

68. Jahrgang – Heft 4 – 1997

## ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFT

### INHALT DES HEFTES:

- |   |           |
|---|-----------|
| Die Berücksichtigung von Neuverkehr bei der<br>Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen<br>Von Peter Cerwenka, Wien                | Seite 221 |
| Europäische Umweltabgabe auf den Pkw-Verkehr?<br>-Empirische Analyse der Kraftstoffnachfrage-<br>Von Karl-Heinz Storchmann, Essen | Seite 249 |
| Die räumliche Trennung von Arbeiten und Wohnen<br>-Kritik einer populären Kritik-<br>Von Klaus Schöler, Potsdam                   | Seite 277 |

Manuskripte sind zu senden an die Herausgeber:  
Prof. Dr. Herbert Baum  
Prof. Dr. Rainer Willeke  
Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln  
50923 Köln

Verlag – Herstellung – Vertrieb – Anzeigen:  
Verkehrs-Verlag J. Fischer, Paulusstraße 1, 40237 Düsseldorf  
Telefon: (0211) 9 91 93-0, Telefax (0211) 6 80 15 44  
Einzelheft DM 23,50 – Jahresabonnement DM 86,20  
zuzüglich MwSt und Versandkosten  
Für Anzeigen gilt Preisliste Nr. 13 vom 1.1. 1997  
Erscheinungsweise: vierteljährlich

*Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.*

## Die Berücksichtigung von Neuverkehr bei der Bewertung von Verkehrsweginvestitionen

VON PETER CERWENKA, WIEN

### 1. Veranlassung und Anliegen

Regelmäßig wiederkehrend finden sich in den letzten Jahren auf einschlägigen Tagungen und in ebensolchen Zeitschriften - insbesondere aus dem Munde bzw. der Feder von verbal grün hinterlegten Verkehrsplanern - Äußerungen, die auch dankbar und eifrig von entsprechend eingefärbten Politikern aufgegriffen werden, etwa der folgenden Argumentation: Da durch neue Verkehrsinfrastrukturen (gemeint ist in aller Regel der als Feindbild gepflegte Straßenbau, aber nicht nur!) neuer Verkehr induziert wird, der bewirkt, daß trotz maßnahmebedingt beschleunigten Verkehrs im betrachteten System insgesamt gleich viel Transportzeit zugebracht wird wie vor der Realisierung der verkehrsbeschleunigenden infrastrukturellen Maßnahme („Zeiteinsparungsparadoxon“), sei es falsch und unzulässig, bei deren ökonomischer Bewertung maßnahmebedingte Zeiteinsparungen (die überdies zumeist den Löwenanteil an monetär transformierten Nutzen in ökonomischen Bewertungen für solche Maßnahmen ausmachen) in Rechnung zu stellen. Somit sei eigentlich jede weitere geschwindigkeitserhöhende Verkehrsinfrastrukturmaßnahme ökonomisch ineffizient und habe daher zu unterbleiben.

Stellvertretend für viele derartige, zurzeit geradezu modisch grassierende Äußerungen seien (in zeitlicher Reihenfolge) drei einschlägige Zitate aus der Fachliteratur angeführt:

- 1994 schrieb Topp<sup>1</sup>: „Höhere Geschwindigkeiten ... durch Beschleunigung innerhalb eines Verkehrssystems - beispielsweise durch Straßenausbau oder Aufbau eines S-Bahnnetzes - führen keineswegs zu Reisezeiteinsparungen, wie immer argumentiert wird, sondern sie führen auf Dauer im statistischen Durchschnitt allein zu einem größeren Aktionsraum innerhalb des gleichen Zeitaufwandes. Insofern sind die monetarisierten Zeitersparnisse in Kosten-Nutzen-Analysen für Verkehrsprojekte in Stadt- und Regionalverkehr reine Fiktion.“

---

*Anschrift des Verfassers:*

Prof. Dr. Peter Cerwenka  
Institut für Verkehrssystemplanung  
Technische Universität Wien  
Gußhausstraße 30/269  
A-1040 Wien

<sup>1</sup> Topp, H.H.: Weniger Verkehr bei gleicher Mobilität? In: Internationales Verkehrswesen, 46(1994), Nr. 9, S. 486-493; hier: S. 490.

- 1996 bekräftigte Knoflacher<sup>2</sup>: „Es gibt keine Zeiteinsparungen durch Geschwindigkeitserhöhung im System. Selbstverständlich erlebt jeder von uns, wenn er sich schneller von A nach B bewegt, daß er weniger Zeit benötigt. Dies wird nun von Ökonomen, Technikern dazu benutzt, die Summe der Zeiteinsparungen mit bestimmten Geldbeträgen zu multiplizieren, um daraus den 'Nutzen' jeder Investition für schnellere Verkehrssysteme zu begründen. ... Es werden daher sämtliche Investitionen für schnelle Verkehrssysteme mit einer Größe begründet, die gar nicht existiert. Die Wirkungen dieses Irrtums sind allerdings erheblich.“
- Und 1997 sattelte Kotyza<sup>3</sup> noch nach: „Da also höhere Geschwindigkeiten bei konstantem Zeitaufwand lediglich zu einer Ausdehnung der Reiseweiten führen, sind Investitionen in die Verkehrswege alleine daraus nicht zu rechtfertigen. Der Großteil der Verkehrsprojekte wird aber mit dem Nutzen der Zeiteinsparung begründet. Das ist eigentlich Unsinn, wenn die Zeit immer gleich ist.“

Nun scheint von der empirischen Befundlage der Fakten her gesehen alles in den zitierten Äußerungen seine Richtigkeit und Ordnung zu haben, aber dem scharf, unbeirrt und ohne ideologische Vorbelastung beobachtenden Zeitgenossen entgeht nun einmal nicht, daß das Verhalten der am Verkehr teilnehmenden Menschen eine gänzlich andere Sprache spricht. Und das Interessante und zum Nachdenken geradezu Herausfordernde daran besteht darin, daß diese gänzlich andere „Mobilitätssprache“ nicht nur von unwissenden Laien, sondern gerade und ganz besonders von den Verächtern der Zeiteinsparungstheorie selbst gepflogen wird.<sup>4</sup> Der Autor hat sich über Jahre hinweg bemüht, gerade bei sehr konkreten Mobilitätsanlässen an bewußten Kritikern der Schnelligkeit das Motiv für deren konträr zu ihrem Wissen praktiziertes Handeln zu eruieren. Auswahlhaft mögen aus den persönlichen Erfahrungen des Autors folgende Beispiele die prall widerspruchsgeladene Szenerie ausleuchten:

- Nahezu alle höheren Chargen diverser europäischer Bahnmanagements bzw. öffentlicher Verkehrsunternehmen benutzen für kurze dienstliche Wege einen Dienstwagen, für lange Strecken das Flugzeug und diskreditieren auf diese Weise ihr eigenes Produkt, und zwar - auf konkretes Nachfragen hin - stets und ausnahmslos mit der Unter-vier-Augen-Begründung, daß sie mit ihrem eigenen Produkt zu langsam vorankommen.
- Viele der sich in der Öffentlichkeit artikulierenden Kritiker der Schnelligkeit gehören höheren Einkommenschichten an und leben ganz ungeniert genau jene unsanfte Mobilität, die sie an anderen so eindrucksvoll anprangern: Sie haben einen hochattraktiven

<sup>2</sup> Knoflacher, H.: Ursachen für das Wachstum mechanischer Mobilität und seine Folgen. In: Riedl, R.; Delpos, M. (Hrsg.): Die Ursachen des Wachstums, S. 200-210; hier: S. 202-203, Wien, 1996.

<sup>3</sup> Kotyza, G.: Ökologie versus Mobilität. In: Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 142(1997), Nr. 6, S. 519-521; hier: S. 520.

<sup>4</sup> Siehe etwa: Borgeest, B.; Miersch, M.; Kühlenbeck, T.: Wir Öko-Schweine. In: Natur, 16(1996), Nr. 1, S. 16-22.

Arbeitsplatz im grauen Zentrum einer Stadt (z.B. an einer Universität oder in einem Planungsamt) und in typischer Pendelentfernung davon (ca. 20 - 30 km) ein hübsches, womöglich freistehendes Häuschen im Grünen und/oder (mehrere) Ingenieurbüros in beachtlicher Entfernung von ihrem Wohn- oder Erstarbeitsplatz. Die Distanzen dazwischen legen sie aber natürlich keineswegs sanft zu Fuß zurück. Auch sind sie in aller Regel nicht bereit, entweder das hübsche Häuschen im Grünen oder ihre attraktiven, oft auf mehrere Städte verteilten Arbeitsplätze im Grauen aufzugeben, sondern sie ziehen offenbar einen enormen Nutzen aus all den Distanzen, die sie mit entsprechend schnellen Verkehrsmitteln in ihrem (vielleicht einigermaßen) konstanten Zeitbudget überwinden können. Sie wählen diese ihre Situation auch durchaus freiwillig und werden von niemandem dazu gezwungen.

- Am augenfälligsten auch für jeden Laien wahrnehmbar ist das Verhalten von Fahrradkurieren: Sich kaum durch Verkehrsregeln zu Langsamkeit irritieren lassend, suchen sie sich jeweils den streng zeitkürzesten Weg zu ihren Auftragszielen, da sie ja nicht (wie etwa Beamte) nach Zeit, sondern nach der Anzahl und Entfernungsklasse erledigter Aufträge bezahlt werden. (Auch sie wählen dieses Verhalten ganz freiwillig, niemand zwingt sie.) Die Gesamtzeit, die sie im Einsatz sind, mag dabei im Durchschnitt - je nach persönlicher Fitneß - ziemlich konstant bleiben. Kaum eine Fahrradkurierorganisation wird auf den abwegigen Gedanken verfallen, ihre Kuriere nach reiner Einsatzzeit zu bezahlen.
- Abschließend zu diesem Auszug aus der Registerarie der Widersprüche ist noch ein Fundamental-Paradoxon anzuführen, das der Autor schon an anderer Stelle<sup>5</sup> dokumentiert hat: „Wer den realen Wert von zunächst eingesparter und dann reinvestierter Mobilitätszeit leugnet, muß ohne Wenn und Aber die gesamten Infrastrukturmetze für motorisierten Verkehr (also nicht nur Kraftverkehrsstraßen, sondern auch Schienennetze u.a.) rückbauen und anderen Nutzungen zuführen, da diese anderen Nutzungen auf jeden Fall wertvoller wären und Verkehrsinfrastruktur ja nur den einzigen, dann allerdings völlig wertlosen Zweck hat: den Raum in kurzer Zeit zu überwinden.“

Dieses Gewitter von herabprasselnden Widersprüchen ist keineswegs dazu bestimmt, die Kritiker der Schnelligkeit wegen Unglaubwürdigkeit ihres eigenen Mobilitätsverhaltens (zu dessen negativen Folgen sie nicht ungern durch Selbstaufopferung in Form eines ausge dehnten globalisierten Kongreßtourismus sowohl weltweit verdienstvolle missionarische Aufklärungsarbeit als auch ihren Beitrag leisten) an den Pranger zu stellen. Mögen begnadete Heuchler noch so sehr darüber klagen, daß andere genau das tun, was jene diesen verbieten möchten, weil man Verbotenes am liebsten exklusiv tut, aber das wirkt nicht erkenntnisfördernd. Vielmehr besteht die Absicht des Autors darin, die ganz offensichtliche Diskrepanz zwischen Reden und Handeln gerade der Kritiker dankbar als fruchtbaren Wi-

<sup>5</sup> Cerwenka, P.: Mobilität zwischen Empirie und Engagement. In: Internationales Verkehrswesen, 46(1994), Nr. 11, S. 654-655.

derspruch aufzugreifen, um klärendes Licht ins Dunkel der bisherigen Argumentation zu bringen: Der ungeklärte Widerspruch ist ja die eigentliche Herausforderung des Wissenschaftlers. Und der hier soeben herausziselierende, unabweisbare Widerspruch ist der eigentliche Anlaß für den vorliegenden Beitrag.

Als wichtiges Anliegen in Verfolgung dieser Absicht ist noch festzuhalten, daß möglichst umfassende ideologische Enthaltensamkeit angestrebt wird, denn „insgesamt ist zu diesem Thema ... eine bedenkliche ideologische Polarisierung festzustellen: Die klassischen Blei-fuß-Ideologen lassen einzig das Zeiteinsparungsargument gelten und bagatellisieren alle unerwünschten Begleiteffekte des motorisierten Verkehrs; die postmodernen Gegenideologen aus dem Lager der Grünbewegten erklären den Wert von Zeiteinsparungen für nicht existent und verabsolutieren damit die negativen Begleiteffekte.“<sup>6</sup>

Ein weiteres Anliegen besteht darin, daß äußerste begriffliche Klarheit, genaue Dimensionsangaben, übersichtliche Strukturierung und argumentative Nachvollziehbarkeit angestrebt werden, weil der didaktische Zweck des Überzeugens in diesem Beitrag dominiert. Insbesondere sollen die beiden hauptsächlich involvierten „Kulturen“, die der Ökonomen und die der Ingenieure, zu einer Verständnissymbiose zusammengeführt werden. Zugunsten dieser angestrebten Klarheit und Mittlerrolle werden auch einige vereinfachende Annahmen getroffen, die jeweils an betreffender Stelle benannt werden. Vertieft in die Materie eingeweihte Insider-Spezialisten mögen Nachsicht dafür aufbringen, daß ihnen das eine oder andere Vorgebrachte trivial erscheinen mag.

## 2. Einige Sprachregelungen und Vorklärungen

Zunächst ist der bereits im Titel dieses Beitrages aufscheinende Begriff „Neuverkehr“ zu definieren, der sich mittlerweile im Deutschen ziemlich eingebürgert hat und synonym zu den Begriffen „induzierter Verkehr“ oder „generierter Verkehr“ verwendet wird. Es handelt sich dabei um jenen Verkehr, der

- „a) durch Attraktivierung des Verkehrsangebotes (bei dessen Beschränkung auf die Verkehrsinfrastruktur: durch deren Ausweitung oder Verbesserung) zusätzlich ermöglicht und
- b) infolge davon von Verkehrsteilnehmern verursacht wird, die dieses Potential teilweise oder ganz realisieren.

<sup>6</sup> Cerwenka, a.a.O., S. 655.

Oder identisch, aber komplementär definiert: Neuverkehr ist jener Verkehr, der ohne Attraktivierung des Verkehrsangebotes nicht zustandekäme.“<sup>7</sup>

Zur Demonstration des Wandels in der Wertung des Begriffes „Neuverkehr“ und auch zum Nachweis seines erstaunlichen Alters mag hier ein bereits nahezu historisches Zitat<sup>8</sup> eingeflochten werden, das aus dem Jahre 1930 stammt: „Gerade hier im Rheinland kann man besonders deutlich erkennen, wie neue Verkehrsmittel Neuverkehr schaffen. Hier zeigt der Rhein als Binnenschiffahrtsweg, flankiert von zwei Eisenbahnlinien, einer elektrischen Schnellbahn und einem dichten Landstraßennetz die besondere Bedeutung jedes einzelnen dieser Verkehrsmittel. Und gerade hier hat sich der Verkehr so entwickelt, daß man darüber hinaus und dringlicher als in weniger erschlossenen Gegenden an den weiteren Ausbau der Verkehrsmittel denken muß. Gerade die hier in einem so außerordentlich hohen Ausmaß erfolgte Intensivierung des Verkehrs sollte erwiesen haben, daß neuartige Verkehrsmittel stets auch Verkehrszuwachs bringen.“

In dem vorliegenden Beitrag geht es **nicht** um die **mengenmäßige Ermittlung** von Neuverkehr. Dieser Aufgabe wurde bereits früher in dieser Zeitschrift ein Beitrag<sup>9</sup> gewidmet. Den dortigen Erkenntnissen entsprechend soll die Existenz von Neuverkehr nicht mehr grundsätzlich in Frage gestellt werden. Hier geht es vielmehr **ausschließlich** um die **Bewertung** von Neuverkehr (vor allem im Zusammenhang mit der Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen). Diese diffizile Frage der Bewertung von Neuverkehr war in dem früheren Beitrag explizit ausgeklammert worden. Sie wird hiermit aufgegriffen, ihre Beantwortung hier nachgeholt. Ihre Behandlung kann somit als eine Art „zweiter Teil“ des Autors zum Gesamthema „Neuverkehr“ betrachtet werden.

