

Die Berechnung der Stauungsabgaben auf Autobahnen

VON DR. HORST-MANFRED SCHELLHAASS, SAARBRÜCKEN

I. Die theoretischen Grundlagen der Stauungsabgaben

Stauungsabgaben sollen erhoben werden, um die externen Kosten der Verkehrsstauungen bei den Verursachern zu internalisieren. Insofern ist ihre Anlastung — wie auch die der übrigen sozialen Grenzkosten der Straßenbenutzung¹⁾ — eine Grundvoraussetzung, um dem Marktmechanismus die Allokation der Ressourcen im Verkehrssektor zu überlassen. Im einzelnen erwartet man von grenzkostenabhängigen Benutzungsentgelten der Verkehrswege folgende Verbesserungen gegenüber der heutigen Situation²⁾.

Der wichtigste Vorteil des peak-load-pricing liegt in der tageszeitlich gleichmäßigeren Auslastung der Verkehrswege. Die Rationierung des knappen Verkehrsraumes erfolgt über den Preis. Die hohen Gebühren zu den Spitzenzeiten und die niedrigen Gebühren in den schwach belasteten Perioden sind ein wirksames finanzielles Anreizmittel zu der erwünschten Verkehrsverlagerung³⁾.

Die Benutzungsabgaben werden auf stauungsarmen Straßen selbstverständlich wesentlich geringer als auf überlasteten Verkehrswegen sein. Es ist deshalb innerhalb des Straßennetzes eine Verkehrsverlagerung zu erwarten, die die gesamten volkswirtschaftlichen Transportkosten reduziert⁴⁾.

Auch in regionalpolitischer Hinsicht ist der Vorschlag der Grenzkostentarifierung attraktiv. Die Benutzungspreise werden wegen der großen Stauungen in den Ballungsgebieten hoch und in den wirtschaftlich zurückgebliebenen Gebieten niedrig sein. Die unterschiedliche Transportkostenbelastung erhöht die Anziehungskraft der strukturschwachen Gebiete für ansiedlungswillige Unternehmen. Dadurch fördert die Tarifierung auf Grenzkostenbasis die erwünschte Angleichung der Lebensverhältnisse in der BRD.

- 1) Zu den sozialen Grenzkosten der Straßenbenutzung gehören:
 - die Grenzkosten der Benutzung, die den verkehrsbedingten Verschleiß der Wegeanlagen widerspiegeln,
 - die Grenzkosten der Stauung, die im Falle gegenseitiger Behinderungen der Verkehrsteilnehmer auftreten,
 - die Grenzkosten der Umweltbelastungen, die durch den Lärm und die Abgase der Kraftfahrzeuge entstehen und
 - die marginalen Unfallkosten.
- 2) Im einzelnen vgl. dazu: Schellhaaß, H. M., Preis- und Investitionspolitik für Autobahnen (= Volkswirtschaftliche Schriften, Heft 196), Berlin 1972.
- 3) Die verteilungspolitischen Implikationen dieser Preispolitik können hier — im Gegensatz zum Nahverkehr — vernachlässigt werden, da der Anteil des Pendlerverkehrs (Wohnung — Arbeitsstätte) sozial schwacher Kreise am Autobahnverkehr gering ist.
- 4) Das Marginalprinzip ist nicht auf Verkehrswege beschränkt, deren Bau wirtschaftlich gerechtfertigt ist. Denn nach dem Bau eines Verkehrsweges gilt es stets, ihn optimal auszunutzen. Für die Entscheidung, ob ein zusätzliches Auto auf dieser Straße verkehren soll oder nicht, sind die historischen Anschaffungskosten irrelevant, nur die durch den Transport entstehenden Grenzkosten sollen den Benutzungspreis bestimmen. Anderer Auffassung: Aberle, G., Verkehrsinfrastruktur, Preispolitik und optimale Verkehrskoordination, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 40. Jg. (1969), S. 151—169, s. bes. S. 155.

Die derzeitigen Wettbewerbsverzerrungen auf dem Gebiet der Wegekostenverrechnung könnten vermieden werden, wenn jedem Fahrzeug genau die Kosten, die es verursacht, angelastet würden. Als relevante Kosten kommen nur die marginalen Wegekosten einschließlich der externen Kosten in Frage, da sich die fixen Kosten definitionsgemäß nicht mit der Zahl der Transporte ändern. Insofern sind die nach den Kriterien eines optimalen Faktoreinsatzes berechneten Benutzungspreise eine Grundvoraussetzung für die Harmonisierung der Wettbewerbsbedingungen in bezug auf die Wegekosten.

Nicht zuletzt kommen die Vorteile einer effizienten Preispolitik auch dem Straßenbaulastträger zugute. Denn durch die Abflachung der Spitzennachfrage können Millionen DM an Baukosten gespart werden, da die heutigen Kapazitätserweiterungen zu einem großen Teil zur Abwicklung des Stoßverkehrs vorgesehen sind.

Im Zusammenhang mit einer *simultanen* Lösung der Preis- und Investitionspolitik gewinnen stauungsabhängige Benutzungsentgelte größte Bedeutung als Bedarfsindikatoren und Finanzierungsmittel. Investitionen sollen in der Regel⁵⁾ nur durchgeführt werden, wenn der Gegenwartswert der sozialen Erträge des Einzelprojektes nicht kleiner als der Gegenwartswert der zugehörigen Kosten ist. Da die Mineralölsteuersätze autonom, d. h. ohne Rücksicht auf die Kapazitätsauslastung der Verkehrswege festgesetzt werden, können die Steuereinnahmen kein Indiz der Knappheitsverhältnisse sein. Dagegen hängen die vorgeschlagenen peak-load-Preise sehr stark von der Kapazitätsauslastung ab. Bei hoher Verkehrsdichte entstehen große Stauungen; daraus resultieren hohe Stauungsabgaben und dementsprechend hohe Einnahmen. Diese Einnahmen einschließlich eventueller Ausgleichszahlungen für die Berücksichtigung anderer Aspekte als des Effizienzziels⁶⁾ können im Regelfall als Ertrag der Autobahn definiert werden. Weist eine Verkehrsverbindung einen positiven Ertragsüberschuß auf, so ist dies als eine Knappheitsrente für den dauerhaften Produktionsfaktor »Verkehrsweg« zu interpretieren. Daraus sollte eine Ausweitung des Angebotes an Verkehrsverbindungen in dieser Richtung resultieren. Das Gegenteil gilt, falls ein Defizit gegeben ist. Insofern ist die Ersetzung der Mineralölsteuer durch Straßengebühren ein Instrument, um das Mittelaufkommen entsprechend den individuellen Nachfrageäußerungen prioritätsgebunden einzusetzen.

Einige Autoren glauben, daß die Erhebung von Stauungsabgaben nur ein *zeitweilig* anzuwendendes Instrument zur Rationierung knappen Straßenraumes darstellt. Funck z. B. argumentiert, daß nach Fertigstellung der aus den Gebühreneinnahmen finanzierten Erweiterungsbauten »die Entgeltlichkeit im Idealfalle ganz aufgehoben werden könnte, da keine Kongestionskosten mehr entstünden«⁷⁾. Unter volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten ist jedoch ein anderes Ergebnis anzustreben. Auf stauungsfreien Straßen sollen nur die Grenzkosten der Benutzung erhoben werden; damit können knapp 10% der Investitions- und Unterhaltungskosten gedeckt werden. Da der Bau einer Straße aber nur bei Eigenwirtschaftlichkeit gerechtfertigt ist, kann die vorgeschlagene »Politik eines stauungsfreien Straßenausbaus« nicht effizient sein. Vielmehr folgt aus den ökonomischen

- 5) Der Ausnahmetatbestand der steigenden Skalenerträge ist bei Straßenbauten meistens nicht gegeben. Vgl. Schellhaaß, H. M., Preis- und Investitionspolitik . . . , a.a.O., Kap. C. 1.
- 6) Im Mittelpunkt dieser Analyse steht der Gesichtspunkt der effizienten Allokation. Diese Betrachtungsweise schließt die Berücksichtigung anderer Ziele nicht aus. Soll z. B. eine Autobahn aus regionalpolitischen Gründen bereits früher in einem strukturschwachen Gebiet gebaut werden als es aus verkehrsmäßigen Gründen sinnvoll ist, so sollen die entstehenden Mehrkosten bzw. Mindereinnahmen nicht die Kraftfahrer belasten, sondern aus dem Budgettitel »Regionale Förderungsprogramme« erstattet werden.
- 7) Funck, R., Optimalkriterien für die Preisbildung im Verkehr, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 42. Jg. (1971), S. 132—144, s. bes. S. 141.

Überlegungen, daß die optimale Kapazität einer Straße zwingend mit zeitweisen Stauungen verbunden ist. Der optimale Grad an Stauungen kann durch einen Vergleich der marginalen Bau- und Stauungskosten festgestellt werden; er wird beispielsweise um so niedriger sein, je höher der Zeitfaktor bewertet wird.

Der Ausbau der Engpässe erfordert nicht die Reduzierung der Stauungen auf ein gleiches Niveau auf allen Verkehrswegen. Da Innerortsstraßen in der Regel wegen der Grundstückspreise wesentlich teurer sind als gleichartige Außerortsstraßen, sollen beide Straßenarten nach den Kriterien eines optimalen Faktoreinsatzes nur dann technisch identisch gebaut werden, wenn die Verkehrsmenge bzw. die Stauungen in der Stadt höher sind als im Außerortsbereich. Denn bei gleichem Verkehrsaufkommen wären auch die Stauungsabgaben auf beiden Straßen gleich. Da diese zur Deckung der nicht zurechenbaren Kosten herangezogen werden, wird das Postulat der Kostendeckung wegen der niedrigeren absoluten Kostensumme bei den Überlandwegen bereits bei einer geringeren Verkehrsbelastung als in den Innenstädten erreicht.

Trotz der mannigfachen Vorteile, die eine Tarifierung auf Grenzkostenbasis erwarten läßt, hat diese Preispolitik noch keinen Eingang in die Verkehrspolitik gefunden. Zum einen mag es daran liegen, daß die sozialen Grenzkosten für jeden Verkehrsweg gesondert errechnet werden müssen⁸⁾ und zum anderen, daß »zur Bemessung dieser Kosten Bewertungen erforderlich (sind), für die, soweit sie die externen Kosten, also die Wegekosten, die Kongestionskosten und die Umweltkosten des Verkehrs betreffen, bisher bestenfalls Ansätze entwickelt worden sind«⁹⁾. In der Tat beschränkt sich die bisherige Behandlung des Marginalprinzips — im Gegensatz zu der konventionellen Methode der betriebswirtschaftlichen Vollkostenrechnung — nahezu ausschließlich auf die theoretischen Aspekte¹⁰⁾. Verständlicherweise liegen unter diesen Umständen auch noch keine empirischen Berechnungen der Stauungsabgaben für die deutschen Verkehrswege vor.

Aufgabe des vorliegenden Aufsatzes soll es sein, sowohl den Berechnungsmodus der Stauungsabgaben als auch einige Testergebnisse darzulegen. Die empirischen Werte beziehen sich auf die 54,7 km lange Teilstrecke der A 20 vom Autobahnkreuz Walldorf (bei Mannheim) bis zum Autobahnkreuz Weinsberg (bei Heilbronn). Danach wird es zusammen mit den im Wegekostenbericht des Bundesverkehrsministeriums vorgelegten Werten für die Grenzkosten der Benutzung möglich sein, die verkehrspolitischen Auswirkungen eines Überganges von der gegenwärtigen Wegekostenverrechnung auf das Grenzkostenprinzip in ihrer Größenordnung zu beurteilen.

II. Die Basiswerte der Stauungskosten

Als erster Schritt zur Berechnung der Stauungsabgaben sind die aus der Straßenverkehrstechnik entlehnten Funktionen zur Beschreibung des Verkehrsablaufs sowie die ökonomischen

⁸⁾ »Die anderen Bestandteile der Varianten des Systems der Grenzkosten . . . , wie die Grenzkosten der Stauung, sind für das Wegenetz in seiner Gesamtheit gegenwärtig nicht quantifizierbar«. Bericht über die Kosten der Wege des Eisenbahn-, Straßen- und Binnenschiffsverkehrs in der BRD (= Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 34), Bad Godesberg 1969, S. 23 (zitiert als *Wegekostenbericht*).

⁹⁾ *Funck, R.*, Optimalkriterien . . . , a.a.O., S. 133.

¹⁰⁾ Vgl. von den neueren Beiträgen z. B.: *Hamm, W.*, Infrastrukturpolitik und Wettbewerb im Verkehr, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 42. Jg. (1971), S. 101–118; *Funck, R.*, Optimalkriterien . . . , a.a.O.; *Allais, M.*, *del Viscovo, M.*, *de la Vinelle, L. D.*, *Oort, C. J.* und *Seidenfus, H. St.*, Möglichkeiten der Tarifpolitik im Verkehr, Brüssel 1965 (zitiert als *Allais-Bericht*); *Willeke, R.*, Der Einsatz preispolitischer Instrumente als Mittel zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in den Städten, in: Het Prijsmechanisme in het Verkeer? Hrsg.: Economisch Instituut Tilburg, Tilburg 1968, S. 814.1 ff.

mischen Bewertungsansätze für die verschiedenen Kostenarten anzugeben. Die Basiswerte sind diejenigen verkehrstechnischen und ökonomischen Angaben, die — weitgehend — auf das gesamte deutsche Autobahnnetz angewendet werden können. Erst in einem späteren Abschnitt werden durch das Einsetzen der Verkehrsmengenwerte der Teststrecke die speziellen Stauungskosten der Bundesautobahn (BAB) Walldorf—Weinsberg ermittelt.

