

### Abstract

With the third liberalization package the EC-deregulation efforts in the field of aviation have reached a preliminary end. In continuation of two packages, dating from 1987 and 1990 it creates a principally new regulatory system that overcomes traditional bilateralism, by generally relying on market forces. Although the package does not totally realize internal market conditions the main goal of deregulation – the extension of competition and flexibility – is basically achieved. However, the package fails to establish a system of free and undistorted competition. Dirigistic elements can be found especially in the area of pricing and market access (slots). The regulatory system lacks important items such as air safety measures and solutions for congestion problems at airports within the EC. Even more important the package concentrates only on internal EC-aviation and neglects global aspects of world-aviation. Although declared aim of the deregulation process the package does not provide concrete means for the European airlines to strengthen their position facing competition of global carriers and actual structural problems in the aviation industry. Provisions in the field of competition policy pertaining to strategic alliances of EC-carriers are insufficient. In this connection the lack of a concise state aid policy and – even more important – the necessity for an external mandate of the Commission to represent the interests of European carriers in negotiation with strong aviation nations such as the U.S. must be mentioned, too. In the light of sustained heavy losses and economic problems of nearly all EC-carriers this aspect of deregulation will increasingly become more important. The general aim of EC deregulation to realize undistorted competition will thus have to submit to the primary aim of ensuring viability and the survival of European carriers.

## Autobahnbenutzungsgebühren: Pay-as-you-benefit

VON HELMUT SEITZ, MANNHEIM

### 1. Einleitung

In der jüngsten Zeit sind eine Reihe von Arbeiten erschienen, in denen die Frage untersucht wird, ob, und wenn ja, in welchem Umfang die Bereitstellung öffentlicher Infrastruktur positive Impulse auf die private Wirtschaftsaktivität hat.<sup>1)</sup> Neu ist diese Thematik, zumindest was die deutsche wirtschaftswissenschaftliche Forschung anbelangt, nicht. So wurden in der Bundesrepublik in den sechziger und Anfang der siebziger Jahre zahlreiche Artikel<sup>2)</sup> zum Thema „Infrastruktur und Wachstum“ sowie „Infrastruktur und räumliche Entwicklung“ vorgelegt und Konferenzen zu diesem Thema veranstaltet.<sup>3)</sup> Damals stand die Frage nach dem optimalen Ausbau der öffentlichen Infrastruktur durch eine wachstumsfördernde Wirtschaftspolitik im Mittelpunkt des Interesses. Das Thema öffentliche Infrastruktur und private Wirtschaftsaktivität verschwand dann für geraume Zeit aus der Literatur,<sup>4)</sup> da andere Probleme, wie Arbeitslosigkeit und Inflation, ihren Niederschlag in der theoretischen und empirischen Wirtschaftsforschung fanden.

Die in der jüngsten Zeit vorgelegten Arbeiten<sup>5)</sup> zu den Wechselwirkungen zwischen der privaten Wirtschaftsaktivität und der Bereitstellung öffentlicher Infrastruktur verwenden ein sehr breites Konzept der öffentlichen Infrastruktur, zumeist das Nettoanlagevermögen des gesamten öffentlichen Infrastrukturskapitals oder das Konzept der 'core infrastructure', siehe z.B. *Berndt* und *Hansson* (1991). Ziel dieser neueren Studien ist es, den monetären Wert der Infrastruktur für die private Wirtschaft zu ermitteln, bzw. den aus der Sicht der

*Anschrift des Autors:*  
Dr. Helmut Seitz  
Universität Mannheim  
Seminarerbäude A 5  
68131 Mannheim

Für wertvolle Anregungen danke ich Herrn Prof. Dr. K. Conrad, Herrn Dr. P. Paulsen und Herrn D. Wastl, Universität Mannheim.

1) Siehe z.B.: *Aschauer* (1989), *Biehl* (1991), *Berndt* und *Hansson* (1991), *Nadiri* und *Mamuneas* (1991), *Conrad* und *Seitz* (1991, 1992).

2) *Borchert* (1971) vermittelt einen guten Überblick über die Literatur und die Diskussion in den sechziger Jahren.

3) So hatte die Jahrestagung des „Vereins für Socialpolitik“ 1970 in Innsbruck des Generalthema: „Grundfragen der Infrastrukturplanung für wachsende Wirtschaften“, siehe den von *Arndt* und *Swatek* (1971) herausgegebenen Konferenzband.

4) Eine Ausnahme bildet allerdings die Literatur im Bereich der „urban and regional economics“, in der die Betrachtung interregionaler Unterschiede in der Infrastrukturausstattung eine wichtige Rolle bei der Analyse der regionalen Wirtschaftsentwicklung spielt, siehe z.B. *Biehl* u.a. (1975), *Segal* (1975) sowie *Costa*, *Ellson* und *Martin* (1987).

5) In diesen Arbeiten wird versucht, den in den Industrienationen allgemein beobachteten 'productivity slowdown' mit der Vernachlässigung öffentlicher Infrastrukturinvestitionen zu erklären.

Privaten 'optimalen' Bestand an öffentlicher Infrastruktur zu berechnen. Hierbei wird die öffentliche Infrastruktur als externer Produktionsfaktor behandelt und die diesem Produktionsfaktor zurechenbaren Kosteneinsparungen geschätzt. Wenn von der Bereitstellung und Nutzung der öffentlichen Infrastruktur, und damit auch der Autobahnen, positive externe Effekte auf die private Wirtschaftsaktivität ausgehen, so lassen sich die damit verbundenen privaten Kostenvorteile mit Hilfe der Dualitätstheorie theoretisch abbilden und unter Verwendung geeigneter Kostenfunktionen auch empirisch quantifizieren. Theoretisch wurde der Gedanke einer dualitätstheoretisch fundierten Messung der „Zahlungsbereitschaft“ der Privaten für die Nutzung öffentlicher Güter erstmalig von *Diewert* (1986) aufgegriffen, aber erst in Arbeiten jüngsten Datums ökonomisch umgesetzt. So präsentieren *Berndt und Hansson* (1991) Schätzungen für den „optimalen“ Infrastrukturkapitalstock für Schweden. *Nadiri und Mamuneas* (1991) bzw. *Conrad und Seitz* (1992 a, 1992 b) bestimmen Schätzungen der „Zahlungsbereitschaft“ für die Inanspruchnahme öffentlicher Infrastruktureinrichtungen für die USA bzw. für die Bundesrepublik Deutschland.

Nichts liegt näher, als das Konzept der Erfassung der monetären Vorteile aus dem Konsum öffentlicher Güter auf die in der aktuellen wirtschaftspolitischen Diskussion befindliche Einführung einer „Autobahnbenutzungsgebühr“ (ABG) zu übertragen. Hierbei soll untersucht werden, ob die Bereitstellung von Autobahnen der privaten Wirtschaft überhaupt signifikant nachweisbare Kostenvorteile bringen, und wenn ja, welche Höhe eine an der „Zahlungsbereitschaft“ für öffentliche Güter orientierte ABG haben könnte.

Hierzu werden im nachfolgenden Abschnitt der vorliegenden Arbeit zunächst einige deskriptive Fakten über die Versorgung der Bundesrepublik, und zwar sowohl der 'alten' als auch der 'neuen' Bundesländer, mit öffentlichen Verkehrsinfrastruktureinrichtungen dargestellt. Im dritten Abschnitt werden wir unser theoretisches Modell zur Messung der „Zahlungsbereitschaft“ für die Nutzung der Autobahnen auf der Grundlage der Dualitätstheorie skizzieren sowie die ökonomische Spezifikation der Schätzgleichungen diskutieren. Im anschließenden Abschnitt werden ökonomische Ergebnisse für ein Panel von 31 Industriesektoren des Verarbeitenden Gewerbes ausführlich dokumentiert und interpretiert und am Beispiel eines konkretisierten Falls eine „optimale“ ABG berechnet. Die vorliegende Arbeit beschränkt sich ausschließlich auf das produzierende Gewerbe und damit auf den „Gewerblichen Güterverkehr“. Die Frage einer ABG für private Haushalte wird somit aus der Analyse ausgeklammert. Im abschließenden Kapitel werden wir unsere Ergebnisse zusammenfassen und die praktische Durchführungsmöglichkeit der Ausgestaltung einer ABG, die in ihren Grundlinien unseren ökonomischen Überlegungen sehr nahe kommt, diskutieren.

