächst verhältnismäßig rasch. Danach ist die Abnahme nur noch geringfügig, die Kurve nähert sich einer in Bild 8 nicht eingezeichneten Asymptote. Wie beim Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge dürfte dies auch beim Motorisierungsgrad Personenkraftwagen auf die mit wachsender Wohnbevölkerung der Großstädte zunehmende Überalterung zurückzuführen sein. Kleine Großstädte sind also auch bezüglich der Personenkraftwagen stärker motorisiert als Großstädte mit einer großen Wohnbevölkerung.



Nach Bild 8 nimmt die Motorisierung Personenkraftwagen mit steigenden Jahreszahlen zu: Die Kurven werden analog zu den Kurven für den Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge (Bild 5) nach oben verschoben.

Tabelle 6:

Gleichungen und Gültigkeitsbereiche für die nichtlinearen Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung und dem Motorisierungsgrad Personenkraftwagen in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974

Bild-Nr.	Laufende Nr.	Jahr	Gleichung		Gültigkeitsbereich		Asymptote $A_{MPKW}$ [PKW/1000 E.]
			$M_{PKW} = \frac{A + B \cdot W}{0,001 \cdot W}$		min. W	max. W	
1	2	3	4	5	6	7	8
	1	1960	1,98115	0,08733	107,200	2203,900	87,33
	2	1961	2,11754	0,10115	100,200	2197,600	101,15
	3	1962	2,35649	0,11659	100,600	2180,300	116,59
	4	1963	2,38821	0,13132	100,400	2176,600	131,32
	5	1964	2,39229	0,14532	100,600	2192,700	145,32
	6	1965	2,26738	0,15953	100,900	2201,800	159,53
	7	1966	2,09300	0,17496	101,400	2190,600	174,96
B	8	1967	1,97572	0,18496	101,600	2173,300	184,96
	9	1968	1,60124	0,19463	101,000	2149,700	194,63
	10	1969	0,84149	0,20712	99,900	2135,100	207,12
	11	1970	1,13687	0,22749	100,100	2122,300	227,49
	12	1971	3,17645	0,23671	100,900	2105,300	236,71
	13	1972	3,87967	0,24571	101,300	2080,000	245,71
	14	1973	4,08139	0,25514	101,400	2052,700	255,14
	15	1974	4,56192	0,25748	100,300	2032,600	257,48

Dimensionen der Variablen: Wohnbevölkerung W [1000 E.]  
Motorisierungsgrad Personenkraftwagen  $M_{PKW}$  [PKW/1000 E.]

Aus Tabelle 6 sind die zu den Kurven des Motorisierungsgrades Personenkraftwagen (Bild 8) gehörenden Gleichungen, Gültigkeitsbereiche sowie Asymptotenwerte zu sehen.

In Bild 6 sind auch die in Tabelle 6 quantifizierten Asymptotenwerte für den Motorisierungsgrad Personenkraftwagen im Zeitraum 1960–1974 aufgetragen. Danach nahm dieser Asymptotenwert von 87 PKW/1000 E im Jahre 1960 etwa linear auf 257 PKW/1000 E im Jahre 1974 zu.

Der untere Teil des Bildes 7 zeigt die lineare Abhängigkeit der Asymptote des Motorisierungsgrades Personenkraftwagen vom gesamten Bestand an Personenkraftwagen in allen Großstädten zusammen. Wie im oberen Teil von Bild 7 ist auch hier ein linearer Ausgleich des langgestreckten Punkthaufens sinnvoll. Die Ergebnisse der linearen Einfachkorrelation lauten:

- Regressionsgerade: Asymptote des Motorisierungsgrades Personenkraftwagen:  
Gültigkeitsbereich:  $A_{MPKW} = 8,81976 + 0,04689 \cdot B_{PKW}$   
 $1725 \leq B_{PKW} \leq 5496$
- Regressionsgerade: gesamter Bestand an Personenkraftwagen:  
Gültigkeitsbereich:  $B_{PKW} = -166,32347 + 21,20863 \cdot A_{MPKW}$   
 $87,33 \leq A_{MPKW} \leq 257,48$   
Zahl der Wertepaare: N = 15  
Bestimmtheitsmaß: B = 0,99438  
Korrelationskoeffizient: R = 0,99718  
errechneter T-Wert:  $T_{ERR} = 33,924$   
T-Tafelwert für S = 95 %:  $T_{95\%} = 2,160$   
T-Tafelwert für S = 99 %:  $T_{99\%} = 3,012$   
Dimensionen der Variablen:  $B_{PKW}$  [1000 PKW]  
 $A_{MPKW}$  [PKW/1000 E.]

Aufgrund des STUDENT-Tests ist der Korrelationskoeffizient signifikant von Null verschieden. Das Bestimmtheitsmaß erreicht einen Wert von  $B = 0,99$ . Zwischen dem gesamten Bestand an Personenkraftwagen in allen Großstädten zusammen und der Asymptote des Motorisierungsgrades Personenkraftwagen besteht daher eine fast funktionale lineare Beziehung.

### 3.3. Personenkraftwagen-Anteil – Kraftfahrzeuge/Wohnbevölkerung

In diesem Abschnitt soll der Anteil der Personenkraftwagen an den Kraftfahrzeugen untersucht und damit der Strukturwandel in der Zusammensetzung des Bestandes an Kraftfahrzeugen aufgezeigt werden. Der Personenkraftwagen-Anteil wird zum einen in Abhängigkeit vom Bestand an Kraftfahrzeugen, zum anderen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung dargestellt.

Bild 9 zeigt den Personenkraftwagen-Anteil in den Großstädten in Abhängigkeit von deren Bestand an Kraftfahrzeugen. Die Kurven wurden aus den in Bild 3 teilweise dargestellten 1. Regressionsgeraden abgeleitet, welche die Abhängigkeit des Bestandes an Personenkraftwagen vom Bestand an Kraftfahrzeugen beschreiben. Nach Bild 9 bestehen zwischen dem Personenkraftwagen-Anteil und dem Bestand an Kraftfahrzeugen nichtlineare Beziehungen. Für ein bestimmtes Jahr steigt der Personenkraftwagen-Anteil zunächst an, danach nimmt er nur noch geringfügig zu und nähert sich einer – aus Übersichtsgründen nicht eingetragenen – Asymptote. Aus Bild 9 ist zu sehen, daß sich die Kurven im Verlauf der Jahre seit 1960 nach oben verschoben haben, d. h. der Personenkraftwagen-Anteil ist gewachsen. Allerdings wird die Verschiebung immer geringer, die Abstände der Kurven verkleinern sich. Etwa seit 1970 hat sich der Personenkraftwagen-Anteil kaum noch erhöht. Außerdem fällt auf, daß sich der Personenkraftwagen-Anteil in Großstädten mit kleinem und großem Bestand an Kraftfahrzeugen zunehmend einander angeglichen hat: Die für 1974 gültige Kurve ist einer Waagerechten sehr ähnlich, während die Kurve für 1960 erheblich unterschiedliche Personenkraftwagen-Anteile für Großstädte verschiedener Größe ausweist.

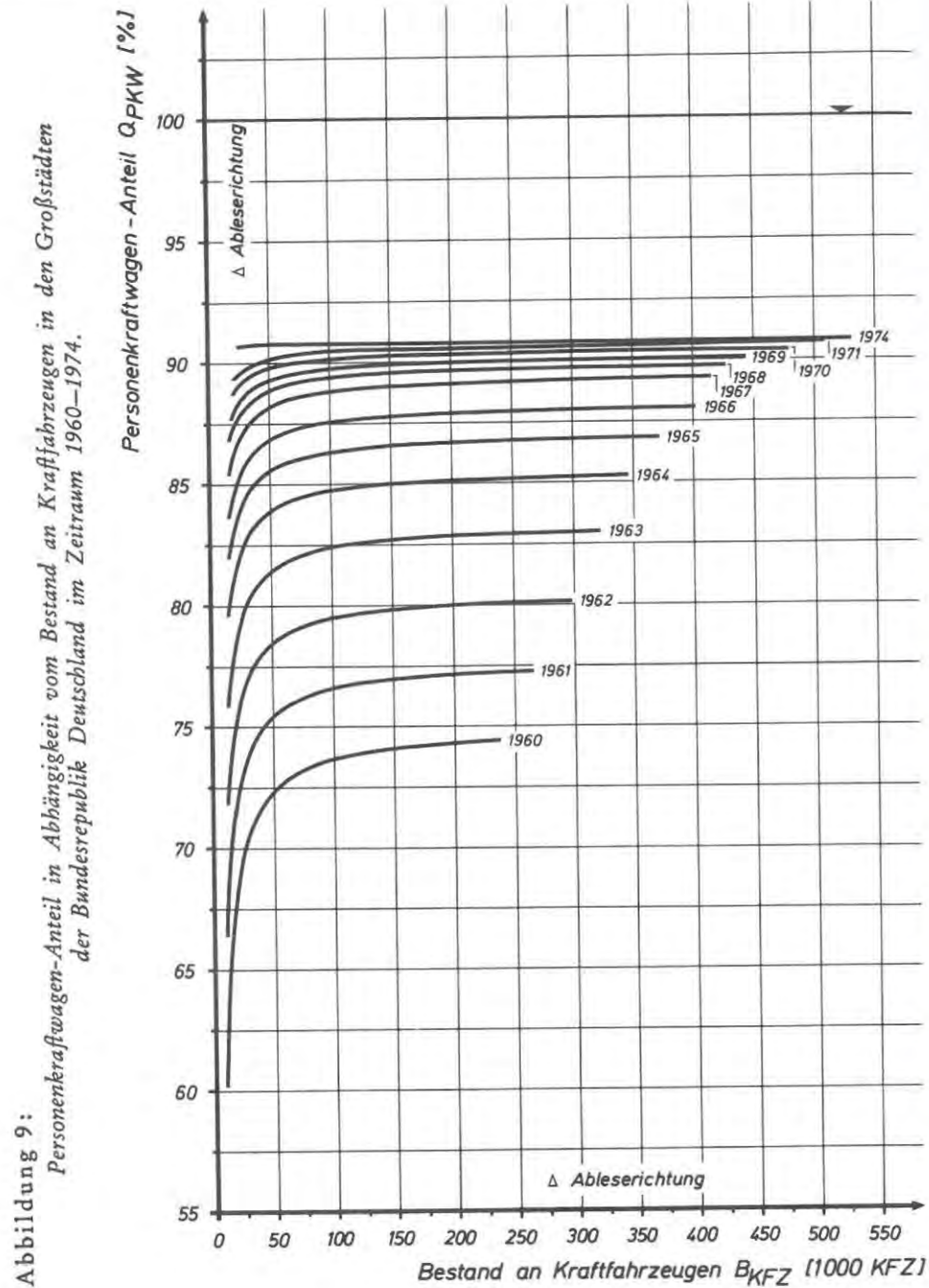


Tabelle 7:

Gleichungen und Gültigkeitsbereiche für die nichtlinearen Beziehungen zwischen dem Bestand an Kraftfahrzeugen und dem Personenkraftwagen-Anteil in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974

Bild-Nr.	Laufende Nr.	Jahr	Gleichung		Gültigkeitsbereich		Asymptote $A_{QPKW}$ [%]
			$Q_{PKW} = \frac{A + B \cdot B_{KFZ}}{0,01 \cdot B_{KFZ}}$		min. $B_{KFZ}$	max. $B_{KFZ}$	
			A	B			
9	1	1960	-1,28687	0,74928	9,262	237,495	74,93
	2	1961	-1,13223	0,77691	10,176	265,771	77,69
	3	1962	-1,00745	0,80488	11,584	298,108	80,49
	4	1963	-0,93567	0,83312	12,544	321,861	83,31
	5	1964	-0,80326	0,85500	13,436	346,048	85,50
	6	1965	-0,74454	0,87029	14,472	372,005	87,03
	7	1966	-0,70588	0,88227	15,557	402,174	88,23
	8	1967	-0,63807	0,89430	16,021	415,091	89,43
	9	1968	-0,51288	0,89879	16,557	426,880	89,88
	10	1969	-0,44388	0,90148	17,889	443,771	90,15
	11	1970	-0,35045	0,90469	20,145	479,187	90,47
	12	1971	-0,31443	0,90767	21,828	509,197	90,77
	13	1972	-0,24270	0,90935	22,960	524,648	90,94
	14	1973	-0,14624	0,90968	24,180	536,774	90,97
	15	1974	-0,03858	0,90828	24,264	530,798	90,83

Dimensionen der Variablen: Bestand an Kraftfahrzeugen  $B_{KFZ}$  (1000 KFZ)  
Personenkraftwagen-Anteil  $Q_{PKW}$  [%]

In Tabelle 7 sind sowohl die Gleichungen der in Bild 9 aufgetragenen Kurven als auch deren Gültigkeitsbereiche und Asymptotenwerte zusammengestellt.

Der obere Teil des Bildes 10 zeigt die in Tabelle 7 zahlenmäßig genannten Asymptotenwerte für den Personenkraftwagen-Anteil im Zeitraum 1960–1974. Danach nahmen die Asymptotenwerte seit 1960 zunächst etwa linear, ab 1964 jedoch in zunehmend geringerem Maße zu. In den letzten Jahren seit etwa 1971 ist praktisch keine Zunahme des Asymptotenwertes mehr festzustellen.

Im oberen Teil des Bildes 11 ist die Asymptote des Personenkraftwagen-Anteils in den Großstädten in Abhängigkeit von deren gesamtem Bestand an Kraftfahrzeugen dargestellt. Die Form des Punkthaufens führte zum Ansatz einer Ausgleichsfunktion, die sich einen vorgegebenen konstanten Asymptotenwert nähert. Hier wurde eine Funktion des Typs

$$Y = A + B \cdot C^x$$

gewählt, die sich bei  $B < 0$  und  $C > 0$  der Konstante (Asymptote)  $A$  von unten nähert. Diese innerhalb sinnvoller Grenzen frei wählbare Konstante  $A$  wurde hier anhand des vorliegenden Punkthaufens zwischen 100% und 91% variiert. Die mit EDV-

Abbildung 10:

Asymptote des Personenkraftwagen-Anteils als Funktion des Bestandes an Kraftfahrzeugen/der Wohnbevölkerung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.