Aus dem „ersten Teil“<sup>10</sup> ist zunächst eine Basisterminologie aufzugreifen, die hier in aller Kürze wiederholt wird: Eine **Neuverkehrsmenge** (ihre genaue Dimension spielt an dieser Stelle noch keine Rolle) entsteht grundsätzlich dadurch, daß Verkehrsteilnehmer auf eine - im weitesten Sinne des Wortes - von ihnen wahrnehmbare Preisänderung (in der auch und vielleicht überwiegend Geschwindigkeitsänderungen enthalten sind) **elastisch** (Elastizität  $\epsilon < 0$ ) reagieren. Im Falle der Annahme **unelastischen** (starren) Verhaltens (Elastizität  $\epsilon = 0$ ) gibt es definitionsgemäß **keinen Neuverkehr**. (Dieser unelastische Fall liegt fast allen klassischen Verkehrsnachfragemodellen der Verkehrsingenieure zugrunde. Er ist - wie sich noch zeigen wird - ein wichtiger Bezugsfall mit unentbehrlicher Vergleichsfunktion.)

<sup>7</sup> Cerwenka, P.; Hauger, G.: Neuverkehr - Realität oder Phantom? In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 67(1996), Nr. 4, S. 286-326; hier: S. 287.

<sup>8</sup> Ausführungen von W. Scholz auf der am 27. Mai 1930 in Düsseldorf veranstalteten Verkehrstagung zum Thema „Eisenbahn und Kraftwagen“. In: Mitteilungen des Vereins zur Wahrung der gemeinsamen wirtschaftlichen Interessen in Rheinland und Westfalen, Jahrgang 1930, Nr. 3, Neue Folge, 18. Heft, Düsseldorf, S. 276-304; hier: S. 281.

<sup>9</sup> Cerwenka, Hauger, a.a.O.

<sup>10</sup> Cerwenka, Hauger, a.a.O.

Neuverkehr entspricht also elastischem Verhalten, fehlender Neuverkehr ist mit unelastischem Verhalten gleichzusetzen.

Obwohl grundsätzlich unendlich viele funktionelle Zusammenhänge zwischen Verkehrsnachfragemenge  $N$  und Preis  $p$  („Nachfragefunktionen“) denkbar sind, sofern diese Funktionen nur monoton fallend sind, soll hier aus Gründen der Einfachheit und Klarheit (für die meisten hier relevanten Aufgabenstellungen ausreichend genau) stets der Potenzansatz gewählt werden:

$$N_m = N_o \cdot (p_m/p_o)^\varepsilon \quad (1)$$

Der Index „o“ bezieht sich auf den Ausgangszustand eines Verkehrssystems („Ohne-Fall“), der Index „m“ auf den durch eine zu bewertende Maßnahme veränderten Zustand („Mit-Fall“). Mit „ $\varepsilon$ “ wird die Elastizität (in diesem Fall die Preiselastizität der Verkehrsnachfragemenge) bezeichnet. Sie ist negativ und liefert für die Nachfragefunktion eine hyperbolische Kurvenschar. Ersetzt man den wahrgenommenen Preis  $p$  (z.B. in [DM/Fz-km]) durch einen Zeitbedarfswert  $t$  (z.B. in [min/Fz-km], Kehrwert der Geschwindigkeit), so ergibt sich für den Sonderfall  $\varepsilon = -1$  ( $\varepsilon$  ist in diesem Fall die Zeitelastizität der Verkehrsnachfragemenge) das „Gesetz der konstanten Reisezeiten“, wenn konkurrierende Systeme vernachlässigt werden.<sup>11</sup>

### 3. Grundkonzept

Das Grundkonzept basiert auf folgenden drei **Grundlagen**:

- Kosten (zeitbezogener<sup>12</sup> Werteverzehr) in der Dimension [DM/a] werden in ein Produkt aus Preis bzw. Kostensatz mit der Dimension [DM/Menge] und zeitbezogener<sup>12</sup> Verkehrsnachfragemenge [Menge/a] zerlegt.
- Kosten werden hinsichtlich ihres Einflusses auf die Entscheidung über das Ausmaß der Verkehrsteilnahme in disjunkte Teilmengen segmentiert, nämlich
  - \* in jene Kosten, die von den Verkehrsteilnehmern wahrgenommen werden und die daher ihre Entscheidungskalküle zur Verkehrsteilnahme durch Gegenüberstellung mit ihren subjektiven Nutzenerwartungen prägen (**interne Kosten**), und

<sup>11</sup> Cerwenka, Hauger, a.a.O., S. 304.

<sup>12</sup> Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei hier klargestellt, daß „zeitbezogen“ im Sinne von „kalenderzeitbezogen“ (z.B. auf ein Jahr [a] bezogen), nicht im Sinne von „reisezeitbezogen“ zu verstehen ist.

- \* in jene Kosten, die den Verkehrsteilnehmern nicht in Rechnung gestellt werden, die von ihnen daher nicht wahrgenommen werden und ihre Entscheidungskalküle zur Verkehrsteilnahme nicht beeinflussen können (**externe Kosten**).
- Eine spezielle Kostenart, nämlich die **Infrastrukturkosten** der zu bewertenden (infrastrukturellen) Maßnahme selbst, gehört zwar - im soeben definierten Sinne - ebenfalls zu den externen Kosten. Diese Infrastrukturkosten werden aber bewußt als dritte disjunkte Kostengruppe geführt. Für sie wird angenommen, daß eine Zerlegung in das zuvor genannte Produkt nicht notwendig und nicht sinnvoll ist, weil die Infrastrukturkosten einer Maßnahme - jedenfalls innerhalb der Spannweite der Verkehrsnachfragemengen zwischen Berücksichtigung und Vernachlässigung von Neuverkehr (d.h. im Bereich des Intervalls zwischen elastischer und unelastischer Verkehrsnachfragemenge) - näherungsweise als ein von der Verkehrsnachfragemenge unabhängiger Fixkostenblock betrachtet werden können.

Eine geeignete **Symbolik** für diese Grundlagen lautet somit:

$$KI [DM/a] = p [DM/Menge] \cdot N [Menge/a] \quad (2)$$

mit folgenden Symbolbedeutungen:

KI ..... interne Kosten pro Jahr

p ..... (wahrgenommener) Preis

N ..... Verkehrsnachfragemenge pro Jahr

$$KE [DM/a] = e [DM/Menge] \cdot N [Menge/a] \quad (3)$$

mit folgenden Symbolbedeutungen:

KE ..... externe Kosten pro Jahr (stets ohne Infrastrukturkosten!)

e ..... externer Kostensatz (stets ohne Infrastruktur!)

N ..... Verkehrsnachfragemenge pro Jahr

$$IK [DM/a] = A [DM/a] + U [DM/a] \quad (4)$$

mit folgenden Symbolbedeutungen:

IK ..... Infrastrukturkosten der zu bewertenden Maßnahme pro Jahr

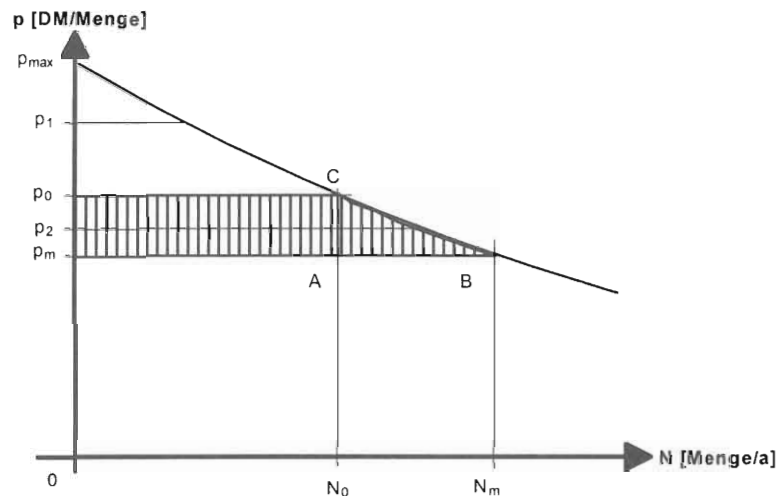
A ..... Baukostenannuität der zu bewertenden Maßnahme (jährliche Abschreibung und Verzinsung der Investitionssumme)

U ..... jährliche Unterhaltskosten der zu bewertenden Maßnahme

Mit dem Rüstzeug dieser Grundlagen ist nun für das **Segment der internen Kosten** mit Hilfe der Nachfragekurve das Grundkonzept des **internen Nutzens** einer Maßnahme (d.h. jenes Nutzens, der bei den Verkehrsteilnehmern anfällt) darzulegen. Dieses Grundkonzept ist zwar schon sehr alt, nichtsdestoweniger wird es in gewissen Kreisen geradezu in manischem oder magischem Wiederholungszwang mißverstanden oder ignoriert. Obwohl dieses Grundkonzept in der ökonomischen Fachliteratur gut dokumentiert ist und auch laufend verfeinert wird, soll es - weil hier der zentrale Ansatzpunkt zur Aufklärung der Widersprü-

che beheimatet ist - in seiner einfachsten Form (bewußt auch in anschaulichem, leichtfaßlichem Vokabular!) erklärt werden, wobei die graphische Darstellung der Abbildung 1 als Verständnishilfe dient. (Dabei ist zu beachten, daß die bei Ökonomen übliche Darstellungsweise gewählt wurde: Die unabhängige Variable  $p$  wird als Ordinate aufgetragen, die abhängige Variable  $N$  als Abszisse!)

Abbildung 1: Nachfragefunktion



Die Grundargumentation ist die folgende (nachzulesen etwa bei van Suntum<sup>13</sup>): Der Brutto-Nutzen, den eine Konsumentenschaft (ein Kollektiv von Verkehrsteilnehmern) aus der Verkehrsteilnahme in einem bestehenden Verkehrssystem zieht, entspricht nicht genau dem Produkt aus nachgefragter Menge  $N_0$  und wahrgenommenem Preis  $p_0$  (Fläche des Rechtecks  $0N_0Cp_0$ ), sondern er muß größer sein, weil einige Verkehrsteilnehmer - wenn die Nachfragefunktion eine echte Zahlungsbereitschaftskurve ist - bereit wären, auch einen höheren Preis (z.B.  $p_1$ ) zu bezahlen. Würde man den genauen Verlauf der Nachfragefunktion kennen, so würde sich herausstellen, daß die Fläche des Dreiecks  $p_0Cp_{max}$  den Netto-Nutzen (= Brutto-Nutzen  $0N_0Cp_{max}$  abzüglich geleisteter Zahlungen  $0N_0Cp_0$ ) der Verkehrsteilnehmer darstellt. Umgekehrt führt nun eine wahrgenommene Preissenkung (etwa von  $p_0$  auf  $p_m$ ) dazu, daß weitere Verkehrsteilnehmer (oder die gleichen in stärkerem Ausmaß)

<sup>13</sup> Van Suntum, U.: Konsumentenrente und Verkehrssektor. Berlin, 1986, S. 25-26.

„Verkehrsmengen“<sup>14</sup> konsumieren, weil ihre Brutto-Nutzenerwartung **mindestens** dem Preis  $p_m$  entspricht, für einen Teil der Verkehrsteilnehmer zum Beispiel dem Preis  $p_2$ . Der **interne Netto-Nutzen IN** entspricht somit insgesamt der in Abbildung 1 schraffierten Fläche und setzt sich aus zwei Komponenten zusammen, nämlich

- aus den Einsparungen für diejenigen, die schon bisher im gleichen Ausmaß am Verkehr teilnahmen, dadurch, daß sie für ihre unveränderte Nachfragemenge einen geringeren Preis ( $p_m$  statt  $p_0$ ) bezahlen müssen (Fläche des Rechtecks  $p_mACp_0$ ), **und**
- aus dem Netto-Nutzen derjenigen, die nun neu oder stärker als bisher am Verkehr teilnehmen, weil durch Preissenkung von  $p_0$  auf  $p_m$  für sie (etwa aus der Differenz  $p_2 - p_m$ ) ein Netto-Nutzen entsteht. (Sie sind ja bereit, den Preis  $p_m$  zu zahlen, d.h., sie erwarten sich **mindestens** einen dem Preis  $p_m$  entsprechenden Nutzen.) Dieser Netto-Nutzen entsteht **nicht** dadurch, daß eine früher durchgeführte Ortsveränderung billiger wird, sondern dadurch, daß die latente Bereitschaft zu einer Ortsveränderung bei Erreichen der Preisschwelle  $p_m$  manifest wird, weil die Nutzenerwartung höher als  $p_m$  ist (Fläche des Dreiecks  $ABC$ ). Dieser Nutzen wird zwar von den Verkehrsteilnehmern selber lukriert (er ist also eindeutig ein interner Nutzen), aber er fällt in aller Regel nicht im Verkehrssystem an, sondern außerhalb desselben, z.B. dadurch, daß man in üppiger Pendlerdistanz ein preiswertes Häuschen im Grünen genießen und dennoch einen einträglichen Arbeitsplatz in unwirtlicher oder aber für Wohnzwecke unerschwinglicher Zentrallage wahrnehmen kann, weil etwa die monatlichen Mietkosten eines Häuschens im Grünen inklusive der monatlichen Fahrtkosten fürs Pendeln niedriger sind als die Mietkosten eines Domizils vergleichbarer Lebensqualität in fußläufiger Arbeitsplatznähe. Es sei schon hier festgehalten, daß im unelastischen Fall  $N_0$  und  $N_m$  zusammenfallen, womit diese zweite interne Netto-Nutzenkomponente ( $ABC$ ) verschwindet. Das bedeutet aber ferner, daß der interne Netto-Nutzen mit Neuverkehr ( $\epsilon < 0$ ) stets größer ist als ohne Neuverkehr ( $\epsilon = 0$ ).

An dieser Stelle ist es angebracht, den elementaren Fehlschluß etwa der in Kapitel 1 zitierten Kritiker an einer Einbeziehung von Zeiteinsparungen in die Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen aufzuklären. Hierzu sei  $p$  nicht als Preis [DM/km], sondern als Zeitbedarfswert  $t$  [min/km] (Kehrwert der Geschwindigkeit) interpretiert. Als nachgefragte „Verkehrsmenge“ sei die jährliche Personenverkehrsleistung [P-km/a] definiert. Außerdem sei im Bereiche zwischen  $p_0$  und  $p_m$  als Nachfragefunktion die schon erwähnte Potenzfunktion mit  $\epsilon = -1$  (Hyperbel) gewählt: Dann entspricht die im Ausgangszustand zugebrachte Mobilitätszeit der Fläche  $0N_0Cp_0$  und die im maßnahmebedingt veränderten Systemzustand zugebrachte Mobilitätszeit der Fläche  $0N_mBp_m$ . Und diese beiden Flächen sind in diesem Fall gleich groß, d.h.: **Trotz unveränderter im System ohne und mit Maßnahme phy-**

<sup>14</sup> Bewußt wird hier noch von dimensionsmäßig unspezifizierten „Verkehrsmengen“ gesprochen, eine konkrete Dimensionierung folgt später (Kapitel 4).

sich zugebrachter Mobilitätszeit  $0N_0C_{p_0}$  bzw.  $0N_mB_{p_m}$  gibt es einen internen Netto-Nutzen aus Geschwindigkeitserhöhung im Ausmaß der Fläche  $p_mBC_{p_0}$ .

Ehe man nun an die mathematische Ausformulierung des internen Netto-Nutzens IN schreitet, ist noch eine Vereinfachung zu deklarieren, die hier im gesamten Beitrag beibehalten wird: Die Komponente ABC des Netto-Nutzens (Abbildung 1) ist - wenn man Formel (1) zur Definition der Nachfragefunktion zugrundelegt - nicht exakt ein von drei Geraden begrenztes Dreieck, sondern dessen „Hypothense“ ist eine hyperbolisch gekrümmte Kurve. Zur Ermittlung dieser Nutzenkomponente wird aber näherungsweise stets angenommen, als handle es sich im Bereich zwischen  $N_0$  und  $N_m$  (bzw. zwischen  $p_0$  und  $p_m$ ) bei der Nachfragefunktion um eine Gerade, so daß die Netto-Nutzenkomponente ABC dem halben Produkt aus Preisdifferenz  $(p_0 - p_m)$  und Neuverkehrsmenge  $(N_m - N_0)$  entspricht. Damit gilt für IN:

$$IN = (p_0 - p_m) \cdot N_0 + \frac{1}{2} \cdot (p_0 - p_m) \cdot (N_m - N_0) \text{ [DM/a]} \quad (5)$$

Dieser interne Netto-Nutzen IN wird in der Literatur auch häufig als „Konsumentenrente“ bezeichnet.<sup>15</sup> Er entspricht der Fläche des Trapezes  $p_mBC_{p_0}$  von Abbildung 1.