## 2. Die Verkehrsinfrastruktur der Bundesrepublik Deutschland und die Ausgestaltung von ABG in der Praxis

Tabelle 1 zeigt in ihrem oberen Bereich das reale Nettoanlagevermögen der öffentlichen Verkehrsinfrastruktureinrichtungen in der Bundesrepublik für die Jahre 1970, 1980 und 1989. Die größten Anteile entfallen dabei auf die Straßen und Brücken, die Deutsche Bundesbahn und dann, schon weit abgeschlagen, den Straßenpersonenverkehr. Die Daten vermitteln

auch einen Eindruck über die Schwergewichte in der Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur in den vergangenen 20 Jahren: Während der Kapitalstock der Deutschen Bundesbahn in diesen 20 Jahren nur um jahresdurchschnittlich gerade 1% zugenommen hat, verzeichnen die Bereiche Flughäfen, Straßen/Brücken bzw. öffentlicher Personenverkehr jahresdurchschnittliche Zuwachsraten von 2,5%, 2,8% bzw. 4,6%. In den Bereich der öffentlichen Schifffahrtlogistik wurden in den letzten 10 Jahren real nahezu keine Nettoinvestitionen gelenkt. Der gesamte Wert der in Tabelle 1 ausgewiesenen öffentlichen Verkehrsinfrastruktur beläuft sich auf ca. 40%-45% des gesamten Nettoanlagevermögens aller öffentlichen Infrastruktureinrichtungen.

Im unteren Teil der Tabelle 1 ist in den ersten drei Spalten das bundesdeutsche Straßennetz für die Jahre 1970, 1980 und 1989 ausgewiesen. Hier werden ebenfalls sofort die Schwergewichte der Verkehrspolitik der letzten 20 Jahre deutlich: Im Vordergrund stand der Ausbau des Bundesautobahnnetzes mit einem jahresdurchschnittlichen Streckenzuwachs von 4%, während das gesamte Streckennetz nur um ca. 0,7% pro Jahr ausgebaut wurde. Eine überdurchschnittliche Ausbautintensität ist sonst nur mit jahresdurchschnittlich ca. 1% bei den Gemeindestraßen zu verzeichnen.<sup>6)</sup>

Da die Finanzierung der Modernisierung und des Ausbaus des ostdeutschen Straßennetzes eines der Hauptargumente<sup>7)</sup> in der öffentlichen Diskussion um die Einführung einer ABG ist, haben wir in der letzten Spalte ferner das Straßennetz der ehemaligen DDR, Stand 1988, aufgeführt. Während die ehemalige DDR ca. 40% der Fläche der alten Bundesrepublik einnahm, beträgt das Streckennetz der öffentlichen Straßen gerade 25% des Westdeutschen Streckennetzes, mit den größten Defiziten im Bereich der Autobahnen. Dabei ist dieser Vergleich noch „positiv“. Wenn die Straßenqualität (Straßenbreite, Haltestreifen, Parkplätze, Straßenbelag usw.) in den Vergleich einbezogen werden könnten, müssten die Zahlen der ehemaligen DDR drastisch nach unten korrigiert werden.

Wir wollen noch kurz auf die Ausgestaltung von Autobahngebühren in der Praxis eingehen und die gängigen Kalkulationsgrundlagen zur Bestimmung von ABG skizzieren:<sup>8)</sup> In Frankreich werden auf privat betriebenen Autobahnabschnitten Gebühren erhoben, die sich an der zurückgelegten Strecke und an der Anzahl der Achsen des Lastkraftwagens orientieren. So beträgt die ABG für einen 5-achsigen LKW auf der Strecke Saarbrücken-Paris mit einem 'Péage'-pflichtigen km-Anteil von ca. 350 km in etwa 300 FF, also ca. 100,- DM; für einen 2-achsigen Lastwagen etwas mehr als umgerechnet 50,- DM, wobei es die Möglichkeit gibt „Jahreskarten“ mit einem 30%igen Rabatt zu erwerben. Anzumerken ist, daß über die einzelnen Streckenabschnitte eine teilweise erheblich (staatlich gelenkte) Preisdifferenzierung betrieben wird. So sind Autobahnabschnitte, die an Zentren vorbeiführen billiger als andere Autobahnabschnitte; damit will man den Lastverkehr aus den Städten fernhalten.

6) Die in Tabelle 1 festzustellenden negativen Wachstumsraten bei den Bundes- und Landesstraßen ist mit Umgestaltungen in Bundesautobahnen bzw. Bundesstraßen zu erklären.

7) Ein weiteres Hauptargument ist die Beteiligung ausländischer Straßenbenutzer an der Finanzierung des inländischen Straßennetzes.

8) Für einen ausführlichen Überblick zur Ausgestaltung von Autobahngebühren im internationalen Vergleich siehe *van der Bellen* (1985).

Tabelle 1: Die öffentliche Verkehrsinfrastruktur in der Bundesrepublik 1970-1989<sup>1)</sup>

I. Nettoanlagevermögen in Mrd. DM in Preisen von 1980			
	1970	1980	1989
a) Eisenbahnverkehr:			
Deutsche Bundesbahn	103,6	122,6	124,6
– dar. Verkehrswege	61,5	74,1	83,3
b) Schifffahrt:			
Binnenhäfen	5,6	5,4	5,0
Seehäfen	9,1	12,2	13,1
Wasserstraßen	20,9	26,2	28,3
c) Straßen/Luftverkehr:			
Flughäfen	5,1	7,1	8,2
Öffentl. Personenverkehr	21,2	39,7	50,1
Straßen und Brücken	223,9	347,8	382,0

II. Das Straßennetz der Bundesrepublik in 1.000 km				
	1970	1980	1989	1988 <sup>2)</sup>
Bundesautobahnen (km)	4110	7292	8721	1855
Bundesstraßen	32,2	32,3	31,1	11,3
Landesstraßen	65,4	65,5	63,4	34,0
Kreisstraßen	60,7	66,4	70,4	↘ <sup>3)</sup>
Gemeindestraßen	270,0	308,0	323,0	77,4
Straßen insgesamt	432,3	479,5	496,7	124,6

1) Quelle: „Verkehr in Zahlen 1990“, Bundesverkehrsministerium

2) Diese Spalte enthält Angaben für die ehemalige DDR, wobei die Bundesstraßen mit den Fernstraßen und die Landesstraßen mit den Bezirksstraßen der ehemaligen DDR gleichgesetzt sind. Die Daten sind dem „Statistischen Jahrbuch der Deutschen Demokratischen Republik 1989“ entnommen.

3) Kreisstraßen werden für die ehemalige DDR nicht ausgewiesen und sind in den Landesstraßen enthalten.