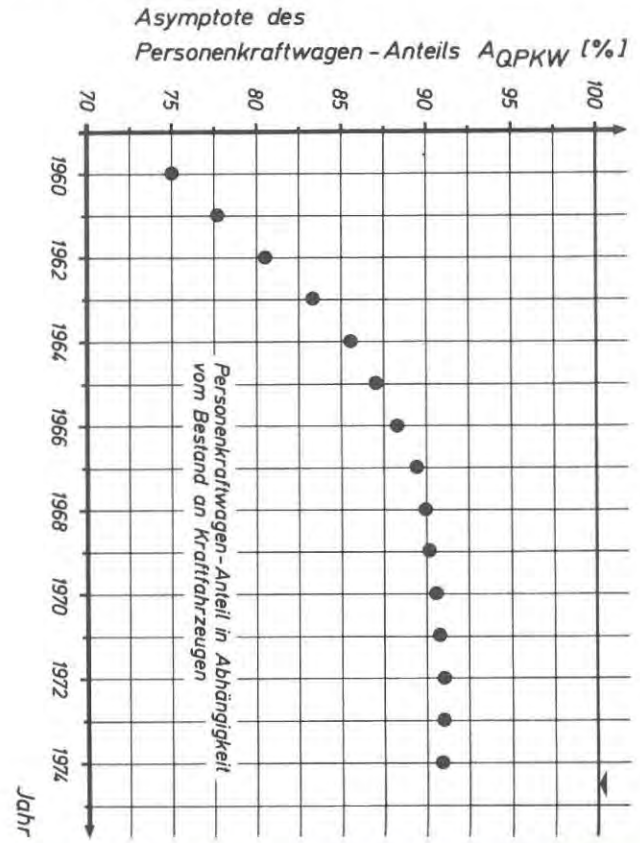
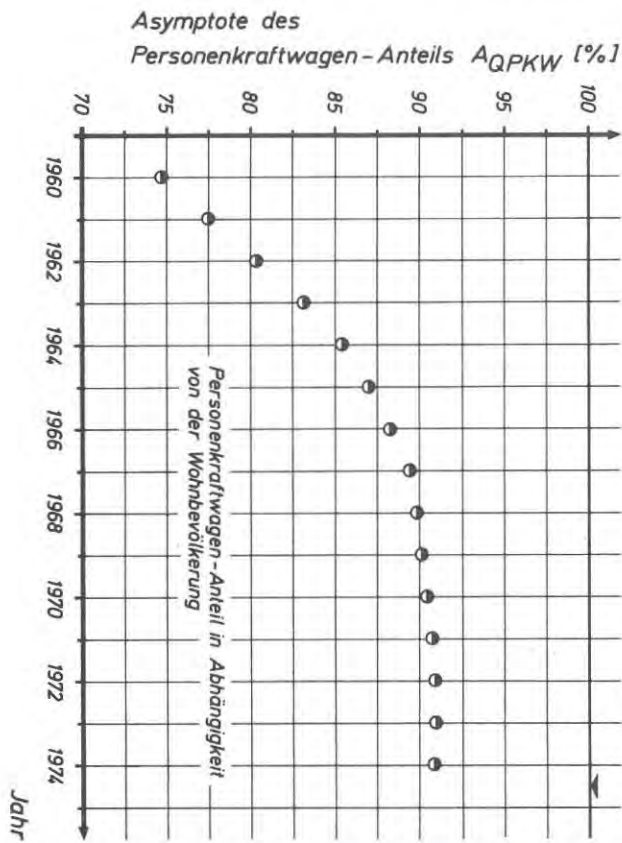
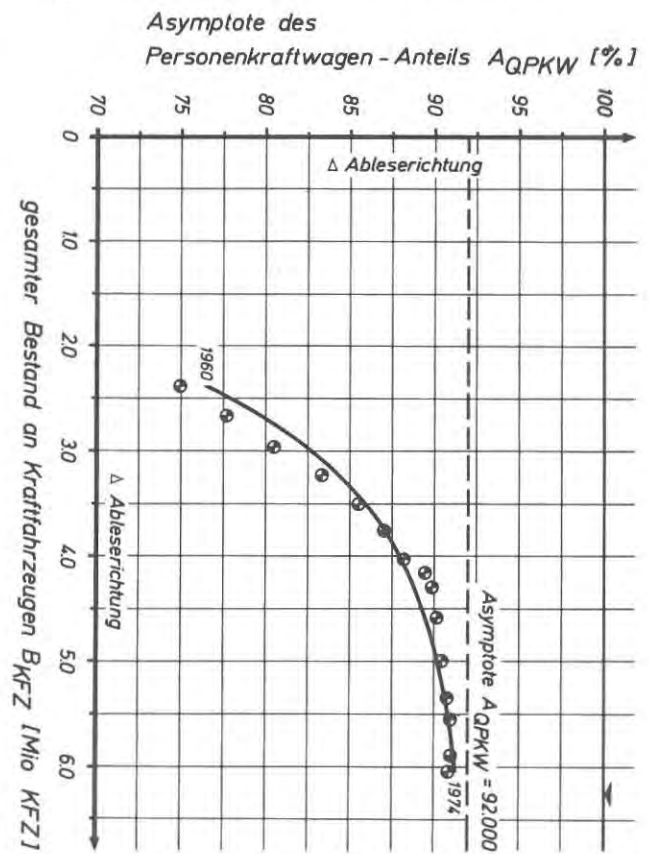
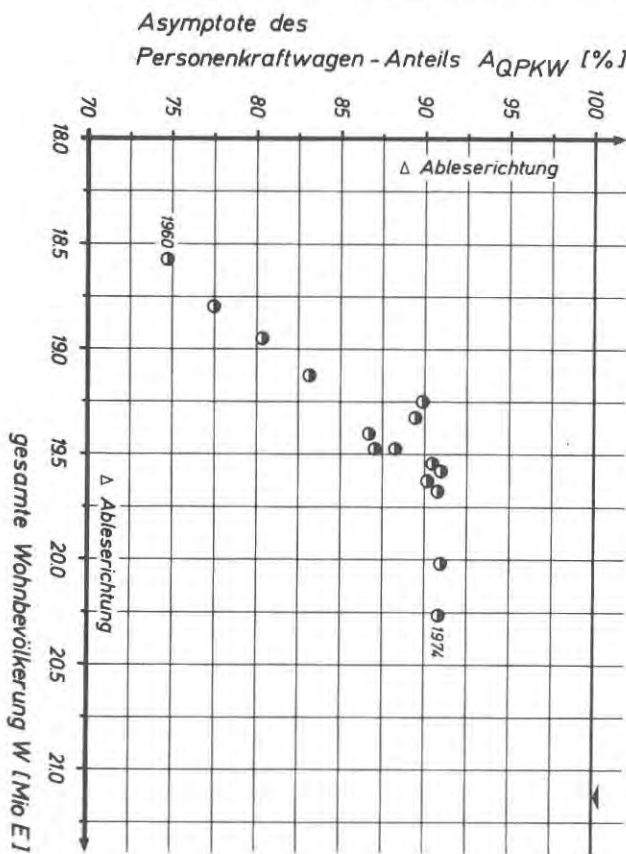


Abbildung 11:

Asymptote des Personenkraftwagen-Anteils in Abhängigkeit vom gesamten Bestand an Kraftfahrzeugen/von der gesamten Wohnbevölkerung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974.



Hilfe durchgeführte Anpassung der Funktionen mit den verschiedenen A-Werten an den Punkthaufen ergab folgende Bestimmtheitsmaße:

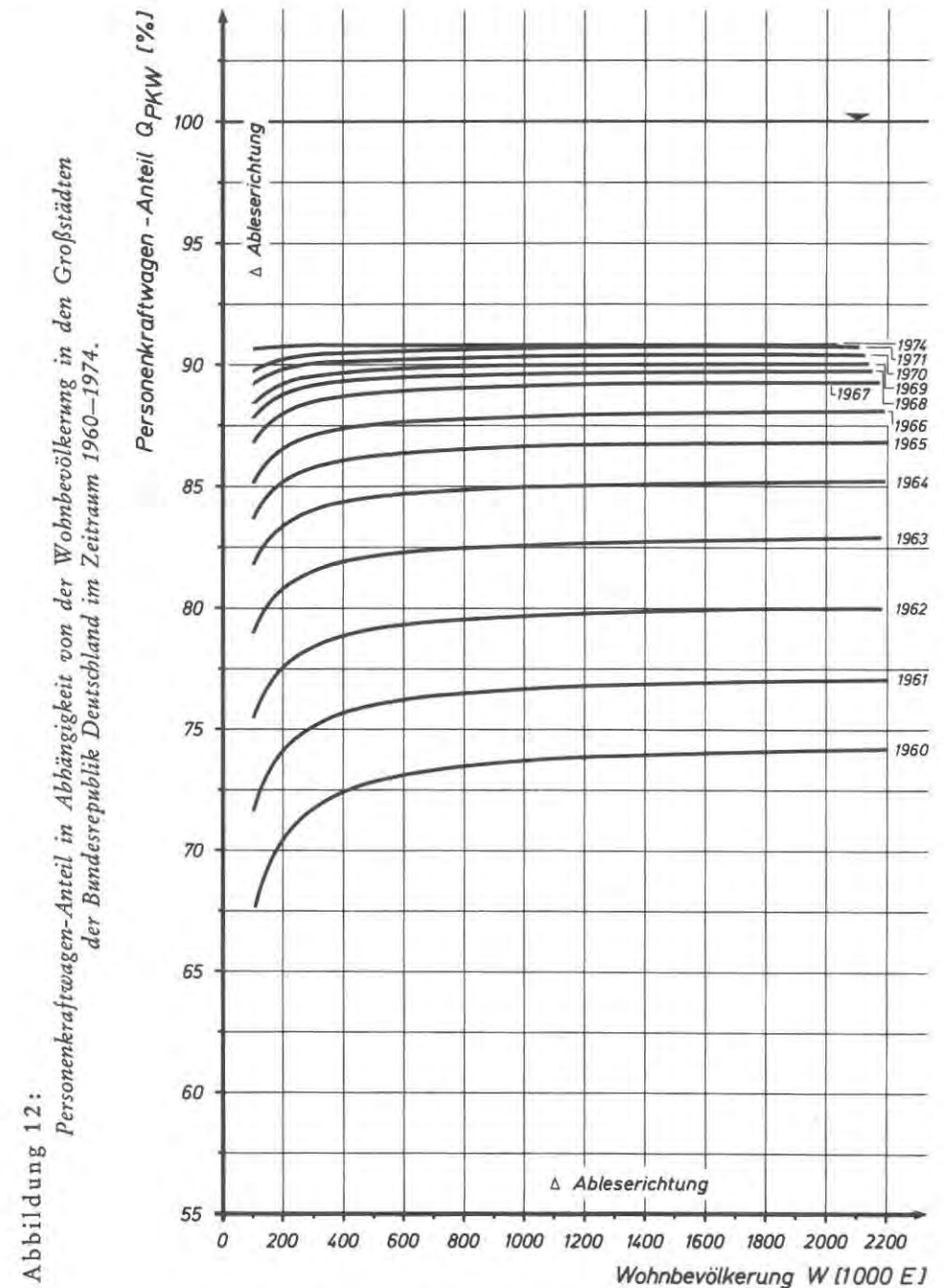
Gewählte Konstante A [%]	Bestimmtheitsmaß B [%]
100,0	85,97
97,5	87,30
95,0	89,39
92,5	93,43
92,0	94,80
91,0	93,53

In allen Fällen weichen die zugehörigen Korrelationskoeffizienten aufgrund des STUDENT-Tests gesichert von Null ab.

Die Ausgleichsfunktion mit der Konstanten  $A = 100,0$  scheidet aus der weiteren Betrachtung aus, weil der Personenkraftwagen-Anteil nicht 100% betragen kann. Von den verbleibenden fünf Konstanten ergibt  $A = 92,0$  das höchste Bestimmtheitsmaß der gewählten Ausgleichsfunktion mit  $B = 94,80\%$ . Daher wird die zu dieser Konstanten gehörige Ausgleichsfunktion gewählt und im oberen Teil von Bild 11 grafisch dargestellt. Die Korrelationsanalyse führte zu folgenden Ergebnissen:

- Regressionskurve: Asymptote des Personenkraftwagen-Anteils:  $A_{QPKW} = 92,0 - 112,02682 \cdot 0,43623 B_{KFZ}$   
 Gültigkeitsbereich:  $2,392 \leq B_{KFZ} \leq 6,053$   
 Zahl der Wertepaare:  $N = 15$   
 Bestimmtheitsmaß:  $B = 0,94797$   
 Korrelationskoeffizient:  $R = 0,97364$   
 errechneter T-Wert:  $T_{ERR} = 15,390$   
 T-Tafelwert für  $S = 95\%$ :  $T_{95\%} = 2,160$   
 T-Tafelwert für  $S = 99\%$ :  $T_{99\%} = 3,012$   
 Dimensionen der Variablen:  $B_{KFZ}$  [Mio. KFZ]  
 $A_{QPKW}$  [%].

Ergänzend zu Bild 9 ist in Bild 12 der Personenkraftwagen-Anteil in den Großstädten in Abhängigkeit von deren Wohnbevölkerung aufgetragen. Diese Kurven wurden aus den in den Bildern 1 und 2 dargestellten 1. Regressionsgeraden abgeleitet. Diese Geraden zeigen die Abhängigkeit des Bestandes an Kraftfahrzeugen bzw. Personenkraftwagen von der Wohnbevölkerung. Nach Bild 12 kann der Personenkraftwagen-Anteil in nichtlinearer Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung dargestellt werden. Der Personenkraftwagen-Anteil – bezogen auf ein bestimmtes Jahr – steigt zunächst verhältnismäßig steil an und nähert sich dann einer waagerechten Asymptote. Diese Asymptoten sind in Bild 12 wegen der besseren Übersichtlichkeit nicht eingezeichnet. Seit 1960 sind die Kurven in zunächst ungefähr gleichen, später kleiner werdenden Abständen nach oben verschoben worden, d. h. der Personenkraftwagen-Anteil ist immer langsamer gewachsen. Etwa seit 1970 hat er kaum noch zugenommen. Analog zu Bild 9 ist in Bild 12 eine mit den Jahren zunehmende Angleichung des Personenkraftwagen-Anteils in den Großstädten mit einer kleinen und solchen mit einer großen



Wohnbevölkerung festzustellen. Während beispielsweise im Jahre 1960 noch erkennbare Unterschiede im Personenkraftwagen-Anteil kleiner und großer Großstädte festzustellen sind, treten solche Unterschiede im Jahre 1974 nicht mehr auf.

Tabelle 8:

Gleichungen und Gültigkeitsbereiche für die nichtlinearen Beziehungen zwischen der Wohnbevölkerung und dem Personenkraftwagen-Anteil in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960–1974

Bild-Nr.	Lau-fende Nr.	Jahr	Gleichung $Q_{PKW} = \frac{A + B \cdot W}{0,01 \cdot (C + D \cdot W)}$				Gültigkeitsbereich		Asymp-tote $A_{QPKW}$ [%]
			A	B	C	D	min. W	max. W	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	1	1960	1,98115	0,08733	4,21563	0,11696	107,200	2203,900	74,67
	2	1961	2,11754	0,10115	4,01688	0,13067	100,200	2197,600	77,41
	3	1962	3,35649	0,11659	4,04750	0,14522	100,600	2180,300	80,29
	4	1963	2,38821	0,13132	3,85915	0,15799	100,400	2176,600	83,12
	5	1964	2,39229	0,14532	3,68019	0,17013	100,600	2192,700	85,42
	6	1965	2,26738	0,15953	3,43329	0,18339	100,900	2201,800	86,99
	7	1966	2,09300	0,17496	3,17888	0,19829	101,400	2190,600	88,23
	8	1967	1,97572	0,18496	2,90405	0,20687	101,600	2173,300	89,41
	9	1968	1,80124	0,19463	2,32950	0,21661	101,000	2149,700	89,85
	10	1969	0,84149	0,20712	1,40242	0,22982	99,900	2135,100	90,12
	11	1970	1,13687	0,22749	1,62382	0,25151	100,100	2122,300	90,45
	12	1971	3,17645	0,23671	3,84304	0,26079	100,900	2105,300	90,77
	13	1972	3,87967	0,24571	4,53946	0,27019	101,300	2080,000	90,94
	14	1973	4,08139	0,25514	4,64807	0,28047	101,400	2052,700	90,97
	15	1974	4,56192	0,25748	5,07938	0,28343	100,300	2032,600	90,84

Dimensionen der Variablen: Wohnbevölkerung W [1000 E.]  
Personenkraftwagen-Anteil  $Q_{PKW}$  [%]

Tabelle 8 umfaßt die Gleichungen der in Bild 12 aufgetragenen Kurven des Personenkraftwagen-Anteils sowie deren Gültigkeitsbereiche und Asymptotenwerte. Letztere unterscheiden sich praktisch nicht von denjenigen in Tabelle 7.

Im unteren Teil des Bildes 10 sind die in Tabelle 8 zusammengestellten Zahlenwerte für die Asymptoten des Personenkraftwagen-Anteils im Zeitraum 1960–1974 jährlich aufgetragen. Die Asymptotenwerte nahmen danach zwischen 1960 und 1964 etwa geradlinig, in den folgenden Jahren in zunehmend geringerem Maße zu. Seit etwa 1971 ist ein Zuwachs praktisch nicht mehr gegeben.

Im unteren Teil von Bild 11 ist die Asymptote des Personenkraftwagen-Anteils in den Großstädten in Abhängigkeit von deren gesamter Wohnbevölkerung aufgetragen. Wegen der nicht klar ausgeprägten Tendenz des Punkthaufens wurde hier auf einen Ausgleich durch eine Funktion verzichtet.

## 4. Zusammenfassung

Die derzeitigen Straßenverkehrsprobleme in der Bundesrepublik Deutschland treten vor allem in den Großstädten und Verdichtungsräumen augenfällig hervor. Wegen des großen Einflusses der Motorisierung auf diese Probleme wurden im vorliegenden Aufsatz – am Beispiel der Großstädte – Zusammenhänge zwischen den verkehrlich wichtigen Kenngrößen Wohnbevölkerung, Bestand an Kraftfahrzeugen, Bestand an Personenkraftwagen, Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge, Motorisierungsgrad Personenkraftwagen und Personenkraftwagen-Anteil im Zeitraum 1960–1974 aufgezeigt.

Mit Hilfe von Regressions- und Korrelationsanalysen und unter Einsatz einer EDV-Anlage wurden zunächst originäre Abhängigkeiten zwischen je zwei der Größen Wohnbevölkerung, Bestand an Kraftfahrzeugen und Bestand an Personenkraftwagen in Form linearer Einfachkorrelationen ermittelt und grafisch dargestellt. Dabei ergaben sich für den Bestand an Kraftfahrzeugen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung sowie für den Bestand an Personenkraftwagen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung jeweils ausgeprägte Geradenfächer, deren Regressionsgeraden mit wachsenden Jahreszahlen steiler wurden. Der Bestand an Personenkraftwagen in Abhängigkeit vom Bestand an Kraftfahrzeugen zeigte dagegen einen weitaus engeren Geradenfächer, dessen Geradenneigungen mit steigenden Jahreszahlen jedoch ebenfalls steiler wurden.

Aus diesen originären linearen Zusammenhängen wurden dann abgeleitete nichtlineare Abhängigkeiten zwischen den Größen Wohnbevölkerung, Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge, Motorisierungsgrad Personenkraftwagen und Personenkraftwagen-Anteil erarbeitet und in Diagrammen veranschaulicht.

Der Motorisierungsgrad Kraftfahrzeuge in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung und der Motorisierungsgrad Personenkraftwagen in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung ergaben jeweils hyperbelartige Kurvenscharen, deren Kurven mit wachsender Wohnbevölkerung jeweils abnahmen und die mit steigenden Jahreszahlen zunehmende Motorisierungsgrade anzeigten.

Für den Personenkraftwagen-Anteil in Abhängigkeit vom Bestand an Kraftfahrzeugen sowie für den Personenkraftwagen-Anteil in Abhängigkeit von der Wohnbevölkerung ergaben sich ebenfalls nach den Jahren gestaffelte Kurvenscharen, deren Kurven mit wachsendem Bestand an Kraftfahrzeugen bzw. mit wachsender Wohnbevölkerung anstiegen. Die Jahreskurven der beiden Scharen näherten sich in kleiner werdenden Schritten einem Personenkraftwagen-Anteil von rd. 92% (1974).

## Summary

Correlation and regression analyses made under employment of electronic data processing for large towns in the Federal Republic of Germany and for the period 1960–1974 showed first originary dependences between each of the two factors: residential population, stock of motor vehicles and stock of passenger cars. These dependences were stated in form of linear simplex correlations and represented graphically. At the basis of these originary dependences nonlinear derived interrelations were then elaborated and illustrated by diagrams between degree of



motorization and share of passenger cars respectively on the one hand and residential population on the other hand.