Verkehrsstauungen äußern sich unmittelbar in einer Verminderung der Reisegeschwindigkeit. Angaben über den Einfluß der Verkehrsmenge auf die Durchschnittsgeschwindigkeit einer Fahrzeuggruppe liefert die Straßenverkehrstechnik¹¹⁾. Bei sehr geringen Verkehrsbelastungen sind die Fahrzeuge in ihren Bewegungsvorgängen voneinander unabhängig, d. h. es gibt hier keine Stauungen. Jeder Verkehrsteilnehmer wählt die ihm genehme Geschwindigkeit; im Durchschnitt sollen nach neueren Untersuchungen folgende Grundgeschwindigkeiten¹²⁾ auf Autobahnen erzielt werden:

Personenkraftwagen (Pkw):	125 km/h
Lastkraftwagen (Lkw) ¹³⁾ :	78 km/h
Lastzüge (LZ) ¹³⁾ :	65 km/h

Diese für den Kraftfahrer ideale Situation ist auf der BAB Walldorf—Weinsberg im Jahre 1970 nur in den beiden Stunden direkt vor und nach Mitternacht zu beobachten.

Der gesamte übrige Teil des Tages fällt in die Kategorie des verdichteten Verkehrsablaufs. Hier sind die gegenseitigen Störungen der Kraftfahrzeuge untereinander bereits spürbar¹⁴⁾, doch können die Verkehrsbedingungen noch als gut bis befriedigend bezeichnet werden. Von einer Zunahme der Verkehrsmenge werden die Pkw und die Nutzfahrzeuge in unterschiedlichem Ausmaße betroffen, weil der Verkehrszuwachs bei stärkerem Verkehr fast ausschließlich zu Lasten der Überholspur geht. Da aber die Geschwindigkeitsfunktionen stets auf die *gesamte* Verkehrsmenge bezogen sind, folgt hieraus, daß die Geschwindigkeiten bei verdichtetem Verkehrsablauf auf der Überholspur wesentlich stärker als auf der Fahrspur abnehmen. Deshalb müssen die Pkw mit ihrer hohen Grundgeschwindigkeit größere Zeitverluste als die ohnehin langsamen Nutzfahrzeuge in Kauf nehmen.

Im einzelnen werden die Verkehrsgeschwindigkeiten der verschiedenen Kraftfahrzeugkategorien nach den in Tabelle 1 angegebenen Funktionen berechnet. Da in den straßen-

¹¹⁾ Vgl. *Breuer, F. J.*, Elemente des Verkehrsablaufs an kreuzungsfreien Straßenknoten (= Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 88), Bonn 1969; *Hoffmann, G.*, Die Auswirkungen von Steigungsstrecken auf den Verkehrsablauf auf Autobahnen (= Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 63), Bonn 1967; *Schlums, J.* und *Burkhardt, F.*, Beobachtung des Verkehrsablaufs auf der BAB zwischen Mannheim und Heidelberg vor und nach Aufhebung einer Geschwindigkeitsbeschränkung (= Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 45), Bonn 1966.

¹²⁾ Die Grundgeschwindigkeit ist die bei unbehinderter Fahrt gewählte Durchschnittsgeschwindigkeit, die Verkehrsgeschwindigkeit ist die bei den tatsächlichen Verkehrsverhältnissen mögliche Durchschnittsgeschwindigkeit einer Fahrzeuggruppe.

¹³⁾ Wegen der großen Zahl der Steigungen können die Lastwagen nicht immer ihre Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h durchhalten. Nach den Untersuchungen von *Wehner* erhöht sich der Zeitbedarf auf der Strecke Walldorf—Weinsberg mit der mittleren Neigung von 1,3 % und dem Anteil der Steigungsstrecken von 48 % für einen leichten Lkw um 3 % und für einen Lastzug um 24 %. Vgl. *Wehner, B.*, Die Kraftfahrzeug-Betriebskosten in Abhängigkeit von den Straßen- und Verkehrsbedingungen, Berlin-München 1964, S. 47 f. Den empirischen Wert der mittleren Neigung hat der Autor aus Angaben des Autobahnamtes Baden-Württemberg errechnet.

¹⁴⁾ Unter »Stauung« wird jede — auch geringfügige — Verminderung der Durchschnittsgeschwindigkeit einer Fahrzeuggruppe, die auf das Einwirken anderer Verkehrsteilnehmer zurückzuführen ist, angesehen. Insofern ist der Begriff hier weiter als im normalen Sprachgebrauch gefaßt.

verkehrstechnischen Untersuchungen die Verkehrsmenge trotz der Inhomogenität der Fahrzeuge in Kfz/Periode angegeben wird, werden mehrere Geschwindigkeits-Durchfluß-Funktionen für unterschiedliche Anteile der Lkw + LZ an der Verkehrsmenge ermittelt. Der lineare Verlauf ist nach den Aussagen der Verkehrstechniker hinreichend exakt. Die Veränderungsrate der Verkehrsgeschwindigkeit ist bis zu einem Lkw + LZ Anteil von unter 40% empirischen Untersuchungen des Verkehrsablaufes auf Autobahnen¹⁵⁾ entnommen; für hohe Anteile des Güterverkehrs (über 40%) mußte sie extrapoliert werden. Diese Unsicherheitsstelle ist jedoch nicht schwerwiegend, da diese Funktionen nur für wenige Stunden in der Nacht gelten, in denen die Stauungskosten, wie sich später zeigen wird, äußerst niedrig sind.

Die Abgrenzung des Bereichs des verdichteten Verkehrs nach unten und oben ist naturgemäß fließend. Die angegebenen unteren Grenzen entsprechen den am häufigsten genannten Werten und sind selbstverständlich um so niedriger, je höher der Anteil der Lastwagen an der Verkehrsmenge ist. Die obere Intervallgrenze kann offenbleiben, da die in absehbarer Zeit zu erwartenden Verkehrsbelastungen auf der BAB Walldorf-Weinsberg weit unter dem fraglichen Übergangsbereich von 2000 bis 3000 Kfz/h bleiben.

Um das physikalische Maß der Geschwindigkeitsänderung in Kostenwerte transformieren zu können, werden im folgenden die Basiswerte der Kraftfahrzeug-Betriebskosten,

Tabelle 1:

Die Durchfluß-Geschwindigkeits-Funktionen auf Autobahnen bei verdichtetem Verkehr

	Verkehrsmischung	Geschwindigkeitsfunktion (v)	Untere Bereichsgrenze
I	1-10% LKW+LZ	PKW: $v = 129,90 - 0,0140 M$ LKW: $v = 79,46 - 0,0051 M$ LZ: $v = 66,31 - 0,0051 M$	$M > 350$ Kfz/h
II	10-20% LKW+LZ	PKW: $v = 129,25 - 0,0170 M$ LKW: $v = 78,95 - 0,0051 M$ LZ: $v = 65,80 - 0,0051 M$	$M > 250$ Kfz/h
III	20-30% LKW+LZ	PKW: $v = 129,00 - 0,0200 M$ LKW: $v = 78,69 - 0,0051 M$ LZ: $v = 65,54 - 0,0051 M$	$M > 200$ Kfz/h
IV	30-40% LKW+LZ	PKW: $v = 130,10 - 0,0300 M$ LKW: $v = 78,54 - 0,0051 M$ LZ: $v = 65,39 - 0,0051 M$	$M > 170$ Kfz/h
V	40-50% LKW+LZ	PKW: $v = 130,60 - 0,0400 M$ LKW: $v = 78,39 - 0,0051 M$ LZ: $v = 65,24 - 0,0051 M$	$M > 140$ Kfz/h
VI	>50% LKW+LZ	PKW: $v = 130,00 - 0,0500 M$ LKW: $v = 78,18 - 0,0051 M$ LZ: $v = 65,03 - 0,0051 M$	$M > 100$ Kfz/h

M = Verkehrsmenge in Kfz/h

Quelle: Die in Fußnote 11 angegebenen straßenverkehrstechnischen Untersuchungen und eigene Berechnungen.

¹⁵⁾ Vgl. insbesondere Schlums, J. und Burkhardt, F., Beobachtung des Verkehrsablaufes . . . , a.a.O.

der Kosten für den Zeitverlust von Personen und Gütern sowie der Abnahme des Fahrkomforts erläutert.

Im Rahmen der Ermittlung der Stauungskosten interessiert nicht die Gesamthöhe der Betriebskosten eines Fahrzeugs, sondern lediglich ihre Variation aufgrund von Geschwindigkeitswechseln. In Tabelle 2 sind die Veränderungen der Kraftstoff-, Öl-, Reifen-, Unterhaltungs- und Abschreibungskosten, die auf eine Veränderung der Verkehrsmenge zurückgeführt werden, abgetragen¹⁶⁾.

Tabelle 2:

Die Variation der Betriebskosten aufgrund von Verkehrsstauungen
— in DM/100 km —

Verkehrsgeschwindigkeit	Anderung der Betriebskosten		
	PKW	LKW	LZ
125	—		
120	- 0,34		
115	- 0,47		
110	- 0,37		
105	- 0,30		
100	- 0,19		
95	- 0,18		
90	+ 0,16		
85	+ 0,50		
78		—	
75		- 0,18	
70		- 0,37	
65		- 0,18	—
60		—	—
55			+ 0,72

Quelle: Wehner, B., Die Kraftfahrzeug-Betriebskosten . . . , a. a. O. und eigene Berechnungen.

Als Ergebnis ist festzuhalten, daß sich die Veränderung der Betriebskosten bei Autobahnfahrten in einem engen Rahmen hält. Bei den Pkw und Lkw fallen die Betriebskosten aufgrund der Verkehrsbehinderungen während eines relativ großen Geschwindigkeitsintervalls, das einer Verkehrsmenge bis zu 2000 bzw. 3000 Kfz/h entspricht. Mithin ist bei diesen beiden Kategorien bei den auf der BAB Walldorf-Weinsberg herrschenden Verkehrsverhältnissen stets eine Reduzierung der Betriebskosten zu erwarten. Bei den Lastzügen bleiben die Betriebskosten bis zu einer Verkehrsmenge von 1100 Kfz/h konstant, steigen dann aber sehr stark an.

Ungleich gewichtiger als die Betriebskosten sind für die Höhe der Stauungskosten die Zeitverluste. Sie äußern sich im gewerblichen Bereich in der durch die Verlangsamung der einzelnen Transportakte ausfallenden Wertschöpfung sowie in der Erhöhung des Fuhrparks. Für den privaten Reiseverkehr vermindert sich der frei verfügbare Teil des

¹⁶⁾ Die Mineralölsteuer ist aus den Kraftstoffpreisen eliminiert worden, weil in einer volkswirtschaftlichen Analyse Opportunitätskosten anzusetzen sind.

Tages. Besondere Bewertungsschwierigkeiten erwachsen aus der Tatsache, daß es einen originären Wert für den Faktor »Zeit« nicht gibt¹⁷⁾.

Konventionell wird bei der Analyse des Zeitwertes von dem Modell der vollkommenen Konkurrenz ausgegangen, wonach ein rational handelndes Wirtschaftssubjekt den Grenznutzenausgleich zwischen einer Stunde Muße und einer Stunde Arbeit anstrebt¹⁸⁾. Da jedoch die Individuen weder ihre Arbeitszeit frei aushandeln können noch das Arbeitsleid genauso hoch bewerten wie den (im Regelfall negativen) Eigenwert der Fahrt, stimmen die Annahmen dieses Ansatzes nicht mit der Realität überein. Demzufolge kann der Zeitwert um einen unbestimmbaren Betrag sowohl über als auch unter dem marginalen Nettoarbeitsbeitrag liegen. Eine Ableitung des Zeitwertes aus dem Lohnsatz scheidet deshalb aus und es bleibt nur der Weg über ökonomische Ermittlungsverfahren.

Mit Hilfe von modal-split-Modellen wird aus den tatsächlichen Entscheidungen von Reisenden, die die Wahl zwischen alternativen Verkehrsmitteln, -wegen oder -geschwindigkeiten haben, der Zeitwert deduziert. Nach den ersten beiden Methoden wurden bisher nur in ausländischen — hauptsächlich amerikanischen — Untersuchungen empirische Zeitwerte ermittelt. Ihre Übernahme ist jedoch nicht sinnvoll, weil einerseits das herrschende Wechselkursgefüge nur ein Zerrbild der Gleichgewichtswechselkurse darstellt und zum anderen können die differierenden Güterkörbe auch bei unverzerrten Kursen unterschiedliche Preisrelationen bedingen.