Als Berechnungsgrundlage für eine ABG dient zumeist das Konzept der „Wegekostenrechnung“, siehe z.B. *Enderlein und Kunert (1990)*, wobei eine Art von Kostenrechnung für den Bau und den Betrieb der Autobahnen aufgestellt wird.<sup>9)</sup> Alternativ kann das Konzept der „Folgelasten öffentlicher Investitionen“, siehe z.B. *Seitz (1986)*, als Informationsquelle zur Berechnung einer kostenorientierten ABG herangezogen werden. Aus dem Konzept der „Wegekostenrechnung“ oder dem Konzept der „Folgelasten öffentlicher Investitionen“

9) Die vom DIW in Berlin durchgeführten „Wegekostenrechnungen“ wurden im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums erstellt.

lassen sich Informationen über die tatsächlich entstehenden Bereitstellungskosten der öffentlichen Infrastruktureinrichtungen ableiten und damit Nutzungsgebühren nach dem Prinzip „pay-as-you-use“ errechnen: Wer mehr von dem Gut Autobahn in Anspruch nimmt, weil er einen LKW mit mehr Achsen fährt und/oder eine längere Strecke fährt, muß auch einen größeren Kostenbeitrag, eine höhere ABG, tragen.<sup>10)</sup>

Aus dem von uns vorzustellenden Modell ergibt sich jedoch ein völlig anderer Ansatzpunkt für die Bestimmung einer ABG. Während die eben kurz angesprochenen Ansätze an der Anbieterseite orientiert sind, und damit den Staat in seiner Eigenschaft als Produzent öffentlicher Güter einem privatwirtschaftlichen Unternehmer gleichstellen, setzt unser Ansatz bei den Nachfragern bzw. Nutzern des öffentlichen Gutes an. Hierbei wird evaluiert, welche Kostenvorteile die Industrie aus der Nutzung des öffentlichen Gutes hat, so daß hieraus ein „Nutzungspreis“ ableitbar ist. Somit könnte man eine Autobahngebühr, die auf kostenrechnerorientierten Modellen beruht, als eine Art von Kopfsteuer bezeichnen (die Gebühr wird z.B. nach dem Gewicht, der Länge des Fahrzeuges oder der Anzahl der Achsen des Fahrzeuges berechnet). Dahingegen könnte man eine ABG, die sich an den aus der Nutzung des öffentlichen Gutes entstehenden direkten und indirekten Kosteneinsparungen orientiert, mit dem Begriff „pay-as-you-benefit“ belegen, wobei dieses Prinzip in seiner Konzeption der Besteuerung nach der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit sehr nahe kommen würde.<sup>11)</sup>

### 3. Das theoretische Modell

Die Produktionsfunktion der Industrie  $i$  sei beschrieben durch:

$$(1) Y_i = f(L_i, K_i, t, A) \quad \forall i = 1, \dots, n$$

wobei  $L_i$  den Arbeitseinsatz,  $K_i$  den Einsatz von (privatem) Kapital,  $t$  die Zeit als 'Proxy' für technischen Fortschritt,  $n$  die Anzahl der Industrien und  $A$  die aus der Nutzung der Autobahnen resultierenden Dienstleistungen in der  $i$ -ten Industrie bezeichnen. Die Produktionsfunktion (1) spezifiziert den Output in Abhängigkeit der eingesetzten privaten Inputeinsatzmengen von Arbeit und Kapital sowie der Menge an eingesetzten öffentlichen Inputleistungen, die die Eigenschaften eines externen Produktionseffektes haben. Neben den üblichen Eigenschaften<sup>12)</sup>  $f_L > 0$ ,  $f_K > 0$  und  $f_t > 0$  sollte man auch erwarten, daß mit zunehmendem Einsatz von  $A$  der Output ansteigt, d.h. daß gilt  $f_A > 0$ . Je mehr bzw. bessere Autobahnen zur Verfügung stehen, umso schneller können die Güter von einem zum anderen Ort

10) An diesem Prinzip orientiert sich auch der Gesetzentwurf zum „Straßenbenutzungsgebührengesetz StrBG“ des Bundesverkehrsministeriums. Dort ist vorgesehen, die Straßenbenutzungsgebühren am zulässigen Gesamtgewicht der Lastkraftwagen auszurichten, wobei folgende Jahresgebühren vorgesehen sind: bis 24 t 1000,- DM, 24-30 t 2000,- DM, 30-34 t 4000,- DM, 34-37 t 5500,- DM, 37-44 t 7000,- DM und über 44 t 9000,- DM.

11) Nur am Rande sei hier angemerkt, daß, wenn die Nutzung der öffentlichen Infrastruktur zu Kosteneinsparungen in der Industrie führen, c.p. die Gewinne steigen, die ja einer Besteuerung unterliegen. Da eine ABG eine gewinnmindernde Betriebsausgabe ist, könnte man die Frage nach den tatsächlichen Mehreinnahmen des Finanzministers stellen.

12)  $f_x$  bezeichnet die Ableitung der Funktion  $f$  nach der Variable  $x$ .

transportiert werden, und somit kann bei gegebenem Einsatz von L und K ein höherer Output hergestellt werden. Eine empirische Schätzung der Produktionsfunktion (1) könnte uns nicht nur Auskunft darüber geben, ob die Hypothese  $f_A > 0$  empirisch nachweisbar ist, d.h. A einen positiven Effekt auf die Arbeits- und Kapitalproduktivität ausübt, sondern auch Informationen über die Substitutions- bzw. Komplementaritätsbeziehungen zwischen den privaten Inputs und dem öffentlichen Input liefern, die sich an den Vorzeichen der Kreuzableitungen  $f_{LA}$  und  $f_{KA}$  ablesen lassen. Gilt  $f_{KA} > 0$  so gehen von der Nutzung der Autobahnen positive (K und A sind komplementäre Güter), bzw. für  $f_{KA} < 0$  negative Effekte (K und A sind substitutive Güter) auf die Kapitalproduktivität aus. Diese Informationen mögen zwar interessant sein, beschreiben aber lediglich technologische Beziehungen.

Um einen ökonomischen Gehalt in die Analyse zu bringen, ist es vorteilhaft, statt der Produktionsfunktion die zugehörige duale Kostenfunktion (2) zu betrachten:

$$(2) C_i = C(w_i, r_i, t, Y_i, A) \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Die Kostenfunktion (2) erhalten wir aus der Minimierung der Kosten  $c_i = w_i \cdot L_i + r_i \cdot K_i$ , unter der in (1) gegebenen Produktionsfunktion als Nebenbedingung. Hierbei bezeichnen  $C_i$  die (privaten) Produktionskosten,  $w_i$  den Lohnsatz und  $r_i$  den Kapitalkostensatz in der Industrie  $i$ . Da die Inputleistungen des öffentlichen Gutes keinen Marktpreis haben, wird dieser Input von der Industrie bei der Kostenminimierung auch nicht explizit berücksichtigt. Die Variable  $A$  findet aber über die Produktionsfunktion ihren Eingang in die Kostenfunktion (2). Über Shephard's Lemma läßt sich nun der Schattenpreis,  $s_{Ai}$ , des Produktionsfaktors  $A$  bestimmen:

$$(3) s_{Ai} = - \frac{\partial C(w_i, r_i, t, Y_i, A)}{\partial A}$$

$s_{Ai}$  gibt die Zahlungsbereitschaft für den Inputfaktor  $A$  der  $i$ -ten Industrie an und entspricht den Einsparungen an privaten Kosten aus der Inanspruchnahme des öffentlichen Gutes  $A$ . Ferner ermöglicht die Anwendung von Shephard's Lemma auch Aussagen über die Substitutionsbeziehungen zwischen den privaten Inputs und dem öffentlichen Input. So zeigt  $s_{A, Li}$ :

$$(4) s_{A, Li} = \frac{\partial^2 C(w_i, r_i, t, Y_i, A)}{\partial A \partial w_i} = \frac{\partial L_i}{\partial A}$$

den Effekt von  $A$  auf die Nachfrage nach Arbeit, und  $s_{A, Ki}$ :

$$(5) s_{A, Ki} = \frac{\partial^2 C(w_i, r_i, t, Y_i, A)}{\partial A \partial r_i} = \frac{\partial K_i}{\partial A}$$

die Wirkung des öffentlichen Inputs  $A$  auf die Nachfrage nach privatem Kapital. Für  $s_{A, Li}$  ( $s_{A, Ki}$ ) kleiner, gleich bzw. größer Null hat die Nutzung des öffentlichen Gutes arbeits(kapital-)sparende, neutrale bzw. intensivierende Effekte. Quantifizierbar ist auch der Effekt auf die totale Faktorproduktivität, TFP:

$$(6) s_{A, t} = \frac{\partial TFP}{\partial A} \quad \text{wobei gilt: } TFP = - \frac{\partial C(w_i, r_i, t, Y_i, A)}{\partial t}$$

Für  $s_{A, t} > 0$  bzw.  $< 0$  unterstützt bzw. behindert der öffentliche Inputfaktor den technischen Fortschritt in der privaten Wirtschaft.