### Résumé

A l'aide d'analyses en corrélations et régressions ainsi que du traitement électronique de l'information se référant aux grandes villes de la République Fédérale de l'Allemagne pendant l'époque 1960—1974 on a tout d'abord établi sous forme de corrélations simples linéaires et représenté en graphiques des dépendances originaires entre chacun des deux facteurs population résidentielle, effectif de véhicules à moteur d'une part et de l'effectif de voitures privées d'autre part. Partant de ces dépendances originaires on a ensuite élaboré et représenté en diagrammes des relations nonlinéaires dérivées entre le degré de motorisation et la part de voitures privées d'une part et la population résidentielle d'autre part.

## Struktur des Taktbetriebes in öffentlichen Verkehrsunternehmen und Möglichkeiten der Verbesserung des Regelmäßigkeitsniveaus

VON DIPL.-VOLKSW. KARL-HANS WEIMER, BONN

### 1. Position der Regelmäßigkeit innerhalb der komplexen Gesamtattraktivität

Die Attraktivität des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), die im Zusammenhang mit der notwendigen Substitution von individuellem durch öffentlichen Verkehr eine entscheidende Rolle spielt, hängt von den betriebsindividuellen Realisierungsgraden ab, mit denen die heterogenen Qualitätskomponenten verwirklicht sind. Zu den zahlreichen Qualitätsdimensionen, die hierbei von Bedeutung sind, ist u. a. auch die Regelmäßigkeit der öffentlichen Verkehrsmittel zu zählen. Wie bereits an anderer Stelle erläutert<sup>1)</sup>, beeinflusst dieser Attraktivitätsaspekt nach Auffassung von 127 VÖV-Mitgliedsunternehmen die Qualität des Leistungsangebots eines Verkehrsbetriebes mit einer Intensität, die spürbar größer ist als z. B. die der Qualitätselemente

- Bequemlichkeit
- Preiswürdigkeit
- Sicherheit und
- Netzdichte.

Nur dem Qualitätsfaktor »Pünktlichkeit der öffentlichen Verkehrsmittel« werden stärkere Rückwirkungen auf die komplexe Größe »Attraktivität« zuerkannt.

Im Rahmen einer umfangreichen Untersuchung der Qualität des ÖPNV in Unternehmen Nordrhein-Westfalens<sup>2)</sup> wurde auch der Attraktivitätsaspekt »Regelmäßigkeit« für 32 Verkehrsbetriebe detaillierter analysiert. Basis der Ermittlungen waren die Fahrpläne der Unternehmen, die im Untersuchungszeitraum »April bis Juni 1974« gültig waren. Im folgenden sollen nach einer kurzen Erläuterung des Begriffs »Regelmäßigkeit im ÖPNV« einige wesentliche Resultate der durchgeführten Analyse dargestellt werden.

### 2. Erläuterungen zum Begriff der Qualitätsdimension »Regelmäßigkeit«

Die Attraktivitätsebene »Regelmäßigkeit« hängt eng zusammen mit der Qualitätskomponente »Häufigkeit«. Der zuletzt genannte Faktor berücksichtigt lediglich, daß während einer bestimmten Zeitspanne — z. B. während einer Stunde oder während eines Tages — eine bestimmte Zahl von Verkehrsmitteln auf einer Linie oder in einem

*Anschrift des Verfassers:*  
Dipl.-Volksw. Karl-Hans Weimer  
In der Maar 38  
5300 Bonn-Bad Godesberg

- 1) Vgl. Weimer, K.-H., Die Bedeutungsdifferenzen von Angebotseigenschaften im öffentlichen Personennahverkehr; in: Verkehr und Technik, Heft 12/1974, S. 466 ff.
- 2) Vgl. Forschungsbericht der Friedrich-Ebert-Stiftung, Qualitätsbezogene Betriebsvergleiche im öffentlichen Personennahverkehr Nordrhein-Westfalens.

Verkehrsgebiet im Einsatz ist; hierbei wird nicht beachtet, wie diese Fahrtenzahl über die jeweilige Zeitspanne verteilt ist, also ob Fahrzeuge in gleichmäßiger oder unregelmäßiger Folge verkehren.

Bei der Regelmäßigkeit spielt dagegen noch eine zusätzliche qualitative Anforderung eine Rolle. Diese beinhaltet, daß die Haltestellen einer oder mehrerer Linien in konstanten zeitlichen Abständen bedient werden. Diese Art der Fahrplangestaltung ist einmal für den Verkehrsbetrieb mit Vorteilen verbunden, weil bei ihr die für die Fahrplanstruktur maßgebenden Elemente – wie der Kapazitäts-, der Lade- und der Frequenzfaktor<sup>3)</sup> – über einen längeren Zeitraum unverändert gültig bleiben. Zum anderen ist ein regelmäßiger Betrieb auch für die Kunden des ÖPNV von Bedeutung, weil er differenzierte Fahrplanauswertungen bezüglich der Abfahrzeiten der Verkehrsmittel überflüssig macht. Besitzt der Fahrgast Kenntnisse über den Basiszeitpunkt des Taktbetriebes und den Verkehrsmittelabstand, so ist er über sämtliche Bedienungszeiten während der Taktdauer orientiert und kann auf dieser Grundlage die unattraktiven Wartezeiten an seiner Einstieghaltestelle verringern, ohne vorher dem Fahrplan entsprechende Informationen entnehmen zu müssen.

Im Zusammenhang mit der Attraktivität des Leistungsangebots eines Verkehrsbetriebes reicht die Feststellung nicht aus, daß die Betriebsleistungen in regelmäßigen Zeitabständen angeboten werden. Ausschlaggebend hierfür ist, daß das unternehmensspezifische Taktniveau von folgenden drei Faktoren abhängig ist: Einmal spielt der räumliche Aspekt eine wesentliche Rolle. Dieser berücksichtigt den Verkehrsbereichsausschnitt, in dem der jeweilige Takt gültig ist, also ob die einheitliche Verkehrsmittelfolgezeit

- auf eine Fahrtrichtung einer Verkehrslinie,
- auf beide Fahrtrichtungen einer Verkehrslinie,
- auf eine von mehreren Verkehrslinien gemeinsam bediente Strecke,
- auf mehrere unterschiedlich verlaufende Verkehrslinien  
oder
- auf das gesamte Verkehrsnetz des Unternehmens

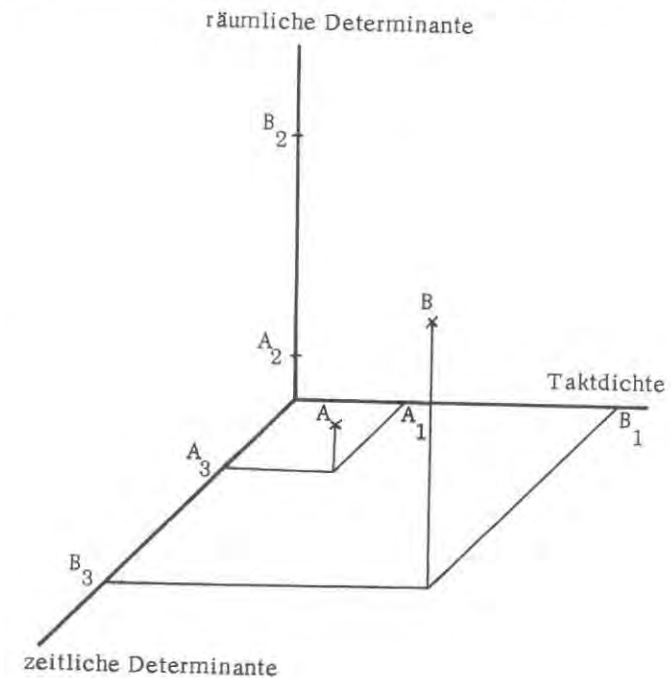
angewandt wird. Zur Kennzeichnung der Regelmäßigkeit ist zum anderen ein zeitlicher Aspekt von Bedeutung. Hiermit wird dem Umstand Rechnung getragen, daß sich der Taktbetrieb auf stark unterschiedliche Zeiträume erstrecken kann, wobei im Optimalfall Taktdauer und Betriebsdauer übereinstimmen.

Auch nach der Festlegung des Zeitraumes und des Verkehrsgebietesausschnittes, in dem regelmäßige Betriebsleistungen produziert werden, bleibt noch ein erheblicher Spielraum für die Gestaltung des Taktes offen. Deshalb muß als weiteres in attraktivitätsmäßiger Hinsicht relevantes Charakteristikum schließlich noch die Taktichte beachtet werden. Durch diese wird respiziert, daß die Anzahl der pro Zeiteinheit in gleichbleibenden Abständen durchgeführten Fahrten einen starken Einfluß auf das betriebsindividuelle Qualitätsniveau der Regelmäßigkeit besitzt. Dabei besteht für diesen Aspekt der betrachteten Attraktivitätskomponente eine große Bandbreite realisierbarer Alternativen, die vom oberen Grenzwert »technisch mögliche Verkehrsmittelfolge« bis zur unteren Qualitätsschwelle reicht, die von dem längsten zeitlichen Fahrzeugabstand gebildet wird, den die Kunden des ÖPNV als Takt erkennen und akzeptieren.

3) Vgl. Voß, G. und Mierau, U., Untersuchung des Netzverkehrs von Nahverkehrsmitteln nach starrem Fahrplan. – Gutachten erstellt im Auftrage des Bundesministers für Verkehr, Hannover 1974, S. 9 f.

Erst wenn alle drei Determinanten der Regelmäßigkeit einer Verkehrslinie vorgegeben sind, ist das fahrplanmäßige Sollniveau der Qualitätskomponente eindeutig fixiert. Dieses kann als Punkt in einem dreidimensionalen Raum aufgefaßt werden (vgl. Abbildung 1). Dabei ist der Erfülltheitsgrad des Qualitätsfaktors um so niedriger, je näher

Abbildung 1: Bestimmungsgrößen des Regelmäßigkeitsniveaus



der linienindividuelle Wert am Koordinatenursprung liegt. Dementsprechend ist also z. B. das durch den Punkt B gekennzeichnete Regelmäßigkeitsniveau als in erheblichem Ausmaß attraktiver zu beurteilen als die durch den Punkt A festgelegte Qualitätsposition, weil hier

- sowohl die Anzahl der Fahrten pro Zeiteinheit (Taktichte),
- als auch der Anteil der Taktdauer an der Betriebsdauer (zeitlicher Aspekt) und
- schließlich ebenfalls die Relation zwischen der Länge der Linien mit der durch die Taktichte fixierten Taktart und dem gesamten Verkehrsnetz des Unternehmens (räumlicher Aspekt)

einen höheren Realisierungsgrad aufweisen.

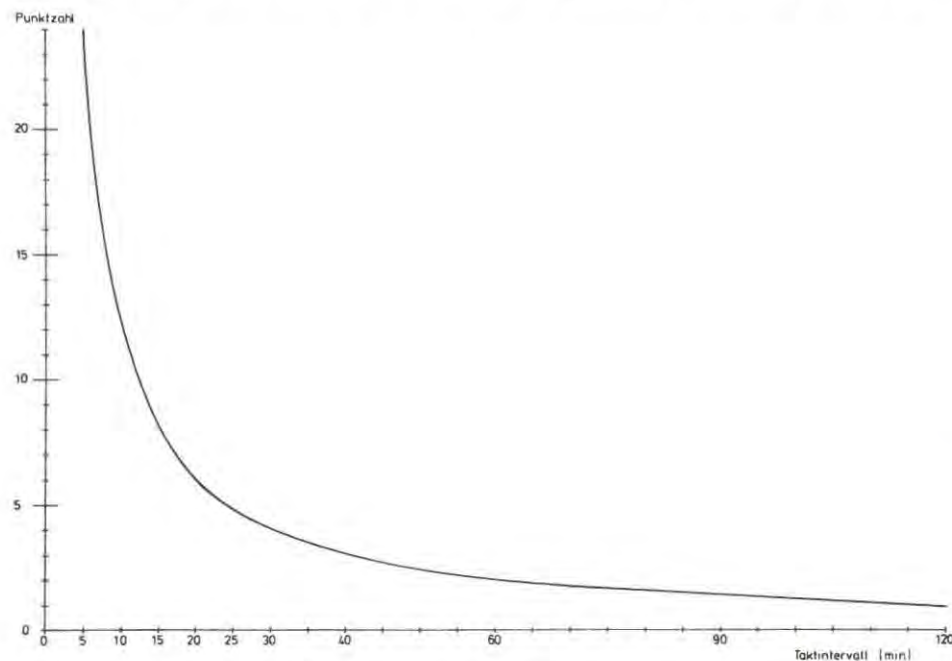
Will man das Regelmäßigkeitsniveau verschiedener Linien oder Verkehrsmittel eines Unternehmens vergleichen oder eine Gegenüberstellung unterschiedlicher Verkehrsbetriebe in bezug auf die Quantität und Qualität des Taktbetriebes durchführen, so

müssen in der Regel unterschiedlich strukturierte Taktarten zusammengefaßt werden<sup>4)</sup>. Entsprechende Berechnungen erfolgten für 32 Mitgliedsbetriebe des VÖV aus Nordrhein-Westfalen. Dabei wurden über eine Fahrplananalyse zunächst die Linien ermittelt, auf denen in beiden Fahrtrichtungen und voller Länge Betriebsleistungen in gleichbleibenden Zeitintervallen angeboten werden. Für jede dieser Linien war dann in einem zweiten Untersuchungsschritt festzustellen, wie lange die verschiedenen Taktarten zur Anwendung kommen. Anschließend wurden für die einzelnen realisierten Taktarten eines Untersuchungsbetriebs die Summen der Taktdauern auf allen berücksichtigten Linien konstatiert und in Relation zur effektiven Betriebsdauer des Unternehmens gesetzt.

Die so quantifizierten Anteile der verschiedenen Taktarten können nicht direkt in einem betriebsindividuellen Regelmäßigkeitsindex zusammengefaßt werden. Ausschlaggebend hierfür ist, daß die einzelnen Taktichten eine unterschiedliche Attraktivität aufweisen. Deshalb ist eine Gewichtung der entsprechenden Anteilswerte erforderlich. Da hierfür keine Gewichtungsfaktoren, die auf einer problemspezifischen Fahrgastbefragung

Abbildung 2:

*Bewertungsfunktion für die Qualitätsdimension »Regelmäßigkeit« (Punktzahl je % Anteil eines bestimmten Taktintervalls an der gesamten effektiven Betriebsdauer)*



4) Zur Berechnungsmethode des Regelmäßigkeitsindex vgl. Forschungsbericht der Friedrich-Ebert-Stiftung, Qualitätsbezogene Betriebsvergleiche . . . , a.a.O., Kap. 4.2.3., S. 47 f.

basieren, zur Verfügung stehen, mußte bei der Analyse eine Hypothese über die Bedeutungsdifferenzen der verschiedenen Taktarten aufgestellt werden. Dabei war davon auszugehen, daß die Attraktivität eines Verkehrsangebots von den Kunden um so höher eingeschätzt wird, je größer die Dichte ist, die der starre Fahrplan aufweist. Zusätzlich wurde vermutet, daß zwischen der Taktichte und den Gewichtungsfaktoren kein linearer, sondern ein progressiv steigender Zusammenhang besteht, also z. B. ein 30-Minuten-Takt mehr als doppelt so attraktiv wie ein 60-Minuten-Takt empfunden wird. Die auf diesen Prämissen beruhende Bewertungsfunktion für die Qualitätsdimension »Regelmäßigkeit«, die den Zusammenhang zwischen den Taktarten und den durch Punktwerte ausgedrückten Qualitätsgewichten spiegelt, ist in Abbildung 2 dargestellt.