Die folgenden Werte stützen sich auf die Methode der Geschwindigkeitswahl, weil hier mehrere deutsche Untersuchungen vorliegen. Dieses Verfahren wird wegen der Annahme der vollständigen Kostentransparenz, der Vernachlässigung des Sicherheitsstrebens usw. zu Recht kritisiert. Mangels besserer Unterlagen bleibt jedoch keine andere Wahl¹⁹⁾. Aufbauend auf den Ergebnissen von Jürgensen, Aldrup und Voigt²⁰⁾ werden den weiteren Rechnungen folgende Zeitwerte für die unbehinderte Fahrt zugrunde gelegt²¹⁾:

Personenkraftwagen:	10,55	DM/100 km
Lastkraftwagen:	27,20	DM/100 km
Lastzug:	55,59	DM/100 km

Als letzte Komponente der Stauungskosten ist der Fahrkomfort zu berücksichtigen. Der Begriff »Komfort« umschreibt die Tatbestände, die die Aufmerksamkeit und damit die Nervenanspannung der Fahrzeuginsassen beeinflussen. Dieser Faktor ist eine subjektive

¹⁷⁾ Vgl. Peschel, K., Der Zeitfaktor in Wirtschaftlichkeitsrechnungen für den Straßenbau, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 34. Jg. (1963), S. 11–19, s. bes. S. 11.

¹⁸⁾ Vgl. Gronau, R., The Value of Time in Passenger Transportation: The Demand for Air Travel, New York 1970; Oort, C. J., The Evaluation of Travelling Time, in: Journal of Transport Economics and Policy, Vol. III (1969), S. 279–286.

¹⁹⁾ Zudem haben Kontrollrechnungen nach anderen Verfahren ähnliche Zeitwerte ergeben. Vgl. Kentner, W., Zeitbewertung im Personenverkehr, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 41. Jg. (1970), S. 93–119, s. bes. S. 95.

²⁰⁾ Jürgensen, H., Aldrup, D. und Voigt, F., Der Zeitnutzen im Straßenverkehr (= Gutachten für das Kuratorium »Wir und die Straße«), Hamburg 1963. Eine Zusammenfassung des nicht mehr erhältlichen Gutachtens wird gegeben von Aldrup, D., Theorie der Straßenplanung (= Forschungen aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster, Bd. 15), Göttingen 1963, S. 72–77.

²¹⁾ Jürgensen, Aldrup und Voigt haben den Zeitfaktor für das Jahr 1960 geschätzt. Da in diesem Wert sowohl personelle als auch sachliche Produktionsfaktoren berücksichtigt sind, ist es schwierig, einen geeigneten Index für die Anpassung an die heutigen Werte zu finden. Wegen der Dominanz der Einkommenskomponente wird dieser Aufgabe am besten die Entwicklung der Brutto- und -gehaltssumme je beschäftigten Arbeitnehmer gerecht. Sodann mußte der von den Gutachtern auf Stundenbasis berechnete Zeitwert auf die gleiche Einheit — Streckenlänge von 100 km — wie alle übrigen Kostenelemente umgerechnet werden.

Größe, wodurch der Ermessensspielraum bei dem Wertansatz wesentlich größer als bei der Ermittlung der Betriebskosten ist. Als Grundlage für die Preisbildung kommen nur die Veränderungen des Komfortfaktors in Frage, die auf die Variation der Verkehrsmenge zurückzuführen sind²²⁾.

Nach Claffey²³⁾ haben diejenigen Straßen den höchsten Komfortgrad, bei denen die Summe der Geschwindigkeitsänderungen für eine bestimmte Streckenlänge am kleinsten ist. Diese Meßgröße ist allerdings als Grundlage für die Stauungskosten anfechtbar, da sie auch Geschwindigkeitsänderungen auf Grund von Steigungen u. ä. enthält. Eine radikal vereinfachte Bemessungsgrundlage wendet die amerikanische Vereinigung der Straßenbaubeamten (AASHO) an. Sie unterscheidet nur nach den drei Kategorien des freien, verdichteten und gesättigten Verkehrsablaufs²⁴⁾. Die Aussagefähigkeit dieser Größen ist jedoch fast Null, da auf unseren Autobahnen nahezu ausschließlich der verdichtete Verkehrsablauf beobachtet wird.

Die optimale Darstellungsform für die Veränderung des Komfortfaktors in Abhängigkeit von der Verkehrsmenge ist eine stetige Funktion. Es kann angenommen werden, daß der Verlust an Fahrkomfort wegen des Ärgers über die Stauungen und über das Fahrverhalten der anderen Verkehrsteilnehmer mit zunehmender Verkehrsbelastung größer wird. Die Zuwachsrate ist jedoch abnehmend, da das Risiko schwerer Verkehrsunfälle geringer wird, wenn sich die Verkehrsgeschwindigkeiten der verschiedenen Kraftfahrzeugkategorien einander annähern²⁵⁾. Mangels besserer Informationen wurden die AASHO-Werte von 0,03 DM/km für den verdichteten und 0,05 DM/km für den gesättigten Verkehr als Mittelwerte beibehalten. Der Verlust an Bequemlichkeit (y) wird demnach nach folgenden Funktionen errechnet:

I	1–10% Lkw + LZ:	y = 0,0026 M – 0,9130
II	10–20% Lkw + LZ:	y = 0,0026 M – 0,6522
III	20–30% Lkw + LZ:	y = 0,0026 M – 0,5217
IV	30–40% Lkw + LZ:	y = 0,0026 M – 0,4435
V	40–50% Lkw + LZ:	y = 0,0026 M – 0,3652
VI	> 50% Lkw + LZ:	y = 0,0026 M – 0,2609

wobei M = Verkehrsmenge in Kfz/h.

Die bisherigen Angaben über die Basiswerte der Betriebs-, Zeit- und Komfortkosten gelten für alle Autobahnen²⁶⁾. Die speziellen Angaben über die Stauungskosten auf der

²²⁾ Daneben wird z. B. in französischen Wirtschaftlichkeitsrechnungen den Autobahnen ein sog. »Bonus« von 0,03 NF/km gutgeschrieben, der den unterschiedlichen Komfortgrad von Autobahnen gegenüber Nationalstraßen zum Ausdruck bringen soll. Dieser Aspekt ist jedoch nur für die Investitionsentscheidung von Belang. Nichtsdestoweniger wird häufig auf die unterschiedliche Aufgabenstellung der beiden Komfortfaktoren für die Investitions- und Preispolitik nicht hingewiesen. Vgl. Malcor, R., Problèmes posés par l'application pratique d'une tarification pour l'utilisation des infrastructures routières, Brüssel 1967 (zitiert als Malcor-Bericht), S. 164 ff.

²³⁾ Angaben entnommen aus: Spary, P., Wachstums- und Wohlfandeffekte als Entscheidungskriterien bei öffentlichen Straßenbauinvestitionen, Berlin 1968, S. 220.

²⁴⁾ AASHO, Road User Benefit Analyses for Highway Improvements, Washington 1960, dt. Übersetzung, S. 23.

²⁵⁾ Aus rechentechnischen Gründen werden jedoch ebenfalls wie bei den Durchfluß-Geschwindigkeits-Funktionen innerhalb eines jeden Verkehrsablaufbereiches lineare Funktionen verwendet. Da sich die durchschnittliche Zahl der Insassen eines Fahrzeugs kaum unterscheidet, entfällt eine Diversifikation des Komfortfaktors nach Fahrzeugkategorien.

²⁶⁾ Eine Ausnahme bilden die Betriebskosten, bei denen bereits die mittlere Neigung der BAB Walldorf-Weinsberg berücksichtigt ist. Dieser Einfluß ist jedoch gering.

BAB Walldorf–Weinsberg erhält man, wenn man die jeweilige Verkehrsmenge oder Durchschnittsgeschwindigkeit in die Kostenfunktionen einsetzt. Im folgenden Abschnitt werden die Daten der Verkehrszählungen in einer Form aufbereitet, wie sie zur Berechnung der Stauungsabgaben geeignet sind.

III. Die Verkehrsmenge auf der BAB Walldorf–Weinsberg

Das Problem bei der Angabe der Verkehrsmenge liegt nicht in ihrer Erfassung – diese erfolgt nämlich periodisch durch die Autobahnämter²⁷⁾. Die Schwierigkeiten treten bei der Aufbereitung des umfangreichen Primärmaterials auf, da hierbei bereits über so wichtige Details wie die Zahl der Perioden und der Kraftfahrzeugkategorien sowie über das Ermittlungsverfahren der Grenzkosten entschieden wird.

Wichtigste Aufgabe der Stauungsabgaben ist die Lenkung des Verkehrs im Sinne eines volkswirtschaftlichen Optimums. Das setzt zum einen voraus, daß jedem Autofahrer möglichst exakt die von ihm verursachten sozialen Grenzkosten angelastet werden; zum anderen, daß die Tarifstruktur so übersichtlich ist, daß sich der Verkehrsteilnehmer in seinen Wahlentscheidungen tatsächlich danach richten kann. Nun sind die Maßnahmen, die hinsichtlich einer genauen bzw. operationalen Rechenmethode zu treffen sind, oft gegensätzlich, so daß Kompromisse zwischen diesen beiden Forderungen geschlossen werden müssen.

Das erste Problem tritt hinsichtlich der allgemeinen Unsicherheit über die Zukunft auf. Eine exakte Berechnung der Stauungsabgabe ist immer ex post möglich, jedoch kann sie dann keine Lenkungsfunktion mehr erfüllen. Denn nur ein Autofahrer, dem die vorgesehenen Gebühren vor Antritt seiner Fahrt bekannt sind, kann sachgerecht abwägen, ob er diesen Verkehrsweg für seine Reise benutzen will oder nicht. Es ist deshalb notwendig, daß die Straßenbenutzungsgebühr ex ante festgelegt wird. Das ist jedoch nur möglich, wenn der Erwartungswert der Verkehrsmenge herangezogen wird, von dem die tatsächliche Verkehrsbelastung dieser Periode nach oben oder unten abweichen kann. Mittels neuerer Prognosemodelle und der Gesetzmäßigkeiten des Verkehrsablaufs²⁸⁾ kann der Erwartungswert relativ genau vorhergesagt werden, so daß die allgemeine Unsicherheit die Allokationswirkungen der Stauungsabgabe nicht wesentlich beeinträchtigt.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit soll die Zahl der Perioden pro Jahr mit unterschiedlichen Tarifen so niedrig gehalten werden, wie es ohne größere Beeinträchtigung der Allokationseffekte möglich ist. Grundsätzlich kann eine Tarifstruktur mindestens ein Jahr lang unverändert in Kraft bleiben, da die saisonalen Verkehrsschwankungen im Vergleich zu den täglichen und wöchentlichen Schwankungen so gering sind, daß sie außer Ansatz bleiben können. Eine Ausnahme bilden die Feiertage und die berichtigten Ferienwochenenden in den Sommermonaten. Da eine Entzerrung dieser Ballungen mit ihren hohen sozialen Kosten sehr wünschenswert ist, sollte eine Sonderberechnung der Stauungsabgaben für diese wenigen Ausnahmetage vorgenommen werden. Im Hinblick auf die Allokationswirkungen würde es völlig genügen, wenn der Einfachheit halber zu die-

²⁷⁾ Das Autobahnamt Baden-Württemberg hat mir dankenswerterweise die Ergebnisse der Wochenpegelzählung vom Juni 1970 zur Verfügung gestellt.

²⁸⁾ Vgl. Muranyi, T., Methode zur Bestimmung des Verkehrsablaufs auf dem europäischen Straßennetz (= Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen, Heft 39), Bad Godesberg 1960.

sen Perioden ein fester absoluter oder prozentualer Zuschlag²⁹⁾ auf die normalen Tarife geschlagen wird.

Der Wochenrhythmus ist durch die besondere Situation am Wochenende gekennzeichnet. Der Ausfall des Geschäfts- und Güterverkehrs wird je nach dem Erholungswert der Gegend über- oder unterproportional durch den Ausflugsverkehr ersetzt. Die Straßenverkehrstechnik unterteilt deshalb in Normalwerktag und in Wochenenden³⁰⁾. Aus Abbildung 1 ist zu ersehen, daß auf der BAB Walldorf–Weinsberg der Wochenendverkehr ausnahmsweise fast den gleichen Tagesrhythmus und die gleiche Verkehrsmenge aufweist wie ein Normalwerktag³¹⁾. Nichtsdestoweniger ist wegen der großen Unterschiede in der Verkehrsmischung, die nicht ohne Einfluß auf die Höhe der Stauungsabgaben ist, eine getrennte Analyse notwendig. Auf der BAB Walldorf–Weinsberg ist der Anteil der Lkw + LZ an der Verkehrsmenge mit knapp 30% gegenüber dem Bundesdurchschnitt von etwa 20% außergewöhnlich hoch. Diese Entwicklung ist vor allem durch den schlechten Ausbauzustand der alten Autobahn Karlsruhe–Stuttgart bedingt, deren 6%-ige Steigungen von dem Güterverkehr nach Möglichkeit gemieden werden. Am Wochenende sinkt der Anteil der Lkw + LZ wegen des Sonntagfahrverbotes unter 5%.

Unter allen Schwankungstypen der Nachfrage nach Autobahnleistungen sind die tageszeitlichen Variationen dominant. Kongruenz mit den Schwankungen im Nahverkehr besteht in dem ausgedehnten Tief während der Nacht und in der maximalen Verkehrsbelastung von 16–19 Uhr. Dagegen sind die Spitzen im Fernverkehr wegen des abgeschwächten Einflusses des Arbeitsbeginns und -endes weniger stark ausgeprägt als im Nahverkehr.

Dennoch ist die Belastung der Autobahn in der Spitzenperiode mit 839 Kfz/h etwa neunmal so hoch wie in der schwächsten Periode (93 Kfz/h). Infolgedessen sollte eine günstigere tageszeitliche Verteilung der Verkehrsströme eines der wichtigsten Anliegen einer effizienten Verkehrsplanung sein. Mittel zu diesem Zweck ist eine je nach der Verkehrsmenge und -zusammensetzung abgestufte Gebührenstruktur.