Im Segment der externen Kosten liegen die Verhältnisse sehr viel einfacher. Da externe Kostensätze beim Verkehrsteilnehmer nicht mit einer Nutzenerwartung verrechnet werden und somit verhaltensirrelevant sind, sind sie genau so zu behandeln, wie die Kritiker der Zeiteinsparungsrelevanz fälschlicherweise mit den internen Kosten umgehen. Mit den bisherigen Symbolen läßt sich der externe Netto-Nutzen EN einer Maßnahme einfach in folgender Form anschreiben:

$$EN = KE_0 - KE_m = e_0 \cdot N_0 - e_m \cdot N_m \text{ [DM/a]} \quad (6)$$

Um nun die gesamte Wirkung  $IN + EN$  zu veranschaulichen, wird in Abbildung 2 eine spezielle Darstellungsart gewählt: Der Teil oberhalb der Abszisse enthält die Darstellung der Konsumentenrente und entspricht Abbildung 1, während unterhalb der Abszisse die externen Kostensätze aufgetragen werden.

Der gesamte Netto-Nutzen NN [DM/a] der Maßnahme besteht aus der senkrecht schraffierten Fläche abzüglich der waagrecht schraffierten Fläche und abzüglich der (in Abbildung 2 nicht enthaltenen) Infrastrukturkosten IK der Maßnahme:

$$NN = IN + EN - IK = (p_0 - p_m) \cdot N_0 + \frac{1}{2} \cdot (p_0 - p_m) \cdot (N_m - N_0) + (e_0 - e_m) \cdot N_0 - e_m \cdot (N_m - N_0) - IK \text{ [DM/a]} \quad (7)$$

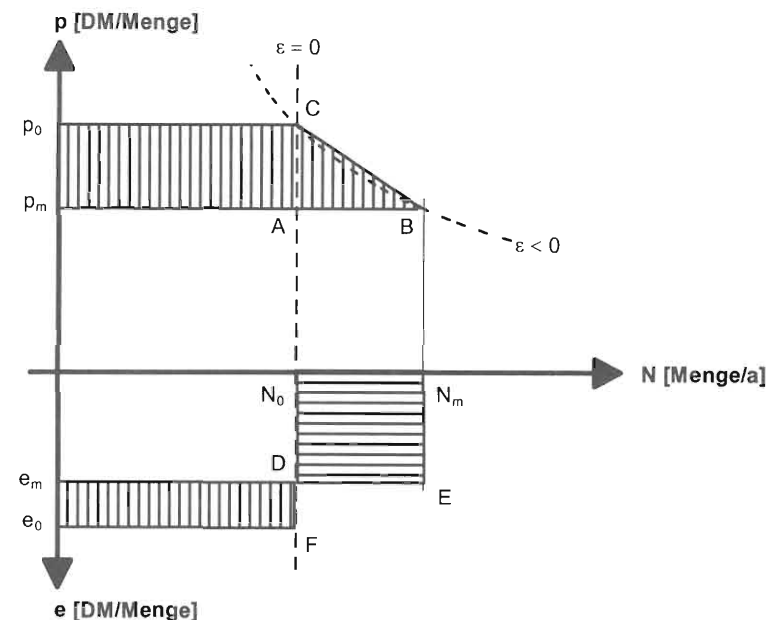
Und das in Kosten-Nutzen-Analysen häufig<sup>16</sup> als Entscheidungskalkül zur Beurteilung der

<sup>15</sup> Vgl. hierzu: van Suntum, a.a.O.

Wirtschaftlichkeit herangezogene Nutzen/Kosten-Quotenkriterium  $Q [-]$  lautet dann:

$$Q = \frac{IN + EN}{IK} [-]$$

Abbildung 2: Zusammenwirken von internen und externen Kosten (ohne Infrastrukturkosten)



#### 4. Die relevante Dimension der Verkehrsnachfragemenge

Bisher wurde die Verkehrsnachfragemenge bewußt noch nicht dimensionsmäßig spezifiziert. Dies muß aber nun geschehen.

Die genaue Spezifikation der Dimension der Verkehrsnachfragemenge ist bei jeder konkreten Aufgabenstellung stets sorgfältig zu überdenken. Insbesondere ist im Einzelfall in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung zu prüfen, ob Wege- bzw. Fahrtenanzahlen oder aber

<sup>16</sup> Z.B. in: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS), Aktualisierung der RAS-W 86. Köln, Entwurf 1997, S. 54.



Verkehrsleistungen (Personen-km [P-km], Tonnen-km [t-km]) bzw. Fahrleistungen [Fz-km, Kfz-km, Wagen-km, Zug-km], jeweils auf eine Kalenderzeit (meist auf ein Jahr) bezogen, als rechnerisches Mengengerüst der Verkehrsnachfrage eingeführt werden sollen. In vielen Fällen (insbesondere im Bereich Straße) erweist es sich als zweckmäßig, Fahrleistungen (eventuell differenziert nach Pkw, Güter-Kfz, Bus) als relevante Mengendimension zu wählen, und zwar,

- weil erstens die meisten Kostengrößen annähernd proportional eher an Fahrleistungen als an Fahrtenanzahlen gekoppelt sind, d.h. einigermaßen (jedenfalls im hier relevanten Schwankungsbereich ohne und mit Berücksichtigung des Neuverkehrs) konstante Preise und konstante externe Kostensätze am ehesten mit Fahrleistungsbezug [DM/Kfz-km] gegeben sein dürften,
- weil zweitens nach allen bisherigen Befunden und Erfahrungen der Mobilitätsforschung die Fahrtenanzahlen weit weniger preiselastisch sind als Fahrleistungen, d.h., Nutzensteigerungen infolge Senkung von Mobilitätspreisen (bzw. infolge Erhöhung von Geschwindigkeiten) sich primär in zusätzlichen Fahrleistungen (bzw. Fahrtlängen) und nicht in zusätzlichen Fahrten manifestieren,
- und weil drittens (und infolge von erstens) in den Verkehrsnachfragemodellen der Verkehrsingenieure im allgemeinen Fahrleistungen und nicht Fahrtenanzahlen ausgewiesen werden.

Dennoch darf nicht vergessen werden, daß die originär der Nutzenermittlung dienende Verkehrsnachfragemenge nicht eine Verkehrs- oder Fahrleistung ist, sondern ein bestimmtes Quelle-Ziel-Raumüberwindungsmuster („Verkehrsverflechtungsmatrix“), das in Anzahlen von Fahrten bzw. von Wegen (allerdings sehr verschiedener Länge) seine Konkretisierung erfährt.

In den in den Kapiteln 7 und 8 durchexerzierten Beispielen werden aus den oben genannten Gründen Fahrleistungen als Verkehrsnachfragemengen gewählt.

### 5. Für die Maßnahmenbewertung relevante Systemzustände

Im allgemeinen erweisen sich drei Systemzustände zur Bewertung einer Verkehrsweginvestition als relevant, und zwar sowohl im Hinblick auf die konkrete rechnerische Bewältigung als auch im Hinblick auf die Interpretierbarkeit des Resultates:

- Der erste Systemzustand ist der in Kapitel 2 bereits erwähnte Ausgangszustand eines Verkehrssystems ohne die zu beurteilende Maßnahme („Ohne-Fall“). Alle diesen Zustand betreffenden Symbole werden mit dem Index „o“ versehen.

- Der zweite wichtige (bisher nicht erwähnte) Systemzustand ist ein fiktiver Zustand, nämlich jener Zustand, der zwar nun zusätzlich zum Ausgangszustand die zu bewertende Maßnahme enthält, aber keinen Neuverkehr. Es ist also genau jener Zustand, der in der Vergangenheit in aller Regel als einziger dem Ausgangszustand gegenübergestellt wurde. Man erhält ihn, indem man die Verkehrsverflechtungsmatrix des Ausgangszustandes auf das neue (nunmehr die zu bewertende Maßnahme enthaltende) Netz ohne Berücksichtigung von Elastizitäten umlegt. Durch dieses Vorgehen entsteht „umgeleiteter Verkehr ... : Das ist der Verkehr, der zwar seine Route, nicht aber Ausgangs- und Zielpunkt ändern wird, wenn das Projekt verwirklicht ist.“<sup>17</sup> Den Symbolen dieses Systemzustandes wird der Index „m,u“ (mit Maßnahme, unelastisch) zugeordnet.
- Der dritte Systemzustand beinhaltet zusätzlich Neuverkehr, der durch elastische Reaktion der Verkehrsteilnehmer auf die Änderung des Preisgefüges infolge Realisierung der zu bewertenden Maßnahme entsteht. Den Symbolen dieses Zustandes wird der Index „m,e“ (mit Maßnahme, elastisch) zugeordnet.

### 6. Berücksichtigung von umgeleitetem Verkehr und von Neuverkehr

Es ist ein Charakteristikum verkehrsinfrastruktureller Maßnahmen, daß sie im allgemeinen sowohl umgeleiteten Verkehr als auch Neuverkehr zur Folge haben.

Aus Gründen der Klarheit wurde in diesem Beitrag bisher das Problem des umgeleiteten Verkehrs ausgeklammert, d.h., es wurde die Fiktion unterstellt, daß die Verkehrsnachfragemenge im unelastischen Mit-Fall identisch ist mit der Verkehrsnachfragemenge im Ohne-Fall. (Nur dann gilt z.B. Formel (1).) Dies trifft aber definitionsgemäß nur dann zu, wenn man als Verkehrsnachfragemenge die Verkehrsverflechtungsmatrix mit ihren Fahrtenanzahlen und nicht die Fahrleistungen definiert. Jene sind aber - wie in Kapitel 4 gezeigt wurde - wegen ihrer ökonomischen Charakteristika in der Regel in konkreten Rechnungen kaum brauchbar.

Zur widerspruchsfreien und plausiblen Berücksichtigung beider Effekte stelle man sich einen in zwei aufeinanderfolgenden Phasen ablaufenden Prozeß vor, der in der Tat auch in der Realität durch Lernen der Verkehrsteilnehmer in zeitlich versetzter Zweiphasigkeit ablaufen könnte:

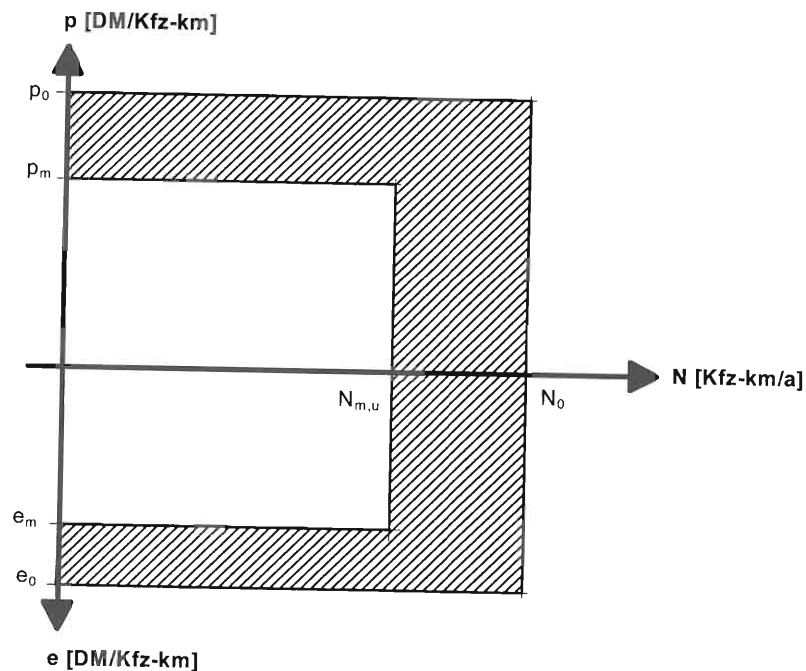
<sup>17</sup> Thomson, J.M.: Grundlagen der Verkehrspolitik. Bern und Stuttgart, 1978, S. 225. Van Suntum (van Suntum a.a.O., S. 157) weist darauf hin, daß umgeleiteter Verkehr nicht nur aufgrund einer Routenänderung, sondern auch durch Änderung der Verkehrsmittelwahl entstehen kann. Diese Modal-Split-Effekte werden aber im vorliegenden Beitrag bewußt nicht behandelt, um nicht die didaktische Anschaulichkeit des Neuverkehrsprinzips (die hier das Hauptanliegen ist) zu beeinträchtigen.



**Phase 1:** Hier findet der Übergang vom Ohne-Fall zum unelastischen Mit-Fall statt. Der daraus entstehende Netto-Nutzen sei mit  $NN_u$  bezeichnet. Er (bzw. der daraus ableitbare Nutzen/Kosten-Quotient  $Q$ ) war in der Vergangenheit in aller Regel das relevante Beurteilungskalkül für eine Verkehrswegeinvestition.

Die schraffierte Fläche von Abbildung 3 zeigt graphisch die Nutzenwirkung dieser Phase 1, wobei nunmehr für die Verkehrsnachfragemenge konkret jährliche Fahrleistungen [Kfz-km/a] eingesetzt wurden.

**Abbildung 3:** Darstellung der Nutzenwirkung von Phase 1



Dabei wurde angenommen, daß durch die Maßnahme sowohl der wahrgenommene Preis als auch der externe Kostensatz als auch die Fahrleistungen durch umgeleiteten Verkehr gegenüber dem Ohne-Fall reduziert werden. (Dies muß natürlich nicht der Fall sein; trifft dies nicht zu, so wird dies in nachstehender Formel vorzeichengerecht berücksichtigt.) Damit und mit den in Abbildung 3 nicht enthaltenen Infrastrukturkosten  $IK$  ergibt sich  $NN_u$  zu:

$$NN_u = (p_o + e_o) \cdot N_o - (p_m + e_m) \cdot N_{m,u} - IK \quad [DM/a] \quad (8)$$

**Phase 2:** Hier findet nun der Übergang vom unelastischen Mit-Fall zum elastischen Mit-Fall, d.h. die Berücksichtigung von Neuverkehr, statt. Der nunmehr insgesamt (über beide Phasen zusammen) entstehende Netto-Nutzen sei mit  $NN_e$  bezeichnet. Bevor seine formelmäßige Quantifizierung dargestellt werden kann, ist noch eine dafür sehr **wichtige Annahme** festzuhalten, die hier ganz bewußt getroffen wird, um die angestrebte Anschaulichkeit des Neuverkehrsprinzips nicht zu beeinträchtigen: Im Intervall  $[N_{m,u}, N_{m,e}]$  mögen sich sowohl  $p_m$  [DM/Kfz-km] als auch  $e_m$  [DM/Kfz-km] einigermaßen konstant verhalten, d.h., man braucht nicht zwischen  $p_{m,u}$  und  $p_{m,e}$  und ebenfalls nicht zwischen  $e_{m,u}$  und  $e_{m,e}$  zu unterscheiden. Diese Annahme, mit der die Stauungskostenproblematik hier bewußt ausgeklammert wird, trifft bei stark ausgelasteten Verkehrsnetzen zweifellos nicht zu, da dort durch Neuverkehr und wegen des durch das Fundamentaldiagramm gegebenen Zusammenhangs zwischen Auslastungsgrad und Geschwindigkeit sich unzweifelhaft  $p_{m,e} > p_{m,u}$  und auch  $e_{m,e} > e_{m,u}$  einstellen wird. Dieser Stau-Effekt würde allerdings wieder zu einem relativen Rückgang des Neuverkehrs innerhalb des Intervalls  $[N_{m,u}, N_{m,e}]$  führen, so daß der tatsächliche Netto-Nutzen dann irgendwo zwischen  $NN_u$  und  $NN_e$  (im Sinne der getroffenen Annahme) zu liegen käme.