Den betriebsindividuellen Regelmäßigkeitsindex R erhält man nun, indem man die quantifizierten Anteile der Anwendung der einzelnen Taktarten an der gesamten Betriebsdauer mit dem jeweiligen taktintervallspezifischen Bewertungsgewicht multipliziert und die Summe dieser gewichteten Anteile bildet:

$$R = 100 \cdot \sum_{i=a}^b \frac{120}{TA_i} \cdot \sum_{j=1}^n \frac{TD_{ij}}{B}$$

In dieser Gleichung bedeutet:

TA = Taktart (Zahl der Fahrten pro Zeiteinheit)

TD = betriebsindividuelle Dauer der einzelnen Taktart

B = effektive Betriebsdauer

a = geringste Fahrzeugfolge im jeweiligen Untersuchungsbetrieb

b = höchste Fahrzeugfolge im jeweiligen Untersuchungsbetrieb

i = Suffix zur Kennzeichnung einer bestimmten Taktart

j = Suffix zur Kennzeichnung einer bestimmten Linie des jeweiligen Untersuchungsbetriebs

n = Anzahl der Linien des jeweiligen Untersuchungsbetriebs

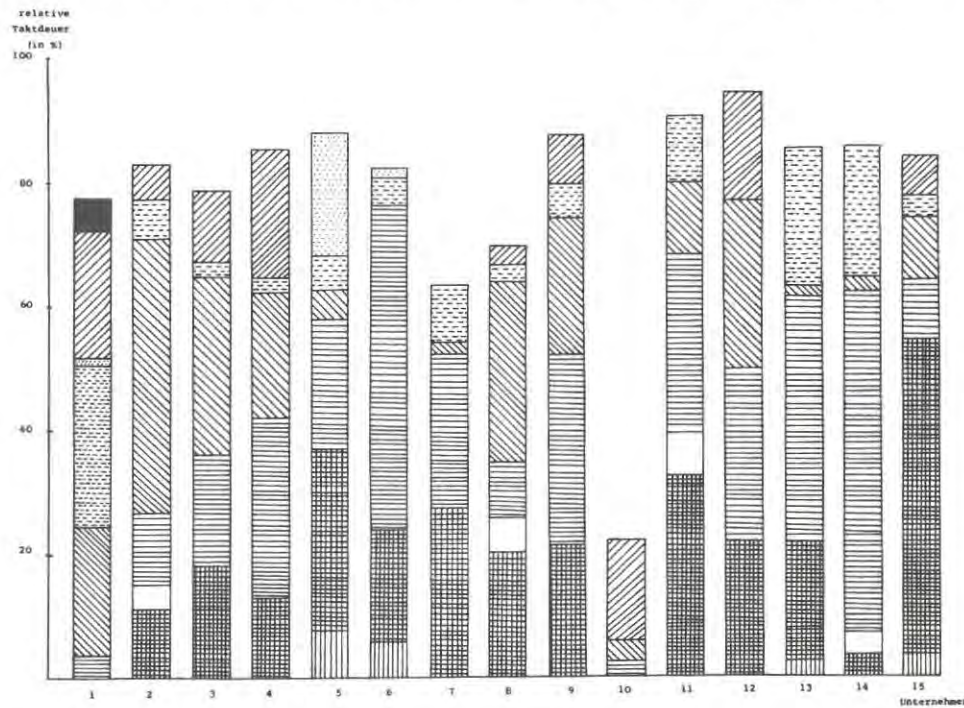
120 = Basis der Punktbewertung (ergibt für die Taktart »120 Min« das Qualitätsgewicht »1«)

### 3. Regelmäßigkeitsniveau in 32 Untersuchungsbetrieben

Im Zusammenhang mit einer detaillierten Qualitätsanalyse für 32 Verkehrsbetriebe Nordrhein-Westfalens konnte auch eine genauere Analyse der Regelmäßigkeitsstrukturen durchgeführt werden. Dabei wurde festgestellt, daß insgesamt 12 verschiedene Taktichten in den Unternehmen Anwendung finden. Diese sind – wie die Abbildungen 3 und 4 zeigen – in unterschiedlichen Kombinationen und Intensitäten in den einzelnen Betrieben realisiert. Dabei schwankt das Ausmaß, in dem die unternehmensindividuellen Betriebsleistungen im Taktbetrieb angeboten werden, zwischen dem Maximalwert von 94% und dem Minimalwert von 0%; letzterer wurde für zwei Untersuchungsbetriebe ermittelt, die also ganz darauf verzichten, Fahrzeuge in gleichbleibenden zeitlichen Abständen einzusetzen.

Abbildung 3:

Regelmäßigkeitsstruktur in 15 Verkehrsbetrieben mit dominierendem Aufgabenbereich »Verkehr in Großstädten« (Anteile der verschiedenen Taktlichten an der gesamten unternehmensindividuellen Betriebsdauer in %; zur Legende vgl. Abb. 4)



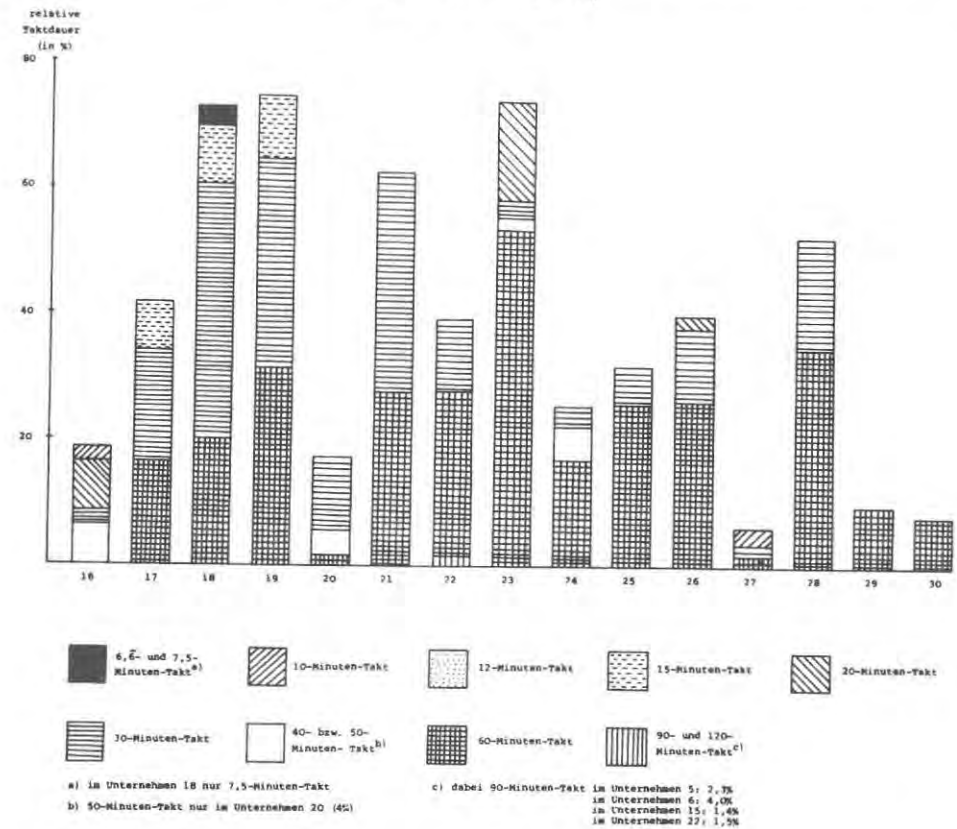
Vergleicht man die Regelmäßigkeitsstruktur der übrigen Unternehmen, so kann man feststellen, daß für die Bedeutung der einzelnen Taktarten im ÖPNV erhebliche Differenzen bestehen. Fast in allen Unternehmen kommen – wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß – der 30-Minuten-Takt (28 Betriebe) und der 60-Minuten-Takt (27 Betriebe) zur Anwendung. Relativ häufig wird auch noch von den drei Taktlichten

- konstantes Zeitintervall »10 Minuten« (11 Anwendungsfälle)
- konstantes Zeitintervall »15 Minuten« (16 Anwendungsfälle)
- konstantes Zeitintervall »20 Minuten« (17 Anwendungsfälle)

Gebrauch gemacht; dabei bleibt die Nutzung dieser Taktarten aber überwiegend auf großstädtische Verkehrsbetriebe beschränkt. Die restlichen festgestellten Taktintervalle mit betrieblichen Realisierungsgraden von mindestens 1% der Betriebsdauer, die zum Teil kurze, zum Teil aber auch mittlere und lange Fahrzeugfolgezeiten beinhalten, sind jeweils nur in relativ wenigen Unternehmen anzutreffen. Hierbei dominiert wiederum die Anwendung in Verkehrsbetrieben, die primär in Großstädten mit über 100 000 Einwohnern Betriebsleistungen produzieren. Aber auch in mehreren Unternehmen, die

Abbildung 4:

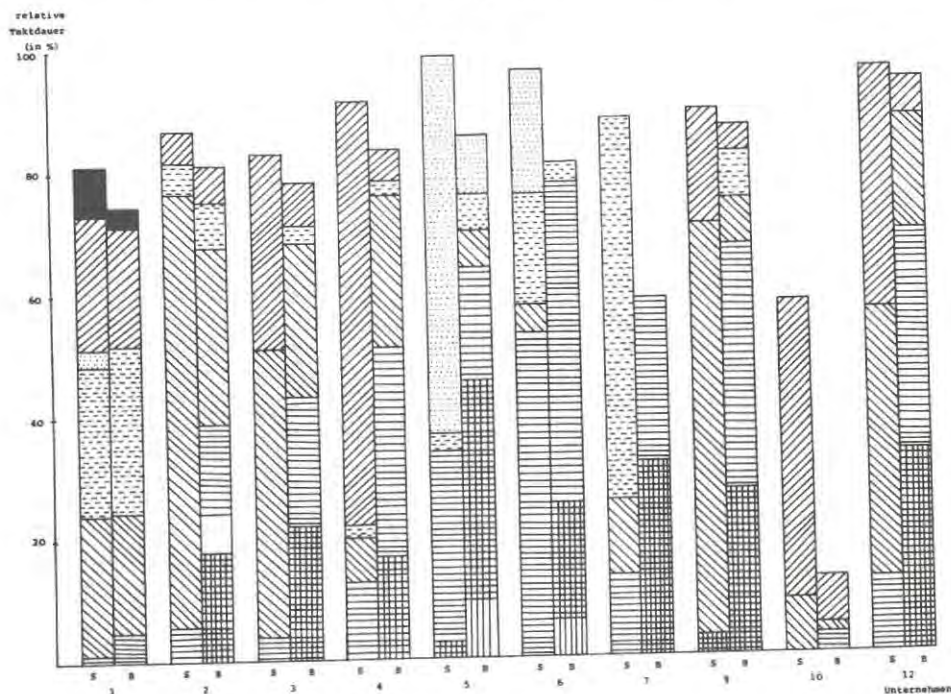
Regelmäßigkeitsstruktur in 15 Verkehrsbetrieben mit dominierendem Aufgabenbereich »Verkehr in mittelgroßen Städten, in Kleinstädten und/oder ländlichen Regionen« (Anteile der verschiedenen Taktlichten an der gesamten unternehmensindividuellen Betriebsdauer in %)



überwiegend mittelgroße Städte verkehrlich erschließen, wird ein Teil der angebotenen Platz-km durch eine dieser Taktlichten charakterisiert.

Für die 10 Verkehrsbetriebe, die verschiedene Verkehrsmittel einsetzen, wurde eine differenzierte Analyse für Straßenbahn und Bus vorgenommen. Dabei zeigt sich, daß in allen Unternehmen der Anteil des Taktbetriebes bei der Straßenbahn höher als beim Omnibus ist (vgl. Abbildung 5). Allerdings weisen die Resultate, die für die verschiedenen Untersuchungsbetriebe gelten, zum Teil erhebliche Unterschiede auf. Diese betreffen einmal das Ausmaß der Regelmäßigkeitsdifferenz, das zwischen den beiden Verkehrsmitteln besteht, und zum anderen die innerbetrieblichen und zwischenbetrieblichen Abweichungen der Regelmäßigkeitsstruktur von Straßenbahn und Bus.

Abbildung 5:  
Regelmäßigkeitsstruktur in 10 Verkehrsbetrieben differenziert nach den Verkehrsmitteln »Straßenbahn« (S) und »Omnibus« (B) (Anteile der verschiedenen Takt-dichten an der verkehrsmittelspezifischen Betriebsdauer im Unternehmen in %; zur Legende vgl. Abb. 4)



Die meisten Taktarten, von denen in einem Unternehmen Gebrauch gemacht wird, werden – allerdings mit unterschiedlichen Realisierungsgraden – auf beide Verkehrsmittel angewandt. Hinzu kommt in den meisten Betrieben noch mindestens eine Takt-dichte, die zusätzlich im Verkehrsbereich »Omnibus« vorzufinden ist. Nur drei Untersuchungsbetriebe setzen bei der Straßenbahn Fahrzeugfolgezeiten ein, die im Omnibus-sektor des Unternehmens nicht genutzt werden. Erwähnenswert ist weiter, daß der Schwerpunkt des Taktbetriebes in fast allen Unternehmen bei der Straßenbahn im Bereich erheblich kürzerer Takt-dichten liegt als beim Bus. Zusätzlich sind beim Straßenbahnverkehr vieler Unternehmen die in gleichmäßigen Zeitintervallen angebotenen Betriebsleistungen viel ausgeprägter auf nur eine Taktart konzentriert als beim Omnibus, der in der Mehrzahl der Fälle mindestens zwei relevante Takt-dichten im Bereich höherer Fahrzeugfrequenzen aufweist.

Deutlich abweichend von den übrigen Untersuchungsergebnissen sind die verkehrsmittelspezifischen Regelmäßigkeitsstrukturen des Verkehrsbetriebes 1. Dabei sind vor allem die beiden folgenden Besonderheiten hervorzuheben: Einmal werden in diesem

Unternehmen auch beim Verkehrsmittel Omnibus nur vergleichsweise kurze Taktintervalle angeboten, wobei vor allem dem hohen Anteil des 10-Minuten-Taktes von knapp 20% eine große qualitätswirksame Bedeutung zukommt. Zum anderen weist im Betrieb 1 auch die Straßenbahn mehrere beachtenswerte Takt-dichten auf, die mit 22% bis 24% der Betriebsleistungen in etwa in gleichem Ausmaß zur Anwendung kommen.

Faßt man die Taktarten für die einzelnen Unternehmen in dem dargestellten Regelmäßigkeitsindex zusammen, so kommt man zu den in Tabelle 1 wiedergegebenen Resultaten. Hierbei ergeben sich zwischen den verschiedenen Untersuchungsbetrieben Ergebnisdifferenzen, die deutlich machen, daß die in den Abbildungen 3 und 4 enthaltenen Regelmäßigkeitsinformationen nur indirekte Hinweise auf das betriebsindividuelle Realisierungsniveau der Attraktivitätskomponente »Regelmäßigkeit« geben. Ausschlaggebend hierfür ist, daß die dargestellten Regelmäßigkeitsstrukturen nur den quantitativen Aspekt des Taktbetriebes berücksichtigen und damit nicht beachtet wird, daß die verschiedenen Takt-dichten für die Kunden des ÖPNV von unterschiedlicher qualitativer Bedeutung sind.

Tabelle 1:  
Regelmäßigkeitsindex und Spaltenrang für 30 Untersuchungsbetriebe

Unternehmen	Regelmäßigkeits-index	Spalten-rang	Unternehmen	Regelmäßigkeits-index	Spalten-rang
1	686,2	1	16	95,9	24
2	464,3	4	17	163,2	20
3	435,6	5	18	325,8	12
4	532,4	2	19	275,0	15
5	421,7	7	20	58,8	27
6	303,4	14	21	193,4	19
7	238,2	16	22	100,0	23
8	330,9	11	23	216,4	18
9	435,6	5	24	61,9	26
10	223,0	17	25	74,6	25
11	355,1	10	26	109,0	22
12	527,0	3	27	41,4	28
13	387,7	9	28	138,6	21
14	419,5	8	29	18,8	29
15	306,6	13	30	16,2	30

Die Unterschiede, die zwischen den Aussagen des Regelmäßigkeitsindex gemäß Tabelle 1 und den Aussagen der Regelmäßigkeitsprofile gemäß Abbildungen 3 und 4 bestehen, sollen mit Hilfe der beiden folgenden Beispiele deutlich gemacht werden. Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, machen mehrere Betriebe – z. B. die Unternehmen 11 und 12 – in einem höheren auf die Betriebsdauer bezogenen Ausmaß von verschiedenen Taktarten Gebrauch als das Unternehmen 1. Da aber das Unternehmen 1 erheblich intensiver qualitativ bedeutsamere Takt-dichten nutzt als die beiden Vergleichsbetriebe, ergibt sich für das Unternehmen 1 ein spürbar höherer Regelmäßigkeitsindex als für den Betrieb 12, dessen Resultat wiederum deutlicher über dem Ergebnis des Unternehmens 11

liegt, als es die Abweichung zwischen den beiden Anteilen aller Taktarten an der Betriebsdauer vermuten läßt.

Bei der zweiten Gegenüberstellung sollen die Regelmäßigkeitsstrukturen der vier Unternehmen 7, 10, 23 und 24 verglichen werden. Wie die Abbildungen 3 und 4 zeigen, werden in den Betrieben 7 und 23 bzw. 10 und 24 jeweils in etwa gleichem Umfang Betriebsleistungen in Taktform angeboten. Das Unternehmen 10, in dem der Taktbetrieb nur eine vergleichsweise geringe Rolle spielt, erreicht aber aufgrund der Anwendung attraktiver Taktichten einen Regelmäßigkeitsindex, der ungefähr das gleiche Niveau wie die für die Verkehrsbetriebe 7 und 23 gültigen Resultate besitzt, weil diese beiden Unternehmen relativ intensiv große Verkehrsmittelfolgezeiten nutzen. Ein erheblicher Unterschied besteht dagegen zwischen den beiden Regelmäßigkeitsindizes der Betriebe 10 und 24, obwohl in beiden Unternehmen die relative Dauer der angewandten Taktarten in etwa gleich groß ist. Ausschlaggebend für dieses Resultat ist, daß im Verkehrsbetrieb 10 primär von den Taktichten »10 Minuten« und »20 Minuten« und im Unternehmen 24 in erster Linie von den weniger attraktiven Taktarten »40 Minuten« und »60 Minuten« Gebrauch gemacht wird.