Zur Berechnung der optimalen Stauungsabgabe ist nicht das gegenwärtige Verkehrsvolumen, sondern die nach der Gebühreinführung wirksame Nachfrage relevant. Hierbei überlagern sich zwei Effekte: zum einen wird sich die Gesamtnachfrage nach Autobahnleistungen auf Grund der verschobenen Preisrelationen zu anderen Gütern ändern. Nach den bisherigen Erfahrungen bei Variationen der Kraftstoffpreise oder der Versicherungsprämien wird diese Reaktion voraussichtlich nur gering sein³²⁾. Zum anderen wird sich die tageszeitliche Verteilung der Fahrten ändern. Vermutlich werden die Spitzen abgeflacht, dafür aber ausgedehnter. Während der Personenverkehr voraussichtlich nur in sehr geringem Umfang auf die Nachtstunden ausweichen wird, kann der

²⁹⁾ Der Zuschlag sollte selbstverständlich so bemessen werden, daß er im Mittel eine Annäherung an die exakt berechneten Werte darstellt.

³⁰⁾ Die Verkehrsmenge eines Normalwerktag wird als Mittel der Zählungen von Montag bis Freitag, die des Wochenendes als Mittel von Samstag und Sonntag errechnet. Die Streuung der einzelnen Arbeitstage um die angegebenen Mittelwerte ist im allgemeinen gering.

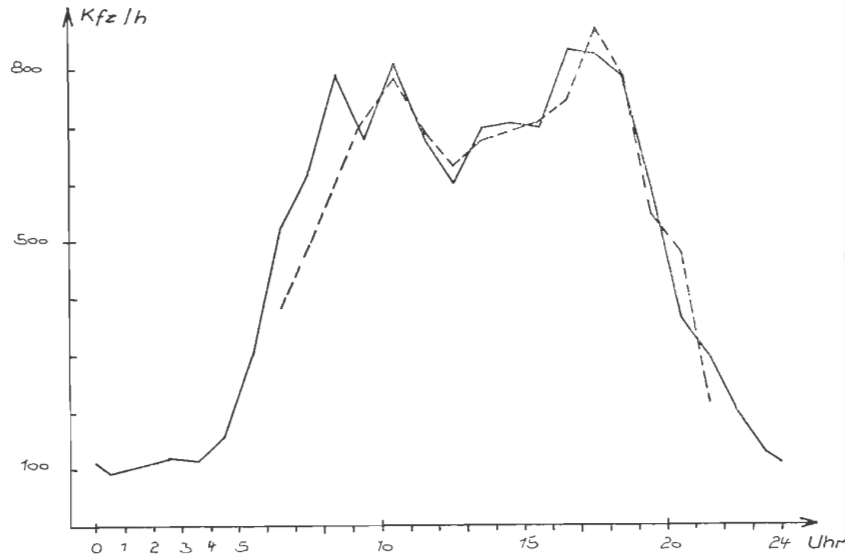
³¹⁾ Auf Verkehrswegen mit getrennten Richtungsfahrbahnen wird die Verkehrsmenge für jede Richtung separat ermittelt. Die obigen Zahlen sind in der Richtung Saarbrücken–Nürnberg gemessen worden; wegen des fast gleichen Verkehrsaufkommens in der Gegenrichtung wird diese nicht gesondert aufgeführt. An den Wochenenden ist wegen des außerordentlich geringen Verkehrsaufkommens auf eine Nachtzählung verzichtet worden.

³²⁾ Vgl. Hamm, W., Infrastrukturpolitik . . . , a.a.O., S. 115.

Abbildung 1:

Ganglinien des Verkehrs auf der BAB Walldorf–Weinsberg im Jahre 1970

— NORMALWERKTAG
 - - - - - WOCHENENDE



Güterverkehr diese Möglichkeit der Gebührenersparnis stärker nutzen³³). Vermutlich wird diese tageszeitliche Reagibilität nicht unbedeutend sein. Allerdings liegen hierüber bisher noch keine empirischen Untersuchungen vor, so daß ihre Berücksichtigung in diesem Artikel ausgeschlossen ist³⁴). Wegen des Fehlens eines empirischen Wertes der Preiselastizität der Nachfrage ist in den folgenden Berechnungen der Stauungskosten die für den Kraftfahrer kostenmäßig ungünstigste Situation einer vollkommen unelastischen Nachfrage unterstellt.

IV. Die Berechnung der Stauungsverluste

Die jedem Verkehrsteilnehmer entstehenden Zusatzkosten an Betriebs-, Komfort- und Zeitkosten — die Stauungskosten oder Stauungsverluste — sind selbst von geringer ökonomischer Aussagekraft und werden nur als ein notwendiger Zwischenschritt für die

³³) Vgl. Funck, R., Binder, V., Priebe, W. und Steiner, W., Ein Verfahren zur Schätzung der Straßenentlastungswirkung von Gütertransportverboten, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 40. Jg. (1969), S. 1–14, s. bes. S. 14.

³⁴) Dies liegt vor allem daran, daß Straßengebühren in Deutschland bislang unbekannt sind und selbst in Ländern, in denen für die Benutzung von Schnellstraßen Gebühren erhoben werden, sind letztere kein Ausdruck von Knappheitsrelationen, sondern vielmehr starre Gebühren im finanzrechtlichen Sinne.

Ermittlung der Grenzkosten der Stauung und der Stauungsabgabe berechnet³⁵). Infolgedessen ist die Art ihrer Präsentation davon abhängig, auf welche Weise die Grenzkosten der Stauung ermittelt werden. Grundsätzlich erhält man letztere, indem man die Variation der gesamten Stauungsverluste einer Periode zu der korrespondierenden Veränderung der Verkehrsmenge in Beziehung setzt. Allerdings ist es wegen der Inhomogenität der Kraftfahrzeuge nicht einfach, eine sachgerechte Variation der Verkehrsmenge vorzunehmen. Im folgenden muß dieser Fragenkomplex zuerst geklärt werden, bevor die zu den ausgewählten Verkehrsmengen gehörenden Stauungsverluste angegeben werden können.

Es ist naheliegend, die Grenzkosten der Stauung dadurch zu ermitteln, daß man zu der gegebenen Verkehrsmenge jeweils einen Pkw, Lkw oder Lastzug hinzufügt und die jeweilige Veränderung der gesamten Stauungskosten mißt. Hier führt jedoch die konventionelle Darstellungsart der Durchfluß-Geschwindigkeits-Funktionen in der Straßenverkehrstechnik zu paradoxen Ergebnissen. Die unterschiedslose Gewichtung eines jeden Fahrzeugs, gleich welcher Größe und Höchstgeschwindigkeit, führt dazu, daß die mittlere Gruppengeschwindigkeit in dem gleichen Umfange reduziert wird, ob nun ein schneller Pkw oder ein langsamer Lastzug hinzukommt. Nach diesem Verfahren wären die Grenzkosten der Stauung eines Lastzuges sogar niedriger als die eines Pkw. Abhilfe kann geschaffen werden, indem in künftigen Untersuchungen des Verkehrsablaufes die Verkehrsmenge nicht in Kraftfahrzeugen, sondern in Personenwageneinheiten (PKWE) ausgedrückt wird³⁶). Aus einer solcherart modifizierten Funktion könnte direkt auf die Grenzkosten der Stauung geschlossen werden. Da diese wünschenswerte Verbesserung noch nicht vorliegt, können die marginalen Stauungskosten nicht auf die geschilderte Weise ermittelt werden.

Nach einem weiteren Verfahren könnte man alle 24 Perioden eines Tages nach der Höhe des Verkehrsaufkommens ordnen und sodann die marginalen Stauungskosten jeweils zwischen aufeinanderfolgenden Verkehrsmengen ermitteln. Diese Methode scheidet daran, daß es Situationen gibt, in denen zwar die Verkehrsmenge gegenüber der Vorperiode steigt, die gesamten Stauungskosten jedoch sinken (und umgekehrt), so daß das ökonomisch unsinnige Ergebnis negativer Grenzkosten der Stauung unvermeidbar ist. Ursächlich hierfür ist der wechselnde Anteil der Lkw + LZ an der Verkehrsmenge, der von 20–80% im Laufe eines Tages schwankt. Man kann sich z. B. ohne weiteres vorstellen, daß der Ersatz von 10 Pkw durch 9 Lastzüge zwar eine Abnahme der Verkehrsmenge, aber gleichzeitig eine Zunahme der Stauungskosten veranlaßt. Man muß sich deshalb damit abfinden, daß die Verkehrsmengenangaben in Kfz/h für die Berechnung der Grenzkosten der Stauung nicht miteinander vergleichbar sind.

Die erwähnten Schwierigkeiten bei der Berechnung der Grenzkosten der Stauung beruhen darauf, daß sich bei dem Übergang von einer zur nächsten Periode nicht nur die

³⁵) Folgende inhaltlich unterschiedliche Begriffe werden hier verwendet:

Die Stauungskosten oder -verluste geben an, welche Kongestionskosten ein Verkehrsteilnehmer bereits ohne eine spezielle Preispolitik tragen muß.

Die Grenzkosten der Stauung geben an, welche Kongestionskosten ein Autofahrer der Gesamtheit aller übrigen Verkehrsteilnehmer aktiv verursacht.

Die Stauungsabgabe gibt an, welchen Geldbetrag ein Verkehrsteilnehmer als Ausgleich für die externen Stauungsfolgen entrichten soll.

³⁶) Einen zweckentsprechenden Umrechnungsschlüssel stellen die im *Wegekostenbericht* (S. 114) angegebenen Äquivalenzziffern dar, die der Inanspruchnahme der Kapazität entsprechen.

Anzahl der Kraftfahrzeuge, sondern auch ihre Zusammensetzung ändert. Für die gesuchten Stauungsabgaben muß jedoch die Verkehrsmengenänderung isoliert werden. Dies geschieht am einfachsten dadurch, daß für jede vorkommende Verkehrsmischung die Funktion der Stauungskosten in Abhängigkeit von der Verkehrsmenge ermittelt wird. Das bedeutet, daß für jede Periode eine eigene Stauungskostenfunktion aufgestellt werden muß. Technisch ist dabei wie folgt vorzugehen: In der Periode von 14–15 Uhr beispielsweise verkehren im Jahre 1970 710 Kfz, davon 515 Pkw, 82 Lkw und 113 Lastzüge. Das Verhältnis der Kategorien untereinander kann durch 13:2:3 näherungsweise ausgedrückt werden. Soll bei einer Änderung der Verkehrsmenge die Zusammensetzung konstant bleiben, so muß die Verkehrsmenge mindestens um 18 Kraftfahrzeuge in dem angegebenen Verhältnis variiert werden, da die Zahl der Kraftfahrzeuge nur in ganzzahligen Größen angegeben werden kann³⁷⁾. Selbstverständlich ist wegen der wechselnden Verkehrszusammensetzung der Block der zu subtrahierenden oder zu addierenden Zahl der Kraftfahrzeuge für jede Periode neu zu bestimmen. Für die Zeit von 2 bis 3 Uhr gilt z. B. das Verhältnis von 2 Pkw : 1 Lkw : 7 LZ.

Für die Berechnung der Grenzkosten der Stauung genügt es, zwei Werte der Stauungskostenfunktion in unmittelbarer Nähe des tatsächlichen Verkehrsaufkommens zu kennen. In den Tabellen 3 a–c sind deshalb für jede Periode³⁸⁾ zwei Verkehrsmengen angegeben (Spalte 2 + 3). Für die Zeit von 14–15 Uhr sind zu der beobachteten Verkehrsmenge von 710 Kfz/h einmal 18 Einheiten hinzuaddiert und einmal subtrahiert worden. Die Grenzkosten der Stauung für 710 Kfz/h werden folglich durch die Steigung der Stauungskostenfunktion zwischen den Verkehrsmengen von 692 und 728 Kfz/h angegeben. Wegen der geringfügigen Variation der Verkehrsmenge und der gleichmäßigen Über- und Unterschreitung des Ausgangswertes kann erwartet werden, daß der durch die Differenzbildung ermittelte Grenzkostenwert eine hinreichend gute Annäherung an den wahren Wert darstellt.

Die übrigen Angaben in den Tabellen 3 a–c benötigen keine umfangreiche Erläuterung. Das in Spalte 4 angegebene Verhältnis von Pkw : (Lkw + Lz) ist für die Wahl der zutreffenden Durchfluß-Geschwindigkeits-Funktion und der Komfortfunktion von Bedeutung. Aus der Geschwindigkeitsabnahme konnte auf den prozentualen Mehrverbrauch an Reisezeit gegenüber einer unbehinderten Fahrt geschlossen werden, dessen Multiplikation mit dem Wert des Zeitfaktors die absolute Änderung der Zeitkosten (Spalte 6) ergab. Die absolute Veränderung der Betriebskosten (Spalte 7) konnte auf Grund der Durchschnittsgeschwindigkeit und die Änderung des Komfortfaktors (Spalte 8) auf Grund der Verkehrsmenge ermittelt werden.