Um nun beide Effekte - den des umgeleiteten Verkehrs und den des Neuverkehrs - gemeinsam berücksichtigen zu können, ist eine Hilfsvorstellung einzubringen, die wieder auf die originäre Dimension der Verkehrsnachfragemenge, also auf die Fahrten der Verkehrsverflechtungsmatrix, zurückgreift. Die von allen Verkehrsteilnehmern im System mit der umgeleiteten Nachfrage im Mittel wahrgenommene „Spreizung“ des Preises pro Fahrt gegenüber dem Ohne-Fall (sozusagen die preisliche „Elastizitätsspannung“) ist nicht  $p_o - p_m$  [DM/Kfz-km], sondern  $KI_o/Z - KI_{m,u}/Z$  [DM/Fahrt], wenn gemäß Gleichung (2)  $KI$  die im jeweiligen System entstandenen internen Kosten darstellt und  $Z$  die in beiden Systemen definitionsgemäß gleiche (aber unbekannte) jährliche Fahrtenanzahl. Setzt man gemäß Gleichung (2) für  $KI$  wieder das Produkt  $p \cdot N$  ein, so ergibt sich daraus die Spreizung  $p_o \cdot N_o/Z - p_m \cdot N_{m,u}/Z$  [DM/Fahrt]. Transformiert man diese wieder in eine fahrleistungsbezogene Preisspreizung, so erhält man durch Multiplikation mit  $Z/N_o$  die Spreizung  $p_o - p_m \cdot (N_{m,u}/N_o)$ . Man kann somit einen für die wahrgenommene und daher nachfragegereagte Preisspreizung maßgebenden reduzierten Preis  $p_{m,red}$  definieren:

$$p_{m,red} = p_m \cdot (N_{m,u}/N_o) \quad [DM/Kfz-km] \quad (9)$$

Damit kann man nun Gleichung (1) durch folgende ersetzen:

$$N_{m,e} = N_{m,u} \cdot (p_{m,red}/p_o)^\epsilon \quad [Kfz-km/a] \quad (10)$$

Der Neuverkehr  $N_{neu}$  hat dann die Größe:

$$N_{neu} = N_{m,e} - N_{m,u} = N_{m,u} \cdot [(p_{m,red}/p_o)^\epsilon - 1] \quad [Kfz-km/a] \quad (11)$$

Damit ergibt sich schließlich für den endgültigen Netto-Nutzen  $NN_e$  der Wert:

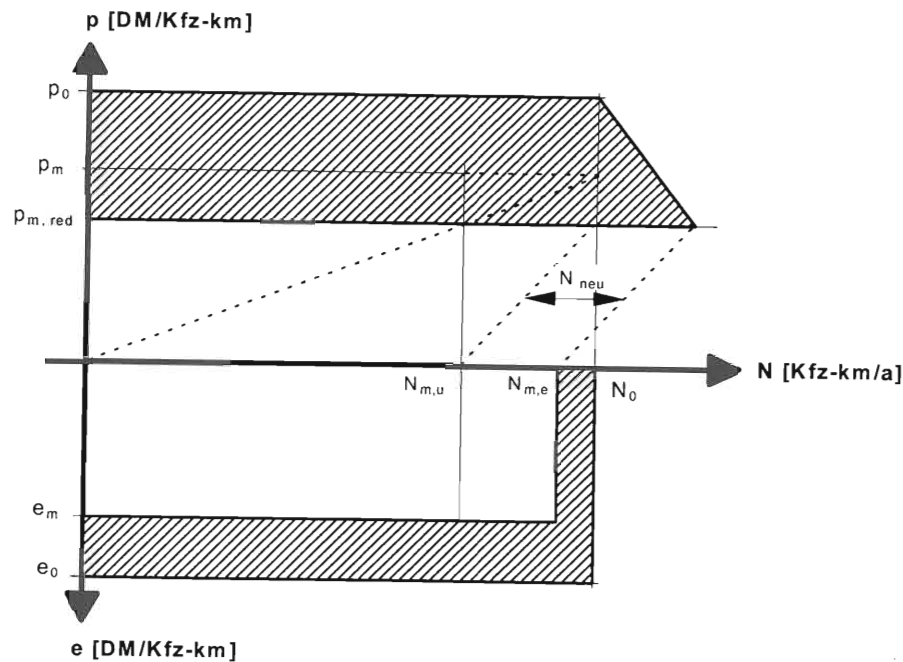
$$NN_e = NN_u + \frac{1}{2} \cdot (p_o - p_{m,red}) \cdot N_{neu} - e_m \cdot N_{neu} \quad [DM/a] \quad (12)$$

Der Zusammenhang ist in Abbildung 4 graphisch dargestellt. (Aus Gründen der Anschaulichkeit wurde auch hier wieder  $p_m < p_o$ ,  $e_m < e_o$  und  $N_{m,u} < N_o$  sowie sogar  $N_{m,e} < N_o$  gewählt. Trifft dies im konkreten Fall nicht zu, wird dies in den Formeln durch Vorzeichenwechsel in den Differenzen korrekt berücksichtigt.)

$NN_e$  (zuzüglich IK) entspricht der schraffierten Fläche in Abbildung 4, wobei das Rechteck  $p_m \times N_{m,u}$  in das flächengleiche Rechteck  $p_{m,red} \times N_o$  transformiert wurde.

Gleichung (12) und Abbildung 4 ist ferner zu entnehmen, daß die Berücksichtigung von Neuverkehr gegenüber seiner Vernachlässigung stets den externen Netto-Nutzen  $EN$  reduziert.

Abbildung 4: Darstellung der Nutzenwirkung von Phase 1 + 2



## 7. Ein theoretisches Beispiel zur Aufklärung des Zeiteinsparungsparadoxons

In diesem Kapitel wird ein theoretisches Beispiel durchexerziert, das den einzigen Zweck hat, den Kritikern der Schnelligkeit zu helfen, ihren auf dem (auch hier in diesem Beispiel nicht in Frage gestellten) Gesetz der konstanten Reisezeiten basierenden Trugschluß einzusehen.

Dazu wird folgendes fiktive Verkehrssystem (Ohne-Fall) definiert: Gegeben sei eine kurvenreiche Straße von A nach B (bzw. von B nach A) der Länge  $L$  [km] mit einer täglichen Verkehrsbelastung (in beiden Richtungen) von  $D$  [Kfz/d], deren Fahrzeuge sich sämtlich mit der Geschwindigkeit  $V$  [km/h] von A nach B bzw. von B nach A bewegen. (Die Verkehrsverflechtungsmatrix besteht also nur aus den beiden symmetrischen Verkehrsbeziehungen A - B und B - A.)

**Maßnahme 1** bestünde darin, die alte Strecke von A nach B bzw. B nach A durch eine neue begradigte Strecke der halben Länge ( $L/2$ ) zu ersetzen, auf der die Fahrzeuge mit der gleichen Geschwindigkeit  $V$  wie vorher verkehren.

Alternative **Maßnahme 2** bestünde darin, die alte Strecke von A nach B bzw. von B nach A in ihrer ursprünglichen Länge zu belassen, aber durch irgendwelche Maßnahmen zu erreichen, daß nach deren Realisierung auf der Strecke alle Fahrzeuge mit doppelter Geschwindigkeit ( $2 \cdot V$ ) von A nach B bzw. von B nach A verkehren.

Von Interesse seien nur die internen Netto-Nutzen der beiden Maßnahmen für die Kraftfahrer selbst ( $e = 0$ ,  $IK = 0$ ) unter Berücksichtigung von Neuverkehr. Dabei mögen die internen Kosten ausschließlich aus Reisezeiten bestehen, die auch gar nicht mittels eines Zeitkostensatzes [DM/h] in monetäre Werte transformiert zu werden brauchen. In diesem Fall übernimmt der Kehrwert der Geschwindigkeit ( $1/V$ ) [h/km] als Zeitbedarfswert  $t$  die Funktion eines „Naturalpreises“  $p$ :

$$p = t = 1/V \text{ [h/km]}$$

Wie in Kapitel 2 gezeigt wurde, erfordert das Gesetz der konstanten Reisezeiten eine Zeitelastizität von  $\epsilon = -1$ . Mit diesem Annahmen-Set ergibt sich für **Maßnahme 1**:

$$N_o = D \cdot L \text{ [Kfz-km/d]}$$

$$p_o = 1/V \text{ [h/km]}$$

$$N_{m,u} = D \cdot L/2 \text{ [Kfz-km/d]}$$

$$p_m = 1/V \text{ [h/km]}$$

$$\text{Aus (9): } p_{m,red} = p_m \cdot (N_{m,u}/N_o) = 1/(2 \cdot V) \text{ [h/km]}$$

$$\text{Aus (10): } N_{m,e} = N_{m,u} \cdot (p_{m,red}/p_o)^\epsilon = D \cdot L \text{ [Kfz-km/d]}$$

$$\text{Aus (11): } N_{neu} = N_{m,e} - N_{m,u} = D \cdot L/2 \text{ [Kfz-km/d]}$$

$$\text{Aus (8): } NN_u = p_o \cdot N_o - p_m \cdot N_{m,u} = D \cdot L/(2 \cdot V) \text{ [Kfz-h/d]}$$

$$\text{Aus (12): } NN_e = NN_u + 1/2 \cdot (p_o - p_{m,red}) \cdot N_{neu} = (5/8) \cdot D \cdot L/V \text{ [Kfz-h/d]}$$

Die im System zugebrachte Reisezeit ( $KI_o$  bzw.  $KI_{m,e}$ ) beträgt vor und nach Maßnahmenrealisierung nach Gleichung (2)  $p_o \cdot N_o$  bzw.  $p_m \cdot N_{m,e} = D \cdot L/V$  [Kfz-h/d].

Analog ergibt sich für **Maßnahme 2:**

$$N_o = D \cdot L \text{ [Kfz-km/d]}$$

$$p_o = 1/V \text{ [h/km]}$$

$$N_{m,u} = D \cdot L \text{ [Kfz-km/d]}$$

$$p_m = 1/(2 \cdot V) \text{ [h/km]}$$

Aus (9):  $p_{m,red} = p_m = 1/(2 \cdot V) \text{ [h/km]}$

Aus (10):  $N_{m,e} = N_{m,u} \cdot (p_{m,red}/p_o)^{\epsilon} = 2 \cdot D \cdot L \text{ [Kfz-km/d]}$

Aus (11):  $N_{neu} = N_{m,e} - N_{m,u} = D \cdot L \text{ [Kfz-km/d]}$

Aus (8):  $NN_u = p_o \cdot N_o - p_m \cdot N_{m,u} = D \cdot L/(2 \cdot V) \text{ [Kfz-h/d]}$

Aus (12):  $NN_e = NN_u + 1/2 \cdot (p_o - p_{m,red}) \cdot N_{neu} = (3/4) \cdot D \cdot L/V \text{ [Kfz-h/d]}$

Die im System zugebrachte Reisezeit ( $KI_o$  bzw.  $KI_{m,e}$ ) beträgt vor und nach Maßnahmenrealisierung nach Gleichung (2)  $p_o \cdot N_o$  bzw.  $p_m \cdot N_{m,e} = D \cdot L/V$  [Kfz-h/d].

**Quintessenz 1:** In beiden Fällen wird trotz konstanter Systemreisezeit durch die Maßnahme unter Berücksichtigung von Neuverkehr ein beträchtlicher neuer **Netto-Zeitnutzen** (Konsumentenrente an Zeit) erzielt, nämlich mehr als die Hälfte der im System zugebrachten Reisezeit.

**Quintessenz 2:** Entgegen den Erwartungen ist dieser interne Netto-Zeitnutzen in den beiden Maßnahmefällen (Fall 1: Längenhalbierung, Fall 2: Geschwindigkeitsverdoppelung) **nicht gleich**, sondern im ersten Fall etwas niedriger als im zweiten (62,5% bzw. 75,0% der im System zugebrachten Reisezeit).

Damit kann man nun an die **Auflösung des** in Kapitel 1 beschriebenen **Zeiteinsparungsparadoxons** herangehen. Wenn man ganz allgemein den (internen) Netto-Nutzen aus Zeiteinsparung mit  $NT$  [Kfz-h/a] und die tatsächliche Einsparung an physischer Zeit selbst mit  $ET$  [Kfz-h/a] bezeichnet, so ergeben sich mit  $p = 1/V$  [h/km] als „Naturalpreis“ und mit  $N$  [Kfz-km/a] als jährlicher Verkehrsnachfragemenge für den Fall, daß durch die (geschwindigkeitserhöhende) Maßnahme keine veränderte Routenwahl stattfindet ( $N_{m,u} = N_o$ ,  $N_{m,e} = N_m$  gemäß Abbildung 1), mit einer beliebigen negativen Zeitelastizität  $\epsilon$  ( $\epsilon < 0$ ) für  $ET$  und  $NT$  folgende Zusammenhänge:

$$ET = \frac{N_o}{V_o} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{V_o}{V_m} \right)^{\epsilon+1} \right]$$

$$NT = \frac{N_o}{V_o} \cdot \left( 1 - \frac{V_o}{V_m} \right) \cdot \left\{ 1 + \frac{1}{2} \cdot \left[ \left( \frac{V_o}{V_m} \right)^{\epsilon} - 1 \right] \right\}$$

Es läßt sich zeigen, daß für alle  $\epsilon < 0$  mit  $V_m > V_o$  (geschwindigkeitserhöhende Maßnahme)  $NT$  stets größer als  $ET$  ist. Insbesondere ergeben sich mit  $V_m > V_o$  folgende Konsequenzen:

Für  $\epsilon = 0$ :  $ET > 0$ ,  $NT > 0$  ( $NT = ET$ )

Für  $0 > \epsilon > -1$ :  $ET > 0$ ,  $NT > 0$  ( $NT > ET$ )

Für  $\epsilon = -1$ :  $ET = 0$ ,  $NT > 0$  ( $NT > ET$ )

Für  $\epsilon < -1$ :  $ET < 0$ ,  $NT > 0$  ( $NT > ET$ )

Das **Zeiteinsparungsparadoxon** klärt sich somit wie folgt auf: Unter Berücksichtigung von Neuverkehr ( $\epsilon < 0$ ) ist bei Geschwindigkeitserhöhung der (interne) Netto-Nutzen aus Zeiteinsparung stets größer als die physische Zeiteinsparung selbst, und für den (durchaus möglichen) Fall, daß die Zeitelastizität unter  $-1$  sinkt, erhält man sogar mit negativer physischer Zeiteinsparung  $ET$  einen positiven (internen) Netto-Nutzen  $NT$  aus dieser dann zusätzlich ins Verkehrssystem real investierten Zeit. (Zu beachten ist dabei, daß - wie schon erwähnt - der Netto-Nutzen aus Zeiteinsparung  $NT$  bewußt nicht monetarisiert wurde, so daß er dimensionsmäßig unmittelbar mit der physischen Zeiteinsparung  $ET$  vergleichbar ist.)

## 8. Ein praktisches Beispiel als Anregung zur Standardisierung

Das praktische Beispiel dient der Demonstration der konkreten Durchführbarkeit der zuvor dargelegten Theorie und ihrer Auswirkungen auf das Bewertungsergebnis. Auch auf bestimmte in der Praxis auftretende Probleme ist hinzuweisen.

Als konkretes Beispiel wird ein solches gewählt, das sich in Zukunft - etwa bei der Bundesverkehrswegeplanung - als standardmäßig durchzuführende Aufgabenstellung erweisen könnte.

Als Beispielfall wird die Bewertung einer infrastrukturellen Maßnahme gewählt, für welche bereits früher eine klassische Kosten-Nutzen-Analyse ohne Berücksichtigung von Neuverkehr durchgeführt worden war. Es handelt sich bei der Maßnahme um jenen Teil der Bundesautobahn A 252, welcher deren im Jahre 1990 in Betrieb gegangenes Teilstück mit der Bundesautobahn A 7 (Anschlußstelle Waltershof) in Hamburg verbinden soll

(„Südtangente Hamburg“). Als Zeithorizont für die Verkehrsprognose und für die Bewertung war das Jahr 2010 vereinbart gewesen.

Der Autor hat seinerzeit an dem im Auftrag der Baubehörde der Freien und Hansestadt Hamburg durchgeführten Bewertungsprojekt<sup>18</sup> mitgewirkt.<sup>19</sup> Es ist nicht das Anliegen dieses Beitrages, die dort eingebrachten Wertansätze und Verfahren zur Ermittlung des Wirkungsmengengerüstes aufzurollen, vielmehr werden aus dem zitierten Projekt die hier erforderlichen Daten bzw. Zwischenresultate übernommen. Sie sind in Tabelle 1 zusammengestellt. (Aus Gründen der Anschaulichkeit wird hier bewußt auf eine Differenzierung nach Kfz-Arten verzichtet.)

**Tabelle 1:** Zusammenstellung der für das gewählte Beispiel (Südtangente Hamburg) erforderlichen Daten

Jährliche Kosten 2010 (in Preisen von 1990) [Mio DM/a]			
Nr.	Kostenart	Ohne-Fall (Index „o“)	Mit-Fall (unelastisch, ohne Neuverkehr) (Index „m,u“)
1	Kfz-Betriebskosten (darunter: Kraftstoffkosten)	3530,072 (1225,671)	3532,776 (1225,692)
2	Fahrzeitkosten	3338,084	3297,564
3	Unfallkosten	1104,598	1095,886
4	Umweltkosten (Lärm, Schadstoffe)	217,502	215,990
5	Trennwirkungskosten	46,248	45,428
6	Infrastrukturkosten IK (Baulastträgerkosten)	-	21,407
Fahrleistungen 2010 N [Mio Kfz-km/a]		11633,440	11716,279

Bevor nun die konkreten Zahlen verwertet werden, soll für den zukünftig zu erwartenden Fall, daß die Daten von Tabelle 1 in der Regel vorliegen werden, der Formelapparat unter der recht plausiblen Annahme einer (Intern-)Preiselastizität von  $\varepsilon = -1$  vereinfacht werden.