Die durch die Nutzung des öffentlichen Gutes entstehenden externen Effekte haben auch Auswirkungen auf die Marktpreise der privaten Güter. Unterstellen wir eine negativ geneigte Nachfragekurve und werden die Preise unter vollkommener Konkurrenz bestimmt, so gilt:

$$(7) P_p = \frac{\partial C(w_i, r_i, t, Y_i, A)}{\partial Y_i}$$

wobei  $P_p$  den auf Basis der privaten Kosten  $C_i$  gebildeten Marktpreis bezeichnet. Da aber die privaten Firmen wegen der kostenfreien Bereitstellung des öffentlichen Gutes  $A$  hierfür auch keinen Faktorpreis bei ihrem Kostenminimierungskalkül berücksichtigen, ist der auf der Basis der privaten Kosten ermittelte Marktpreis  $P_p$  kleiner (für  $s_A > 0$ ) als jener Preis  $P_s$ , der sich einstellen würde, wenn man die Firmen für die Nutzung des öffentlichen Gutes mit dessen Schattenpreis belasten würde, d.h. es gilt:

$$(8) P_p < P_s \leftrightarrow C_i = \frac{\partial C(w_i, r_i, t, Y_i, A)}{\partial Y_i} < C_{si} \\ = \frac{\partial C(w_i, r_i, s_{Ai}, t, Y_i)}{\partial Y_i}$$

wobei  $C_{si} = w_i \cdot L_i + r_i \cdot K_i + s_{Ai} \cdot A$

die 'sozialen' Kosten der privaten Güterproduktion sind. Diese unterscheiden sich von den privaten Produktionskosten dadurch, daß der externe Kosteneinsparungseffekt durch die Verrechnung der Nutzung des öffentlichen Gutes mit dessen Schattenpreis internalisiert wurde. In diesem Fall steigen die privaten Grenzkosten, was den Preisanstieg auf  $P_s$  verursacht.

Um die eben theoretisch skizzierten Effekte empirisch zu quantifizieren, wählen wir eine „Generalized Leontief“ Kostenfunktion die in ihrer Eigenschaft als „flexible functional form“ als eine Approximation der Kostenfunktion (2) zu betrachten ist und insbesondere sowohl substitutive als auch komplementäre Beziehungen zwischen den Inputfaktoren abzubilden vermag:<sup>13)</sup>

$$(9a) \quad C_i = Y_i [\beta_w w_i + \beta_r r_i + 2\beta_{wr} (w_i r_i)^{0.5} + \beta_{wy} w_i Y_i^{0.5} + \beta_{ry} r_i Y_i^{0.5} + \beta_{wt} w_i t^{0.5} + \beta_{rt} r_i t^{0.5} + (w_i + r_i) (\beta_Y Y_i + \beta_t t + 2\beta_{Yt} (Y_i t)^{0.5})] + Y_i^{0.5} [\beta_{wA} w_i A^{0.5} + \beta_{rA} r_i A^{0.5} + (w_i + r_i) (\beta_{YA} (Y_i A)^{0.5} + \beta_{tA} (tA)^{0.5})] + (w_i + r_i) \beta_A A$$

Über Shephard's Lemma lassen sich aus der Kostenfunktion die kostenminimierenden Nachfragegleichungen nach den privaten Inputs Arbeit und Kapital ableiten:

$$(9b) \quad \frac{\partial C_i}{\partial w_i} = L_i^* = Y_i [\beta_w + \beta_{wr} \left(\frac{r_i}{w_i}\right)^{0.5} + \beta_{wy} Y_i^{0.5} + \beta_{wt} t^{0.5} + \beta_Y Y_i + \beta_t t + 2\beta_{Yt} (Y_i t)^{0.5}] + Y_i^{0.5} [\beta_{wA} A^{0.5} + \beta_{YA} (Y_i A)^{0.5} + \beta_{tA} (tA)^{0.5}] + \beta_A A$$

$$(9b) \quad \frac{\partial C_i}{\partial r_i} = K_i^* = Y_i [\beta_r + \beta_{wr} \left(\frac{w_i}{r_i}\right)^{0.5} + \beta_{ry} Y_i^{0.5} + \beta_{rt} t^{0.5} + \beta_Y Y_i + \beta_t t + 2\beta_{Yt} (Y_i t)^{0.5}] + Y_i^{0.5} [\beta_{rA} A^{0.5} + \beta_{YA} (Y_i A)^{0.5} + \beta_{tA} (tA)^{0.5}] + \beta_A A$$

13) Siehe hierzu z.B. Fuss und McFadden (1978) oder Chambers (1988).

Zur Notationsvereinfachung wollen wir das System (9a) – (9c) etwas kompakter schreiben:

$$(9a') \quad C_i = Y_i Z^i + Y_i^{0.5} V^i + (w_i + r_i) \beta_A A$$

$$(9b') \quad L_i^* = Y_i Z_w^i + Y_i^{0.5} V_w^i + \beta_A A$$

$$(9c') \quad K_i^* = Y_i Z_r^i + Y_i^{0.5} V_r^i + \beta_A A$$

Wobei die Bedeutung der Variable  $Z_i$  und  $V_i$  aus dem Vergleich von (9a) und (9a') sofort ersichtlich ist. Ferner gilt:

$$Z_w^i = \frac{\partial Z^i}{\partial w_i} ; Z_r^i = \frac{\partial Z^i}{\partial r_i} ; V_w^i = \frac{\partial V^i}{\partial w_i} ; \text{ und } V_r^i = \frac{\partial V^i}{\partial r_i} .$$

Vielfach werden in empirischen Arbeiten der zu schätzenden Kostenfunktion Homogenitätsrestriktionen auferlegt, insbes. die Eigenschaft konstanter Skalenerträge, so z.B. von Nadiri und Mamuneas (1991). Die von uns gewählte Spezifikation ist völlig allgemein, so daß wir die Hypothese konstanter Skalenerträge, d.h.  $\beta_{wy} = \beta_{ry} = \beta_Y = \beta_{Yt} = \beta_{YA} = 0$ , empirisch überprüfen können. Liegen Schätzungen für die Parameter des System (9) vor, so lassen sich die in den Gleichungen (3) – (6) angegebenen Effekte empirisch quantifizieren.

#### 4. Empirische Ergebnisse

Für die Schätzung unseres Modells verwenden wir Jahresdaten für alle 2-stelligen Industrien des Verarbeitenden Gewerbes für den Zeitraum 1970 – 1989. Als Outputgröße verwenden wir die reale Nettowertschöpfung, d.h. um Einflüsse der Besteuerung und Subventionierung auszuschalten wurde die Bruttowertschöpfung um die indirekten Steuern abzüglich Subventionen bereinigt.<sup>14)</sup> Der Arbeitsinput wird in Beschäftigtenstunden gemessen, wobei unterstellt wird, daß Angestellte und Arbeiter die gleiche Anzahl von Stunden arbeiten. Als Kapitalstockvariable wurde das Nettoanlagevermögen zu konstanten Preisen verwendet. Der Lohnsatz wurde berechnet durch Division der Bruttolohn- und Gehaltssumme durch die Beschäftigtenstunden. Für die Berechnung der Kapitalkosten greifen wir auf das Konzept der 'user cost of capital' zurück, siehe Jorgenson (1963):

14) In der Mineralölindustrie ist die Nettowertschöpfung in den meisten Jahren negativ, da die Mineralölgesellschaften über Verrechnungspreise einen Gewinntransfer zu den Muttergesellschaften durchführen. Daher wird dieser Sektor bei der Schätzung nicht berücksichtigt.

$$r_i = (r + \delta_i - \frac{dPI_i}{dt}) \cdot PI_i$$

wobei  $r$  den Zinssatz,  $\delta_i$  den Abschreibungssatz, und  $PI_i$  den Preisindex für Kapitalgüter in der Industrie  $i$  bezeichnet.<sup>15)</sup>