Bei der relativen Bedeutung der einzelnen Kostenarten fällt auf, daß die Betriebskosten – nicht unerwartet – bei Verkehrsstauungen leicht zurückgehen. Etwas überraschend kommt die starke Stellung des Komfortfaktors gegenüber den Zeitkosten bei den Pkw. Darin kommen die Verkehrsverhältnisse auf der BAB Walldorf–Weinsberg, die von der Straßenverkehrstechnik überwiegend als »lebhafter Verkehr mit stabilem Fluß« bezeichnet werden, zum Ausdruck. Stabiler Verkehrsfluß besagt, daß hier noch keine ruckartigen

³⁷⁾ Um hierbei marginale Größenordnungen nicht zu überschreiten, sollten die Verhältniszahlen möglichst niedrig sein.

³⁸⁾ In der Zeit von 23–24 Uhr und von 0–1 Uhr ist das Verkehrsaufkommen so gering, daß keine Stauungen auftreten (freier Verkehrsablauf). Diese Perioden sind deshalb in den folgenden Tabellen nicht enthalten.

Tabelle 3 a:

Berechnung der Stauungskosten an Normalwerktagen des Jahres 1970
auf der BAB Walldorf–Weinsberg – in DM/100 km –

Tageszeit	Verkehrsmenge		Anteil PKW: (LKW+LZ)	Durchschnittsgeschw.	Änderung der (s)			Stauungsverlust pro PKW	Summe der Stauungskosten
	Gesamt	PKW			Zeitkosten	Betriebskosten	Komfortfaktors		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1–2	111	40	36:64	124,45	0,046	–0,037	0,029	0,038	2
	122	44		123,90	0,094	–0,075	0,057	0,076	3
2–3	116	23	20:80	124,20	0,068	–0,054	0,042	0,056	1
	136	27		123,20	0,154	–0,122	0,094	0,126	3
3–4	112	23	21:79	124,40	0,051	–0,041	0,031	0,041	1
	130	27		123,50	0,128	–0,102	0,078	0,104	3
4–5	148	34	23:77	122,60	0,206	–0,163	0,125	0,168	6
	178	40		121,10	0,340	–0,265	0,203	0,278	11
5–6	286	90	32:68	115,70	0,848	–0,452	0,485	0,881	79
	316	100		114,20	0,998	–0,454	0,563	1,107	111
6–7	513	300	58:42	110,08	1,430	–0,372	0,973	2,031	609
	551	322		108,56	1,598	–0,350	1,072	2,320	747
7–8	608	394	65:35	111,86	1,239	–0,407	1,143	1,975	778
	638	414		110,96	1,335	–0,389	1,221	2,167	897
8–9	768	561	73:27	113,64	1,055	–0,443	1,482	2,094	1175
	820	599		112,60	1,162	–0,422	1,617	2,357	1412
9–10	662	479	72:28	115,76	0,842	–0,450	1,205	1,597	765
	696	503		115,08	0,909	–0,468	1,294	1,735	873
10–11	797	583	73:27	113,06	1,114	–0,431	1,557	2,240	1306
	833	609		112,34	1,189	–0,417	1,651	2,423	1476
11–12	663	476	72:28	115,74	0,844	–0,451	1,208	1,601	762
	699	502		115,02	0,910	–0,470	1,302	1,742	874
12–13	590	399	68:32	112,40	1,183	–0,418	1,096	1,861	743
	622	421		111,44	1,284	–0,399	1,179	2,064	869
13–14	689	508	74:26	115,22	0,895	–0,464	1,276	1,707	867
	725	534		114,50	0,967	–0,460	1,370	1,877	1002
14–15	692	502	73:27	115,16	0,901	–0,466	1,283	1,718	862
	728	528		114,44	0,973	–0,459	1,377	1,891	998
15–16	682	506	74:26	115,36	0,882	–0,461	1,257	1,678	849
	720	534		114,60	0,957	–0,462	1,356	1,851	988
16–17	817	635	78:22	112,66	1,156	–0,423	1,610	2,343	1488
	861	669		111,78	1,248	–0,406	1,724	2,566	1717
17–18	812	631	78:22	112,76	1,145	–0,425	1,596	2,318	1461
	860	669		111,80	1,246	–0,406	1,722	2,562	1714
18–19	763	609	80:20	116,28	0,790	–0,437	1,338	1,691	1030
	815	651		115,40	0,877	–0,460	1,474	1,891	1231
19–20	589	480	81:19	119,24	0,510	–0,360	0,884	1,034	496
	621	506		118,69	0,561	–0,374	0,968	1,155	584
20–21	349	266	76:24	122,02	0,258	–0,203	0,389	0,444	118
	377	288		121,46	0,307	–0,241	0,462	0,528	152
21–22	270	200	74:26	123,60	0,119	–0,095	0,183	0,207	41
	326	242		122,48	0,217	–0,171	0,329	0,375	91
22–23	203	146	72:28	124,94	0,005	–0,004	0,008	0,009	1
	217	156		124,66	0,029	–0,023	0,044	0,050	8

Tabelle 3b:

Berechnung der Stauungskosten an Normalwerktagen des Jahres 1970
auf der BAB Walldorf-Weinsberg – in DM/100 km –

Lastkraftwagen

Tages- zeit	Verkehrsmenge		Anteil PKW: (LKW+LZ)	Durch- schnitts- geschw.	Änderung der (s)			Stauungs- verlust pro LKW	Summe der Stauungs- kosten
	Gesamt	LKW			Zeit- kosten	Betriebs- kosten	Komfort- faktors		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	111	10	36:64	77,61	0,021	-0,004	0,029	0,046	1
	122	11		77,56	0,038	-0,007	0,057	0,068	1
2-3	116	12	20:80	77,59	0,028	-0,005	0,042	0,065	1
	136	14		77,49	0,063	-0,012	0,094	0,145	2
3-4	112	13	21:79	77,61	0,021	-0,004	0,031	0,048	1
	130	15		77,52	0,053	-0,010	0,078	0,121	2
4-5	148	22	23:77	77,42	0,088	-0,017	0,125	0,196	4
	178	26		77,27	0,141	-0,027	0,203	0,317	8
5-6	286	40	32:68	76,72	0,337	-0,064	0,485	0,758	30
	316	44		76,57	0,391	-0,074	0,563	0,880	39
6-7	513	53	58:42	75,76	0,686	-0,129	0,973	1,530	81
	551	57		75,57	0,756	-0,142	1,072	1,686	96
7-8	608	82	65:35	75,43	0,808	-0,151	1,143	1,800	148
	638	86		75,28	0,863	-0,161	1,221	1,923	165
8-9	768	58	73:27	74,77	1,055	-0,189	1,482	2,348	136
	820	62		74,50	1,157	-0,199	1,617	2,575	160
9-10	662	80	72:28	75,31	0,852	-0,159	1,205	1,898	152
	696	84		75,13	0,920	-0,171	1,294	2,043	172
10-11	797	88	73:27	74,62	1,112	-0,194	1,557	2,475	218
	833	92		74,43	1,184	-0,202	1,651	2,633	242
11-12	663	71	72:28	75,30	0,856	-0,180	1,208	1,904	135
	699	75		75,12	0,923	-0,172	1,302	2,053	154
12-13	590	70	68:32	75,52	0,774	-0,145	1,096	1,725	121
	622	74		75,36	0,834	-0,156	1,179	1,857	137
13-14	689	75	74:26	75,17	0,905	-0,169	1,276	2,012	151
	725	79		74,99	0,972	-0,180	1,370	2,162	171
14-15	692	80	73:27	75,15	0,912	-0,170	1,283	2,025	162
	728	84		74,97	0,980	-0,181	1,377	2,176	183
15-16	682	70	74:26	75,20	0,893	-0,167	1,257	1,983	139
	720	74		75,01	0,965	-0,180	1,356	2,141	158
16-17	817	74	78:22	74,52	1,150	-0,198	1,610	2,562	190
	861	78		74,29	1,230	-0,207	1,724	2,747	214
17-18	812	66	78:22	74,54	1,142	-0,197	1,596	2,541	168
	860	70		74,30	1,234	-0,207	1,722	2,749	192
18-19	763	58	80:20	75,05	0,950	-0,177	1,338	2,111	122
	815	62		74,78	1,051	-0,188	1,474	2,337	145
19-20	589	37	81:19	75,94	0,620	-0,117	0,884	1,387	51
	621	39		75,77	0,682	-0,128	0,968	1,522	59
20-21	349	24	76:24	76,91	0,269	-0,051	0,389	0,607	15
	377	26		76,76	0,322	-0,061	0,462	0,723	19
21-22	270	19	74:26	77,31	0,127	-0,024	0,183	0,286	5
	326	23		77,02	0,230	-0,044	0,329	0,515	12
22-23	203	15	72:28	77,65	0,007	-0,001	0,008	0,014	0
	217	16		77,58	0,032	-0,006	0,044	0,070	1

Tabelle 3c:

Berechnung der Stauungskosten an Normalwerktagen des Jahres 1970
auf der BAB Walldorf-Weinsberg – in DM/100 km –

Lastzüge

Tages- zeit	Verkehrsmenge		Anteil PKW: (LKW+LZ)	Durch- schnitts- geschw.	Änderung der (s)			Stauungs- verlust pro LZ	Summe der Stauungs- kosten
	Gesamt	LZ			Zeit- kosten	Betriebs- kosten	Komfort- faktors		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-2	111	61	36:64	64,46	0,052	0	0,029	0,081	5
	122	67		64,41	0,095		0,057	0,152	10
2-3	116	81	20:80	64,44	0,069		0,042	0,111	9
	136	95		64,34	0,155		0,084	0,249	24
3-4	112	76	21:79	64,46	0,052		0,031	0,083	6
	130	88		64,37	0,130		0,078	0,208	18
4-5	148	92	23:77	64,27	0,216		0,125	0,341	31
	178	112		64,12	0,346		0,203	0,549	62
5-6	286	156	32:68	63,57	0,831		0,485	1,316	205
	316	172		63,42	0,964		0,563	1,527	263
6-7	513	160	58:42	62,61	1,696		0,973	2,669	427
	551	172		62,42	1,870		1,072	2,942	506
7-8	608	132	65:35	62,28	1,999		1,143	3,142	415
	638	138		62,13	2,138		1,221	3,359	464
8-9	768	147	73:27	61,62	2,616		1,482	4,098	602
	820	157		61,35	2,872		1,617	4,489	705
9-10	662	103	72:28	62,16	2,111		1,205	3,316	342
	696	109		61,98	2,278		1,294	3,572	389
10-11	797	126	73:27	61,47	2,758		1,557	4,315	544
	833	132		61,28	2,939		1,651	4,590	606
11-12	663	116	72:28	62,15	2,120		1,208	3,328	386
	699	122		61,97	2,287		1,302	3,589	438
12-13	590	121	68:32	62,37	1,916		1,096	3,012	364
	622	127		62,21	2,064		1,179	3,243	412
13-14	689	106	74:26	62,02	2,241		1,276	3,517	373
	725	112		61,84	2,409		1,370	3,779	423
14-15	692	110	73:27	62,00	2,259		1,283	3,542	390
	728	116		61,82	2,419		1,377	3,796	440
15-16	682	106	74:26	62,05	2,213		1,257	3,470	368
	720	112		61,86	2,390		1,356	3,746	420
16-17	817	108	78:22	61,37	2,853		1,610	4,463	482
	861	114		61,14	3,073		1,724	4,797	547
17-18	812	115	78:22	61,39	2,834		1,596	4,430	509
	860	121		61,15	3,064		1,722	4,786	579
18-19	763	96	80:20	61,90	2,353		1,338	3,691	354
	815	102		61,63	2,607		1,474	4,081	416
19-20	589	72	81:19	62,79	1,532		0,884	2,416	174
	621	76		62,62	1,687		0,968	2,655	202
20-21	349	59	76:24	63,76	0,663		0,389	1,052	62
	377	63		63,61	0,795		0,462	1,257	79
21-22	270	51	74:26	64,16	0,312		0,183	0,495	25
	326	61		63,87	0,566		0,329	0,895	55
22-23	203	42	72:28	64,50	0,017		0,008	0,025	1
	217	45		64,43	0,078	0	0,044	0,122	6

Verzögerungen angetroffen werden. Tatsächlich ist die Geschwindigkeitsreduzierung von ca. 10% des Ausgangswertes nicht hoch, und entsprechend niedrig sind auch die Zeitkosten. Dagegen erfordert der lebhaftere Verkehr bei der hohen Geschwindigkeit von über 110 km/h und der großen Zahl der Krümmungen und Steigungen auf der BAB Walldorf-Weinsberg ein hohes Maß an Aufmerksamkeit, was einem hohen Verlust an Fahrkomfort gleichzusetzen ist³⁹⁾. Diese Zusammensetzung der Stauungskosten gilt selbstverständlich nur für den Autobahnverkehr bei leichten Stauungen.

In Spalte 9 sind die Geldwerte der Stauungsverluste pro Fahrzeug angegeben (Summe aus den Spalten 6–8). Diese Steigerungen der Zeit-, Komfort- und Betriebskosten gegenüber einer unbehinderten Fahrt muß der Autofahrer in jedem Falle tragen. Es handelt sich bei den Pkw und Lkw meistens um einen Betrag von rund 2 DM/100 km, bei den Lastzügen um 3–4 DM/100 km. Für manche Autofahrer genügt die Variation der Stauungsverluste bereits, um von einer Fahrt zu den Spitzenzeiten abzusehen. Eine effiziente Nutzung der Straßen erfordert dagegen, daß jeder Kraftfahrer die von ihm verursachten Grenzkosten der Stauung trägt.