Vergleicht man die Regelmäßigkeitsindizes der 30 Untersuchungsbetriebe, so kann man zunächst die in Tabelle 1 enthaltenen Spaltenrangwerte aufstellen. Diese Unternehmensreihenfolge erweckt – weitgehend zu Unrecht – den Eindruck von deutlich differenzierten Regelmäßigkeitsniveaus, weil die Abstände der ermittelten Indexwerte in der Rangskala unberücksichtigt bleiben. Diesen Mangel des Regelmäßigkeitsvergleichs kann man beseitigen, indem man die gesamte Bandbreite der unternehmensindividuellen Kennziffern der Regelmäßigkeit in zehn gleich große Rangstufen unterteilt und die Resultate der 30 Untersuchungsbetriebe in die entsprechenden Rangstufen einsortiert. Dabei zeigt sich, daß die einzelnen Niveaus der Qualitätskomponente »Regelmäßigkeit« wie folgt mit Beobachtungsunternehmen besetzt sind:

- Regelmäßigkeitsniveau 1: Verkehrsbetrieb 1
- Regelmäßigkeitsniveau 2: unbesetzt
- Regelmäßigkeitsniveau 3: Verkehrsbetriebe 4 und 12
- Regelmäßigkeitsniveau 4: Verkehrsbetriebe 2, 3, 5, 9 und 14
- Regelmäßigkeitsniveau 5: Verkehrsbetriebe 11 und 13
- Regelmäßigkeitsniveau 6: Verkehrsbetriebe 6, 8, 15 und 18
- Regelmäßigkeitsniveau 7: Verkehrsbetriebe 7, 10 und 19
- Regelmäßigkeitsniveau 8: Verkehrsbetriebe 17, 21 und 23
- Regelmäßigkeitsniveau 9: Verkehrsbetriebe 16, 22, 26 und 28
- Regelmäßigkeitsniveau 10: Verkehrsbetriebe 20, 24, 25, 27, 29 und 30

Zwischen vielen Verkehrsbetrieben bestehen also bedeutende Unterschiede im Realisierungsgrad der Qualitätskomponente »Regelmäßigkeit«. Diese sind zum großen Teil zwar bedingt durch Differenzen, die zwischen den verkehrlichen Aufgaben existieren, die die einzelnen Unternehmen zu lösen haben. So bestehen z. B. in einem großstädtischen Verkehrsbetrieb andere qualitative Anforderungen als in einem Unternehmen, das primär im Überlandverkehr tätig ist, und von diesen beiden Betriebstypen heben sich wiederum die Funktionsbereiche von Unternehmen mit Aufgabenschwerpunkt in mittelgroßen bzw. kleinen Städten deutlich ab. Neben diesen Unterschieden, die mit der Quantität und Qualität der Verkehrsnachfrage zusammenhängen, muß aber noch eine

zweite Erklärungskomponente der Abweichungen der Regelmäßigkeitsindizes beachtet werden. Diese berücksichtigt, daß die Regelmäßigkeit auch mit von Betrieb zu Betrieb zum Teil stark schwankenden Intensitäten als qualitätswirksamer Aktionsparameter angewandt wird und daß dementsprechend auch unterschiedlich große Spielräume für regelmäßigsbezogene Modernisierungsmaßnahmen in verschiedenen Unternehmen des ÖPNV bestehen.

Vergleicht man weiter die Regelmäßigkeitsindizes der Verkehrsmittel Straßenbahn und Bus, so kann man einmal feststellen, daß in allen Untersuchungsbetrieben die Kennziffer des Straßenbahnsektors über dem entsprechenden Omnibuswert liegt (vgl. Tabelle 2). Dabei gelten für das Ausmaß der Abweichung der betriebsindividuellen Indizes starke Differenzen. Diese sind einmal darauf zurückzuführen, daß in allen Unternehmen für die Straßenbahn ein höherer Anteil taktmäßig produzierter Betriebsleistungen an der (Straßenbahn-)Betriebsdauer ermittelt werden konnte als für den Busbereich. Hiermit wird aber in den meisten Fällen nur ein relativ geringer Teil der konstatierten Unterschiede erklärt. Ausschlaggebend hierfür ist, daß auch in diesem Zusammenhang die Struktur der angewandten Taktarten von dominierender Bedeutung für die festgestellten Untersuchungsergebnisse ist. Dies kann leicht anhand von Untersuchungsbetrieb 12 nachgewiesen werden. Von diesem Verkehrsbetrieb werden bei der Straßenbahn 95,1% und beim Bus 93,5% der Betriebsleistungen in Taktform angeboten. Hieraus ergibt sich eine Relation der verkehrsmittelindividuellen Takt Dauern von 1 : 0,98. Die entsprechende Relation der Regelmäßigkeitsindizes lautet aber 1 : 0,50. Da sich dieses Ergebnis nur im Niveau, nicht aber in der Tendenz von den für die übrigen analysierten Unternehmen gültigen Resultaten unterscheidet, kann für alle untersuchten Verkehrsbetriebe festgestellt werden, daß in bezug auf das Verkehrsmittel Omnibus ein erheblich größerer bisher ungenutzter Spielraum für Qualitätserhöhungen des Taktbetriebes durch Übergang auf höhere Taktichten besteht, bei dessen Umsetzung in die betriebliche Praxis aus Wirtschaftlichkeitsgründen allerdings auch Aspekte der Verkehrsnachfrage zu beachten sind.

Die Differenzen, die zwischen den betriebsindividuellen Kombinationen der Taktarten und zwischen den quantitativen Aspekten der Realisierungsgrade der Qualitätsdimen-

Tabelle 2:

Regelmäßigkeitsindex und Spaltenrang der Verkehrsmittel Straßenbahn und Omnibus in 10 Untersuchungsbetrieben

Unternehmen	Straßenbahn		Omnibus	
	Regelmäßigkeitsindex	Spaltenrang	Regelmäßigkeitsindex	Spaltenrang
1	762,2	4	639,8	1
2	548,8	10	416,3	2
3	681,2	5	387,2	5
4	945,2	1	402,4	3
5	769,0	3	334,0	7
6	588,4	9	281,1	8
7	627,2	8	170,6	9
9	632,8	7	371,8	6
10	637,2	6	113,8	10
12	784,0	2	393,2	4

sion »Regelmäßigkeit« in verschiedenen Unternehmen bestehen, haben auch zur Konsequenz, daß die einzelnen Untersuchungsbetriebe bei den beiden eingesetzten Verkehrsmitteln unterschiedlich gute relative, gegenüber den übrigen Unternehmen gültige Ergebnisse erreichen. Dies dokumentieren die Spaltenrangwerte der Regelmäßigkeitsindizes von Straßenbahn und Bus, die – wie Tabelle 2 zeigt – für die meisten analysierten Betriebe mehr oder weniger stark voneinander abweichen. Bei den Spaltenrangwerten bleibt aber unberücksichtigt, wie groß der Abstand zu den benachbarten Kennziffernwerten ist und wie nahe verschiedene betriebsspezifische Resultate beieinander liegen. Dieser Nachteil kann dadurch ausgeschaltet werden, daß man bei der Analyse von 10 gleich großen Bereichen ausgeht, in die der Spielraum zwischen dem höchsten und dem geringsten Indexwert unterteilt wird. Diese 10 Regelmäßigkeitsgruppen befinden sich bei Straßenbahn und Bus wegen der höheren Attraktivität im Straßenbahnbereich auf unterschiedlichen Niveaus und besitzen aufgrund der verschiedenen hohen Distanz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Beobachtungswert auch unterschiedlich große Bandbreiten. Ordnet man bei beiden Verkehrsmitteln die unternehmensindividuellen Ergebnisse in die entsprechenden Attraktivitätsstufen ein, so kommt man zu folgendem Resultat:

Tabelle 3:

Regelmäßigkeitsniveau	Straßenbahn	Omnibus
1	Verkehrsbetrieb 4	Verkehrsbetrieb 1
2	–	–
3	–	–
4	–	–
5	Verkehrsbetriebe 1, 5 und 12	Verkehrsbetriebe 2, 3, 4 und 12
6	–	Verkehrsbetriebe 5 und 9
7	Verkehrsbetrieb 3	Verkehrsbetrieb 6
8	Verkehrsbetriebe 9 und 10	–
9	Verkehrsbetrieb 7	Verkehrsbetrieb 7
10	Verkehrsbetriebe 2 und 6	Verkehrsbetrieb 10

Es zeigt sich also, daß bei den beiden Verkehrsmitteln jeweils ein Verkehrsbetrieb ein Realisierungsniveau der Qualitätsdimension »Regelmäßigkeit« aufweist, das sehr deutlich über den Indizes aller übrigen Beobachtungsunternehmen rangiert und das deshalb von den anderen Betrieben als Zielniveau aufgefaßt werden kann. Weiter gibt die Unternehmensverteilung grobe Hinweise auf die Dringlichkeit der Realisierung von Maßnahmen, die eine Erhöhung des Erfülltheitsgrades des Attraktivitätselements »Regelmäßigkeit« ermöglichen. Dementsprechend sind besonders in den Unternehmen 7 (Straßenbahn und Bus), 2 und 6 (Straßenbahn) sowie 10 (Omnibus) starke Verbesserungen des Taktbetriebes in quantitativer und qualitativer Hinsicht notwendig und auch realisierbar.

Sämtliche bisher dargestellten Untersuchungsergebnisse basieren – wie erwähnt – auf einer Auswertung des Fahrplans der Beobachtungsbetriebe. Sie sind deshalb als Sollwerte der Regelmäßigkeit aufzufassen. Diese Resultate werden überlagert von den effektiven Werten, die sich im täglichen Betrieb für die einzelnen Taktarten ergeben. Bei empiri-

schen Untersuchungen wurde nachgewiesen, daß die verschiedenen Taktichten mit unterschiedlicher Güte eingehalten werden. Primär bedingt durch räumliche und zeitliche Schwankungen des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsbehinderungen ergeben sich sowohl positive als auch negative Fahrplan- und damit Regelmäßigkeitsabweichungen.

In der erwähnten umfangreichen Qualitätsanalyse für 32 Verkehrsbetriebe Nordrhein-Westfalens konnte über problemadäquate empirische Erhebungen auch festgestellt werden, welche Ausmaße die Abweichungen vom Solltakt im einzelnen aufweisen. Dabei wurden folgende Taktichten – zum Teil zeitlich und räumlich differenziert – untersucht:<sup>5)</sup>

- 10-Minuten-Takt (in 2 Untersuchungsbetrieben)
- 12-Minuten-Takt (in 1 Untersuchungsbetrieb)
- 15-Minuten-Takt (in 3 Untersuchungsbetrieben)
- 20-Minuten-Takt (in 3 Untersuchungsbetrieben)
- 30-Minuten-Takt (in 5 Untersuchungsbetrieben)
- 60-Minuten-Takt (in 5 Untersuchungsbetrieben)

Beispielhaft seien an dieser Stelle die Untersuchungsergebnisse skizziert, die für die Qualität der Einhaltung des 30-Minuten-Taktes ermittelt werden konnten (vgl. Abbildung 6). Zu dieser Taktichte liegen

- für das Unternehmen 10 insgesamt 106 Meßwerte,
- für das Unternehmen 17 insgesamt 1457 Meßwerte,
- für das Unternehmen 19 insgesamt 1330 Meßwerte und
- für das Unternehmen 25 insgesamt 102 Meßwerte

vor. Ordnet man diese Unternehmen nach dem Grad der exakten Takteinhaltung und berücksichtigt zusätzlich das Ausmaß der akzeptablen Takteinhaltung – letzteres umfaßt Taktabweichungen aus dem Verfrühungs- und Verspätungsbereich und erstreckt sich auf Fahrzeugfolgezeiten zwischen 28 und 32 Minuten –, dann ergibt sich folgende Reihenfolge:

- Unternehmen 10 : bei 32% der Meßwerte exakte Takteinhaltung bzw. bei 76% der Meßwerte akzeptable Takteinhaltung
- Unternehmen 25: 26% bzw. 66%
- Unternehmen 19: 19% bzw. 70%
- Unternehmen 17: 18% bzw. 66%

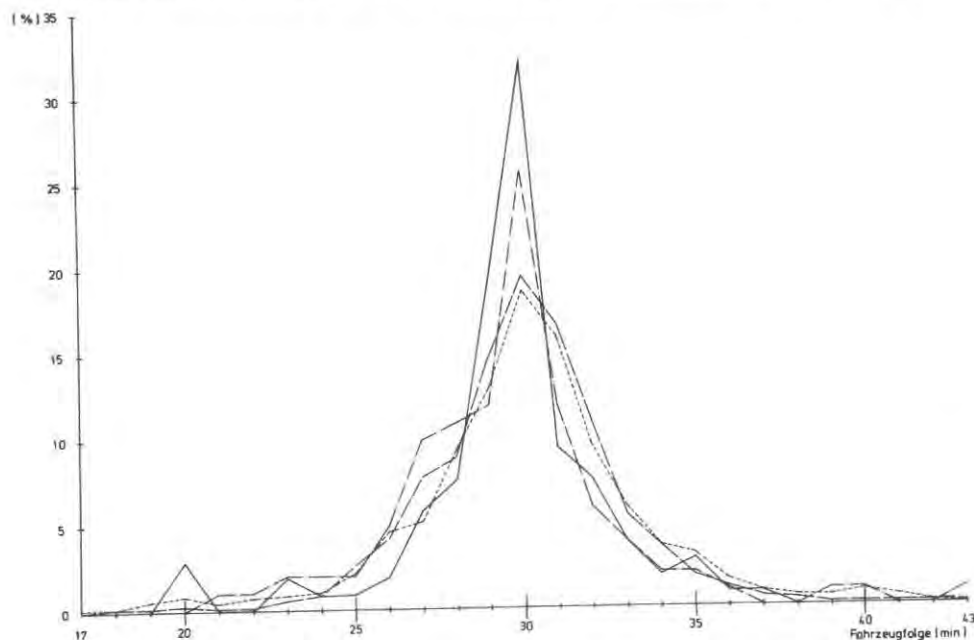
Hieraus folgt, daß besonders in den Untersuchungsbetrieben 25 und 17 Maßnahmen zur Erhöhung des Regelmäßigkeitsniveaus erforderlich erscheinen.

Betrachtet man ergänzend die beiden Bereiche der zu großen Taktabweichungen, so läßt sich konstatieren, daß in den Unternehmen 10, 17 und 19 die deutlichen Verspätungen und Verfrühungen in etwa die gleiche Bedeutung besitzen. Deshalb werden Schwerpunktmaßnahmen zur vorrangigen Reduzierung eines Unregelmäßigkeitsbereiches nicht für notwendig gehalten. Vielmehr müssen in etwa gleich starke Aktivitäten zur Reduzierung der positiven und negativen Fahrplanabweichungen entfaltet werden. Anders ist die Situation im Beobachtungsbetrieb 25. Hier besitzen die zu

5) Ebenda, Kap. 5.2.3., S. 134 f.

Abbildung 6:

Einhaltung des Taktintervalls »30 Minuten« in vier Untersuchungsbetrieben  
(Anteile der verschiedenen Fahrzeugfolgezeiten an der Gesamtzahl der Meßwerte in %) )



kurzen Verkehrsmittelfolgezeiten ein deutliches Übergewicht, das durch problemadäquate Maßnahmen abgebaut werden muß.

#### 4. Ansatzpunkte zur Verbesserung der Regelmäßigkeitsstruktur

Durch die Untersuchung konnte nachgewiesen werden, daß die meisten Verkehrsbetriebe über einen erheblichen Spielraum zur Erhöhung des Regelmäßigkeitsniveaus verfügen. Dabei kann es nicht das Ziel einer auf eine Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV ausgerichteten Verkehrspolitik sein, in allen Unternehmen die gleiche Kombination und Anwendungsbreite verschiedener Taktichten zu realisieren. Eine solche Vorgehensweise würde unberücksichtigt lassen, daß bei der Entscheidung, ob die Verkehrsmittel im Taktbetrieb fahren sollen und von welchen Taktichten gegebenenfalls Gebrauch zu machen ist, aus ökonomischen Gründen auch die linienindividuelle Verkehrsnachfrage beachtet werden muß.

Für alle Unternehmen gilt aber, daß dann, wenn der ÖPNV zu einer akzeptablen Alternative des Individualverkehrs ausgebaut werden soll, auch Maßnahmen im Bereich der Qualitätskomponente »Regelmäßigkeit« verwirklicht werden müssen, die unternehmensspezifisch zu dimensionieren sind. Diese Maßnahmen müssen sich zwar auf die

Dauer der Nutzung aller Taktichten in einem Unternehmen beziehen. Vorrangig ist aber in den meisten Fällen der Übergang auf kürzere Fahrzeugfolgezeiten.

Werden in einem Unternehmen verschiedene Verkehrsmittel eingesetzt, so empfiehlt es sich, differenzierte Maßnahmen zu realisieren. Da der Nachholbedarf an Regelmäßigkeit im Omnibussektor in der Regel erheblich größer als bei der Straßenbahn ist, erscheinen primär Aktivitäten zugunsten des Busverkehrs notwendig und auch erfolgversprechend.

Wichtig ist, daß die Verkehrsbetriebe nicht nur die angewandten Taktarten extensiver nutzen und zusätzlich von neuen Taktarten Gebrauch machen. Vielmehr sind auch verstärkte Aktivitäten erforderlich, die sicherstellen, daß die im Fahrplan vorgegebenen Taktarten auch im täglichen Betrieb in zufriedenstellendem Ausmaß eingehalten werden. Wie durch die durchgeführten empirischen Erhebungen nachgewiesen wurde, sind dabei in einem Teil der ÖPNV-Betriebe ausgewogene Maßnahmen zur Reduzierung der positiven und negativen Fahrplanabweichungen und in anderen Unternehmen Schwerpunktmaßnahmen zur Verringerung eines der beiden nicht akzeptabel erscheinenden Unregelmäßigkeitsbereiche zu verwirklichen. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, daß bei der Dosierung der qualitätswirksamen Aktivitäten dringend die zeitlichen und räumlichen Unterschiede des Regelmäßigkeitsdefizits zu berücksichtigen sind.