Unter Verwendung der Grundzusammenhänge

<sup>18</sup> CERWENKA, P. et al.: Untersuchung der verkehrswirtschaftlichen und ökologischen Effekte sowie der Auswirkungen auf das städtische Umfeld bei vollständiger Herstellung der A 252 - Südtangente Hamburg. Forschungsprojekt der Prognos AG und von Kessel + Partner im Auftrag der Baubehörde der Freien und Hansestadt Hamburg, Basel/Freiburg, 1992.

<sup>19</sup> Der Autor dankt der Baubehörde Hamburg für die Genehmigung zur Verwendung der in diesem Kapitel benötigten Daten und Resultate aus diesem Projekt.

$$KI = p \cdot N \quad (2) \quad \text{und} \quad KE = e \cdot N \quad (3)$$

in der entsprechenden Indizierung läßt sich zunächst der Netto-Nutzen  $NN_u$  im unelastischen Fall aus Gleichung (8) wie folgt ermitteln:

$$NN_u = (KI_o + KE_o) - (KI_{m,u} + KE_{m,u}) - IK \quad [DM/a] \quad (13)$$

Ferner läßt sich der Netto-Nutzen  $NN_e$  im elastischen Fall aus Gleichung (12) mit  $\varepsilon = -1$  unter Verwendung der Gleichungen (9) bis (11) wie folgt ermitteln:

$$NN_e = NN_u + \frac{KI_o - KI_{m,u}}{KI_{m,u}} \cdot \left[ \frac{1}{2} \cdot \frac{N_{m,u}}{N_o} \cdot (KI_o - KI_{m,u}) - KE_{m,u} \right] \quad [DM/a] \quad (14)$$

Die entsprechenden, das eigentliche Resultat darstellenden Nutzen/Kosten-Quotienten  $Q$  lauten dann:

$$Q_u = \frac{NN_u + IK}{IK} \quad [-] \quad (15)$$

$$Q_e = \frac{NN_e + IK}{IK} \quad [-] \quad (16)$$

Wenn man nun an die Ermittlung der Größe  $NN_e$  herangeht, stellt sich in der Praxis sogleich ein fundamentales Problem: Zwar sind die Infrastrukturkosten  $IK$  eindeutig definierbar, hingegen ist es nicht unumstritten, die restlichen Kostenarten eindeutig entweder den internen oder den externen Kosten zuzurechnen. Dies ist insgesamt ein weites Diskussionsfeld, das hier nicht vertieft beackert werden soll. Nur die zwei Hauptargumentationslinien sollen angedeutet werden:

- In der klassischen Definition (die sich an der unmittelbaren Kostenträgerschaft, d.h. am Adressaten der Zahlungswirksamkeit, orientiert) zählen zu den internen Kosten die Kfz-Betriebskosten, die Fahrzeitkosten und ein Teil der Unfallkosten (nämlich die vom Kfz-Halter zu bezahlenden Unfallversicherungsprämien und weitere vom Unfallverursacher zu tragende Kosten).
- In der hier bedeutsameren Definition (die sich vorrangig daran orientiert, ob Kosten das Kalkül zur Verkehrsteilnahme beeinflussen oder nicht) wären hauptsächlich die variablen Bestandteile der eben genannten Kostenarten dazu zu zählen, weil - so die gängige entsprechende Auffassung - nur sie über die zurückgelegte Wegstrecke oder über die

Reisezeit unmittelbar wahrgenommen werden und somit zu Mobilitätsverhaltensreaktionen führen. Das wären vor allem die Kraftstoffkosten und die Fahrzeitkosten. Gleichwohl dürften aber auch die fixen (weder fahrleistungs- noch reisezeitabhängigen) internen Kosten einen gewissen (abgeschwächten) Einfluß auf das Kalkül zur Verkehrsteilnahme ausüben. Wenn das nicht der Fall wäre, würde der Verkehrsteilnehmer permanent seine fixen Mobilitätskosten sozusagen sich selbst subventionieren.

Als Resultierende aus diesen Überlegungen wird hier ein pragmatisches Vorgehen gewählt: Als interne Kosten fließt in die rechnerische Ermittlung hier die Summe aus Kfz-Betriebskosten und Fahrzeitkosten ein. (Dies soll aber keine generelle Präjudizierung sein; kann jemand bessere Argumente für eine andere Zuordnung vorbringen, so wird hiermit die Einladung zur Publizierung dieser Argumente ausgesprochen.) In dieser Vereinbarung ergeben sich die zur Ermittlung von  $NN_u$ ,  $NN_e$  sowie  $Q_u$ ,  $Q_e$  erforderlichen Eingangswerte für die Formeln (13) bis (16) gemäß Tabelle 2.

**Tabelle 2:** Relevante Kostengruppen für das gewählte Beispiel (Südtangente Hamburg)

Jährliche Kosten 2010 (in Preisen von 1990) [Mio DM/a]		
Kostengruppe	Ohne-Fall (Index „o“)	Mit-Fall (unelastisch, ohne Neuverkehr) (Index „m,u“)
Interne Kosten KI	6868,156	6830,340
Externe Kosten KE	1368,348	1357,304
KI + KE	8236,504	8187,644
Infrastrukturkosten IK	-	21,407

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse zusammengestellt, die man erhält, wenn man die Kosten aus Tabelle 2 und die Fahrleistungen N aus der letzten Zeile der Tabelle 1 in die Gleichungen (13) bis (16) einsetzt.

**Tabelle 3:** Ergebnisse für die Netto-Nutzen NN und für die Nutzen/Kosten-Quotienten Q für das gewählte Beispiel (Südtangente Hamburg)

	NN [Mio DM/a]	Q [-]
Unelastisch: $\epsilon = 0$ (ohne Neuverkehr)	27,453	2,282
Elastisch: $\epsilon = -1$ (mit Neuverkehr)	20,044	1,936

Es empfiehlt sich eine Kurzinterpretation des Ergebnisses: Warum sinkt NN bzw. Q im elastischen Fall gegenüber dem unelastischen (also infolge Einbeziehung von Neuverkehr)? Hier geben Abbildung 2 und Abbildung 4 sowie auch Gleichung (12) Auskunft: Sie alle zeigen, daß im elastischen Fall gegenüber dem unelastischen Fall immer dann eine Verbes-

serung, also  $NN_e > NN_u$  bzw.  $Q_e > Q_u$ , eintritt, wenn die halbe Differenz der internen Preise vor und nach Maßnahmenrealisierung größer ist als der volle externe Kostensatz nach Maßnahmenrealisierung.

Für das Beispiel gilt:

$$\begin{aligned}
 p_o &= KI_o/N_o = 0,5904 \text{ DM/Kfz-km} \\
 p_{m,red} &= KI_{m,u}/N_o = 0,5871 \text{ DM/Kfz-km} \\
 p_o - p_{m,red} &= 0,0033 \text{ DM/Kfz-km} \\
 e_m &= KE_{m,u}/N_{m,u} = 0,1158 \text{ DM/Kfz-km}
 \end{aligned}$$

Da  $0,0033/2 < 0,1158$  ist, muß  $NN_e < NN_u$  und  $Q_e < Q_u$  gelten.

Dies dürfte wohl die übliche Konstellation sein, weil positiv die halbe interne Preisdifferenz (vor und nach Maßnahmenrealisierung) und negativ der volle externe Kostensatz (nach Maßnahmenrealisierung) zu Buche schlägt. Abhilfe kann da nur die Senkung der externen Kosten (entweder durch ihre Internalisierung oder aber durch ihre Beseitigung) schaffen.

Allerdings ist - wenn jemand auf die Idee kommen sollte, nun diesen reduzierten Q-Wert mit Q-Werten von anderen (etwa in der Bundesverkehrswegeplanung bewerteten) Maßnahmen zu vergleichen, um Rangfolgen in einer Dringlichkeitsreihung neuverkehrsadäquat zu revidieren - zu beachten, daß dies erst dann statthaft ist, wenn diese Revision bei allen in der Dringlichkeit miteinander konkurrierenden Maßnahmen in gleicher Weise erfolgt ist. (Daraus leitet sich die zuvor geäußerte Vermutung ab, daß das hier gewählte Beispiel Demonstrationscharakter für eine standardisiert wiederkehrende Aufgabenstellung haben könnte.) Auch sind dann möglicherweise neue (reduzierte) Schwellenwerte für Q zu definieren, die jeweils erreicht werden müssen, damit eine Maßnahme zur Reihung in einer von mehreren Dringlichkeitsstufen zugelassen wird.

Abschließend zu diesem praktischen Beispiel bleibt noch darauf hinzuweisen, daß hier aus Gründen der Anschaulichkeit beim betrachteten Verkehrsnachfragesystem von einem homogenen Aggregat ausgegangen wurde; in konkreten Anwendungsfällen ist selbstverständlich nach den einzelnen Verkehrsbeziehungen der Verkehrsverflechtungsmatrix und nach Fahrzeugarten disaggregiert vorzugehen und erst anschließend zu aggregieren.

### 9. Analogien und Interpretationen

Anliegen dieses Kapitels ist es, Querbeziehungen des behandelten Themas zu zwei anderen aktuellen verkehrswissenschaftlichen Problembereichen aufzuzeigen und mit diesen „Werkstattgedanken“ den wissenschaftlichen Diskurs anzuregen.

## 9.1 „Externe Nutzen“ des Verkehrs

Hinsichtlich des Begriffes und der Wertung der „externen Nutzen“ des Verkehrs scheint in weiten Kreisen eine ähnliche Verwirrung zu herrschen wie hinsichtlich des Begriffes und der Wertung des „Neuverkehrs“. Zum einen dürfte das mit den ideologischen (d.h. je nach Interessenlage positiv oder negativ verhärteten) Vorbesetzungen beider Begriffe zu tun haben. Zum anderen kann auch eine tatsächliche Querbeziehung zwischen beiden Phänomenen hergestellt werden, die nachfolgend kurz aufgezeigt werden soll.

Verdienstvolle Klarheit in die Begrifflichkeit von internen und externen Nutzen des Verkehrs hat Baum kürzlich in dieser Zeitschrift geschaffen.<sup>20</sup> Er hat die Eigenschaft „intern“ und „extern“ ebenso wie in dem vorliegenden Beitrag definiert, wobei das Kriterium der Kostenträgerschaft (Ort des zahlungswirksamen Kostenanfalls beim Verkehrsteilnehmer oder bei anderen) und nicht das Kriterium der Verkehrsverhaltensreaktion im Vordergrund steht.<sup>21</sup> Entscheidend ist nun aber die weitere Unterscheidung der externen Nutzen in pekuniäre und technologische Externalitäten. Pekuniäre externe Nutzen entstehen zwar nicht direkt beim Verkehrsteilnehmer selbst, sondern bei jemand anderem, aber sie werden über Preismechanismen auf Märkten ausgetauscht. Bei technologischen Externalitäten steht der Verkehrsteilnehmer mit dem nutzenziehenden Wirtschaftssubjekt nicht in einer Marktbeziehung.<sup>22</sup> Mit Blick auf das Thema Neuverkehr wäre das Kriterium der Verkehrsverhaltensreaktion miteinzubringen: Demnach würden sowohl interne als auch pekuniäre externe Nutzen verkehrsverhaltensleitend wirken, während technologische externe Nutzen sich einer bewußten Intentionalität im Verkehrsverhalten der Verkehrsteilnehmer entziehen. Wenn man sich diese Interpretation zu eigen macht, dann läßt sich die Konsumentenrente (Fläche des Trapezes  $p_mBCp_o$  in Abbildung 2) wie folgt deuten:

- Das Rechteck  $p_mACp_o$  entspricht eindeutig den eigentlichen internen Nutzen des Verkehrs: Die durch das Rechteck symbolisierten Nutzen fallen bei den Verkehrsteilnehmern selbst im Verkehrssystem an.
- Die zusätzliche durch Neuverkehr entstehende Konsumentenrente (Fläche des Dreiecks ABC) dürfte die Summe aus weiteren beim Verkehrsteilnehmer selbst, aber überwiegend nicht während der Verkehrsteilnahme anfallenden internen Netto-Nutzen sowie über Märkte mit anderen Wirtschaftssubjekten ausgetauschten pekuniären externen Nutzen darstellen.

<sup>20</sup> Baum, H.: Die volkswirtschaftlichen Nutzen des Verkehrs. In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 68(1997), Nr. 1, S. 27-51.

<sup>21</sup> Baum, a.a.O., S. 29-30.

<sup>22</sup> Baum, a.a.O., S. 30.

(Leider gelingt es Baum im empirischen Teil seiner zitierten Arbeit nicht, die gesamten volkswirtschaftlichen Nutzen des Verkehrs in interne und externe und noch viel weniger die externen in pekuniäre und technologische externe quantitativ aufzuspalten.<sup>23</sup>)

Die angeführte Segmentierung der maßnahmebedingt entstehenden Konsumentenrente hat eine wichtige Konsequenz: Wird bei der Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen Neuverkehr in Rechnung gestellt, so darf dann nicht noch einmal pauschal ein „externer Nutzen“ als zusätzliches Realisierungsargument einkalkuliert werden.<sup>24</sup> Sollten sich tatsächlich einmal echte „technologisches externe Nutzen“ trennscharf zu pekuniären empirisch quantifiziert nachweisen lassen und sollte sich analog zum externen Kostensatz e [DM/Kfz-km] auch sinnvoll ein „externer Nutzensatz“ en [DM/Kfz-km] bilden lassen, so wäre in allen Formeln dieses Beitrages, in denen e [DM/Kfz-km] vorkommt, dieses e um en zu saldieren, also durch  $(e - en)$  [DM/Kfz-km] zu ersetzen.

## 9.2 Ökonomisches Rationalitätskalkül und Reisezeitbudget

Gerade angesichts des raumgreifenden Vordringens von Ideologien ist es nicht nur statthaft, sondern geradezu geboten, zu den Wurzeln zurückzukehren, um an ihnen wieder Halt zu finden. Eine solche Wurzel ist das fundamentale ökonomische Rationalitätskalkül in seinen beiden Ausprägungsformen:

- (a) für einen fest definierten Nutzen (Output) ein Minimum an Mitteln (Input) einsetzen
- (b) mit gegebenen Mitteln (Input) ein Maximum an Nutzen (Output) erzielen

Es wurde nun in Kapitel 7 gezeigt, daß sich der Kehrwert einer Geschwindigkeit (Zeitbedarfswert) mit der Dimension [h/km] oder [min/km] als naturales Äquivalent zu einem (monetären) Preis mit der Dimension [DM/km] deuten läßt, womit auch der sprichwörtlichen Gleichung  $\text{Zeit} = \text{Geld}$  entsprochen wird.<sup>25</sup>

<sup>23</sup> Baum, a.a.O., S. 51.

<sup>24</sup> Wesentlich für die Gültigkeit dieser Argumentation ist allerdings, daß ein diesem Gedankenkonzept adäquater Zeitkostensatz [DM/h] verwendet wird. Die unendliche Geschichte der Ermittlung eines solchen Zeitkostensatzes soll hier allerdings nicht prolongiert werden.

<sup>25</sup> Allein durch die Erwähnung dieser Gleichung outet man sich heute in manchen Kreisen als Technokrat. Es darf aber an dieser Stelle jemand zitiert werden, der nicht in diesem Verdacht steht und diese nüchterne Gleichung glänzend in poetische Worte übersetzt hat: „Mir erscheint es manches Mal wie eine Verschwendung, allzu lange an einem Ort zu sein.“ So der österreichische Schriftsteller Christoph Ransmayr in einem Interview (Frankfurter Allgemeine Magazin, Heft 914 vom 5.9.1997, S. 79) zu seiner unbändigen Lust, unterwegs zu sein. Die Frage nach der bevorzugten Art der Fortbewegung beantwortet er dort wie folgt: „Zu Fuß! Der Fußweg ist meistens das letzte Stück einer langen Bewegung, die mit dem Flugzeug beginnt. Natürlich ist es ein absurder Einsatz der Mittel, für das Gehen im Himalaya eine riesige Maschinerie in Gang zu setzen.“ (Ebenda, S. 78) Allerdings zwingt ihn niemand zu dieser Absurdität. Vielmehr stiftet sie ihm ganz offenbar einen enormen Nutzen dadurch, daß er sein (vielleicht konstantes) Fußwegezeitbudget manchmal lieber im Himalaya als zu Hause verausgabt.

Mit Bezug zu dieser Analogie läßt sich Geschwindigkeitserhöhung (Zeitbedarfsverwertung) **ohne** Neuverkehrsfolgen (Elastizität  $\epsilon = 0$ ) als Rationalitätskalkül (a) interpretieren: Der Output (ein fest vorgegebenes Muster an Raumüberwindung) wird mit minimalen Mitteln (Zeitbudget) erzielt. **Mit** Neuverkehrsfolgen im Ausmaß von  $\epsilon = -1$  stellt sich die genaue Analogie zu Rationalitätskalkül (b) ein: Mit fest vorgegebenen Mitteln (Zeitbudget) wird der Nutzenoutput eines variablen Raumüberwindungsmusters maximiert.