V. Die Berechnung der Grenzkosten der Stauung

Im Gegensatz zu den Stauungsverlusten, die einem Verkehrsteilnehmer auf Grund des Einwirkens anderer *passiv* zugefügt werden, geben die Grenzkosten der Stauung die Zusatzkosten an, die ein Kraftfahrer allen übrigen *aktiv* zufügt. Um sie zu ermitteln, kann jetzt nicht mehr jede Verkehrskategorie für sich behandelt werden, sondern es müssen hier der Gesamtverkehr und seine Auswirkungen untersucht werden.

Keine Probleme entstehen bei der Addition der Stauungskosten. Die Multiplikation der durchschnittlichen Stauungsverluste mit der Zahl der zugehörigen Kraftfahrzeuge ergibt die Stauungskosten der Pkw, Lkw bzw. Lastzüge (Spalte 10 der Tabellen 3 a–c). Die Summe dieser drei Positionen ist dann in die Spalte 3 der Tabelle 5 übertragen worden. Wesentlich größere Schwierigkeiten entstehen bei der Zusammenfassung der Kraftfahrzeuge, da sie wegen ihrer Verschiedenartigkeit gewichtet werden müssen. Bislang sind in der Straßenverkehrstechnik Äquivalenzziffern⁴⁰⁾ in Gebrauch, die sich an dem Flächenbedarf der einzelnen Fahrzeuge ausrichten. Damit ist jedoch nichts darüber ausgesagt, in welchem Umfange die einzelnen Kraftfahrzeugkategorien zu den Stauungen beitragen. Es muß deshalb ein anderes Merkmal gefunden werden, nach dem die nach Gewicht, Geschwindigkeit, Raumbedarf usw. unterschiedlichen Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Stauungsfolgen standardisiert werden können. Ein geeigneter Maßstab des Behinderungskoeffizienten ist die sich je nach Verkehrsmenge und/oder -zusammensetzung ändernde Fahrzeit bzw. Geschwindigkeit auf dem betreffenden Streckenabschnitt. Auf dieser Grundlage hat die *Arbeitsgruppe Wegekosten im Bundesverkehrsministerium* folgende Äquivalenzziffern für durchschnittliche Straßenverhältnisse errechnet:

³⁹⁾ Der Einfluß des Komfortfaktors auf die Stauungskosten unterscheidet sich von seiner Wirkung auf die letztlich entscheidenden Stauungsabgaben. Bei den Stauungsverlusten ist der Komfortfaktor bei den Pkw dominant, dagegen tritt er bei den Lkw und Lastzügen hinter die Zeitkosten zurück. Kontrollrechnungen haben ergeben, daß eine völlige Eliminierung des Komfortfaktors die Stauungsabgabe eines Pkw nur um ein Drittel, die eines Lastzuges dagegen um mehr als die Hälfte reduzieren würde.

⁴⁰⁾ 1 Lkw oder Bus = 2 PKWE
1 Lastzug = 3,5 PKWE
1 Krafttrad = 0,5 PKWE

Tabelle 4: Äquivalenzziffern zur Aufschlüsselung der Stauungskosten

1. Krafträder	0,5
2. Pkw und Kombinationskraftwagen	1
3. Kraftomnibusse	1,5
4. Lkw bis 1,5 t Nutzlast	1,7
5. Lkw von 1,5–5 t Nutzlast	2,2
6. Lkw von 5–7 t Nutzlast	2,7
7. Lkw von 7–12 t Nutzlast	5
8. Zugmaschinen, Sattelfahrzeuge, Sonderfahrzeuge und Lkw- und Sattelzüge	6

Quelle: *Wegekostenbericht*, a.a.O., S. 114.

Entsprechend der in Tabelle 4 angegebenen Einteilung der Kraftfahrzeuge in verschiedene Kategorien sind auch die in der Verkehrszählung tiefer gegliederten Angaben zusammengefaßt worden⁴¹⁾. Die Zahl der Pkw-Einheiten (PKWE) ist für jede Periode in Spalte 5 der Tabelle 5 ausgewiesen. Erwartungsgemäß schlägt sich ein hoher Anteil an Lkw + LZ an der Verkehrsmenge in einer relativ hohen Zahl von PKWE nieder, z. B. ist bei etwa gleicher Anzahl von Kfz/h die Zahl der PKWE von 5–6 Uhr etwa doppelt so hoch wie von 21–22 Uhr.

In den Spalten 4 bzw. 6 sind die Veränderungen der Stauungskosten bzw. der Verkehrsmenge angegeben. Die Division dieser beiden Größen ergibt die Grenzkosten der Stauung pro PKWE (Spalte 7). Das ist der Wert, mit dem eine PKWE – im Hinblick auf eine optimale Auslastung der Verkehrswege – bei einer Fahrt belastet sein soll. Multipliziert man diesen Wert mit dem jeweiligen Äquivalenzfaktor (vgl. Tabelle 4), so erhält man die Grenzkosten der Stauung aller übrigen Fahrzeugkategorien. Sie sind z. B. bei einem Bus 1,5 mal und bei einem Lastzug sechsmal so hoch wie bei einem Pkw.

Aus der Tabelle 5 ist klar zu erkennen, daß die Grenzkosten der Stauung primär von der Gesamtnachfrage nach Autobahnleistungen abhängig sind. Sie sind *ceteris paribus* um so höher, je größer die Verkehrsmenge ist. Sie sind deshalb nachts außergewöhnlich niedrig und erreichen ihr Maximum von 4,01 DM/100 km pro PKWE zur gleichen Zeit (16–17 Uhr) wie die Verkehrsmenge.

Etwas schwieriger ist der Einfluß der Verkehrsmischung nachzuweisen. Wenn der Anteil der Lkw + LZ an der Verkehrsmenge *ceteris paribus* zunimmt, steigen die gesamten Stauungskosten zwangsläufig an, da ein Lastzug höhere Stauungsverluste aufzuweisen hat als ein Pkw (vgl. Tabelle 3). Die Auswirkungen auf die Höhe der Grenzkosten der Stauung hängen davon ab, ob sich die korrespondierende Änderung der PKWE über- oder unterproportional zu der Änderung der Stauungskosten verhält. Da ein Lastzug sechs PKWE entspricht, seine eigenen Stauungsverluste aber im allgemeinen nur etwa zwei- bis dreimal so hoch sind, wird der auf eine PKWE anzulastende Grenzkostenbetrag im Regelfall⁴²⁾ um so geringer, je größer der Anteil des Schwerlastverkehrs an dem Verkehrsvolumen ist. Folglich sind die Grenzkosten der Stauung bei vergleichbaren Verkehrsmengen an den Werktagen niedriger als an den Wochenenden.

⁴¹⁾ Nur bei den Lkw war eine Ausnahme notwendig. Da in der Verkehrserhebung nur eine Rubrik von Lkw über 5 t Nutzlast enthalten ist, wurde hierfür in den folgenden Berechnungen eine durchschnittliche Äquivalenzziffer von 3,8 angesetzt.

⁴²⁾ Die geringfügigen Ausnahmen können damit erklärt werden, daß bei größeren Variationen der Verkehrsmischung auch die Durchfluß-Geschwindigkeits-Funktionen einen anderen Verlauf aufweisen. Der Nettoeffekt beider Änderungen ist dann nicht eindeutig vorherzusagen.

Tabelle 5a:

Berechnung der Grenzkosten der Stauung an Normalwerktagen des Jahres 1970
— in DM/100 km —

Tageszeit	Kfz.	Gesamte Stauungskosten	Änderung der Stauungskosten	PKWE	Änderung der PKWE	Grenzkosten der Stauung pro PKWE
1	2	3	4	5	6	7
1-2	111	7	8	437	43	0,18
	122	15		480		
2-3	116	11	18	548	95	0,19
	136	29		643		
3-4	112	8	15	506	81	0,19
	130	23		588		
4-5	148	41	39	652	132	0,30
	178	81		784		
5-6	286	314	99	1133	119	0,83
	316	413		1252		
6-7	513	1117	232	1383	102	2,27
	551	1349		1486		
7-8	608	1341	185	1410	70	2,66
	638	1526		1480		
8-9	768	1913	364	1583	107	3,40
	820	2277		1690		
9-10	662	1259	175	1306	67	2,60
	696	1434		1374		
10-11	797	2068	256	1556	70	3,65
	833	2324		1626		
11-12	663	1283	183	1339	73	2,52
	699	1466		1412		
12-13	590	1228	190	1307	71	2,68
	622	1418		1378		
13-14	689	1391	205	1336	70	2,94
	725	1596		1406		
14-15	692	1414	207	1372	71	2,90
	728	1621		1444		
15-16	682	1356	210	1328	74	2,84
	720	1566		1402		
16-17	817	2160	318	1472	79	4,01
	861	2478		1552		
17-18	812	2138	347	1493	89	3,92
	860	2485		1582		
18-19	763	1506	286	1336	91	3,14
	815	1792		1428		
19-20	589	721	124	1003	55	2,27
	621	845		1058		
20-21	349	195	55	675	54	1,02
	377	250		729		
21-22	270	72	86	551	114	0,75
	326	158		665		
22-23	203	3	12	434	30	0,39
	217	14		464		

Tabelle 5b:

Berechnung der Grenzkosten der Stauung an Wochenenden des Jahres 1970
— in DM/100 km —

Tageszeit	Kfz	Gesamte Stauungskosten	Änderung der Stauungskosten	PKWE	Änderung der PKWE	Grenzkosten der Stauung pro PKWE
1	2	3	4	5	6	7
6-7	373	234	51	682	44	1,16
	397	285		726		
7-8	473	357	157	730	93	1,69
	533	514		823		
8-9	570	595	250	753	111	2,25
	654	845		864		
9-10	674	667	300	780	97	3,08
	758	967		877		
10-11	760	970	334	876	90	3,71
	838	1304		966		
11-12	623	503	526	685	172	3,07
	779	1029		857		
12-13	584	406	285	652	116	2,45
	688	691		768		
13-14	609	468	422	655	144	2,92
	743	890		799		
14-15	646	563	299	693	99	3,03
	739	862		791		
15-16	675	643	210	711	67	3,12
	739	853		778		
16-17	726	813	262	781	67	3,92
	789	1075		848		
17-18	832	1251	361	886	79	4,58
	907	1612		965		
18-19	756	918	257	796	65	3,94
	818	1175		861		
19-20	496	215	194	532	97	2,01
	587	409		628		
20-21	370	19	314	376	189	1,66
	556	333		566		

In der bisher einzigen Berechnung der sozialen Grenzkosten der Straßenbenutzung⁴³⁾ wird empfohlen, den Autofahrer u. a. in Höhe der Grenzkosten der Stauung abgabepflichtig zu machen. Zugrunde liegt die — zutreffende — Ansicht, daß eine effiziente Allokation nur dann realisiert wird, wenn jeder Kraftfahrer die von ihm verursachten Grenzkosten trägt und bei seinen Entscheidungen berücksichtigt. Dabei wurde übersehen, daß der Autofahrer ohne jegliche Intervention des Staates bereits die Stauungs-

⁴³⁾ Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hrsg.), Bericht über die Musteruntersuchung gem. Artikel 3 der Entscheidung des Rates Nr. 65/270/EWG vom 13. 5. 1965 (SEK [69] 700 endg.), Brüssel 1969, S. 288 ff.

verluste trägt⁴⁴). Dieser Teil der Grenzkosten der Stauung ist in jedem Falle internalisiert. Um Doppelbelastungen zu vermeiden, sind also die oben berechneten Grenzkosten der Stauung nicht mit der Geldsumme identisch, die ein Autofahrer in Form einer Stauungsabgabe an den Fiskus entrichten soll. Letztere Größe soll vielmehr nur in Höhe der externen Stauungsfolgen erhoben werden.

VI. Die Berechnung der Stauungsabgabe

Aufgabe der Stauungsabgabe ist es, den Unterschied zwischen der privatwirtschaftlichen (Stauungsverluste) und der sozialen (Grenzkosten der Stauung) Bewertung der Stauungsfolgen in der Kalkulation der Autofahrer auszugleichen. Sie ist deshalb in Höhe der Differenz zwischen diesen beiden Größen zu erheben. Somit ergeben die in naturaler Form (Zunahme der Betriebs-, Komfort- und Zeitkosten) zu tragenden Stauungsverluste zusammen mit der in Geldform zu entrichtenden Stauungsabgabe gerade die nach dem Kriterium des effizienten Faktoreinsatzes optimale Belastung in Höhe der Grenzkosten der Stauung⁴⁵).

Ausgangsgröße für die Berechnung der Stauungsabgabe sind die für jede Fahrzeugkategorie unterschiedlich hohen Grenzkosten der Stauung. Die hiervon zu subtrahierenden Stauungsverluste sind als Periodenmittelwerte aus der Spalte 9 der Tabelle 3 a-c übernommen worden. Wie die beiden Ausgangsgrößen, so ist die Höhe der Stauungsabgabe ebenfalls abhängig von

- der Gesamtnachfrage nach Autobahnleistungen,
- der Kapazität des Verkehrsweges,
- der Verkehrsmischung und
- der Bauart des Fahrzeugs.

Dominant ist der Einfluß der Verkehrsmenge, so daß ceteris paribus die Stauungsabgabe um so höher ist, je stärker die Autobahn belastet ist. Das Maximum der Stauungsabgabe ist in der Zeit von 16-17 Uhr fällig, während die Werte in der Nacht praktisch vernachlässigbar sind.