Abschließend muß noch betont werden, daß Maßnahmen, die sich auf eine isolierte Verbesserung der Qualitätsdimension »Regelmäßigkeit« beziehen, nur geringe Erfolge versprechen. Ausschlaggebend hierfür ist, daß einmal in sämtlichen Betrieben des ÖPNV bei fast allen relevanten Attraktivitätsaspekten ein mehr oder weniger stark ausgeprägter Nachholbedarf besteht, und daß zum anderen in der individuellen Bedeutung der meisten Qualitätskomponenten für den Gesamtkomplex »Attraktivität« keine gravierenden Differenzen bestehen<sup>6)</sup>. Deshalb erscheint es günstiger, die Regelmäßigkeit nur als ein – wenn auch wesentliches – verkehrspolitisches Instrument innerhalb eines mehrdimensionalen Maßnahmenbündels anzuwenden, dessen Elemente aufeinander abgestimmt und in dem die derzeitigen Erfülltheitsgrade der verschiedenen Qualitätsfaktoren betriebsindividuell berücksichtigt sind. Nur wenn man sich für eine solche Strategie entscheidet, kann mit einer nennenswerten Substitution von Individualverkehr durch öffentlichen Verkehr gerechnet werden.

6) Vgl. Weimer, K.-H., Die Bedeutungsdifferenzen . . . , a.a.O., S. 468 ff.

#### Summary

The regularity offered by transport operators is one of the essential elements of the complex sizes »attractivity of public urban traffic«. By way of quantifying this quality component carried out for 32 transport enterprises under observing their specific transport particularities, one was able to state important differences between the enterprises as to the structure of fixed-cycle operation and the regularity indices which are formed by concentration of all fixed-cycle systems. These differences make clear that the enterprises are provided with more or less great scopes to increase their regularity level. It is possible to explore these margins by a more



intensive utilization of already employed fixed-cycle systems and by introduction of additional fixed-cycle block systems. It must however be insured that also for the daily service scheduled regularities are observed in a satisfying measure.

### Résumé

La régularité de l'offre des entreprises de transport est un élément essentiel du facteur complexe «attractivité du transport public urbain». A l'aide de la quantification de cette composante qualitative appliquée pour 32 entreprises de transport en tenant compte des particularités typiques des moyens de transport on a pu établir des différences importantes entre les entreprises à l'égard de la structure des entreprises travaillant au cycle et des indices de régularité formés par le rassemblement de toutes sortes de cycle. Ces différences rendent clair que les entreprises disposent sur des marges plus ou moins grandes leur permettant d'augmenter le niveau de régularité. En épuisant ces marges, ce qui est possible, par une utilisation plus extensive des sortes de cycle déjà appliquées et par l'introduction de densités additionnelles de cycle, il faut aussi assurer que la régularité fixée à l'horaire sera observée d'une mesure satisfaisante de même au service quotidien.

## Zur Frage der Preisbildung auf Grenzkostenbasis bei Verkehrsunternehmen — dargestellt am Beispiel eines Binnenhafens

VON PROFESSOR DR. DR. WILHELM BÖTTGER, KÖLN

### I. Grundfragen

1. Die öffentlichen Binnenhäfen, in denen die Verfrachter jederzeit nach Maßgabe der bestehenden Tarife, Hafenordnungen, Polizeiverordnungen ohne Einschränkungen löschen, laden und einlagern können, wenden bei der Preiskalkulation größtenteils noch die Durchschnittsvollkostenrechnungsmethode an. Dabei wird von der Vorstellung ausgegangen, daß infolge der Mannigfaltigkeit der Leistungen, soweit sie in Verbundwirtschaft erbracht werden, eine genaue Zurechnung der Einzelkosten auf die unterschiedlichen Leistungsbereiche nur beschränkt möglich ist. Die durchschnittlichen Kosten sind im Einzelfalle kein verlässlicher Maßstab für die Preisbildung. So weist *Herbert Schmitz*<sup>1)</sup> darauf hin, daß die zahlreichen auf die Kosten der Leistungserstellung einwirkenden Einflußfaktoren eine exakte Bestimmung der gesamten Kosten eines spezifischen Leistungsvorganges nicht zulassen, zumal gerade in öffentlichen Hafenerbetrieben die Beschäftigung und die auf die einzelne Leistungseinheit entfallenden Fixkostenanteile sehr stark schwanken und daher zu einem unsteten und für die Preisbemessung nicht auswertbaren Kostenverlauf führen. Die Entgelte sind ausgerichtet auf die jeweils umgeschlagene Transportmenge. Eine lineare Preiserhöhung kann eine Abwanderung nach sich ziehen, wenn die Konkurrenz dem Verkehrsnutzer ein besseres Angebot vorlegt oder eine potentielle Transportleistung wegen der Höhe der Entgelte überhaupt transportunfähig wird. Nur wenn eine einzige Leistungsart oder wenn eine Vielheit von Leistungsarten ohne Verbund getätigt wird, ist die unmittelbare Zurechnung der Einzelkosten auf die Leistung möglich. Sie ist dann zugleich eine Kalkulationsbasis für die Preisbildung. Aber das ist nicht die Regel.

2. Der öffentliche Binnenhafen kann geführt werden in Form eines Regiebetriebes als Teil der allgemeinen Verwaltung mit Ausrichtung auf die Kameralistik des Haushaltsrechts. Diese wird häufig ersetzt durch beweglichere Unternehmensformen in Anlehnung an eine mehr privatwirtschaftliche Ordnung. Dazu zählen Eigenbetriebe und Eigenesellschaften, an welchen die öffentliche Hand (Bund, Länder, Gemeinden, Gemeindeverbände) ganz oder zumindest mit maßgebenden Anteilen beteiligt sind. Möglich

#### *Anschriß des Verfassers:*

Professor Dr. Dr. W. Böttger  
Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln  
Universitätsstraße 22  
5000 Köln 41

<sup>1)</sup> *Schmitz, H.*, Die Kostenrechnung der öffentlichen Binnenhäfen und Möglichkeiten eines kostenorientierten Preissystems, Köln 1966, S. 109.

ist auch eine Verpachtung des Betriebes an eine Hafenbetriebsgesellschaft nach dem »Heilbronner System«, wobei die öffentliche Hand das privatrechtliche Eigentum am Gelände behält<sup>2)</sup>. Die sonst z. B. einer AG zustehende Privatautonomie findet in der Regel keine Anwendung, weil es sich um Betriebe handelt, die die Interessen des öffentlichen Verkehrs wahrzunehmen und der Befriedigung lebenswichtiger Bedürfnisse zu dienen haben mit der Folge, daß bei der Abfassung der Tarife die die öffentliche Verwaltung bindenden Grundrechte zu beachten sind. Der Gleichheitsgrundsatz der Verfassung (Artikel 1 Abs. 3 GG) gilt<sup>3)</sup>. Dazu zählen die Abgaben für die Hafenbenutzung; sie unterliegen der Genehmigung der Aufsichtsbehörde. Alle anderen Aufgabenbereiche, die begrifflich zu den Bestandteilen des öffentlichen Hafens gehören, werden verwaltungsrechtlich geregelt.

3. Öffentliche Binnenhäfen sind wirtschaftliche Unternehmen. Sofern sie sich im Eigentum von Gemeinden befinden, werden die Rechtsverhältnisse über ihre wirtschaftliche Betätigung durch die von den Ländern erlassenen Gemeindeordnungen geregelt. Es ist unerheblich, ob für die Inanspruchnahme des Hafens und seiner Einrichtungen öffentlich-rechtliche Gebühren, Beiträge oder privatrechtliche Vergütungen erhoben werden, zumal die Absicht der Gewinnerzielung für den Begriff des wirtschaftlichen Unternehmens nicht wesentlich ist<sup>4)</sup>. Nach 76 (1) Gem VNRW vom 28. Oktober 1952 i. d. F. der Bek. vom 11. August 1969 (GVNW S. 656/SGVNW 2020) sollen wirtschaftliche Unternehmen zwar einen Ertrag für den Haushalt der Gemeinden abwerfen, aber nur soweit wie dies mit der Erfüllung der dringenden öffentlichen Zwecke vereinbar ist. Ähnliche Bestimmungen finden sich in anderen Ländern.

In Schleswig-Holstein besagen § 6 (2) des Kommunalabgabengesetzes vom 10. März 1970 (KAG) und die hierzu ergangenen Richtlinien, daß für die öffentlich-rechtlichen Abgaben bei Tarifänderungen jeweils eine Gebührenbedarfsrechnung vorzulegen ist, wobei Kostendeckung die obere Grenze sein soll. Es soll aber auch nach § 6 (7) Rücksicht genommen werden auf die wirtschaftliche Lage des Hafenbetriebes, die technische Entwicklung und das Wohl der Allgemeinheit insonderheit auf die öffentlichen Verkehrsinteressen.

Die bayerischen Landeshäfen (Nürnberg, Regensburg, Passau, Aschaffenburg, Bamberg) dürfen keine Gewinne ausschütten<sup>5)</sup>. Eine Gewinnerzielung aus den Hafenbenutzungsgebühren ist nach § 27 Abs. 2 der revidierten Mannheimer Rheinschiffahrtsakte vom 17. 10. 1868 nicht zulässig.

## II. Treibende Kräfte

1. Im Hinblick auf den ständig wachsenden Druck des Wettbewerbs der Verkehrsträger untereinander hat sich zunehmend bei den öffentlichen Verkehrsunternehmen die Auffassung durchgesetzt, daß mit den überkommenen Rechnungsmethoden nicht mehr

<sup>2)</sup> Einzelheiten bei *Sußner, R.*, Das Verwaltungsrecht der Binnenhäfen in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin 1975, S. 57 und 72.

<sup>3)</sup> Vgl. hierzu BGH Urteil vom 23. 9. 1969 – VI ZR 19/68 (Düsseldorf), NJW 1969, Heft 49, S. 2195.

<sup>4)</sup> *Kottenberg-Rehn*, Gemeindeordnung für das Land Nordrhein-Westfalen, Siegburg 1970, S. 519.

<sup>5)</sup> Ähnliche Vorbehalte finden sich auch bei anderen Verkehrsträgern. So besagt die Satzung der Westfälischen Landes-Eisenbahn AG, daß diese ausschließlich und unmittelbar gemeinnützigen Zwecken im Sinne der Gemeinnützigkeitsverordnung vom 24. Dezember 1953 folgt etwaige Gewinne nur für satzungsmäßige Zwecke verwendet werden dürfen und die Gesellschafter keine Gewinnanteile und auch keine sonstigen Zuwendungen erhalten.

auszukommen ist. Das Bedürfnis nach einer flexibleren Gestaltung der Preisbildung gebietet eine entsprechende Ausbildung des Leistungs- und Kostenrechnungswesens. Das Ziel ist eine stärkere marktwirtschaftliche Ausrichtung der Preisbildung. Damit soll eine Kostenminimierung in gesamtwirtschaftlicher Sicht erreicht werden. Mit Hilfe der Kostenrechnung soll nachgewiesen werden, daß einerseits der technische Fortschritt eine Effizienzsteigerung im Leistungsangebot nach sich zieht und andererseits Instandhaltungsaufwand und Änderungen bei den Lohn- und Sachkosten Wandlungen in den Effizienzrelationen bewirken können. Die Überlegungen beziehen sich in erster Linie auf weitströmige massenhafte Verkehre zwischen Knotenpunkten. Gravierende Qualitätsunterschiede bei den Leistungen zwischen den konkurrierenden Verkehrsträgern können Abweichungen von ursprünglichen Kostenüberlegungen nach sich ziehen.

2. Ein Fortschritt gegenüber der Durchschnittskostenrechnung ist die Deckungsbeitragsrechnung. In vereinfachter Form kann sie für Zwecke der Vor- und Nachkalkulation und der Preisbildung verwandt werden. Man kann dabei z. B. von den ausgabewirksamen Personalkosten ausgehen. Alle anderen Positionen sind in % auf die Basispersonalkosten zu ermitteln. Sie werden jährlich nachgeprüft. Grundlage ist der Betriebsabrechnungsbogen. Personalkosten an Gut + Aufsicht + sächliche Betriebs- und Verwaltungskosten (= im Umschlagsbetrieb) ergeben die Betriebsführungskosten. Betriebsführungskosten + Gerätekosten, die nach einem besonderen Formblatt ermittelt werden können, ergeben die gesamten Bewegungskosten, auf die die untere Preisgrenze ausgerichtet werden kann.

In weiteren Stufen werden Zuschläge auf gleicher Basis für die Vorhaltung von Schuppen und Hallen, allgemeine Verwaltungskosten (einschl. Kapitaldienst), Kosten für Verkehrsführung, Gleisvorhaltung bei Bahnumschlag (wenn die Betriebsführung einer fremden Bahn übertragen ist) und Straßenvorhaltung bei Lkw-Umschlag erhoben. Sofern Leistungen unter der Preisuntergrenze abzufertigen sind, ist eine preisliche Anhebung oder Leistungsverzicht geboten (Tabelle 1).

Tabelle 1

	K/t
Personalkosten am Gut incl. Personalgemeinkosten (Basis für Zuschläge)	DM
Aufsicht	10 % = DM
sächliche Betriebs- und Verwaltungskosten	20 % = DM
Betriebsführungskosten	* DM
Gerätekosten	DM
Gesamte Bewegungskosten (PUG)	* DM
Schuppen und Hallen	12 % = DM
allgemeine Verwaltungskosten	18 % = DM
Betriebskosten	* DM
Verkehrsführung	13 % = DM
Gesamtkosten	* DM

3. In den Wettbewerbsverhältnissen zwischen den Verkehrsträgern Eisenbahn, Binnenschifffahrt und Straßenverkehr spielen die im gebrochenen Verkehr des Binnenhafens anfallenden Kosten und Preise eine erhebliche Rolle. Da Eisenbahn und Binnenschifffahrt zunehmend zu einer Margentarifizierung übergehen, dürfte es an der Zeit sein, auch in den Binnenhäfen Überlegungen darüber anzustellen, ob das Margentarifprinzip eingeführt werden könnte. Darüber hinaus sollte der Hafenleitung mehr als bisher unmittelbarer Einfluß am Markt bei der Preisbildung eingeräumt werden.

### III. Die Leistungs- und Kostenrechnung als Ausgangsbasis

1. Die Margentarifizierung schafft eine größere Beweglichkeit am Markt und nutzt tarifrische Spielräume stärker aus. Es wird dabei nicht mehr der bislang vorgeschriebene Festpreis erhoben, sondern vielmehr ein aufgrund der marktlichen Wettbewerbsbedingungen zustandegekommener Preis.

Ausgangspunkt für solche Überlegungen ist die Ermittlung der Grenzkosten. Sie geben den Kostenzuwachs für eine Leistungseinheit an, der bei Erhöhung des Beschäftigungsgrades der jeweiligen letzten Produktionseinheit zugerechnet wird. Die praktische Handhabung dieser Beziehungen ist so zu verstehen, daß der zusätzliche Erlös, der sich aus einem zusätzlichen Mengeneinsatz ergibt, höher ist als die Zusatzkosten, die der gesteigerte Absatz auslöst.

Der Mindesttarif einer Verkehrsleistung auf der Grundlage der Grenzkostenpreisregel erfaßt mithin diejenigen Kosten, die zusätzlich durch die Erstellung einer weiteren Einheit der Verkehrsleistung entstehen. Bei Verringerung des Verkehrsaufkommens erfolgt eine Kostenminderung, die durch den Abgang der letzten Verkehrsleistung ausgelöst wird.

Die bei der Änderung des Leistungsumfanges sich ebenfalls ändernden Gesamtkosten geben nicht nur die variablen Kosten an, sondern auch einen Teil der begrifflich zu den Fixkosten zählenden Kostenarten, die den Bereich der Grenzkosten berühren. In welchem Grade nach festgestellter Höhe der Grenzkosten noch ein Zuschlag als Deckungsbeitrag für den von den Grenzkosten nicht erfaßten Kostenblock möglich ist, um danach den Grenzkostenpreis endgültig festzustellen, bedarf im Einzelfall sorgfältiger Überlegung. Dabei ist darauf hinzuweisen, daß eine vollends gesicherte Trennung der durch Erlöse zu deckenden kurzfristigen und der langfristigen Grenzkosten noch nicht vorliegt. Eine eingehendere Aufspaltung der Kostenpositionen ist unabweisbar. Sie kann noch zusätzliche Bestandteile für die kurzfristige Grenzkostenrechnung erbringen. Die in den Hafeneinrichtungen bislang angewandten Vollkostengrößenordnungen genügen nicht mehr. Die Unterschiede im betrieblichen Kostenbild werden beim Betriebsvergleich zugleich Anhaltspunkte für eine unterschiedliche Staffelung der Margentarife aufzeigen<sup>6)</sup>.

2. Es werden folgende in Hauptkostenstellen erfaßte Leistungsbereiche unterschieden:

- a) Umschlagsbetrieb (soweit er mit hafeneigenen Ladegeräten erfolgt)
- b) Hallenanlagen (Wasserbetrieb)

<sup>6)</sup> Zweifelsfrei gehören die langfristigen Ersatzinvestitionskosten zu den langfristigen Grenzkostenrechnungen. Das gilt besonders auch für die Investitionskosten der Erdbauten, Kunstbauten und den Oberbau. Sie bleiben bei der Feststellung der vorliegenden Grenzkostenüberlegungen außer Betracht.

- c) Hafeneisenbahnbetrieb
- d) Verwaltung
- e) Vermietung und Verpachtung

zu a): Das Ein-, Aus- und Umladen ist privatwirtschaftlich geregelt. Die Kosten des maschinellen Umschlags – von der heute unbedeutenden manuellen Umschlagsweise soll abgesehen werden – sind abhängig von der Art des Umschlagsgutes, von Umschlagswegen und -mengen, vom Schiffstyp, vom Ladegerät. Rechnungstechnische Einheit kann die nach Stunden bemessene Umschlagszeit sein oder das nach Tonnen verladene Gewicht. Die Stückgüter (sog. Hakengüter) sind meist höherwertiger als die Schüttgüter mit hohem spezifischen Gewicht. Unterschiede bei der Krantragfähigkeit und bei der Art und Weise des Leistungsvollzuges ergeben Unterschiede bei der Kostenverursachung. Die Ein- und Ausladung der Stückgüter verursacht höhere Kosten als die der Schüttgüter, weil sie eine längere Ladezeit benötigen. Von der Tragfähigkeit des Krans ist das Zeitmaß für die Be- und Entladung abhängig.