Für die Messung des öffentlichen Inputfaktors „Bundesautobahnen“ stehen mehrere Alternativen zur Wahl: Man könnte das reale Nettoanlagevermögen der Bundesautobahnen verwenden; Angaben, aus denen sich dieses Vermögen errechnen lassen würde, werden vom Bundesverkehrsministerium in den Jahrbüchern „Verkehr in Zahlen“ zur Verfügung gestellt, wobei der in Bundesautobahnen gebundene Verkehrsinfrastrukturkapitalstock jedoch nicht gesondert ausgewiesen wird und daher „konstruiert“ werden müßte, vgl. hierzu die Angaben in Tabelle 1. Bei Verwendung dieser „monetären“ Größe müßte der Schattenpreis der Autobahnen  $s_{A_i}$  interpretiert werden als die Zahlungsbereitschaft für die Bereitstellung einer zusätzlichen DM realem 'Bundesautobahnkapitalstock'. Ein solches Ergebnis wäre sicherlich schwierig in eine ABG umrechenbar. Alternativ bietet es sich an, direkt die Streckenlänge des Autobahnnetzes als Variable  $A$  zu verwenden. Dies hat den Vorteil, daß wir unmittelbar eine reale Größe für die Messung des öffentlichen Inputfaktors verwenden können und somit den monetären Bewertungsproblemen sowie den Datenkonstruktionsproblemen ausweichen können. Zu fragen ist allerdings, ob diese Daten einfach unmodifiziert in das Modell eingeführt werden dürfen. Vielfach werden in der Infrastruktur-Literatur die verschiedensten ad-hoc Anpassungen bei den Infrastrukturvariablen durchgeführt, so z.B. 'Korrekturen' um die Kapazitätsauslastung, Bevölkerungszahlen usw. Wir könnten in unserem Fall z.B. eine Korrektur um die durchschnittliche Fahrbahnbreite<sup>16)</sup> (was als eine Art von 'Qualitätsanpassung' zu interpretieren wäre) durchführen und/oder einen Korrekturfaktor für die durchschnittliche Verkehrsdichte berechnen (was als eine Art von 'Rivalitätsindex' zu betrachten wäre). Wir verwenden in unserer Schätzung die Streckenlänge des bundesdeutschen Autobahnnetzes und haben von Korrekturmöglichkeiten Abstand genommen, da diese nicht nur einen ad-hoc Charakter hätten, sondern durch die Anwendung geeigneter Korrekturmaßnahmen sich auch nahezu jedes Ergebnis erzielen lassen würde. Wenn ein 'Anpassungsbedarf' (bzgl. der Qualität oder der Nutzungsintensität usw.) der Daten 'erforderlich' ist, sollte sich dieser in den Schätzergebnissen, insbes. im zeitlichen Verlauf der zu schätzenden Schattenpreisvariable, zeigen.

Das durch die Gleichungen (9a) und (9c) beschriebene System wurde simultan mit der iterativen Zellnertechnik unter Verwendung eines Panelschätzansatzes mit branchenspezifischen 'fixed effects' geschätzt. Bei der Zellnerschätzung wird die Annahme gemacht, daß die Residualvariablen über die Gleichungen korreliert sind; die 'fixed effect' Spezifikation impliziert die Annahme, daß die in den Gleichungen (9a) und (9c) enthaltenen Parameter über alle Industrien identisch sind, daß es aber in jeder Gleichung noch eine branchenspezifische

15) Die Daten wurden uns freundlicherweise von Herrn Dr. Georg Erber, DIW Berlin, zur Verfügung gestellt. Alle Daten entsprechen somit der Sektorenabgrenzung des DIW, mit Ausnahme der Daten über Subventionen und indirekte Steuern, die der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes entnommen sind. Für eine ausführliche Beschreibung sei auf Erber und Haid (1991) und die dort angegebenen Arbeiten des DIW verwiesen.

16) Die durchschnittliche Fahrbahnbreite der BAB hat sich über den Beobachtungszeitraum nur unwesentlich geändert.

Shift-Variable gibt, so daß für alle Industrien drei zusätzliche Parameter zu bestimmen sind. Mit Hilfe geeigneter Testgrößen kann die Hypothese des Vorliegens branchenspezifischer Effekte statistisch überprüft werden.

Um Heteroskedastieprobleme auszuschalten, haben wir die Gleichungen des Systems auf beiden Seiten durch die reale Nettowertschöpfung  $Y_i$  dividiert, so daß wir in der Kostengleichung (9a) die durchschnittlichen Stückkosten,  $C_i/Y_i$ , und in den Faktornachfragefunktionen die durchschnittlichen Faktoreinsatzmengen  $L_i/Y_i$  bzw.  $K_i/Y_i$  als endogene Variablen erhalten. Somit lautet das zu schätzende System:

$$(10a) \quad \frac{C_i}{Y_i} = AC_i = Z^i + \frac{1}{\sqrt{Y_i}} V^i + (w_i + r_i) \beta_A \left( \frac{A}{Y_i} \right) + \beta_{C_1} D_1 + \dots + \beta_{C_n} D_n$$

$$(10b) \quad \frac{L_i^*}{Y_i} = Z_w^i + \frac{1}{\sqrt{Y_i}} V_w^i + \beta_A \left( \frac{A}{Y_i} \right) + \beta_{L_1} D_1 + \dots + \beta_{L_n} D_n$$

$$(10c) \quad \frac{K_i^*}{Y_i} = Z_r^i + \frac{1}{\sqrt{Y_i}} V_r^i + \beta_A \left( \frac{A}{Y_i} \right) + \beta_{K_1} D_1 + \dots + \beta_{K_n} D_n$$

Hierbei bezeichnen die Variablen  $D_i$  die branchenspezifischen Dummies, die für die Branche  $i$  den Wert 1 und für die anderen Branchen den Wert Null annehmen. Die Parameter  $\beta_{C_i}$ ,  $\beta_{L_i}$  und  $\beta_{K_i}$ ,  $\forall i = 1, 2, \dots, n$  sind die branchenspezifischen 'fixed effects' in der Kosten-, Arbeitsnachfrage- und Kapitalnachfragefunktion. Ökonomisch haben diese Parameter keinen Aussagegehalt; sie reflektieren lediglich sektorale Niveauunterschiede in den endogenen Variablen.

In der Tabelle 2 präsentieren wir unsere Schätzergebnisse. Mit Ausnahme des Parameters  $\beta_w$  sind alle geschätzten Koeffizienten hochsignifikant und die Anpassungsgüte in den Gleichungen ist sehr zufriedenstellend. Im unteren Teil der Tabelle sind die Statistiken der durchgeführten Spezifikationstests aufgeführt: Die Likelihood-Ratio Teststatistik  $LR_D$  vergleicht die Schätzergebnisse des Modells unter Einbeziehung der branchenspezifischen Dummies mit den Schätzergebnissen des Modells unter Ausschluß dieser Dummies, wobei letztere Hypothese hochsignifikant verworfen wird. Ferner weisen wir sowohl Likelihood-Ratio Teststatistiken als auch Wald-Teststatistiken für zwei weitere Hypothesentests aus:<sup>17)</sup>

17) Da beide Tests zum Standardinstrumentarium der angewandten Ökonometrie gehören, verzichten wir hier auf deren Darstellung und verweisen auf die einschlägige Lehrbuchliteratur, z.B. Greene (1990).

Tabelle 2: Ergebnisse der Panel-Schätzung für 31 Industriezweige für den Zeitraum 1970-1989.<sup>1)</sup>

$\beta_w$	0.00564	( 0.5)	$\beta_Y$	$-2.367 \cdot 10^{-6}$	( 7.2)
$\beta_r$	0.75778	(10.1)	$\beta_t$	0.00124	( 7.0)
$\beta_{wr}$	0.00992	( 5.7)	$\beta_{YT}$	$1.826 \cdot 10^{-5}$	( 3.5)
$\beta_{wY}$	0.00099	( 8.2)	$\beta_{wA}$	0.11943	(10.5)
$\beta_{rY}$	0.00119	( 2.3)	$\beta_{rA}$	0.19049	( 4.7)
$\beta_{wt}$	-0.01360	( 5.6)	$\beta_{tA}$	-0.00249	( 2.2)
$\beta_{rt}$	-0.04683	( 6.8)	$\beta_{YA}$	-0.00122	( 7.4)
$\beta_A$	-0.01925	( 6.3)			

  

Kostengleichung: $\bar{R}^2 = 0.886$	
Arbeitsnachfr.: $\bar{R}^2 = 0.859$	
Kapitalnachfr.: $\bar{R}^2 = 0.365$	
Spezifikationstests: <sup>2)</sup>	
$LR_D$ (FG = 93) =	3029,12
$LR_A$ (FG = 5) =	158,16
$LR_H$ (FG = 5) =	76,84
$WT_A$ (FG = 5) =	214,02
$WT_H$ (FG = 5) =	93,28

1) t-Werte sind in Klammern angegeben.