Die Abhängigkeit der Höhe der Stauungsabgabe von der Kapazität⁴⁶ des Verkehrsweges ist aus den vorgelegten Zahlen nicht zu erkennen, da nur eine einzige Straße untersucht worden ist. Es braucht jedoch nicht viel Phantasie, um sich vorzustellen, daß z. B. eine Bundesstraße bei gleicher Verkehrsbelastung höhere Stauungskosten als eine Autobahn aufweisen wird.

⁴⁴) Diesem Irrtum unterliegen auch: Lévy-Lambert, H., Tarification des Services à Qualité Variable - Application aux Péages de Circulation, in: *Econometrica*, 36. Jg. (1968), S. 564-574; Marchand, M., A Note on Optimal Tolls in an Imperfect Environment, in: *Econometrica*, 36. Jg. (1968), S. 575-581.

⁴⁵) Bei unseren Berechnungen wird unterstellt, daß der gesamte Wirtschaftsablauf optimal organisiert ist. Diese Annahme ist ein Wunschtraum, der nie erfüllt wird. Dennoch erscheint die Darstellung des Ideals in der vorliegenden Testberechnung der Stauungsabgaben sinnvoll, da hier weniger die empirischen Ergebnisse als vielmehr der theoretische Rechengang im Vordergrund steht. Die Modifikationen, die zur Anpassung an die realen Verhältnisse notwendig sind, hängen von dem konkreten Objekt und den allgemeinen politischen Rahmenbedingungen ab; die in ein second-best-Modell einzugehenden Daten müssen deshalb in jedem Anwendungsfall neu bestimmt werden. Für den Fall, daß nur die Autobahnen gebührenpflichtig werden, vgl. Lévy-Lambert, H., Tarification . . ., a.a.O. und Marchand, M., A Note on Optimal . . ., a.a.O.

⁴⁶) Die Kapazität eines Verkehrsweges wird daran gemessen, wieviele Kfz/h auf ihm bei einer bestimmten Geschwindigkeit, z. B. 80 km/h, verkehren können. Maße wie Spurenzahl, Straßenbreite u. ä. sind unzureichend für die Angabe der Kapazität, da letztere auch von der Gradienten, den Sicherheitseinrichtungen usw. abhängt.

Durch den Vergleich der Daten vom frühen Morgen mit denjenigen des Abends läßt sich der Einfluß der Verkehrsmischung relativ gut erkennen. Wie bereits erwähnt, bedingt ein hoher Anteil an Lkw + LZ niedrige Grenzkosten der Stauung, aber hohe Stauungsverluste. Dementsprechend fällt bei starkem Güterverkehr die Stauungsabgabe niedrig aus. Dies trifft auf der BAB Walldorf-Weinsberg für die Nacht- und Vormittagsstunden zu. In der Zeit von 5-6 Uhr ist sogar der seltene Zustand eingetreten, daß die Pkw zwangsweise mehr an Stauungsverlusten erleiden als sie selbst anderen zufügen⁴⁷). Rein theoretisch wäre es hier für die optimale Allokation sogar notwendig, jeden Pkw-Fahrer, der um diese Zeit auf der BAB Walldorf-Weinsberg verkehrt, zu kompensieren⁴⁸). Die unterschiedliche Verkehrszusammensetzung ist auch die Hauptursache dafür, daß am Wochenende höhere Stauungsabgaben als an den Arbeitstagen zu bezahlen sind. Bei den Pkw ist es fast eine Verdoppelung, bei den Lkw und Lastzügen ist die Erhöhung geringfügig (vgl. Tabelle 6a und b).

Tabelle 6a:

Die Höhe der Stauungsabgaben an Normalwerktagen des Jahres 1970
auf der BAB Walldorf-Weinsberg
- in DM/100 km -

Tageszeit	Grenzkosten der Stauung pro PKWE	PKW	Bus	Lastkraftwagen			LZ
				<1,5 t	1,5 - 5 t	> 5 t	
1 - 2	0,18	0,12	0,20	0,24	0,33	0,61	0,96
2 - 3	0,19	0,10	0,18	0,21	0,31	0,61	0,96
3 - 4	0,19	0,12	0,21	0,24	0,34	0,64	0,99
4 - 5	0,30	0,08	0,19	0,25	0,40	0,88	1,35
5 - 6	0,83	-0,16	0,43	0,59	1,01	2,33	3,56
6 - 7	2,27	0,09	1,80	2,25	3,38	7,02	10,81
7 - 8	2,66	0,59	2,13	2,66	3,99	8,25	12,71
8 - 9	3,40	1,17	2,64	3,32	5,02	10,46	16,10
9 - 10	2,60	0,93	1,93	2,45	3,75	7,91	12,16
10 - 11	3,65	1,32	2,93	3,66	5,48	11,32	17,45
11 - 12	2,52	0,85	1,80	2,30	3,56	7,60	11,67
12 - 13	2,68	0,72	2,23	2,77	4,11	8,39	13,25
13 - 14	2,94	1,15	2,32	2,89	4,38	9,06	14,00
14 - 15	2,90	1,10	2,25	2,83	4,28	8,92	13,73
15 - 16	2,84	1,08	2,20	2,77	4,19	8,73	13,43
16 - 17	4,01	1,56	3,37	4,17	6,17	12,59	19,43
17 - 18	3,92	1,48	3,23	4,01	5,97	12,25	18,91
18 - 19	3,14	1,35	2,49	3,12	4,69	9,71	14,95
19 - 20	2,27	1,18	1,96	2,41	3,54	7,18	11,08
20 - 21	1,02	0,53	0,86	1,06	1,57	3,21	4,97
21 - 22	0,75	0,48	0,73	0,88	1,25	2,45	3,81
22 - 23	0,39	0,36	0,55	0,62	0,82	1,44	2,27

⁴⁷) Die Grenzkosten der Stauung und die Stauungsverluste sind von unterschiedlichen Kostenfunktionen abgeleitet. Die Stauungsverluste sind gruppenspezifische, durchschnittliche Stauungskosten, die ein Fahrzeug in Kauf nehmen muß. Die zugehörigen Gesamtstauungskosten (Spalte 10 der Tabelle 3 a-c) beziehen sich jeweils nur auf eine Fahrzeugkategorie. Die Grenzkosten der Stauung sind dagegen die erste Ableitung der gesamten Stauungskosten, aufsummiert über alle Fahrzeugkategorien, nach der Verkehrsmenge.

⁴⁸) Die hier berechnete Kompensation der Pkw-Fahrer beruht auf den Berechnungen vor der Anpassung aller Verkehrsteilnehmer an die Gebührensätze. Es ist nicht auszuschließen, daß nach der Anpassung überhaupt keine Kompensation mehr notwendig ist.

Tabelle 6b:

Die Höhe der Stauungsabgaben an Wochenenden des Jahres 1970
auf der BAB Walldorf-Weinsberg
— in DM/100 km —

Tageszeit	Grenzkosten der Stauung pro PKWE	PKW	Bus	Lastkraftwagen			LZ
				<1,5 t	1,5 - 5 t	> 5 t	
6 - 7	1,16	0,62	0,99	1,22	1,80	3,66	5,66
7 - 8	1,69	0,95	1,51	1,84	2,69	5,39	8,34
8 - 9	2,25	1,18	1,91	2,36	3,48	7,08	10,92
9 - 10	3,08	2,01	3,12	3,74	5,28	10,20	15,86
10 - 11	3,71	2,36	3,73	4,47	6,32	12,26	20,04
11 - 12	3,07	2,04	3,17	3,78	5,31	10,23	15,92
12 - 13	2,45	1,63	2,51	3,00	4,22	8,14	12,72
13 - 14	2,92	1,96	3,04	3,62	5,08	9,76	15,19
14 - 15	3,03	2,03	3,15	3,75	5,27	10,11	15,74
15 - 16	3,12	2,08	3,22	3,84	5,40	10,40	16,22
16 - 17	3,92	2,71	4,21	4,99	6,95	13,23	20,61
17 - 18	4,58	2,98	4,67	5,59	7,88	15,20	23,74
18 - 19	3,94	2,63	4,11	4,90	6,87	13,17	20,57
19 - 20	2,01	1,46	2,24	2,64	3,84	6,86	10,64
20 - 21	1,66	1,34	2,02	2,35	3,18	5,84	9,06

Die Unterschiede in der Höhe der Stauungsabgabe sind zwischen den einzelnen Kraftfahrzeugarten recht ausgeprägt. Für die Pkw ist charakteristisch, daß sie bei ihrer hohen Grundgeschwindigkeit bei zunehmender Verkehrsbelastung bereits relativ hohe eigene Stauungsverluste aufweisen, so daß die Grenzkosten der Stauung nur wenig darüber liegen. Auf der BAB Walldorf-Weinsberg bewegt sich die Stauungsabgabe der Pkw meistens um 1 DM/100 km. Die Nutzfahrzeuge werden dagegen bei einer Verkehrsmengenzunahme wegen ihrer niedrigen Grundgeschwindigkeit nur wenig behindert, d. h. die eigenen Stauungsverluste sind relativ gering. Sie selbst verzögern jedoch die Fortbewegung der anderen Verkehrsteilnehmer stark, so daß ihnen hohe Grenzkosten der Stauung zugerechnet werden müssen. Die unterschiedliche Entwicklung der Bestimmungsfaktoren bei den Pkw und den Nutzfahrzeugen führt dazu, daß die Stauungsabgabe eines Lastzuges beispielsweise mehr als zehnmal so hoch wie die eines Pkw sein soll. Damit sind hier die Unterschiede zwischen den einzelnen Kategorien wesentlich ausgeprägter als bei den Stauungsverlusten oder den Grenzkosten der Stauung.

Nach der Berechnung der im Hinblick auf das Allokationsziel optimalen Höhe der Stauungsabgaben ist die Forderung nach einer operationalen Ausgestaltung zu berücksichtigen. Denn von vielen Seiten wird gegen das peak-load-pricing der Einwand eines zu großen Erhebungsaufwandes erhoben.

VII. Probleme der Erhebung der Stauungsabgabe

Häufig wird die Grenzkostenpreisbildung mit der Formulierung einer verursachungsgerechten Kostenzurechnung mißverständlich dargestellt. Dadurch entsteht der falsche Eindruck, als würde bei diesem Prinzip eine »statische Kostengerechtigkeit«⁴⁹⁾ im Vorder-

⁴⁹⁾ Willeke, R., Koordinierte Bedarfs- und Finanzplanung der Infrastruktur des Kraftverkehrs, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 42. Jg. (1971), S. 119-131, s. bes. S. 128.

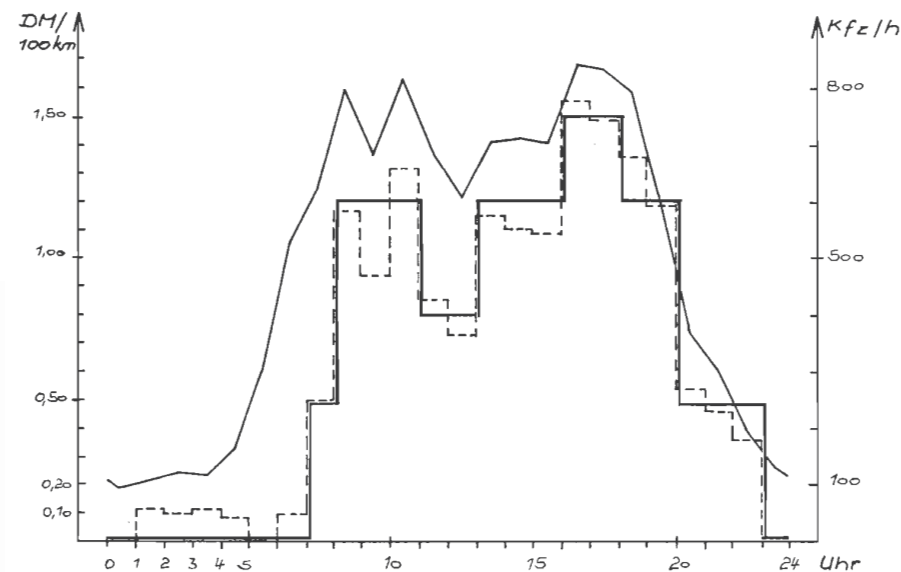
grund stehen. Richtig interpretiert dient dieses Belastungsverfahren nur als ein wirtschaftliches Steuerungsinstrument zur bestmöglichen Nutzung der vorhandenen Straßenkapazitäten sowie zur effizienten Steuerung der Investitionstätigkeit. Es kommt also nicht so sehr darauf an, daß die von den Autofahrern gezahlten Gebühren immer mit den rechnerisch ermittelten Werten bis auf den Pfennig übereinstimmen, sondern primär soll das Verhalten der Verkehrsteilnehmer in dem gewünschten Sinne beeinflusst werden.