Beide Ausprägungsformen des ökonomischen Rationalitätskalküls stellen zweifelsfrei effiziente Handlungsmaximen (unter unterschiedlichen Randbedingungen) dar. Jemand, der Nutzenstiftung durch Geschwindigkeitserhöhung leugnet, wenn dadurch gleich viel Reisezeit im System zugebracht wird, gleicht genau jemandem, der Nutzenstiftung durch Preissenkung leugnet, wenn er nach Preissenkung insgesamt gleich viel Geld ausgibt wie vorher, weil er sich durch Mehrkonsum Nutzen stiftet. (Selbstverständlich soll bei diesen Analogien nicht verdrängt werden, daß bei ihnen das Problem der externen Kosten außer Betracht blieb. Aber auch diese Analogien zeigen, wie zunehmend wichtig es wird, diese externen Kosten zu internalisieren.)

Nun mögen sich manche ideologisch vorbelastete Zeitgenossen am Aufzeigen dieser Analogien stoßen. Es bleibt dessen ungeachtet jedermann unbenommen, auf den Einsatz ökonomischer Rationalitätskalküle in seinem persönlichen Lebenswandel zu verzichten und damit freiwillig eine Art Internalisierung externer Kosten an sich vorzunehmen. Zu einer allgemeinen Handlungsmaxime wird allen geschichtlichen Erfahrungen zufolge die Sistierung ökonomischer Rationalitätskalküle wohl nicht werden, zumal sich gerade die wasserpredigenden Kritiker selbst ausgesprochen unterdurchschnittlich als Kostverächter erweisen (siehe Kapitel 1).

## 10. Kondensat an Schlußfolgerungen

Unter den im vorliegenden Beitrag getroffenen Annahmen lassen sich folgende wesentliche Schlußfolgerungen ziehen:

1. Um Neuverkehr bei der Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen berücksichtigen zu können, ist die Unterscheidung der relevanten Kostenarten in interne Kosten und externe Kosten von zentraler Bedeutung. Wird Neuverkehr bei solchen Bewertungen (wie bisher in der Regel üblich) vernachlässigt, erübrigt sich diese Unterscheidung. Berücksichtigung von Neuverkehr ist gleichbedeutend mit der Annahme einer auf Änderungen interner Preise elastisch reagierenden Verkehrsnachfrage (Elastizität  $\epsilon < 0$ ), Vernachlässigung von Neuverkehr ist gleichbedeutend mit unelastischer Verkehrsnachfrage (Elastizität  $\epsilon = 0$ ).

2. Die bisher für derartige Bewertungen angewendete klassische Kosten-Nutzen-Analyse (z.B. gemäß Bundesverkehrswegeplanung<sup>26</sup>) liefert widerspruchsfreie Bewertungsergebnisse für den Fall unelastischer Verkehrsnachfrage. Das hier vorgestellte Bewertungsverfahren ist somit eine konsistente, die Erklärungskraft erhöhende Verallgemeinerung des klassischen Bewertungsverfahrens, das Neuverkehr vernachlässigt hat.
3. Neuverkehr **erhöht** stets den **internen** Netto-Nutzen der Verkehrsteilnehmer, und zwar (dem Grundsatz, nicht dem Ausmaß nach) völlig unabhängig von der Höhe der dabei real waltenden (negativen) Elastizität  $\epsilon$ , daher auch völlig unabhängig davon, ob im Verkehrssystem durch eine geschwindigkeitserhöhende Maßnahme bei einer Zeitelastizität  $\epsilon_t < 0$  physische Reisezeit eingespart wird ( $0 > \epsilon_t > -1$ ) oder nicht ( $\epsilon_t \leq -1$ ). Die exklusive positive bzw. negative Beurteilung einer geschwindigkeitserhöhenden Verkehrswegeinvestition aufgrund einer eingesparten bzw. nicht eingesparten im Verkehrssystem physisch zugebrachten Zeitmenge ist bei Berücksichtigung von Neuverkehr sinnlos.
4. Neuverkehr **senkt** stets den **externen** Netto-Nutzen der zu beurteilenden Maßnahme (gegenüber Vernachlässigung von Neuverkehr).
5. Bei Vorhandensein (preislich nicht internalisierter) externer Kosten ist der **gesamte (interne + externe) Netto-Nutzen** infolge Neuverkehrs stets dann größer als bei unelastischer Verkehrsnachfrage, wenn die **Differenz** der internen Preise ohne und mit Maßnahme ( $p_o - p_m$ ) mindestens doppelt so hoch ist wie der **gesamte** externe Kostensatz mit der Maßnahme ( $e_m$ ). Wenn es gelänge, alle externen Kosten verhaltensleitend voll zu internalisieren, entspräche der gesamte Netto-Nutzen dem internen Netto-Nutzen, und der ist gemäß Punkt 3 unter Berücksichtigung von Neuverkehr stets größer als unter seiner Vernachlässigung.
6. Zur Ermittlung des Netto-Nutzens von Neuverkehr ist auch die Kenntnis des zugehörigen (fiktiven) unelastischen Systemzustandes mit Maßnahme erforderlich.
7. Insgesamt erklärt das hier vorgestellte Bewertungskonzept schlüssig die Reaktion der Verkehrsteilnehmer auf geschwindigkeitserhöhende Maßnahmen im Verkehrssystem und beseitigt damit alle in Kapitel 1 aufgelisteten Widersprüche.

<sup>26</sup> Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.): Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen - Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992. Forschungsvorhaben des Bundesministers für Verkehr, erstellt von PLANCO Consulting GmbH, Essen, in Zusammenarbeit mit BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, Freiburg, und Ingenieurbüro Heusch Boesefeldt GmbH, Aachen. Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 72, Bonn, 1993.



### Schlußanmerkung des Autors in eigener Sache

Die vorliegende Problemstellung hat den Autor durch viele Jahre begleitet, bewegt und beschäftigt und schließlich in ihm den hiermit vorgestellten Lösungsweg reifen lassen, wobei wegen der starken ideologischen Vorbelastung des Themas vor allem die Aufklärungsabsicht im Vordergrund des Anliegens des Autors stand und steht.

In der Schlußphase gelangte dem Autor eine Arbeit zur Kenntnis, die ein sehr ähnliches Thema zum Gegenstand hat.<sup>27</sup> Der Autor hat diese Arbeit ganz bewußt nicht vor Fertigstellung seines eigenen, hiermit vorgestellten Beitrages gelesen, weil er unbeeinflusst davon seinen eigenen Gedanken-Gang konsequent zu Ende gehen wollte und auch in niemandes Auftrag und gänzlich ohne schützendes Teamgeleit dachte, sondern sich nur von dem Gedanken leiten ließ, die in der verkehrspolitischen Szenerie sich abzeichnenden Schluchten an fundamentalistischen neuverkehrsbedingten Argumentationswidersprüchen durch Aufklärung zu überbrücken - ein Anliegen, das man sich häufiger an Universitäten beheimatet wünschen würde.

Nach Fertigstellung des vorliegenden Beitrages hat der Autor nun die zitierte Arbeit mit Interesse gelesen, aber an seinem eigenen Beitrag danach kein Jota verändert, sondern lediglich diese Schlußanmerkung hinzugefügt. Es liegt hiermit der leider höchst rar gewordene Fall der unabhängigen Parallelbeforschung eines Themas vor. In den Grundzügen sind viele Gemeinsamkeiten und einander ergänzende Interpretationen erkennbar, es gibt aber auch Abweichungen. Möge die an dem Thema interessierte Scientific Community sich ihr Urteil bilden und aus der Gegenüberstellung der beiden Arbeiten fruchtbringende Anregungen zur Erhöhung des Erkenntnisstandes und der Erklärungskraft schöpfen.

### Abstract

The subject of infrastructure-induced traffic lead in the past to very controversial discussions, both with respect to its amount and to its evaluation. In the present paper its existence is not questioned, but accepted throughout. For this case, which can be interpreted as a price- or time-dependently elastic reaction of road-users to reduction of price and increase of speed respectively according to realization of new traffic infrastructure, an evaluation procedure is presented that eliminates the past contradictions and turns into the procedure of the conventional cost-benefit-analysis in a consistent and conclusive way for the special (fictive) non-elastic case (i.e. neglecting infrastructure-induced traffic). In the now presented new evaluation procedure the differentiation of total costs arising by consumption of traffic performance between internal and external costs is of fundamental importance.

<sup>27</sup> Wagner, A. et al.: Qualifizierung, Quantifizierung und Evaluierung wegbauinduzierter Beförderungsprozesse. Pilotstudie des Instituts für Angewandte Wirtschaftsforschung (Tübingen), des Steinbeis-Transferzentrums Angewandte Systemanalyse (Stuttgart), der Ingenieurbüro Steierwald Schönharting und Partner GmbH (Stuttgart) und des Instituts für Sozialforschung - Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre (Universität Stuttgart) im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Stuttgart, 1996.

## Europäische Umweltabgabe auf den Pkw-Verkehr? - Empirische Analyse der Kraftstoffnachfrage -

VON KARL-HEINZ STORCHMANN, ESSEN

Mit zunehmender Integration der Europäischen Union und der damit einhergehenden Intensivierung internationaler Arbeitsteilung haben die negativen externen Umwelteffekte des Güter- und Personenverkehrs drastisch zugenommen. Neben Flächenverbrauch, Zersiedelung und Versiegelung der Landschaft sowie Emissionen von Lärm und klassischen Luftschadstoffen (z.B. CO, NO<sub>x</sub> oder VOC) stehen aufgrund des drohenden Klimawandels insbesondere die CO<sub>2</sub>-Ausstöße im Mittelpunkt der umweltpolitischen Diskussion. So sind 1994 im Verkehrssektor EU-weit nahezu 850 Mill. t CO<sub>2</sub> emittiert worden, was einem Anteil von rund 27 vH an den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Union entspricht. Damit ist der Verkehrssektor nach dem Kraftwerksbereich der zweitgrößte europäische CO<sub>2</sub>-Emittent. Mehr als die Hälfte aller verkehrsbedingten Emissionen gehen dabei auf den motorisierten Individualverkehr zurück.

Die Europäische Kommission hat diese Probleme bereits mehrfach aufgegriffen und die Notwendigkeit gemeinsamer europäischer Lösungsstrategien betont.<sup>1</sup> Aufgrund der konstanten Verknüpfung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kraftstoffverbrauch konzentrieren sich diese Bemühungen auf Verbrauchsreduktion von Vergaser- und Dieselmotoren. Vorschläge zu Minderungsstrategien knüpfen dabei bevorzugt am Kraftstoffpreis an, geht man doch davon aus, daß dieser die entscheidende Nachfragedeterminante sei. So hat die Kommission dem Rat der Europäischen Gemeinschaften 1991 einen „Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Einführung einer Steuer auf Kohlendioxidemissionen und Energie“<sup>2</sup> auf alle fossilen Brennstoffe unterbreitet. Für Vergaserkraftstoff war ein Ausgangssatz von etwa 2,6 Pf/l<sup>3</sup> vorgesehen, der sich sieben Jahre lang um jährlich ein Drittel dieses Satzes

### Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Oec. Karl-Heinz Storchmann  
Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung e.V.  
Hohenzollernstraße 1-3  
45128 Essen

<sup>1</sup> Vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Grünbuch zu den Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt. Eine Gemeinschaftsstrategie für eine „dauerhaft umweltgerechte Mobilität“. KOM(92)46 endg., Brüssel 1992; Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Die künftige Entwicklung der gemeinsamen Verkehrspolitik - Globalkonzept einer Gemeinschaftsstrategie für eine auf Dauer tragbare Mobilität (Weißbuch). KOM(92)494 endg., Brüssel 1992 sowie Europäische Kommission, Faire und effiziente Preise im Verkehr. Politische Konzepte zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs in der Europäischen Union (Grünbuch). Bulletin der Europäischen Union, Beilage 2/96, Luxemburg 1996.

<sup>2</sup> Vgl. Deutscher Bundestag (Hrsg.), Drucksache 12/3398, Vorschlag über eine Richtlinie des Rates zur Einführung einer Steuer auf Kohlendioxidemissionen und Energie - KOM(92) 226 endg., Bonn 1992.

<sup>3</sup> Bei einem Wechselkurs von 1,95 DM/ECU.

erhöhen sollte. Alternative Vorschläge empfehlen OECD-weite Kraftstoffpreiserhöhungen von jährlich 5-7 vH.<sup>4</sup> Wenn auch zumindest der EU-Vorschlag vorerst vom Tisch scheint<sup>5</sup>, bleibt die europäische Dimension einer CO<sub>2</sub>-Begrenzung auch im Pkw-Verkehr weiter aktuell und wichtig.

Die folgende Untersuchung will - unter Bezugnahme auf verschiedene konkurrierende konsumtheoretische Ansätze - versuchen, eine Antwort auf die Frage zu geben, in welchem Umfang die Vergaserkraftstoffnachfrage in den Ländern der EU durch Preise bestimmt wird und welche Implikationen sich daraus für eine effiziente Instrumentierung einer EU-Verkehrspolitik ergeben könnten. Sie bedient sich dabei der Methode der Querschnittsanalyse, zielt also darauf ab, Preis- und Einkommenselastizitäten aus einem Vergleich der Merkmalsausprägungen in unterschiedlichen Ländern zu einem bestimmten Zeitpunkt zu bestimmen. Ausschlaggebend für die Wahl dieses Verfahrens ist, daß die aus Querschnittsanalysen abgeleiteten Elastizitätskennziffern aufgrund der breiteren Streuung der Einflußfaktoren<sup>6</sup> - anders als Zeitreihenanalysen - weniger die kurzfristigen als vielmehr die langfristigen Anpassungsreaktionen an unterschiedliche Preis- und Einkommensverhältnisse beschreiben<sup>7</sup>. Dabei werden lediglich die Vergaserkraftstoffverbräuche in den 15 EU-Ländern betrachtet, der Dieselsonsum bleibt unberücksichtigt. Als Referenzpunkt wird das Jahr 1994 gewählt.

### 1. Kraftstoffverbrauch in der EU

In den Ländern der Europäischen Union sind im Jahr 1994 insgesamt etwa 158 Mrd. l Vergaserkraftstoff im Straßenverkehr verbraucht worden (vgl. Tabelle 1), davon über 25 vH allein in der Bundesrepublik, 19 vH in Großbritannien und jeweils 14 vH in Frankreich und in Italien. Wenn auch der durchschnittliche EU-Verbrauch bei 444 l je Einwohner liegt, sind die einzelnen Volkswirtschaften unterschiedlich kraftstoffintensiv. Während der Pro-Kopf-Verbrauch in den südeuropäischen Ländern Portugal, Spanien, Griechenland mit unter 340 l deutlich unter dem Durchschnitt liegt, ist die Nachfrage in Schweden, Luxem-

<sup>4</sup> Vgl. von Weizsäcker, E.U., Jesinghaus, J., Mauch, S.P., Iten, R., Ökologische Steuerreform. Zürich 1992, S. 48 ff.

<sup>5</sup> Inzwischen zeichnet sich ein neuer Vorschlag der EU ab, der Mindeststeuersätze für Energieprodukte vorschlägt. Demnach soll beispielsweise der Mindestsatz für bleifreies Benzin von 287 auf 450 ECU/1000 l angehoben werden. Hiervon wären allerdings nur Luxemburg, Griechenland und Spanien betroffen. Vgl. o.V., EU: Neue Mindeststeuersätze für Energie geplant. In: WID Energiewirtschaft, 29. Jg. (1996), Nr. 26, S. 8.

<sup>6</sup> Im Vergleich zu Zeitreihenuntersuchungen sind die Einflußfaktoren darüber hinaus weniger trendbehaftet und geringer wechselseitig korreliert. Vgl. auch Griffin, J.M., Gregory, P.R., An intercounty translog model of energy substitution responses. In: American Economic Review, 66. Jg. (1976), S. 845 ff.