Sofern für die Gestellung einer Kran- oder Verladeanlage das Leistungsentgelt nach Tonnen bemessen wird, ist meist ein Mindestentgelt je Stunde vorgesehen.

zu b): Neben dem Umschlag mit hafeneigenen Aggregaten gibt es Häfen, die nur die Hafen- und Uferanlagen sowie zum großen Teil auch die Hafeneisenbahn bereithalten. Der eigentliche Umschlagsverkehr, die Hallen und Verladeeinrichtungen bleiben den Anliegern überlassen. Die Höhe der in den öffentlichen Binnenhäfen öffentlich-rechtlich geregelten Abgaben wird durch die Aufsichtsbehörde festgestellt. Man unterscheidet Ufer-, Hafen- und Schutzgeld.

Das Ufergeld ist für alle Güter zu entrichten, die über das Ufer oder von Schiff zu Schiff umgeladen oder unter Benutzung einer Hafeneinrichtung verdraumt werden. Maßgebend für die Einstufung der Güter in Güterklassen ist das »Güterverzeichnis für den Verkehr auf den deutschen Binnenwasserstraßen«. Es wird nach dem Bruttogewicht der umgeschlagenen Güter berechnet. Das Hafengeld wird entsprechend der Tragfähigkeit eines Wasserfahrzeuges oder einer schwimmenden Anlage nach Tonnen oder, soweit dies möglich ist, nach qm benutzter Fläche berechnet. Es ist bei Wasserfahrzeugen mit Umschlag ab dem Tage nach Ablauf der gesetzlichen Lösch- und Ladefrist zu entrichten, bei allen übrigen Wasserfahrzeugen oder schwimmenden Anlagen ab dem Tage des Einlaufens. Das Schutzgeld ist dann fällig, wenn ein Schiff den Hafen zum Schutz bei Hochwasser oder Eisgang aufsucht.

zu c): Die Hafeneisenbahnen sind nach den Landeseisenbahngesetzen entweder Eisenbahnen des öffentlichen Verkehrs (nicht bundeseigene Eisenbahnen) oder sie sind Anschlußbahnen. Im ersten Falle sind die Hafeneisenbahnen entweder unmittelbar in die durchgehenden Tarife der Deutschen Bundesbahn eingefügt oder sie erheben zusätzlich zu den Frachten der Deutschen Bundesbahn für ihren Bereich eine Zuschlagsfracht. Im zweiten Fall werden für den örtlichen abgegrenzten Anschlußbahnbetrieb Entgelte auf privater Basis festgesetzt.

In Einzelfällen wird die Betriebsführung durch eine fremde Eisenbahn auf hafeneigenen Gleisen vorgenommen oder der gesamte Hafeneisenbahnbetrieb wird im Auftrage der Hafenverwaltung durch eine fremde Eisenbahn – DB – betreut.

Die Verkehrsbedeutung der Eisenbahnen ist meist rückläufig, da das Angebot an Stück-

guttransporten bei der Schifffahrt immer geringer wird und zunehmend Container im Haus-Haus-Verkehr an die Stelle treten. Dazu kommt der Verlust an Hinterlandverkehr, der dem Lkw-Verkehr zufällt.

zu d): Ein erheblicher Teil der Verwaltungskosten fällt nicht unter den Begriff der Grenzkosten. Gleiches gilt auch für die Zinsen. Über die Zurechnung solcher Positionen wird von Fall zu Fall entschieden werden müssen. Das Maß der Zinshöhe kann im Einzelfalle von der marktgerechten Höhe nach unten abweichen, wenn standortpolitische Gründe eine strukturelle Verbesserung der Hafebesetzung und seines Einzugsverkehrs erwarten lassen. Schwierigkeiten gibt es bei der Abgrenzung der Verwaltungskosten. Beispielhaft ist darauf hinzuweisen, daß, falls keine Überstunden anfallen, letztlich auch der fest angestellte und vielleicht unkündbare Kranführer ein Fixkostenbestandteil ist, der lediglich auf Leistung bzw. Zeit bezogen variabel berechnet wird. Daraus kann man folgern, daß der Anteil der Grenzkosten an den Gesamtkosten höher ist als der sonst übliche variable Kostenanteil.

zu e): Man unterscheidet Entrichtung von Kaimiete nach  $q_m$  bei der Lagerung von Schiffsgütern, die länger als 48 Stunden dauert. Für die Einlagerung von Massengut werden Mieten erhoben. Sie gehen aus von der Menge in Tonnen und der Zeitdauer der Lagerung. Die Einlagerungsgeschäfte nehmen häufig zu. Die Unterbrechung des durch die verschiedenen Transportträger abgewickelten kettenhaften Transports geschieht durch Zwischenlagerung in gedeckten oder auf offenen Lagerflächen. Meist handelt es sich bei den gedeckten Räumen um Auslieferungsläger, die dem gewerblichen Endempfänger eine Lagerhaltung ersparen. Der Verband öffentlicher Binnenhäfen hat nach dem Stande vom 1. 1. 1973 eine Übersicht der öffentlichen Binnenhäfen über die Miete für freie und gedeckte Lagerräume herausgegeben. Es werden dabei unterschieden Miet- bzw. Erbbauzinsätze pro  $q_m$  für ungedeckte Lagerplätze und für mehrgeschossige Lagerhäuser. Für die auf privatrechtlicher Grundlage erstellten Entgelte besteht keine zwingende Verpflichtung zur Einhaltung. Es besteht echter Wettbewerb. Auch eine Gewinnerzielung ist zulässig, jedoch meist schwierig durchzusetzen.

3. Die Durchschnittskosten sind kein ausreichender Maßstab für die Preisbildung. Aber auch die bloße Beschränkung auf die Grenzkosten würde dem angestrebten Optimum nicht gerecht, da sich der Preis allmählich auf die untere Grenze einspielen würde. Im Falle des betrieblichen Optimums wären Grenzpreise und Durchschnittspreise also gleich. Dieses Optimum besteht aber nicht.

Zutreffend bemerkt *Thiemeyer*<sup>7)</sup>, daß bei öffentlichen Unternehmen die Grenzkosten unter den Durchschnittskosten liegen, d. h. also, daß im Sinne der traditionellen Kostenrechnung ein Defizit entsteht. Die Frage, ob dabei durch die Speisung der Deckungsbeiträge tatsächlich eine volle Kostendeckung aus Erlösen erfolgt oder ob auf eine volle Kostendeckung, was bei öffentlichen Verkehrsunternehmen häufig anzutreffen ist, verzichtet wird, bedarf im Einzelfalle sorgfältiger Überlegungen, zumal über das Maß der dann notwendigen Subventionierung keine festen Vorstellungen bestehen.

Die Feststellung der oberen Grenzen des Tarifbandes bereitet weniger Sorgen als die der unteren Grenze, da hier die Gefahr übergebührlicher Preisanstiege kaum gegeben ist.

<sup>7)</sup> *Thiemeyer, Th.*, Grenzkostenpreise bei öffentlichen Unternehmen, Köln und Opladen 1964, S. 75.

Ob als Richtpreis vom Durchschnittserlös, dem Vollkostenpreis oder ob von einer anderen Preisgrundlage ausgegangen werden soll, ist eine offene Frage. Man wird sich erst schlüssig sein können, wenn praktische Erfahrungen vorliegen. Im vorliegenden Falle wird behelfsweise von dem auf den Vollkosten beruhenden Preis ausgegangen. Zwischen dem Vollkostenpreis und der Preisuntergrenze liegt dann das preisliche Spannungsfeld, das aber bereit genug sein muß, um individuellen Kalkulationen ausreichend Spielraum zu belassen. Im Einzelfall müssen kostenunterschüssige Leistungen noch aufgestockt werden um die Anteile, die in die Deckungsbeitragsrechnung fließen sollen.

Vorliegend wird davon ausgegangen, daß die Teilkapazitäten des Hafenbetriebes, so beispielsweise der Kranbetrieb, nicht voll ausgenutzt sind, d. h. also, daß etwaige zusätzlich benötigte Nutzungszeiten frei bereit stehen. Ist das nicht der Fall, muß mit Engpässen gerechnet werden. Dann müssen die Regeln der Opportunitätskostenrechnung herangezogen werden. Die Grenzkosten sind nicht ohne weiteres den variablen Kosten gleichzusetzen. Wird keine Leistung erbracht, fallen auch keine variablen Kosten an.

Neben den Grenzkosten sind maßgebende Eckpfeiler des Margenbandes die Erlöse, soweit sie aus der Abwicklung der Betriebsleistung stammen. Sie geben zugleich Auskunft darüber, in welchem Grade sie Deckungsbeiträge hergeben können. Auszugehen ist dabei von dem Richtpreis.

4. Bei Ermittlung der kurzfristigen Grenzkosten soll davon ausgegangen werden, daß darunter alle ausgabenwirksamen Kosten zu verstehen sind, die unmittelbar für die Durchführung des Betriebes und die Erhaltung der Betriebsbereitschaft notwendig sind. Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß bei der Produktion zusätzlicher Einheiten zugleich zusätzliche Kosten verursacht werden. Bei der Preiserstellung sind sie Anhaltspunkte für die Feststellung der unteren Grenze des Margentarifs.

Es liegt nahe, sich hierbei auf die Leistungen des Umschlagsbetriebes, des Wasserbetriebes und des Bahnbetriebes zu beschränken, bei welchem die kostenverursachenden Leistungen jeweils pro Tonne entweder direkt oder durch Umrechnung feststehen.

Die Positionen Vermietung und Verpachtung (für Gelände, Getreidespeicher und Lagerhäuser) sollen nur insoweit berücksichtigt werden, als etwaige Betriebsüberschüsse in die Deckungsbeitragsrechnung abgeführt werden können.

Am ehesten geeignet für die Margentarifizierung sind die schon jetzt in eigener Zuständigkeit des Hafens in privatrechtlicher Form festgesetzten Umschlagsentgelte am Wasser, die keineswegs die Öffentlichkeit des Hafens einschränken. Schwieriger ist die Frage, ob auf die öffentlich-rechtliche Regelung der Ufer-, Hafen- und Schutzgelder nach festen Sätzen zugunsten einer privatrechtlichen Nutzungsordnung verzichtet werden kann, um einer beweglicheren Handhabung der Preisbildung den Weg zu ebnet<sup>8)</sup>. Und auch für die Gütertarife der Bahn könnte im Blickfeld der Margentarifizierung von dem strengen Charakter der Festtarife abzugehen sein, zumal die DB schon jetzt wiederholt von der Margentarifizierung Gebrauch macht.

#### IV. Ein praktisches Beispiel

Die Umstellung der bisherigen Festpreisbildung auf Grenzpreisrechnung mit dem Ziel der Erstellung von Margentarifen für alle am Umschlagsverkehr beteiligten Kosten-

<sup>8)</sup> Vgl. *Sußner, R.*, a.a.O., S. 81.

bereiche wird sich nur stufenweise durchführen lassen. Wir beschränken uns deshalb auf den Versuch, unter diesem Gesichtspunkt eine Leistungs- und Kostenrechnung für den Umschlag mit hafeneigenen Geräten durchzuführen. Die Jahreskosten, die Stundenkosten und die auf die Leistungseinheiten entfallenden Kosten sind für zwei verschiedene Krantypen aus der Tabelle zu ersehen:

Tabelle 2:

Kostenart	Kran A			Kran B		
	DM/Jahr	DM/h	DM/t	DM/Jahr	DM/h	DM/t
Personalkosten	13 200,—	12,—	0,18	16 800,—	12,—	0,16
Personal-Gemeinkosten (78 %)	10 300,—	9,36	0,14	13 100,—	9,36	0,12
Unterhaltungskosten	17 000,—	15,45	0,23	21 000,—	15,—	0,19
Energiekosten	5 900,—	5,36	0,08	7 500,—	5,39	0,07
Anteilige Kosten-Steuern	3 600,—	3,27	0,05	7 900,—	5,64	0,07
Fremdkapital-Zinsen	12 600,—	11,45	0,17	42 000,—	30,—	0,39
Kosten für Preisuntergrenze	62 600,—	56,89	0,85	108 300,—	77,39	1,00
Kalkulatorische Abschreibungen	60 000,—	54,55	0,81	80 000,—	57,14	0,74
Kalkulatorische Zinsen für Eigenkapital	27 000,—	24,55	0,37	45 000,—	32,14	0,42
Betriebs- und Verwaltungsgemeinkosten	5 000,—	4,55	0,07	6 000,—	4,29	0,06
Gesamtkosten	154 600,—	140,54	2,10	239 300,—	170,93	2,22
Tariferlös	213 700,—	194,30	2,90	312 600,—	223,30	2,90

Im einzelnen ist zu vermerken: Bei den Personalkosten (Kranführer) sind nur die effektiven Einsatzstunden belastet, da davon auszugehen ist, daß bei Nichtbeschäftigung der Kranführer anderweitig eingesetzt wird. Die Personalgemeinkosten von 78 % sind Ist-Daten aus 1976. Versicherungen wurden nicht angesetzt, da von der allgemeinen Haftpflicht für den Gesamtbetrieb auf das einzelne Gerät nur ein Bruchteil entfällt.

Bei den Betriebsgemeinkosten handelt es sich um anteilige Kosten für Platz, Aufsicht, Werkstatt, Magazin usw. Der Tariferlös stellt die Obergrenze dar und ist, wie glaubhaft versichert wird, oft im Markt nicht zu realisieren.

Um Margen bilden zu können, wurden die Zinsen gesplittet in ausgabewirksame Fremdkapitalzinsen und kalkulatorische Zinsen für Eigenkapital aufgeteilt. Die Basisdaten für die Kostenübersicht in Tabelle 2 sind aus Tabelle 3 ersichtlich.

Tabelle 3:

	Kran A	Kran B
Anschaffungsjahr	1967	1972
Wiederbeschaffungswert	1,5 Mio. DM	2,0 Mio. DM
Kalkulatorische Abschreibung vom Wiederbeschaffungswert	4 %	4 %
Anschaffungskosten	0,9 Mio. DM	1,5 Mio. DM
Bilanzieller Restwert	540 000 DM	1,2 Mio. DM
Fremdkapital	50 % von Anschaffungskosten	50 % von Anschaffungskosten
Restschuld	180 000 DM	600 000 DM
7 % Zins auf Restschuld	12 600 DM	42 000 DM
Kalkulatorischer Zins für Eigenkapital	6 % von halben Anschaffungskosten	6 % von halben Anschaffungskosten
Zeitleistung	1 110 h/Jahr	1 400 h/Jahr
Tonnenleistung	67 t/h	77 t/h
Erlös für Greiferumschlag	2,90 DM/t	2,90 DM/t
Personalkosten	anteilig nach h zugerechnet	

Die Feststellung der Margenober- und -untergrenzen und die daraus resultierenden Deckungsbeitragsmöglichkeiten für den Kapitaldienst pendelt zwischen der Preisuntergrenze, dem Richtpreis und den Erlösen. Inwieweit außerdem eine Speisung zu den Kosten des Kapitaldienstes durch Subventionen oder Überschüssen aus anderen Betriebszweigen erfolgt (z. B. Mieterlösen), wird von Fall zu Fall zu entscheiden sein.

Eine Beziehung zu Investitionsaktivitäten fehlt. Die Erprobung und Beschränkung des Margenpreissystems auf den Teilbetrieb der eigentlichen Umschlagfähigkeit löst die Frage aus, wie sich die übrigen Teilbetriebe verhalten. Sofern beispielsweise eine Gewinnverzichtregelung wie bei den Hafenbenutzungsgebühren zu berücksichtigen ist, muß bei der Feststellung dieser Gebühren im Falle der Aufnahme in die Grenzpreisrechnung von einer Plusmarge abgesehen werden. Ob im Einzelfall eine Minusmarge in Kauf genommen werden kann, hängt wesentlich davon ab, ob die daraus entstehenden Unterschüsse bei vorgesehener Gesamtkostendeckung aus übertariflichen Markterlösen ausgeglichen werden können.

### Summary

Within inland harbours of the Federal Republic of Germany dues and prices for the different harbour services are appointed by public authorities in form of fixed prices. With regard to liberalization beginnings made by railway, inland navigation and road goods-traffic the question arises, whether by transition to a margin tariff system within the harbour management the commercial scope of action could not be enlarged and the efficiency of the distribution of

tasks between the different enterprises improved. The middle margin price would have to be appointed on the basis of full costs; the inferior margin limit would be derived from the limiting costs of productive power. By way of a practical example bill of costs and fundamental principles of price-calculation of a harbour management are explained.

### Résumé

Dans les ports intérieurs de la République Fédérale d'Allemagne les taxes et prix des différentes installations portuaires sont actuellement décrétés par des autorités d'Etat sous forme de prix fermes. En égard des efforts de libéralisation faits par les chemins de fer, la navigation fluviale et le transport routier de marchandises la question se pose de savoir, si, en passant à un système de tarifs de marge dans l'économie portuaire, l'espace d'action commercial ne puisse pas être élargi et l'efficacité de la répartition des tâches entre les transporteurs améliorée. Le prix de marge moyen serait à établir à la base des frais intégraux; la limite inférieure de marge serait à déduire des coûts marginaux de la puissance productive. Au moyen d'un exemple pratique le calcul des frais ainsi que la base de la calculation de prix d'une entreprise portuaire sont développés.