Die Gesamtzahl der Beobachtungen beträgt  $t [= 20] \cdot n [= 31] = 620$ .

Die 93 'fixed-effects' Parameter  $\beta_{ij}$ ,  $j = C, L, K$ ;  $i = 1, 2, \dots, n$ , werden nicht ausgewiesen.

2) LR bezeichnet Likelihood-Ratio Test-Statistiken, WT Wald-Test-Statistiken; beide Prüfgrößen sind Chi-Quadrat verteilt mit den in Klammern angegebenen Freiheitsgraden.

$LR_D$ : Testet das Modell mit branchenspezifischen Dummies gegen das Modell ohne diese Dummies.

$LR_A$  bzw.  $WT_A$ : Testet das Modell (unter Einbeziehung branchenspezifischer Dummies) unter Einschluß der Variable A gegen das Modell bei Ausschluß der Variable A (wobei auch hier die Branchendummies mitgeschätzt werden).

$LR_H$  bzw.  $WT_H$ : Testet auf die Annahme konstanter Skalenerträge in der Kostenfunktion.

$LR_A$  bzw.  $WT_A$  testen, ob die Variable A überhaupt einen signifikanten Erklärungsbeitrag liefert. Wie auch die auf die einzelnen Koeffizienten ausgerichteten t-Tests bestätigen beide Tests den signifikanten Einfluß der „Autobahnvariable“ auf die Kostenfunktion im Verarbeitenden Gewerbe. Wir haben das System (10a) – (10c) auch für jede Industrie separat geschätzt, und dort ebenfalls die Teststatistiken  $LR_A$  bzw.  $WT_A$  für jede Industrie berechnet, wobei in 9 Industrien der Test negativ war, also ein signifikanter Einfluß der Variable A nicht bestätigt werden konnte.<sup>18)</sup> Mit den Teststatistiken  $LR_H$  bzw.  $WT_H$  wird die Annahme konstanter Skalenerträge überprüft, die mit hoher Signifikanz verworfen wird. Auch dieser Test

18) Und zwar in folgenden Industrien: 1) Chem. Ind, Spalt- und Brutstoffe, 2) Holzbearbeitung, 3) Stahlverformung, 4) Feinmechanik, Optik 5) Büromaschinen, ADV, 6) Kunststoffwaren, 7) Ledergewerbe, 8) Bekleidungsindustrie, 9) Nahrungs- und Genussmittelindustrie.

wurde industriespezifisch durchgeführt, wobei in lediglich 4 Industrien die Annahme konstanter Skalenerträge nicht verworfen werden konnte.<sup>19)</sup> Von der Präsentation der Schätzergebnisse für die einzelnen Branchen sehen wir nicht nur aus Platzgründen ab. Da uns lediglich 20 Beobachtungen (bei 15 zu schätzenden Parametern!) zur Verfügung stehen, ist der statistische Aussagegehalt dieser Schätzungen sehr eingeschränkt.

Wenden wir uns nun den empirischen Inhalten der in unserem theoretischen Modell behandelten Effekte zu. Für die Beziehung zwischen privatem und dem öffentlichen Infrastrukturgut „Autobahn“ schätzen wir eine komplementäre Beziehung, d.h. es gilt  $\delta K_i / \delta A > 0$ , und für den Faktor Arbeit eine substitutive Beziehung, d.h. es gilt  $\delta L_i / \delta A < 0$ .<sup>20)</sup> Dieses Resultat steht im Einklang mit Untersuchungen, die den gesamten öffentlichen Infrastrukturalstock als externen Produktionsfaktor analysieren, siehe Conrad und Seitz (1992b). Die geschätzte komplementäre Beziehung zwischen privatem und öffentlichem Kapital stützt die sogenannte 'public capital hypothesis', siehe Tatom (1991 a, 1991 b), nach der die öffentliche Infrastruktur nicht nur die Grenzproduktivität des privaten Kapitals erhöht, sondern in einem gewissen Umfang auch eine notwendige Vorbedingung für die Nachfrage nach privatem Kapital darstellt. Man denke nur an die Erschließung von Gewerbegebieten (Straßenbau, Abwassersystem usw.) als Vorbedingung für eine erfolgreiche Gewerbeansiedlungspolitik, oder die Anbindung abgelegener bzw. benachteiligter Regionen an das Bundesautobahnnetz. Die Effekte der Bundesautobahnen auf Arbeit und privates Kapital sind quantitativ jedoch äußerst gering: Wir haben eine durchschnittliche „Autobahn“-Elastizität der Arbeitsnachfrage von -0.00038 und bezüglich der Kapitalnachfrage von 0.0254 berechnet.

An dem geschätzten Parameter  $\beta_{tA}$  läßt sich der Effekt der Versorgung mit Autobahnen auf die TFP ablesen. Unsere Schätzungen zeigen einen positiven Effekt der Autobahnen auf die TFP: Der Ausbau der Autobahnen hat das Produktivitätswachstum in den Sektoren unterstützt.

Letztendlich wenden wir uns der Analyse der geschätzten Schattenpreise für die Autobahnnutzung zu, den wir durch Differentiation der Gleichung (9a) nach A erhalten:

$$(12) \quad s_{A_i} = \frac{\partial C_i}{\partial A} = - (0.5 \sqrt{Y_i} [ \beta_{wA} w_i \frac{1}{\sqrt{A}} + \beta_{rA} r_i \frac{1}{\sqrt{A}} + (w_i + r_i) ( \beta_{YA} \sqrt{\frac{Y_i}{A}} + \beta_{tA} \sqrt{\frac{t}{A}} ) ] + (w_i + r_i) \beta_A)$$

19) 1) Feinmechanik, Optik; 2) EBM-Waren; 3) Ledergewerbe; 4) Bekleidungsindustrie.

20) Arbeit und Kapital sind nach unseren Schätzungen substitutive Produktionsfaktoren.

Die Lohnelastizität der Arbeitsnachfrage wurde mit -0.015 L, die direkte Preiselastizität der Kapitalnachfrage mit -0.051 geschätzt.

Tabelle 3: Der Schattenpreis der Nutzung von Bundesautobahnen

	$S_{Ai}^{1)}$	ABG <sup>2)</sup>
Steine / Erden	32,751 (3.29)	187
Eisenschaffende Industrie	48,917 (3.63)	234
NE-Metallerzeugung	24,682 (2.08)	95
Eisen- / Stahlguß	24,701 (1.84)	171
NE-Metallguß	31,722 (2.56)	250
Ziehereien / Kaltwalzwerke	22,858 (2.01)	79
Chemie, Spalt- / Brutstoffe	56,170 (5.03)	264
Holzbearbeitung	17,207 (4.22)	69
Zellstoff- / Papiererzeugung	20,446 (1.66)	84
Gummiverarbeitung	24,333 (2.04)	146
Stahlverformung	26,569 (2.38)	195
Stahlbau	35,002 (3.06)	259
Maschinenbau	60,407 (5.37)	407
Straßenfahrzeugbau	77,793 (5.21)	434
Schiffbau	35,692 (2.01)	138
Luft- / Raumfahrzeugbau	15,990 (1.59)	138
Elektrotechnik	60,115 (5.04)	422
Feinmechanik, Optik	25,483 (2.55)	198
EBM-Waren	40,498 (3.77)	266
Büromaschinen, ADV	14,588 (1.63)	112
Musikinstrumente, Spielwaren	15,864 (1.71)	102
Feinkeramik	20,512 (1.85)	161
Glasgewerbe	20,057 (1.85)	125
Holzverarbeitung	32,387 (3.26)	201
Papierverarbeitung	21,399 (2.15)	115
Druckerei	36,806 (3.11)	305
Kunststoffwaren	30,342 (2.98)	178
Ledergewerbe	17,856 (1.77)	104
Textilgewerbe	32,575 (3.35)	182
Bekleidungs-gewerbe	21,627 (2.55)	112
Nahrungs- / Genußmittelindustrie	43,323 (4.94)	166
Durchschnitt der Industrien	31,893 (2.92)	191

1) Die Werte  $S_{Ai}$  geben an, welchen Kostenvorteil in DM die betreffende Industrie aus der zusätzlichen Bereitstellung eines km Bundesautobahnstrecke pro 1 Million DM Nettowertschöpfung hat. In Klammern sind die  $t$ -Werte angegeben.