<sup>7</sup> Durch Zeitreihenanalysen ermittelte langfristige Preis- und Einkommenselastizitäten der Kraftstoffnachfrage für 21 OECD-Staaten bestätigen diesen Zusammenhang. Vgl. Sterner, T. u.a., Gasoline tax policy, carbon emissions and the global environment. In: Journal of Transport Economics and Policy, 26. Jg. (1992), H. 2, S. 109 ff.

burg und der Bundesrepublik mit jeweils über 600 l überdurchschnittlich hoch<sup>8</sup>. Diese Unterschiede sind sicherlich auf eine Vielzahl von Faktoren zurückzuführen, die neben ökonomischer auch demographischer, geographischer, psychologischer oder historisch-kultureller Natur sein können. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung steht jedoch der Erklärungsgehalt ökonomischer Ansätze im Vordergrund, so daß insbesondere der Einfluß von Einkommen und Preisen untersucht wird. Da sich die Nachfrage nach Kraftstoffen im wesentlichen auf den Bereich der Privaten Haushalte konzentriert, bieten sich zu ihrer Erklärung die verschiedenen Ansätze der Konsumtheorie an.

### 2. Neoklassischer Ansatz

Die traditionelle Nachfragetheorie geht davon aus, daß der Konsum von Gütern und Dienstleistungen direkt nutzenstiftend und der Nutzen eine Funktion der konsumierten Gütermenge ist. Dabei verfolgt der rational handelnde Konsument das Ziel der Nutzenmaximierung unter Beachtung einer Budgetrestriktion.<sup>9</sup> Dementsprechend ist der Kraftstoffverbrauch eine Funktion des verfügbaren Einkommens einerseits sowie der Verhältnisse von Kraftstoff- zu den übrigen Konsumgüterpreisen andererseits.

$$C = F(\text{GDP}, \text{PEVK}, \text{PE}_{\text{SONST}})$$

mit: C: Vergaserkraftstoffverbrauch je Einwohner  
 GDP: Einkommen je Einwohner  
 PEVK: Preis Vergaserkraftstoff  
 PE<sub>SONST</sub>: Preis anderer Güter

Das verfügbare Einkommen der Privaten Haushalte ist die zentrale, bestimmende Größe für das Niveau der Konsumausgaben und damit auch für die den Individualverkehr betreffenden Ausgaben. Geht man von Wechselkursen des Jahres 1994 aus<sup>10</sup>, so lag das durchschnittliche jährliche Pro-Kopf-Einkommen innerhalb der EU im Jahre 1994 bei 29 280 DM. Deutschland und die skandinavischen Länder stehen dabei an der Spitze der Einkommensskala, während die Pro-Kopf-Einkommen in Portugal und Griechenland nicht einmal die Hälfte des EU-Durchschnitts erreichen. Die Spannweite ist beachtlich: Das nominale durchschnittliche Einkommen ist in Schweden nahezu 4mal so hoch, wie dasjenige in Griechenland (vgl. Tabelle 1).

<sup>8</sup> Dabei nimmt Luxemburg eine Sonderrolle ein: Aufgrund der relativ niedrigen Kraftstoffpreise gilt es als "Tankland", d.h. ein Großteil der Nachfrage ist auf die Nachbarländer zurückzuführen.

<sup>9</sup> Vgl. hierzu auch Schumann, J., Grundzüge der mikroökonomischen Theorie, 5. Aufl., Berlin/Heidelberg 1987; Streissler, M., Theorie des Haushalts, Stuttgart 1974.

<sup>10</sup> Bei Verwendung von Kaufkraftparitäten sind gegenüber den hier benutzten Wechselkursen aufgrund der statischen Betrachtung nur eines abgegrenzten Marktsegments keine anderen Ergebnisse zu erwarten.

**Tabelle 1: Verbrauch von Vergaserkraftstoffen, Kraftstoffpreisen und Einkommen in den Ländern der Europäischen Union 1994**

	Kraftstoffverbrauch		Einkommen DM je Einwohner	Kraftstoff- preis <sup>1</sup> DM/l
	Mill. l	Liter je Kopf		
Belgien	3 811	377	35 625	1,54
Dänemark	2 531	486	44 360	1,50
Deutschland <sup>a</sup>	39 706	602	44 987	1,53
Finnland	2 562	504	34 182	1,58
Frankreich	22 086	381	37 330	1,55
Griechenland	3 550	341	12 250	1,28
Großbritannien	30 662	525	29 129	1,38
Irland	1 321	370	23 304	1,57
Italien	22 034	385	34 778	1,93
Luxemburg	732	1 811	43 858	1,16
Niederlande	5 246	341	34 164	1,78
Österreich	3 333	415	38 258	1,51
Portugal	2 485	251	13 836	1,69
Schweden	5 581	636	46 206	1,77
Spanien	12 295	314	23 887	1,47
EU insgesamt	157 935	444	29 280	1,55

Eigene Berechnungen nach Angaben der International Energy Agency und der OECD.  
<sup>a</sup> Alte Bundesländer; <sup>1</sup> Super bleifrei (95 RON) 1992

Auch die Kraftstoffpreise variieren innerhalb der EU deutlich. Während der Unterschied der Herstellungskosten von Vergaserkraftstoffen mit einer Spannbreite zwischen 42 und 57 Pf/l noch relativ gering ist, ist der Unterschied bei den Tankstellenabgabepreisen erheblich größer. Innerhalb der EU ist Vergaserkraftstoff in Luxemburg mit 1,16 DM/l am günstigsten und in Italien mit 1,93 DM/l am teuersten. Dieses ist auf die sehr große Determiniertheit durch Abgaben wie Umsatz-, Mineralöl-, Bevorratungs-, Umwelt- sowie Kohlendioxidsteuern zurückzuführen. Dementsprechend sind die Steueraufschläge auf die jeweiligen Herstellungspreise in Luxemburg mit 64 Pf/l am niedrigsten und in Italien mit 1,42 DM/l am höchsten. Das Kraftstoffpreisniveau in der Bundesrepublik bewegt sich aufgrund der Mineralölsteuererhöhungen der letzten Jahre mit 1,53 DM/l inzwischen im europäischen Durchschnitt.

Regressionsanalytisch ergibt der neoklassische Ansatz die folgende Gleichung:

$$(1) \quad C = 9,794 \cdot \text{GDP}^{94} - 244,630 \cdot \text{PEVK} + 553,793$$

(6,38)                      (2,89)                      (4,04)

MAPE: 9,12    DW=2,00                      R<sup>2</sup>=0,793                      t-Werte in Klammern

Dabei ist der Kraftstoffverbrauch erwartungsgemäß positiv mit dem verfügbaren Einkommen und negativ mit den Kraftstoffpreisen verknüpft. Die mittlere absolute prozentuale Abweichung (MAPE) von 9,12 vH deutet jedoch darauf hin, daß sich die Funktion noch verbessern läßt. Zahlreiche Erweiterungen dieses Erklärungsschemas sind denkbar: So können die Preise konkurrierender Verkehrsträger wie Bus und Bahn, Siedlungsstrukturcharakteristika oder auch Kennzahlen zur Bevölkerungsstruktur als erklärende Variable miteinbezogen werden. Vielfach wird einfach die Bevölkerungsdichte in die Formel mitaufgenommen, da davon auszugehen ist, daß mit zunehmender Bevölkerungsdichte zum einen die Erschließungsmöglichkeiten mit Verkehrsmitteln des ÖPNV steigen, zum anderen die durchschnittlichen Entfernungen je Weg sinken. Dementsprechend wird ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang vermutet: Je größer die Bevölkerungsdichte umso kleiner die Kraftstoffnachfrage und andersherum. Die Bevölkerungsdichte hat hier als Kehrwert Eingang in die Gleichung gefunden, da der Zusammenhang zwischen Kraftstoffverbrauch und Bevölkerungsdichte nicht linear sondern eher asymptotisch ist, d.h. daß auch ballungsbedingte Erschließungsvorteile des ÖPNV an Grenzen stoßen. So ließe sich Gleichung (1) auch modifiziert darstellen als:

$$(1a) \quad C = 9,624 \cdot \text{GDP}^{94} - 266,22 \cdot \text{PEVK} + 1833,63 \cdot (1/\text{DENS}) + 553,793$$

(6,38)                      (3,15)                      (1,23)                      (4,04)

MAPE: 8,37                      DW=2,24                      R<sup>2</sup>=0,819                      t-Werte in Klammern

mit:                      DENS: Bevölkerungsdichte in Einwohner je km<sup>2</sup>

Traditionelle Ansätze dieser Art sind in der Vergangenheit vielfach zur Erklärung der Kraftstoffnachfrage herangezogen worden und haben versucht, den Einfluß von Benzinpriessen auf deren Nachfrage zu quantifizieren. Beispiele dafür sind die Untersuchungen von Ramsey u.a.<sup>11</sup> sowie Dewees u.a.<sup>12</sup>, die zusätzlich zu Einkommen und Kraftstoffpreisen Indikatoren wie Eisenbahnpreise, Anteil der Jugendlichen an der Bevölkerung, Siedlungsstruktur und Pkw-Preise einbeziehen. Für den deutschsprachigen Raum sind vor allem die

<sup>11</sup> Vgl. Ramsey, J., Pasche, R., Allen, B., An analysis of the private and commercial demand for gasoline. In: The Review of Economics and Statistics, 57. Jg. (1975), S. 502 ff.

<sup>12</sup> Vgl. Dewees, D.N., Hyndman, R.M., Waverman, L., Gasoline demand in Canada: 1956-1972. In: Energy Policy, 3. Jg. (1975), S. 116 ff.

Modelle von Rau<sup>13</sup>, Fleming<sup>14</sup>, Kriegesmann<sup>15</sup> und in jüngster Zeit Jesinghaus und von Weizsäcker<sup>16</sup> zu nennen. Während die Untersuchungen von Rau, Fleming und Kriegesmann auf Zeitreihenanalysen basieren, erklären von Weizsäcker und Jesinghaus den Kraftstoffverbrauch von 1988 mithilfe einer Querschnittsanalyse für 14 OECD-Staaten. Dabei handelt es sich keineswegs um ein „neues Meßkonzept“, sondern um eine traditionelle Analyse, die mit einem sogenannten „Mischindex“ (Potenzfunktion) arbeitet, in den neben Einkommen und Preisen die Bevölkerungsdichte eingeht.<sup>17</sup>

Die Vorteile des traditionellen Ansatzes sind evident: Mit relativ unkomplizierten Modellen, die im Extremfall nur aus einer Gleichung bestehen, lassen sich bei geringem Datenaufwand schnell Zusammenhänge zwischen Preis- oder Einkommensgrößen und Kraftstoffverbrauch aufzeigen und quantifizieren. Daß dieses jedoch auch mit Problemen verbunden ist, sollen die folgenden Kritikpunkte zeigen<sup>18</sup>:

Der traditionelle Methode, die Kraftstoffnachfrage durch den Kraftstoffpreis direkt zu erklären, kann den zeitlichen Entwicklungspfad von Anpassungsprozessen nicht abbilden, ist also statisch. Gleichungen des Typs (1) und (1a) gehen davon aus, daß die Anpassungen z.B. an geänderte Kraftstoffpreise in einer Periode abgeschlossen sind. Sie gehen zudem auch von symmetrischen Reaktionen aus, d.h. Preiserhöhungen hätten die gleiche Elastizität wie Preissenkungen, was der Realität nicht entspricht.<sup>19</sup> Modifikationen, die eine Dynamisierung durch autoregressive Ansätze oder distributed lags erreichen wollen, können dieses Problem nur begrenzt heilen.<sup>20</sup>

Der Erklärungswert neoklassischer Ansätze ist vor allem auch daher gering, da Anpassungsprozesse nicht spezifiziert werden können. So bleibt im Dunkeln ob ein Rückgang der Kraftstoffnachfrage bei steigendem Preis primär auf einen sinkenden Pkw-Bestand, geringere Fahrleistungen oder aber auf eine gestiegene Kraftstoffeffizienz der Pkw-Flotte zurückzuführen ist. Dementsprechend können divergierende Pro-Kopf-Kraftstoffverbräuche in den Ländern der EU auf Unterschiede in den Motorisierungsgraden, den Intensitäten der

<sup>13</sup> Vgl. Rau, R., Preis- und Abgabenelelastizitäten für die Nachfrage der privaten Haushalte nach Energieträgern. In: RWI-Mitteilungen, 25. Jg. (1974), Heft 3, S. 127 ff.

<sup>14</sup> Vgl. Fleming, G., Der Einfluß der Preise auf Einfuhr und Verbrauch von Mineralöl. Eine empirische Untersuchung für die Bundesrepublik Deutschland, Kieler Diskussionsbeiträge Nr. 62, Kiel 1979.

<sup>15</sup> Kriegesmann, K.-P., Energieverteuerung und sektoraler Strukturwandel als Determinanten des Energieverbrauchs. In: Die Weltwirtschaft 1980, Heft 1, S. 100 ff.

<sup>16</sup> Vgl. von Weizsäcker, E.U. u.a., a.a.O.

<sup>17</sup> Die Schätzfunktion lautet  $C = 1000 / (221 + 30,6 \cdot (PE0,9 \cdot DENS0,182 \cdot GDP-0,277))$ , der MAPE beträgt 11,98; es läßt sich eine Preiselastizität von -0,708 errechnen.

<sup>18</sup> Eine detaillierte Darstellung findet sich bei Gommersbach, M., Ökonomische Analyse der Pkw-Kraftstoffnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland, Köln 1988.

<sup>19</sup> Vgl. Wenke, M., Zur Elastizität der Kraftstoffnachfrage bei unterschiedlich spezifizierten Nachfragefunktionen und asymmetrischen Verbraucherreaktionen. In: RWI-Mitteilungen, 45 Jg. (1994), Heft 1, S. 39 ff.

<sup>20</sup> Vgl. Gommersbach, M., a.a.O., S. 135 ff.

Nutzung oder in der Zusammensetzung der jeweiligen nationalen Pkw-Flotte zurückzuführen sein. Daß diese drei Faktoren in quantitativer und zeitlicher Hinsicht unterschiedlich auf Variationen des Kraftstoffpreises reagieren liegt auf der Hand. Hier setzt der haushaltsproduktionstheoretische Ansatz der Erklärung der Kraftstoffnachfrage an.

### 3. Haushaltsproduktionstheoretischer Ansatz

Die Haushaltsproduktionstheorie geht auf die in den 60er Jahren entwickelten konsumtheoretischen Ansätze von Becker, Lancaster und Muth<sup>21</sup> zurück. Gemeinsam ist ihnen die Grundannahme, daß nicht das konsumierte Gut selbst, sondern dessen Eigenschaften oder das mit ihm produzierte Endgut nutzenstiftend ist. Dementsprechend ist nicht Kraftstoff selbst das nutzenstiftende Gut, sondern das „Endgut Mobilität“, das vom Konsumenten unter dem Einsatz anderer Faktoren wie einem Pkw, Zeit und auch Kraftstoffen selbst produziert wird. Insofern kann der Konsumvorgang auch als Produktionsvorgang betrachtet werden, in dem der Konsument die Inputs zur Herstellung des Endgutes erwirbt; die Kraftstoffnachfrage ist dementsprechend keine direkte, sondern eine abgeleitete Nachfrage. Diesen Erklärungsansätzen folgend soll die Kraftstoffnachfrage in den Ländern der Europäischen Union und der Einfluß von Preis- und Einkommensgrößen getrennt nach den Elementen

- Pkw-Bestand,
- Pkw-Nutzung und
- spezifischer Verbrauch der Pkw analysiert werden.

#### 3.1. Elemente der Kraftstoffnachfrage

In der EU sind im Jahr 1994 rund 152 Mill. Pkw registriert gewesen, im Durchschnitt entspricht dies einer Dichte von rund 427 Pkw je 1000 Einwohner (vgl. Tabelle 2). Die Unterschiede im Motorisierungsgrad sind allerdings enorm: Während die Pkw-Dichte in den südeuropäischen Ländern Griechenland und Portugal noch relativ niedrig ist, haben Luxemburg, Italien und die Bundesrepublik inzwischen ein vergleichsweise hohes Motorisierungsniveau erreicht.

Im Gegensatz zu den Bestandszahlen registrierter Pkw und des Kraftstoffverbrauchs insgesamt handelt es sich bei den Fahrleistungen und dem spezifischen Kraftstoffverbrauch der Fahrzeugflotte eines Landes allgemein um geschätzte bzw. durch Stichprobenbefragung

<sup>21</sup> Vgl. Becker, G.S., A theory of the allocation of time. In: Economic Journal, 75. Jg. (1965), S. 493 ff. sowie Ökonomische Erklärung menschlichen Verhaltens, 2. Aufl., Tübingen 1993, S. 97 ff.; Lancaster, K.J., A new approach to consumer theory, In: Journal of Political Economy, 74. Jg. (1966), S. 132 ff.; Muth, R.F., Household production and consumer demand functions. In: Econometrica, 34. Jg. (1966), S. 699 ff.

gewonnene Daten. Aufgrund des definitorischen Zusammenhangs zwischen Kraftstoffverbrauch, Fahrleistungen und spezifischen Verbräuchen gehen - bei gegebenem Gesamtkraftstoffverbrauch - mit steigenden Fahrleistungen sinkende spezifische Verbräuche einher und umgekehrt. Insofern können Annahmen über Fahrleistungen ex definitione den spezifischen Verbrauch senken oder erhöhen. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die Angaben der International Road Federation<sup>22</sup>, sowie der jeweiligen nationalen statistischen Ämter<sup>23</sup>.