Bei der anstehenden Vereinfachung der Tarifstruktur muß deshalb die verkehrslenkende Funktion der Stauungsabgaben erhalten bleiben. Der Verkehr soll durch niedrige Abgaben in den schwach belasteten Perioden gefördert und durch hohe Gebühren zu den Spitzenzeiten gehemmt werden. Das in Abbildung 2 eingetragene Gebührensystem mit fünf Tarifklassen⁵⁰⁾ — 0; 0,50; 0,80; 1,20 und 1,50 DM/100 km — scheint diese Forderungen zu erfüllen. Da die Stauungsabgabe weitgehend von der Verkehrsmenge abhängig ist, kommt die kostenlose Benutzung während der Nacht, die mäßige Abgabe am Tagesrand und die maximale Belastung zu der Spitzenzeit nicht unerwartet. Trotz der

Abbildung 2:

Die Verkehrsmenge und die Struktur der Pkw-Stauungsabgaben an einem Normalwerktag

--- BERECHNETE TARIFSTRUKTUR
— VEREINFACHTE TARIFSTRUKTUR
— VERKEHRSMENGE



⁵⁰⁾ Unter Umständen können auch die drei mittleren Tarifklassen zu zwei Klassen — z. B. 0,70 und 1,10 DM/100 km — zusammengefaßt werden. Bei den Nutzfahrzeugen kann man ebenfalls mit fünf Tarifklassen auskommen; selbstverständlich sind hier die Intervalle absolut größer.

weitgehenden Vereinfachung ist der Zusammenhang mit der berechneten Höhe der Stauungsabgabe eng, insbesondere wenn man die durch die Stauungsabgaben erfolgenden Verkehrsverlagerungen berücksichtigt. Ein (wesentlicher) Effizienzverlust ist deshalb von dieser organisatorischen Straffung nicht zu erwarten.

Es bleibt noch zu klären, auf welchem Wege die Kraftfahrer in der angegebenen Weise belastet werden können. Als Alternative kommen für die fahrleistungsabhängigen Grenzkosten der Benutzung und die Stauungsabgabe die Mineralölsteuer oder eine Straßengebühr⁵¹⁾ in Frage. Bei der Entscheidung sind folgende Aspekte gegeneinander abzuwägen:

- die Mineralölsteuer reagiert unzureichend auf die zweite Bemessungsgrundlage »Gewicht«,
- peak-load-pricing ist nur bei Straßengebühren möglich,
- die Mineralölsteuer kann nicht nach den unterschiedlichen sozialen Grenzkosten der einzelnen Verkehrswege gestaffelt werden,
- die Mineralölsteuer führt zwangsläufig zu Wettbewerbsverzerrungen zwischen den einzelnen Verkehrsträgern, da sie nicht nach der Höhe der verursachten Wegekosten, sondern »willkürlich« festgesetzt wird,
- als einziger Vorteil der Mineralölsteuer gegenüber den Straßengebühren ist ihr geringer Erhebungsaufwand anzuführen.

Da jedoch die bisherige Preispolitik im Verkehrssektor sehr weit von einer effizienten Preisbildung entfernt ist, können aufgrund der vorgesehenen Änderungen hohe Effizienzgewinne erwartet werden. Die Beseitigung oder Verbesserung des Verkehrschaos zu den Spitzenzeiten, der Wettbewerbsverzerrungen im Hinblick auf die Wegekostenanlastung zwischen Schiene und Straße und die Einsparung an Investitionsbeträgen ist aller Wahrscheinlichkeit nach höher zu bewerten als der zusätzliche Erhebungsaufwand⁵²⁾. Dieser beläuft sich nach einer Übersicht im *Malcor-Bericht*⁵³⁾ auf ca. 5–10% der Einnahmen; die konkurrierenden Verkehrsträger Bahn, Luftverkehr und Nahverkehr haben höhere prozentuale Verkaufsaufwendungen. Nach der grundsätzlichen Entscheidung für Autobahngebühren ist noch der Erhebungsmodus zu bestimmen.

Die in unseren Nachbarländern übliche Methode, die Gebühren an Zahlstellen auf der Autobahn zu erheben, ist wegen der Unterbrechung des Verkehrsablaufes sowie wegen der großen Zahl von Anschlußstellen an den deutschen Autobahnen wenig geeignet. Nahezu ideal ist ein in Großbritannien technisch erprobtes Verfahren⁵⁴⁾, das trotz er-

⁵¹⁾ Die hier vorgeschlagene Straßen- bzw. Autobahngebühr ist – im Gegensatz zu den gegenwärtigen Autobahngebühren in Frankreich und Italien – keine »Gebühr« im finanzwissenschaftlichen Sinne, sondern ein Preis für die Autobahnleistungen. Der Begriff wird dennoch wegen seiner weiten Verbreitung beibehalten. Die Autobahngebühren erhöhen sich gegenüber den hier ausgewiesenen Stauungsabgaben um die Grenzkosten der Benutzung (0,07 DM/100 km bei einem Pkw) und die Mehrwertsteuer (zur Zeit 11 %).

⁵²⁾ »Die Stockungskosten, die bei der Benutzung von Autobahnen und anderen Fernstraßen entstehen, wären durch eine Fernstraßenbenutzungsgebühr am leichtesten zu kompensieren. Eine solche Gebühr hätte den Zweck, einen Teil des Verkehrs von der Benutzung dieser Straßen abzuhalten, so daß der auf ihnen verbleibende Verkehr für die Zahlung des Benutzungsentgeltes dadurch entschädigt würde, daß keine oder nur geringe Verkehrsbehinderungen entstünden«, *Funck, R., Optimalkriterien ...*, a.a.O., S. 140.

⁵³⁾ Vgl. *Malcor-Bericht*, a.a.O., S. 69–74.

⁵⁴⁾ Vgl. *Ministry of Transport* (Ed.), *Road Pricing: The Economical and Technical Possibilities*. London 1964, dt. Übersetzung, S. 48–67 und *Funck, R. und Peschel, K., Möglichkeiten der Kraftfahrzeugbesteuerung und ihre verkehrswirtschaftlichen Konsequenzen* (= Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 32), Bad Godesberg 1967, S. 30 ff.

heblich größerer Leistungsfähigkeit keinen höheren Aufwand als die manuelle Methode erfordern soll. Hierzu wird in jedes Fahrzeug ein kleines, kompaktes und betrugssicheres Meßgerät installiert, das auf elektrische Impulse reagiert. Nach jeder bzw. nach jeder zweiten Auffahrt⁵⁵⁾ werden quer über die Fahrbahn in eine Kontaktschwelle mehrere Leitungen verlegt. Zahl und/oder Stärke der abgegebenen Impulse können je nach dem Ausmaß der Verkehrsbelastung des jeweiligen Streckenabschnittes variiert werden. Der Zahlpflicht kann entweder im vorhinein durch den Kauf von Wertmarken ähnlich wie bei den Freistempelmaschinen der Bundespost oder nachträglich durch ein Ableseverfahren genügt werden⁵⁶⁾.

Man kann also davon ausgehen, daß die technischen Probleme der Gebührenerhebung in einer wirtschaftlich vertretbaren Weise lösbar sind. Allerdings dürften die mit der Einführung von Gebühren verbundenen psychologischen Probleme weit größer sein als die technischen oder wirtschaftlichen. Auf jeden Fall wäre deshalb eine gezielte und überzeugende Aufklärung der Autohalter notwendig. Schützenhilfe könnte dabei von der *EG-Kommission* kommen, die nach dem jetzigen Stand der Diskussion den Mitgliedsländern vermutlich Autobahngebühren empfehlen wird.

⁵⁵⁾ Nach amerikanischen Erfahrungen gehen dadurch etwa 5 % der Einnahmen verloren, denen jedoch eine Ersparnis an Ausrüstungskosten von 50 % gegenübersteht.

⁵⁶⁾ Da bei dieser Methode keine Störung des Verkehrsablaufes eintritt, kann sie auch zur Erhebung von Stauungsabgaben in den Ballungsgebieten eingesetzt werden. Da sowohl die im Ortsbereich gefahrenen Kilometer als auch die vom einzelnen Fahrzeug verursachten Stauungskosten und Umweltbelastungen wesentlich größer als auf Autobahnen sind, übersteigen die volkswirtschaftlichen Vorteile, die in Ballungsgebieten durch eine Grenzkostenanlastung zu erzielen sind, die Vorteile im Fernverkehr bei weitem. Bei der Entscheidung über das Verfahren der Gebührenerhebung ist deshalb der Gesichtspunkt der universalen Anwendbarkeit von ausschlaggebender Bedeutung.

Summary

Empirical values of congestion fees are calculated on the example of the Federal Autobahn Walldorf–Weinsberg in the above contribution. As a first step the total losses caused through congestion per period are established. The marginal costs of congestion per vehicle category can be derived therefrom with the lack of homogeneity in the vehicles and the rapidly changing makeup of traffic in the course of time posing special difficulties. A fee is to be charged to compensate for external effects from a theoretical allocation standpoint. The congestion fee is to be based on the difference between the marginal costs of the congestion and the congestion losses of a vehicle as every car driver, of necessity, bears his own congestion costs. It has been shown that the technical problems of fee collection are soluble. A fee structure based on congestion conditions is an important prerequisite for optimal organisation of the traffic sector whereby special attention to peak-load-pricing in this instance contributes to better use of the traffic routes in daytime.

Résumé

Dans le compte-rendu présent, des valeurs empiriques d'encombrement sont calculées à l'aide de l'exemple de l'autoroute de la RFA Walldorf–Weinsberg. De plus en premier lieu, la totalité des pertes d'encombrement sont communiquées par période. On peut aussi en déduire les coûts-

limites de l'encombrement par catégorie de véhicules, à l'occasion de quoi la non-homogénéité des véhicules et la composition du trafic changeant vite dans le temps causent des difficultés particulières. Une taxe doit être prélevée en vue d'allocation théorique pour compenser les effets externes. La taxe d'encombrement doit, chaque automobiliste contribuant obligatoirement lui-même à sa propre perte d'encombrement, être fixée selon le degré de différence entre les coûts-limites de l'encombrement et les pertes de l'encombrement. On y montre que les problèmes techniques de prélèvement de taxe sont résolubles. Un aménagement de taxe subordonné à l'encombrement est une condition préalable importante pour une organisation optimale du secteur du trafic, à l'occasion de quoi en particulier le »peak-load-pricing« contribue à une meilleure exploitation des voies de communication selon les heures du jour.

Zur Problematik der Investitionen im Luftverkehr

VON PROFESSOR DR. DR. WILHELM BÖTTGER, KÖLN

Im Gegensatz zu einer bei den Eisenbahnen weitgehend zentral ausgerichteten Entscheidungsbefugnis über die Investitionen für alle für die Erstellung der Verkehrsleistungen benötigten Anlagen und Einrichtungen gibt es im Luftverkehr mehrere die Investitionen beeinflussenden Zuständigkeiten. Es ist für das Luftverkehrsunternehmen nur dann sinnvoll, größere Flugzeuge anzuschaffen, wenn die Träger der Luftsicherheits- und Bodendienste aller Art bereit sind, die zu diesem höherwertigen Flugzeugeinsatz ihrerseits notwendigen Komplementärinvestitionen für die von ihnen zu betreuenden Teilbereiche durchzuführen.

Eine ökonomisch eindeutige Haltung der Unternehmensleitung kann bei Investitionsentscheidungen dann erschwert werden, wenn gesamtwirtschaftliche Erfordernisse Vorrang vor den betriebswirtschaftlich relevanten Überlegungen haben sollen und die Gewinnorientierung lediglich als Fernziel gedacht wird¹⁾. In solchem Falle sind Subventionen nicht vermeidbar.

Da der vorläufige Verzicht auf die Gewinnrealisierung alle am Flugverkehr beteiligten Glieder der Luftfahrtorganisation angeht, wenn z. B. die Landegebühren auf den Flughäfen nicht kostendeckend sind und in die eigentliche Transportkostenrechnung nicht kostengedeckte Bestandteile eingehen, ist stets Klarheit über diese ökonomische Problematik geboten, zumal letztlich oberstes Ziel aller unternehmenspolitischen Absichten die Gewinnerwirtschaftung sein sollte.

Bei Investitionsabsichten wird von folgenden Überlegungen auszugehen sein:

Ersatzinvestitionen dienen der quantitativ-qualitativen Aufrechterhaltung des Umfanges des Flugzeugparks durch Ersatz technisch veralteter oder zerstörter Flugzeuge. Häufig wird ein die Kapazität erweiterndes Ersatzgerät angeschafft, wobei gleichzeitig auf Rationalisierungseffekte Bedacht genommen wird, so daß letztlich eine Leistungsverbesserung bewirkt wird. Ersatzinvestitionen in ihrer reinsten Form sind selten. Die Erweiterungsinvestitionen mit quantitativer und oft auch qualitativer Leistungsverbesserung stehen im Vordergrund.

Sofern der Flugzeugpark zur Befriedigung steigender Verkehrsnachfrage vergrößert werden muß, wird man aus Rationalitätsgründen bemüht bleiben, die Flugzeugflotte weitgehendst auf den Einsatz einheitlicher Fabrikationsmuster auszurichten. Zunächst kann mit diesem Verfahren eine günstige Relation zwischen Kapitalinvestitionen für die Flotte einerseits sowie für Ersatzteile und Reservebetriebswerke andererseits erzielt werden²⁾.

¹⁾ Eine Gegenüberstellung von einzelwirtschaftlicher und gesamtwirtschaftlicher Wirtschaftlichkeit im Luftverkehr findet sich bei Welland, P., Das optimale Standortgefüge eines Luftverkehrsunternehmens, Diss. Köln 1971, S. 168 ff.

²⁾ Vgl. dazu Loers, W. R., Die Bedeutung der Materiallager bei großen Luftverkehrsbetrieben und ihr Einfluß auf deren Investitionsplanung, Diss. Köln 1967, S. 194.