2) Autobahnbenutzungsgebühr in DM für den Transport eines Warenwertes von 100.000 DM über eine Strecke von 350 km.

Dieser Schattenpreis  $s_{Ai}$  gibt an, um welchen Betrag die privaten Produktionskosten in der Industrie  $i$  sinken, wenn das Bundesautobahnnetz um einen zusätzlichen Kilometer ausgeweitet wird. Die Schätzergebnisse für die 31 Branchen sind in der zweiten Spalte der

Tabelle 3 ausgewiesen. Im Durchschnitt entsteht durch die Bereitstellung eines zusätzlichen Kilometers Bundesautobahnnetz bei der Produktion eines Outputäquivalent von 1 Million DM Nettowertschöpfung (real, in Preisen von 1980) Kostenersparnisse in Höhe von ca. 32 DM. Die geringsten Kostenersparnisse haben wir für den Sektor Büromaschinen/ADV (ca. 14,60 DM) und den Luft- und Raumfahrzeugbau (ca. 16,00 DM) errechnet. Weit überdurchschnittliche Kosteneinsparungen entstehen in den Sektoren Straßenfahrzeuge (ca. 77,80 DM) und Maschinenbau (ca. 60,40 DM). Ausgewiesen sind in Tabelle 3 auch die  $t$ -Werte (evaluiert in der Mitte der Schätzperiode, also dem Jahr 1980) der berechneten Schattenpreise; lediglich in 8 Sektoren liegen diese Prüfstatistiken unter dem kritischen Wert von 2.0.

Eine 'plastische' Ergebnisinterpretation erhält man, wenn man unsere Schätzergebnisse dazu heranzieht, eine konkrete Autobahngebühr zu berechnen, wobei wir den Umsatz als Bemessungsgrundlage wählen, da dieser in der Praxis die gängigste Meßgröße darstellt und man wohl kaum eine ABG auf Basis der Nettowertschöpfung berechnen würde. Diese 'optimale'  $ABG_{U, S}^*$ , läßt sich aus der Relation:

$$(13) \quad ABG_{U, S}^* = s_{a_i} \cdot \left( \frac{U_i}{Y_i} \right) \cdot X \cdot \frac{s}{2}$$

ableiten. Hierbei bezeichnet  $Y_i$  bzw.  $U_i$  den Nettoproduktionswert bzw. den Umsatz in der Industrie  $i$ . Der Faktor  $(U_i/Y_i)$  dient lediglich der Umrechnung von der Nettowertschöpfung in den Umsatz. Aus (13) läßt sich somit ableiten, welche ABG beim Transport eines Warenwertes in Höhe von  $X$  DM (dem transportierten Warenumsatz in laufenden Preisen, ohne MwSt) über eine Strecke von  $s$  Kilometer<sup>21)</sup> von der Industrie  $i$  zu bezahlen wäre, wenn man die Autobahnbenutzung mit deren Schattenpreis verrechnen würde. Die Autobahngebühr setzt sich also aus drei Komponenten zusammen: Dem Schattenpreis der Autobahnbenutzung, der zurückgelegten Wegstrecke und dem transportierten Warenwert.

In Tabelle 3 ist in der letzten Spalte eine Autobahngebühr beispielhaft berechnet. Hierbei haben wir angenommen, daß ein Warenwert von 100.000 DM über eine Strecke von 350 km auf der Autobahn transportiert wird. Dies entspricht in etwa der 'Péage'-pflichtigen Strecke Saarbrücken-Paris, wofür wir in Abschnitt 2 die Kostensätze aufgeführt haben: ca. 100 DM für einen 5-achsigen, ca. 55,- DM für einen zweiachsigen LKW. Nach unserem Konzept müßte für unseren Beispieltransport eine ABG von durchschnittlich ca. 190,- DM bezahlt werden; mit dieser Gebühr würde man der Industrie die gesamten Kostenvorteile aus der Bereitstellung von Bundesautobahnen entziehen. Im Durchschnitt unseres Beispielfalles müßte eine Autobahnbenutzungsgebühr von ca. 0,19% des Warenwertes entrichtet werden.

Für die Sektoren Holzbearbeitung, Zellstoff- und Papiererzeugnisse, Ziehereien/Kaltwalzwerke sowie den NE-Metallguß würde die ABG unter 100,- DM liegen. Die höchsten Autobahngebühren, mit einem Betrag von über 400,- DM, wären von den Sektoren Maschi-

21) Die Division von  $s$  durch 2 in der Gleichung 13 ergibt sich daraus, daß unsere Autobahnvariable  $A$  das nur in einer Richtung gemessene Bundesautobahnstreckennetz darstellt.

nenbau, Elektrotechnik und Straßenfahrzeugbau zu entrichten. Diese Kostensätze sind natürlich nur sehr schwer mit den französischen Péage-Gebühren vergleichbar, da beide von völlig unterschiedlichen Bemessungsgrundlagen ausgehen: In Frankreich wird die Größe des LKW in Verbindung mit der zurückgelegten Strecke zu Grunde gelegt, während bei unserer ABG die Größe des LKW keine Rolle spielt, sondern lediglich der Wert der über eine bestimmte Strecke transportierten Ware.<sup>22)</sup>

## 5. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde mit Hilfe eines dualitätstheoretischen Meßkonzepts der monetäre Wert der Benutzung der Autobahnen durch die private Industrie bestimmt. Die vorgelegten Schätzergebnisse stützen die Hypothese, daß bei der Industrie durch die Nutzung der BAB Kosteneinsparungen entstehen. Würde man der Industrie diese Kostenvorteile entziehen wollen, müßte man die Autobahnbenutzung mit deren Schattenpreis verrechnen, wobei wir für einen Beispieltransport eines Warenwertes von 100.000 DM auf einer Strecke von 350 km einen durchschnittlichen Gebührensatz von knapp 0.2% des Frachtwertes bestimmt haben.

Die von uns konzipierte ABG nach dem „pay-as-you-benefit“ Prinzip unterscheidet sich fundamental von der auf der Basis von Wegekostenrechnungen bestimmten, am Prinzip „pay-as-you-use“ ausgerichteten, Autobahngebühren. Letztere setzen an der tatsächlichen Inanspruchnahme der Autobahnen durch das Lastkraftfahrzeug (z.B. dessen Größe oder Gewicht) an. Unter der Annahme, daß die von dem Fahrzeug verursachten (negativen) Externalitäten im Verkehr proportional den Klassifikationskriterien der Lastkraftwagen sind (Größe, Gewicht, Anzahl der Achsen usw.) würde eine „pay-as-you-use“ Gebühr dem Aspekt der Rivalität im Konsum des öffentlichen Gutes „Nutzung der Autobahnen“ Rechnung tragen und damit Anreize zum „sparsamen“ Umgang mit diesem Gut schaffen. Eine „pay-as-you-benefit“ Gebühr hingegen würde den Aspekt der Rivalität im Konsum überhaupt nicht berücksichtigen<sup>23)</sup> und ohne weitere Modifikationen auch keine Anreize zum sparsamen Umgang mit dieser Ressource schaffen; eine solche Gebühr wäre primär von der fiskalischen Zielsetzung der Einnahmeerzielung bestimmt, was wohl auch der tatsächlichen Motivation für die Einführung einer ABG entspricht.