### Buchbesprechungen

R J VHP 98  
**Bott, Helmut, Der Anteil staatlich-administrierter Preise am Preisindex der Lebenshaltung – Eine empirische Untersuchung für die Periode 1950 bis 1973 – (= Kommission für wirtschaftlichen und sozialen Wandel, 75), Verlag Otto Schwartz & Co., Göttingen 1976, 140 S., DM 18,-.**

R J VHP 104  
**Breitenstein, Peter, Staatlich administrierte Preise. Staatliche Preisadministration, Inflation und Konjunktur in der Bundesrepublik Deutschland von 1950 bis 1969 (= Schriften zur öffentlichen Verwaltung und öffentlichen Wirtschaft, Band 18), Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 1977, 291 S., DM 79,-.**

In der wirtschaftspolitischen Auseinandersetzung um Inflationsursachen und -schuld während der letzten Jahre wurden in der Bundesrepublik Deutschland zu erheblichen Teilen die »staatlich-administrierten« Preise für den gesamtwirtschaftlichen Preisauftrieb verantwortlich gemacht. Vor diesen Karren wurden immer auch die Verkehrspreise gespannt – die Personenverkehrstarife mit breiter Publizität und einem geradezu einladenden Potential zu Protestaktionen mehr als die Güterverkehrspreise, deren Preisniveaurelevanz dem Verbraucher weitaus weniger transparent war und deren Anpassung und Fortbildung sich im »produktionswirtschaftlichen« Hintergrund zwischen den Transportleitern der verladenden Wirtschaft, den Gewerbevertretern und der staatlichen Tarifgenehmigungsbehörde nach einem komplizierten Reglementierungssystem abzuspielen schienen. Daß gerade im Güterverkehr mit der Wahl der Preisbildungsform höchst brisante finanz- und ordnungspolitische Weichenstellungen erfolgen, sickerte erst mit der fortschreitenden Zerrüttung der Eisenbahnfinanzen durch.

Diese Verflechtung von gesamtwirtschaftlicher Geldwertentwicklung und sektoraler Preispolitik rechtfertigt die Auseinandersetzung mit zwei Studien zur Inflationswirkung staatlich-administrierter Preise, die ein überaus weites Feld mit unterschiedlich gewichtigen Güter- und Leistungspositionen von den Agrarpreisen über Krankenhauspflegesätze oder Sozialwohnungsmieten bis hin zu den Streichhölzerpreisen – mammutgroß bis läuseklein – abdecken, in dieser Zeitschrift. Immerhin machen die Preise für Verkehrs- und

Nachrichtenleistungen einschließlich der preisähnlichen Abgaben zur Abgeltung der Verkehrsinfrastrukturinanspruchnahme 41,8% an den Gesamtausgaben eines durchschnittlichen Haushalts und 15% an allen administrierten Verbrauchsausgaben aus.

Die Argumentation über die Inflationseffekte staatlich-administrierter Preise mußte sich lange Zeit auf Tendenzvermutungen oder riskante Transponierungsschlüsse aufgrund von Einzelpreisentwicklungen stützen. Daß Sachstandsanalyse und Kenntnisstand über diesen Problemkomplex in den letzten Jahren deutlich verbessert wurden, ist zweifellos das Mit-Verdienst der Untersuchungen von Bott und Breitenstein (in alphabetischer und chronologischer Reihenfolge), die zusammen mit anderen Arbeiten (vgl. Vajna, Th., Staatliche Preisadministration und Verbraucherpreisniveau. Berichte des Deutschen Instituts zur Wirtschaftspolitik, Jg. 6, Köln 1972; Baum, H., Das Stabilisierungspotential staatlich-administrierter Preise, in: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Band 190 (1976), S. 349 ff.; Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Zeit zum Investieren. Jahresgutachten 1976/77, Stuttgart und Mainz 1976, S. 75/76, 209–211) inzwischen eine objektivere Beurteilung der Inflationswirkungen staatlich-administrierter Preise erlauben.

Im Mittelpunkt der Arbeit von Bott steht die Quantifizierung des Anteils staatlich-administrierter Preise an der volkswirtschaftlichen Preisstruktur, die am Preisindex für die Lebenshaltung dargestellt wird. Nach einer indextheoretischen Analyse, einer Begriffsklärung, einer Darstellung der rechtlichen Interventionsgrundlagen und einer detaillierten Marktabgrenzung werden die Anteile errechnet, wobei besonders verdienstvoll ist, daß auch die langfristige Anteilsentwicklung (1950 bis 1973) beschrieben wird. Dies muß jedoch erkauft werden durch den Rückgriff auf den Preisindex für den 4-Personen-Arbeitnehmerhaushalt mit mittlerem Einkommen, der als einziger Index durchgängig für den gesamten Zeitraum vom Statistischen Bundesamt berechnet wurde. Für die Inflationsanalyse ist dies weitgehend unschädlich, da anhand dieses Preisindex die Veränderungen der staatlich-administrierter Preise durchaus repräsentativ dargestellt und interpretiert werden

können. Allerdings können mit der Betrachtung nur eines Indexhaushalts nicht die Distributionswirkungen staatlicher Preise analysiert werden, da zwischen den verschiedenen Haushaltstypen beträchtliche Unterschiede in den Anteilen bestehen und insofern die Preisveränderungen im Laufe der Zeit die verschiedenen Einkommensgruppen unterschiedlich getroffen haben. Erforderlich wäre dazu die Berechnung der Anteile und der preisbedingten Veränderungen der Anteile für alle Haushaltskategorien des Preisindex für die Lebenshaltung.

Die Hauptschwierigkeit bei der Anteilsquantifizierung liegt bei den Preisen, die nur zum Teil einer administrativen Regulierung unterliegen und bei denen sich die Preishöhe aus einer marktwirtschaftlichen und einer staatlichen Komponente zusammensetzt. *Bott* versucht hier aufgrund einer sehr eingehenden Analyse der einzelnen Preise zu einer exakten Zuordnung zu kommen, die natürlich wegen der oftmals fehlenden Daten von »Konventionen« getragen ist, die aber – um empirisch überhaupt weiterzukommen – unerlässlich sind. Dieser Arbeitsschritt ist der substantielle Kern der Studie von *Bott* und der entscheidende Fortschritt im empirischen Kenntnisstand.

*Bott* gruppiert die administrierten Preise nach den Güterkategorien des Preisindex für die Lebenshaltung in Nahrungsmittel, Genußmittel, Wohnungsmiete, Elektrizität, Gas und Brennstoffe, Waren und Dienstleistungen für Verkehrszwecke und Nachrichtenübermittlung und sonstige Waren und Dienstleistungen. Die Gruppen enthalten dann jeweils »marktliche« und »administrierte« Preiskomponenten. Für die Beurteilung der wirtschaftspolitischen Beherrschbarkeit der administrierten Preise wäre es zweckmäßiger gewesen, wenn die Gruppen etwa nach dem Grad der Direktheit und der Stringenz des staatlichen Preis Eingriffs gebildet worden wären; ein durchaus geeignetes Klassifizierungssystem bildet hier der Vorschlag von *Vajna*.

Die Arbeit von *Breitenstein* geht über den Versuch einer Anteilsquantifizierung hinaus und unternimmt eine umfassende Einordnung der staatlichen Preisadministration in die Theorie der Wirtschaftspolitik und Interpretation der Zusammenhänge von Inflation, Konjunktur und Entwicklung der staatlich-administrierten Preise für die Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1950 bis 1969. Grundlage bilden auch hier eine differenzierte und exakte Begriffsklärung und Markt-

begrenzung. Die Berechnung des Anteils staatlich-administrierter Preise erfolgt anhand des Preisindex für die Lebenshaltung mittlerer Arbeitnehmer-Haushalte aufgrund der Wägungsschemata von 1950, 1958 und 1962; die Umstellung auf das Verbrauchsschema 1970 und damit die jüngste Entwicklung konnte nicht mehr berücksichtigt werden. Dies schmälert zwar den Einblick in den aktuellen Sachstand, läßt sich aber wegen des zeitlich immer vorlaufenden Redaktionsschlusses des empirischen Teils nicht vermeiden.

*Breitenstein* unterteilt nach staatlich-administrierten Preisen im »engeren« und »weiteren« Sinne: Als Abgrenzungsmerkmale dienen bei ersteren die völlige administrative Ausschaltung des freien Preisspiels, bei letzteren nur deren Einschränkung bei jedoch gezielter administrativer Beeinflussung der Preishöhe und deren Veränderung. Dabei verzichtet *Breitenstein* wegen der fehlenden empirischen Absicherungsmöglichkeiten auf eine Anteilsaufschlüsselung nach staatlichen und freien Preisbestandteilen bei den teiladministrierten staatlichen Preisen im weiteren Sinne; statt dessen werden die Preise mit beachtlicher staatlicher Preisbeeinflussung in voller Höhe ihres Warenkorbanteils den administrierten Preisen im weiteren Sinne zugerechnet. Die auch vom Verfasser erkannte Problematik dieses Vorgehens liegt in der nicht immer eindeutigen Grenzziehung in den Randbereichen zwischen administrierten Preisen im weiteren Sinne und freien Preisen.

Die Analyse des Zusammenhangs von staatlicher Preisadministration, Inflation und Konjunktur bildet den theoretischen und empirischen Mittelpunkt der Arbeit von *Breitenstein*, der insgesamt überzeugend gelungen ist und einen wichtigen Erkenntnisfortschritt darstellt. In mehreren Quantifizierungsschritten werden für die gesamten administrierten Preise, für ausgewählte Preisgruppen und – kontrastierend dazu – für die »freien« Preise in einer langfristigen Zeitreihenanalyse die Inflationseffekte errechnet. *Breitenstein* beschränkt sich dabei nicht auf eine lediglich statistische Auswertung, sondern interpretiert die Ergebnisse aus den verschiedenen inflationstheoretischen Ansätzen heraus. Mit der Analyse des Zusammenhangs von Konjunktur- und Preisentwicklung liefert *Breitenstein* einen aufschlußreichen Befund zu der bis dahin noch nicht getesteten Hypothese, daß durch die zeitliche Verzögerung von Anpassungen bei den staatlichen Preisen der Preisniveau-Konjunktur-Zusammenhang zer-

stört wird und der dann später doch unausweichliche Nachholeffekt zu einem Preisniveauanstieg in gesamtwirtschaftlichen Abschwungphasen führt und damit zur Entstehung der wirtschaftspolitisch überaus schwer beherrschbaren Situation einer Stagflation beiträgt. *Breitenstein* untersucht diese Frage für mehrere Preis- und Konjunkturzyklen des Beobachtungszeitraums 1950 bis 1967 und kommt dabei zu einer Bestätigung des »antizyklischen« Preisverhaltens der staatlichen Entscheidungsträger.

Vor diesem sorgfältig erarbeiteten theoretischen und empirischen Hintergrund untersucht *Breitenstein* in einem abschließenden Kapitel die aus der Existenz staatlich-administrierter Preise entstehenden Konsequenzen für die Konjunktur- und Stabilitätspolitik sowie die Möglichkeiten einer konjunktur- und stabilitätspolitischen Instrumentalisierung staatlich-administrierter Preise. Wegen des nur sehr geringen Stabilisierungspotentials empfiehlt *Breitenstein* durch eine Entbindung der staatlich-administrierten Preise aus der stabilisierungspolitischen Zielverpflichtung den Preis-Konjunktur-Zusammenhang wiederherzustellen, den Wettbewerb auf reglementierten Märkten zu intensivieren und damit einen Leistungsdruck auf die öffentlichen Angebotsträger mit dem Ziel der Effizienzsteigerung zu erzeugen. Diese Hinweise stellen erste konzeptionelle Ansätze einer künftigen Politik staatlich-administrierter Preise dar. Für ein wirklich geschlossenes Konzept müßte noch geklärt werden, welche Güter- und Leistungsmärkte einer wettbewerblichen Koordination überantwortet werden können, ob die Wettbewerbsaufsicht – namentlich die Mißbrauchskontrolle – in der Lage ist, eine Transformation von »staatlich-administrierten« Preisen zu »privat-administrierten« Preisen wirksam zu verhindern und nach welchen Kriterien und Methoden die Preise für nicht-marktfähige Güter fortgeschrieben werden sollen.

Mit beiden Arbeiten ist der empirische Befund über die Inflationswirkungen staatlich-administrierter Preise wesentlich verbessert worden. Allerdings wird damit nur eine Teilantwort auf die Frage nach der Effizienz der staatlichen Preisadministration gegeben. Die staatlichen Preise sind in einen weitgefächerten Zielkatalog mit verteilungs-, raumordnungs-, branchenschutz- und wettbewerbspolitischen Zielelementen eingebunden; um über den Erfolg oder Mißerfolg der staatlichen Preispolitik befinden zu können, bedarf es

daher weiterer Untersuchungen, die auch diese Ziel-Mittel-Beziehungen empirisch testen.

Dr. H. Baum, Köln

123 VVP 261  
**Derlien, Hans-Ulrich, Die Erfolgskontrolle staatlicher Planung.** Eine empirische Untersuchung über Organisation, Methode und Politik der Programmevaluation (Schriften zur öffentlichen Verwaltung und öffentlichen Wirtschaft, Bd. 17), Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 1976, 211 S., Salesta kart., DM 54,-.

Der sich erst in jüngster Zeit auch im angelsächsischen Sprachbereich konsolidierende Begriff der »Programmevaluation« als systematische ex-post-Beurteilung von Wirksamkeit und Auswirkungen politischer Programme und staatlicher Planung wird sowohl von Verwaltungsforschung als auch von Verwaltungspraxis seit langem gefordert. Begründet wird dieses Interesse mit der teilweise mangelnden Zielerfüllung des ex-ante postulierten Anspruchsniveaus, die mit zunehmendem Interventionsgrad staatlicher Maßnahmen und Programme in soziale und ökonomische Abläufe weder durch die Formen personenbezogener Kontrolle noch durch informell-administrative und politische Rückkoppelungsprozesse als hinreichend verbesserungsfähig angesehen werden kann. Darüber hinaus unterstreichen die auf Grund haushaltspolitischer Zwänge ständig enger werdenden finanzwirtschaftlichen Planungsspielräume die Tendenz zur Erarbeitung erweiterter Evaluationspraktiken, die eine als dringlich empfundene Reallokation von Ressourcen zugunsten von Programmen legitimieren könnten, die neue, aber nur mit erheblichem Mittelaufwand zu bewältigende Probleme lösen sollen.

In diesem Rahmen stellt sich der Verfasser in der vorliegenden Untersuchung die Frage, inwieweit Forderungen nach einer Institutionalisierung der Programmevaluation auf Regierungs- und Ressortebene der Bundesrepublik Deutschland schon erfüllt und welche praktischen Erfahrungen sowie Schwierigkeiten bei der Anwendung des analytischen Verfahrens der Entscheidungshilfe im politischen Prozeß bisher gewonnen worden bzw. bei einer Ausdehnung in Zukunft zu erwarten sind. Nach einer einleitenden, kurz gefaßten Begriffsexplikation und der Darstellung der theoretischen Argumentationsbasis versucht sich *Derlien* in einer strukturellen Bestandsanalyse, in der

deutlich wird, welche Anlässe zur Institutionalisierung der Programmevaluation und zur Initiierung von Erfolgskontrollen im Einzelfall bestanden, wobei insbesondere nach den veranlassenden Akteuren und ihren Motiven, soweit diese noch rekonstruierbar waren, aber auch nach den Gründen für ein fallweises Fehlen dieser Analysetechnik gefragt wird. Im weiteren Verlauf der Untersuchung verlagert sich das Gewicht vom historisch-strukturellen auf den entscheidungsprozessualen Aspekt. An Hand von sechs in der Vergangenheit durchgeführten Evaluationen erfolgt u. a. eine ausführliche Auseinandersetzung mit den methodischen Problemen bei der Durchführung und den politischen Restriktionen bei der Nutzung von Programmevaluationen zur Korrektur laufender Programme. Dabei rückt insbesondere die Frage in den Mittelpunkt, ob die Analyseergebnisse geeignet waren, eine Korrektur von Programmprämissen einzuleiten und eine Reallokation innerhalb oder zwischen den Programmen auszulösen. Untersuchungsgegenstand sind diejenigen Akteure, die an der Gestaltung eines Programms, seiner Fortsetzung, Ausdehnung, Einstellung oder Beschneidung durchaus unterschied-

liche und konfligierende Interessenlagen einnehmen können. Der sich daran anschließende politische Entscheidungsprozeß, in dem die Korrekturvorschläge der Programmverantwortlichen verbindlich zu machen sind, erweist sich als weiterer Relativierungsfaktor, da diese in der Vergangenheit teils nur gegen Widerstände, teils mit Abstrichen und teilweise überhaupt nicht durchgesetzt werden konnten.

Die relativ schwache Durchschlagskraft einiger der untersuchten Evaluationen im politischen Entscheidungsprozeß verweist dabei auf eine Diskrepanz zwischen methodischer und politischer Rationalität, die die Frage nach einer Verwissenschaftlichung der Politik im Sinne der Nutzung methodisch fundierter Analysen aufwirft, ein Dilemma, auf das der Verfasser bewußt hinweist.

Insgesamt ergeben sich aus der empirischen Auswertung bereits durchgeführter Evaluationsstudien und der vergleichend herangezogenen amerikanischen Literatur bei der Lektüre eine Vielzahl praktisch verwertbarer Hinweise für eine Durchführung von Erfolgskontrollen.

*Dipl.-Volksw. Kl.-D. Zebisch, Köln*