Wie ist die praktische Umsetzbarkeit einer solchen, an Kosteneinsparungen orientierten ABG zu beurteilen? Es dürfte klar sein, daß eine intersektorale Preisdifferenzierung bei Autobahngebühren nur schwer zu realisieren ist und die Abrechnung eines jeden Warentransports nach dem bewegten Umsatz und der zurückgelegten Strecke einen enormen Verwaltungsaufwand verursachen würde. Wenn die fiskalische Zielsetzung der Beschaffung von Einnahmen ohnehin die Hauptmotivation für die Einführung einer ABG ist, so würde es sich daher anbieten, eine ABG pauschal in Form eines Zuschlags (von 0.1% bis 0.2%?) auf

22) Bei unserer ABG würde also ein leerfahrender LKW keine ABG zu entrichten haben, wohingegen ein VW Golf, der z.B. kostbaren Schmuck transportiert, u.U. den gleichen Satz zu entrichten hätte wie ein mit PKW beladener LKW.

23) Dies erkennt man schon daran, daß für ein leerfahrendes Fahrzeug keine ABG zu entrichten wäre, da X in Gleichung (13) gleich Null ist.

die Mehrwertsteuer zu erheben. Die Mehrwertsteuer als Zuschlagsbasis zu wählen mag auf den ersten Blick überraschend sein, da man wohl zunächst an die Mineralölsteuer denken würde. Ein Autobahn-Zuschlag auf die Mineralölsteuer würde aber mehr dem 'pay-as-you-use' Prinzip entsprechen, da der Benzinverbrauch mit der Größe des LKW korreliert sein wird.

Die Erträge aus dem MwSt-Zuschlag wären zweckgebunden für Investitionen im Verkehrsbereich zu verwenden. Damit würde man zumindest tendenziell eine Verrechnung der Autobahnbenutzung am Prinzip der Leistungsfähigkeit ausrichten, wobei der Umsatz als Indikatorvariable für die Leistungsfähigkeit herangezogen wird. Für Exporte dürfte dieser Autobahn-Zuschlag auf die Mehrwertsteuer nicht vorsteuerabzugsberechtigt sein. Nicht erfasst würde man jedoch den Durchgangsgüterverkehr ausländischer Fahrzeuge durch die Bundesrepublik; hier müßte man andere Regelungen finden, wie die Entrichtung einer Gebühr an der Grenze. Verwaltungstechnisch wäre die „Mehrwertsteuerzuschlagslösung“ auch die einfachste Art zusätzliche Finanzmittel zur Deckung der Wegekosten bzw. zum Auf- und Ausbau des ostdeutschen Verkehrsnetzes zu beschaffen.

Bei diesem Verfahren wäre es auch möglich, anreizorientierte Ausgestaltungen des Mehrwertsteuerzuschlags zu integrieren: So könnte z.B. bei der Inanspruchnahme von Binnenschiffen oder der Eisenbahn der Mehrwertsteuerzuschlag rückvergütet werden, bzw. er wird nicht erhoben. Die begünstigten Warenumsätze könnten aus den Frachtpapieren oder den Frachtversicherungsunterlagen entnommen werden. Damit würden Waren, bei deren Transport großteils 'umweltfreundliche' und/oder 'straßenverkehrsentslastende' Transportmedien eingesetzt werden, billiger als vergleichbare Waren, die vorwiegend auf der Straße bewegt werden.

## Literatur

- Arndt, Helmut und Dieter Swatek, (Hrsg.), (1971): „Grundfragen der Infrastrukturplanung für wachsende Volkswirtschaften“, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Band 58, Berlin 1971.
- Aschauer, David, (1989): „Is Public Expenditure Productive?“, Journal of Monetary Economics, Band 23, Seite 177-200.
- van der Bellen, Alexander (1985): „Mautautobahngesellschaften: Ein internationaler Überblick“, Zeitschrift für öffentliche und gemeinwirtschaftliche Unternehmen, Band 8, Seite 446-462.
- Berndt, Ernst und Hansson Bengt, (1991): „Measuring the Contribution of Public Infrastructure Capital in Sweden“, NBER Working Paper Nr. 3842.
- Biehl, Dieter u.a., (1975), „Bestimmungsgründe des regionalen Entwicklungspotentials: Infrastruktur, Agglomeration und sektorale Wirtschaftsstruktur“, Tübingen 1975.
- Biehl, Dieter, (1991), „The Role of Infrastructure in Regional Development“, in: R. W. Vicerian, (Hrsg.), „Infrastructure and Regional Development“, London 1991.

- Borchert, Knut, (1971): „Die Bedeutung der Infrastruktur für die sozialökonomische Entwicklung“, in: Arndt, Helmut und Dieter Swatek (Hrsg.), „Grundfragen der Infrastrukturplanung für wachsende Volkswirtschaften“, Schriften des Vereins für Socialpolitik, Band 58, Seite 11-30, Berlin 1971.
- Chambers, Robert, (1988), „Applied Production Analysis: A Dual Approach“, London 1988.
- Conrad, Klaus und Helmut Seitz, (1992a): „The Public Capital Hypothesis: The Case of Germany“, in: Recherches Economiques de Louvain, Vol. 58, Seite 309-327.
- Conrad, Klaus und Helmut Seitz, (1992b): „The Economic Benefits of Public Infrastructure“, Discussion Paper, Nr. 469-92, Institut für Volkswirtschaftslehre und Statistik, Universität Mannheim 1992.
- Costa, Jose, Ellson, Richard und Randolph Martin, (1987): „Public Capital, Regional Output and Development: Some Empirical Evidence“, Journal of Regional Science, Band 27, Seite 419-435.
- Diewert, Walter, (1986): „The Measurement of the Economic Benefits of Infrastructure Services“, Heidelberg, New York 1986.
- Enderlein, Heinz und Uwe Kunert (1990): „Berechnung der Kosten und der Ausgaben für die Wege des Eisenbahn-, Straßen-, Binnenschiffs- und Luftverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland 1987.“, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Beiträge zur Strukturfor- schung, Heft 119, Berlin 1990.
- Erber, Georg und Alfred Haid, (1991), „Total Factor Productivity in the Federal Republik of Germany (1970-1989), Arbeitspapier Nr. 15/91, DIW, Berlin.
- Fuss, Melvyn und Daniel McFadden (Hrsg.), (1978), „Production Economics: A Dual Ap- proach to Theory and Application“, North-Holland, Amsterdam und New York 1987.
- Green, William (1990), „Econometric Analysis“, MacMillan Publishing Company, New York, London 1990.
- Jorgenson, Dale (1963), „Capital Theory and Investment Behavior“, American Economic Review, Band 53, Seite 247-259.
- Nadiri, Ishaq und Theofanis Mamuneas, (1991): „The Effect of Public Infrastructure and R&D Capital on the Cost Structure and Performance of U.S. Manufacturing Industries“, NBER Working Paper Nr. 3887.
- Segal, David (1975): „Are There Returns to Scale in City Size?“, Review of Economics and Statistics, Band 58, Seite 339-350.
- Tatom, John, (1991a): „Should Government Spending on Capital Goods be Raised?“, Re- view of the Federal Reserve Bank of St. Louis, Band 73, Heft 2, Seite 3-15.
- Tatom, John, (1991b): „Public Capital and Private Sector Performance“, Review of the Fe- deral Reserve Bank of St. Louis, Band 73, Heft 1, Seite 3-15.
- Seitz, Helmut, (1986): „Eine empirische Studie zur Folgelastenproblematik kommunaler Investitionen“, in: Eberhard Wille (Hrsg.), Konkrete Probleme öffentlicher Planung, Seite 203-221, Frankfurt a.M. 1976.

### Abstract

The paper uses a generalized cost function incorporating physical as well as monetary measures of the provision of public road infrastructure capital as fixed unpaid factors of production. The productivity impact of public road infrastructures is recovered by applying duality theory and estimating the shadow-price, that is the savings in private production cost, associa- ted with the provision of public highways. Estimation is done using a panel data set of 31 2-digit industries of the German manufacturing industry. The estimates are used to calculate a 'pay-as-you-benefit' based tolling system.