**Tabelle 2: Elemente der Kraftstoffnachfrage in den Ländern der Europäischen Union 1994**

	Pkw-Bestand		Kilometer je Fahrzeug und Jahr	Kraftstoff- verbrauch l/100 km
	in Mill.	je 1000 Einwohner		
Belgien	4,266	416	12 590	9,6
Dänemark	1,685	319	19 250	8,5
Deutschland <sup>1</sup>	35,192	508	12 200	9,8
Finnland	1,888	368	17 800	8,7
Frankreich	25,100	430	14 720	7,8
Griechenland	2,076	199	17 960	8,6
Großbritannien	24,307	408	14 480	9,5
Irland	0,990	258	19 730	8,2
Italien	29,850	518	10 950	7,5
Luxemburg	0,225	547	14 200	10,1 <sup>a</sup>
Niederlande	5,633	383	14 480	7,6
Österreich	3,594	433	11 880	8,9
Portugal	2,560	223	18 040	7,7
Schweden	3,631	409	16 690	9,7
Spanien	14,212	351	15 610	7,8
EU insgesamt	151,751	427	13 590	9,0

Eigene Berechnungen nach Angaben der International Road Federation, der nationalen Statistischen Ämter sowie der International Energy Agency. - <sup>a</sup>geschätzt; rechnerisch ergeben sich über 20 l/100 km; <sup>1</sup> alte Bundesländer.

<sup>22</sup> Vgl. International Road Federation (Ed.), World Road Statistics 1990-1994. Washington, D.C., 1995.

<sup>23</sup> Soweit dies möglich war, sind die Fahrleistungsangaben von Vergaser-Pkw ermittelt worden.

Demnach ist die durchschnittliche Jahreskilometerleistung der Vergaser-Pkw in Dänemark und Irland mit über 19 000 km im EU-Vergleich am höchsten, während sie in Italien mit unter 11 000 km am niedrigsten ist. Auch die jahresdurchschnittlichen Fahrleistungen bundesdeutscher Pkw bewegen sich mit rund 12 200 km am unteren Rand.

Der spezifische Kraftstoffverbrauch - gemessen in Litern je 100 km - wird in den jeweiligen Ländern von den Automobilproduzenten und/oder staatlichen Stellen sowohl für jeden Modelltyp als auch für die Fahrzeugflotte insgesamt ermittelt. Dabei kommen allerdings unterschiedliche Methoden hinsichtlich der Fahrmodi, der Gewichtung und der Bezugsgröße zur Anwendung. Zudem ist davon auszugehen, daß das tatsächliche Fahrverhalten und die äußeren Gegebenheiten (z.B. Außentemperatur bei Kaltstarts, Durchschnittsgeschwindigkeiten, Gewichtungen) den idealisierten Testbedingungen nicht voll entsprechen. Insofern ist die Vergleichbarkeit dieser Verbrauchszahlen so stark eingeschränkt<sup>24</sup>, daß hier ein anderer Weg zu ihrer Ermittlung beschränkt wird. Sie werden mittels Division des Gesamtverbrauchs durch die Jahreskilometerleistung der gesamten vergaserkraftstoffverbrauchenden Fahrzeugflotte ermittelt; der Pkw-Bestand wurde um den Anteil der Diesel-, Elektro- und Flüssiggasfahrzeuge korrigiert<sup>25</sup>.

Tabelle 2 zeigt die nach Angaben des IRF, der IEA sowie der nationalen statistischen Ämter berechneten spezifischen Verbräuche. Demnach beläuft sich der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch der gesamten EU-Pkw-Flotte bei 9,0 l/100 km. Allerdings sind auch hier die Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern beträchtlich. Während sich für Italien ein Flottenverbrauch von 7,5 l/100 km errechnet, sind dies in Luxemburg noch über 10 l/100 km. Auch die Pkw-Flotte der Bundesrepublik bewegt sich mit 9,8 l/100 km am oberen Rand.

### 3.2. Determinanten der Kraftstoffnachfrage

Neben dem Einkommen und den Kraftstoffpreisen werden Größe und Struktur des Pkw-Bestandes sowie dessen Nutzung auch von Anschaffungs- und sonstigen fahrleistungsunabhängigen Kosten bestimmt (vgl. Tabelle 3). So werden die Gesamtkosten eines Kleinwagens in Deutschland nur zu einem Drittel von Kraftstoffausgaben, jedoch zu zwei Dritteln durch Kaufpreis bzw. Abschreibungen und Kfz-Steuern bestimmt.<sup>26</sup> Aufgrund dieser Kostendominanz liegt die Vermutung nahe, daß hier wesentliche Bestimmungsgründe der Kraftstoffnachfrage zu suchen sind.

<sup>24</sup> Vgl. International Energy Agency (Ed.), Fuel efficiency of passenger cars. Paris 1991 und insbesondere International Energy Agency (Ed.), Fuel efficiency of passenger cars. Paris 1984.

<sup>25</sup> Vgl. Commission of the European Communities (Ed.), Energy in Europe. Special Issue July 1990. Luxemburg 1990, S. 155, und International Energy Agency (Ed.), Cars and climate change. Paris 1993, S. 207 ff.

<sup>26</sup> Dieser Anteil steigt mit zunehmender Fahrzeuggröße und Kapitalintensität auf bis zu 90 vH.

Dieses gilt insbesondere im europäischen Vergleich, ist das Gebrauchsgut Pkw doch qualitativ und quantitativ ganz unterschiedlich in die jeweiligen nationalen Steuersysteme eingebunden. Neben partialen Zielsetzungen (fiskalisch, umwelt- und verteilungspolitisch) spielen oftmals auch übergeordnete Aspekte des gesamten Steuersystems eine bedeutende Rolle.<sup>27</sup>

**Tabelle 3: Pkw<sup>1</sup>-Kosten in der Ländern der Europäischen Union in DM je Jahr; 1994**

	Abschreibungen	Steuern auf Besitz	Kraftstoffe	insgesamt
Belgien	4 041	205	2 079	6 325
Dänemark	7 324	309	2 025	9 658
Deutschland	3 898	185	2 066	6 149
Finnland	7 133	164	2 133	9 430
Frankreich	4 300	315	2 093	6 708
Griechenland	10 330	193	1 728	12 251
Großbritannien	4 527	315	1 863	6 705
Irland	5 405	360	2 120	7 885
Italien	5 912	300	2 606	8 818
Luxemburg	3 244	108	1 566	4 918
Niederlande	4 803	519	2 403	7 725
Österreich	4 049	198	2 039	6 286
Portugal	10 862	68	2 282	13 212
Schweden	6 289	74	2 390	8 753
Spanien	6 568	45	1 985	8 598

Eigene Berechnungen nach Angaben der International Road Federation, der nationalen Statistischen Ämter sowie der International Energy Agency. <sup>1</sup> Mit 1400 cm<sup>3</sup> Hubraum und einem Durchschnittsverbrauch von 9 l/100 km.

<sup>27</sup> So geht Schmolders davon aus, daß in südeuropäischen Ländern wie Spanien, Italien oder Griechenland die Effizienz der Einkommensbesteuerung aufgrund schlechter Steuermoral und großer „Steuerscheu“ sehr gering ist. Infolgedessen dient sichtbares Eigentum wie z.B. der Besitz eines Pkw als Indikator der Leistungsfähigkeit und wird als alternative Bemessungsgrundlage herangezogen. Vgl. Schmolders, G., Ansätze zu einer Finanzpsychologie. In: Recktenwald, H.C., Finanzpolitik, Köln 1969, S. 78 ff.

### 3.2.1. Kosten des Pkw-Erwerbs

Der Kauf eines Pkw wird in allen Staaten der EU mit Mehrwertsteuern belegt. Die Sätze streuen dabei zwischen 15 vH in Deutschland und Luxemburg und 25 vH in Dänemark und Schweden. Zwar wird inzwischen in allen Ländern der EU der Normalsatz erhoben, bis Anfang der 90er Jahre galt aber der Erwerb eines Pkw in allen romanischen Ländern mit Ausnahme Portugals als (umsatzsteuerrechtlicher) Luxus und wurde mit einem höheren Satz belegt<sup>28</sup>, was sich aufgrund der Langlebigkeit von Pkw auch heute noch im Bestand und dessen Struktur ausdrückt.

Anders als in Deutschland wird der Pkw-Kauf in allen EU-Ländern - mit Ausnahme von Luxemburg - mit weiteren Abgaben belastet, die sich in erster Linie am Wert, in einigen Ländern aber auch am Hubraum, Gewicht oder einem normierten Kraftstoffverbrauch des Kraftfahrzeugs orientieren (vgl. Übersicht 1).

Mit Ausnahme von Schweden ist allen nordeuropäischen Ländern der Fahrzeugwert als Steuerbemessungsgrundlage gemeinsam. So ist in Dänemark für die Erstzulassung eines Pkw eine wertorientierte Registrierungsteuer vorgesehen, die für die ersten 34 400 dkr des Listenpreises 105 vH und den darüber hinausgehenden Wert 180 vH beträgt. Auch in Irland ist der Tarif gespalten: Bis zu einem Hubraum von 2012 cm<sup>3</sup> wird eine Wertsteuer von 20,7 vH verlangt, darüber 24,7 vH. Wertorientierte Zulassungssteuern existieren ebenfalls in den Niederlanden und Finnland: Es werden Aufschläge von 45,2 bzw. 102 vH verlangt, von denen Festbeträge abzugsfähig sind. In Großbritannien fällt mit der sog. car tax eine Steuer in Höhe von 5 vH des Großhandelswertes des Pkw an. Als einziger romanischer Staat erhebt auch Spanien eine Wertsteuer (17 vH).

Demhingegen orientieren sich die Kauf-/Zulassungssteuern in Belgien, Frankreich und Italien traditionell am CV-Wert des Fahrzeugs. Dabei handelt es sich um eine „fiskalische Pferdestärke“, die nach speziellen Formeln berechnet wird.<sup>29</sup> In allen drei Ländern existieren gespartene bzw. progressive Tarife, die den Luxuscharakter großvolumiger Pkw betonen. Die Steuern sind jeweils 1992/93 eingeführt worden um die ehemals gespaltenen Umsatzsteuersätze zu ersetzen. In Belgien beläuft sich die Steuerhöhe zwischen 2 500 und 200 000 bfr je Pkw, in Frankreich liegt der Satz zwischen 130 und 195 FF je CV. In Italien werden nur Pkw mit mehr als 21 CV zusätzlich zur Umsatzsteuer belastet, die Abgabe hat dabei eine Höhe zwischen 5 und 12 Mill. Lire.

<sup>28</sup> In Italien und Belgien war der Luxussatz nur für großvolumige Fahrzeuge ab einem Hubraum von 2000 bzw. 3000 cm<sup>3</sup> zu entrichten. Demhingegen hatte Griechenland den Pkw-Kauf umsatzsteuerrechtlich begünstigt und einen ermäßigten Tarif vorgesehen.

<sup>29</sup> Die Steuer-PS werden in jedem Land nach einer besonderen Formel, in die meistens der Hubraum und die Zylinderzahl eingehen, errechnet. So entspricht CV ("cavallo vapore") für Viertaktmotoren in Italien beispielsweise  $CV = 0,14186 * (n * V) 0,6541$ , mit n: Anzahl der Zylinder und V: Hubraum in cm<sup>3</sup>.



## Übersicht 1: Abgaben beim Pkw-Erwerb im europäischen Vergleich; 1994/1995

	Umsatzsteuer- satz in vH	Sonstige Abgaben	
Belgien	20,5	Steuer auf Erstzulassung nach Steuer-PS (CV) progressiv nach CV	2500-200000 bfr
Dänemark	25,0	Wertsteuer für Neuwagen bis zu 34 400 dkr darüber	105 vH 180 vH
Deutschland	15,0	keine	
Finnland	22,0	Wertsteuer für Neuwagen 102 vH abzgl. 4600 FIM	
Frankreich	18,6	progressive Zulassungssteuer nach Steuer-PS (CV) zwischen 130 und 195 FF je CV	
Griechenland	18,0	besondere Pkw-Verbrauchsteuer nach Hubraum und Wert progressiv nach Hubraum zzgl. 2 vH für jede 1000 Dr Wert	23-40 Dr/ccm
Großbritannien	17,5	Autosteuer für Neuwagen vom Wert vom Großhandelswert	5 vH
Irland	21,0	Kaufsteuer für Neuwagen vom Wert bis 2012 cm <sup>2</sup> darüber	21,7 vH 24,7 vH
Italien	19,0	Luxussteuer für Pkw über 21 CV	5 -12 Mill. Lit.
Luxemburg	15,0	keine	
Niederlande	17,5	Verbrauchsteuer nach Katalogpreis bis 10 000 hfl über 10 000 hfl	18,5 vH 27,8 vH
Österreich	20,0	Normverbrauchsabgabe (NoVA) vom Wert des Fahrzeugs je nach Kraftstoffverbrauch	bis zu 14 vH
Portugal	17,0	progress. Zulass.-Steuer nach Hubraum	95-1700 Esc/ccm
Schweden	25,0	spezielle Umsatzsteuer für Kfz nach Gewicht je kg Betriebsgewicht	6,40 skr
Spanien	16,0	Registriergebühr vom umsatzsteuerlichen Wert	17 vH

Nach Angaben der International Road Federation, der OECD, der International Energy Agency sowie A. Mennel, a.a.O.

Hubraumorientierte Kfz-Abgaben existieren lediglich in Portugal und Griechenland. In Portugal werden bei jeder neuen Zulassung im Rahmen eines stark progressiven Tarifs zwischen 261 und 3 395 Esc je cm<sup>3</sup> erhoben. Auch in Griechenland ist der Tarifverlauf progressiv, die Sätze bewegen sich zwischen 23 und 40 Dr je cm<sup>3</sup>. Je 1 000 Dr Fahrzeugwert wird zudem eine Wertsteuer von 2 vH verlangt.

Schweden und Österreich nehmen bei der Besteuerung des Pkw-Erwerbs eine Sonderrolle ein. Der Erwerb bzw. die erste Zulassung von Kraftfahrzeugen wird in Schweden mit einer speziellen Umsatzsteuer belegt. Sie orientiert sich am Gewicht, der Satz beläuft sich auf 6,40 skr je kg. In Österreich wird der Pkw-Kauf seit 1992 mit einer Normverbrauchsabgabe belastet<sup>30</sup>. Bemessungsgrundlage ist der umsatzsteuerliche Wert, der Steuersatz ist bis zum Höchstsatz von 14 vH variabel und orientiert sich am spezifischen Kraftstoffverbrauch. Dieser Höchstsatz beginnt bei einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von 10 l/100 km.

Aufgrund dieser breit gestreuten Unterschiede in den Abgabenbelastungen wäre zu erwarten, daß auch die Anschaffungskosten eines Pkw in den Ländern der EU entsprechend differieren. Dies ist jedoch nur mit Einschränkungen der Fall. Zwar ist ein standardisierter Mittelklassewagen mit einem Hubraum von 1400 cm<sup>3</sup> in Luxemburg, Belgien und Italien 5-10 vH günstiger als in der Bundesrepublik, während das gleiche Fahrzeug in Griechenland, Finnland, Dänemark und Portugal 30-80 vH teurer ist (vgl. Schaubild 1). Dennoch fällt auf, daß eine vollständige Überwälzung der entsprechenden Steuern nicht in jedem Fall möglich ist. Während die Spannweite bei den Bruttopreisen rund 100 vH beträgt, sind dies bei den Nettopreisen nur noch rund 26 vH. Der Nettopreis dient offensichtlich als Aktionsparameter, um je nach Elastizität der Nachfrage Preiswirkungen von Abgaben abzumildern.<sup>31</sup> Aufgrund der vergleichsweise geringen Besteuerung und einer relativ geringen Preiselastizität bei der Pkw-Nachfrage erreichen die Nettopreise in der Bundesrepublik im EU-Vergleich den höchsten Stand. Demgegenüber liegt der Nettopreis in Dänemark - angesichts hoher steuerlicher Belastungen - deutlich unter dem aller anderen EU-Staaten, was zu Arbitrageabschöpfungen durch Reimporte animiert<sup>32</sup>. Die EU-Kommission hat diese Marktausgleichstendenzen aufgegriffen und sorgt mit regelmäßigen Veröffentlichungen der Nettopreise von Pkw in den Ländern der EU für die entsprechende Transparenz.<sup>33</sup>

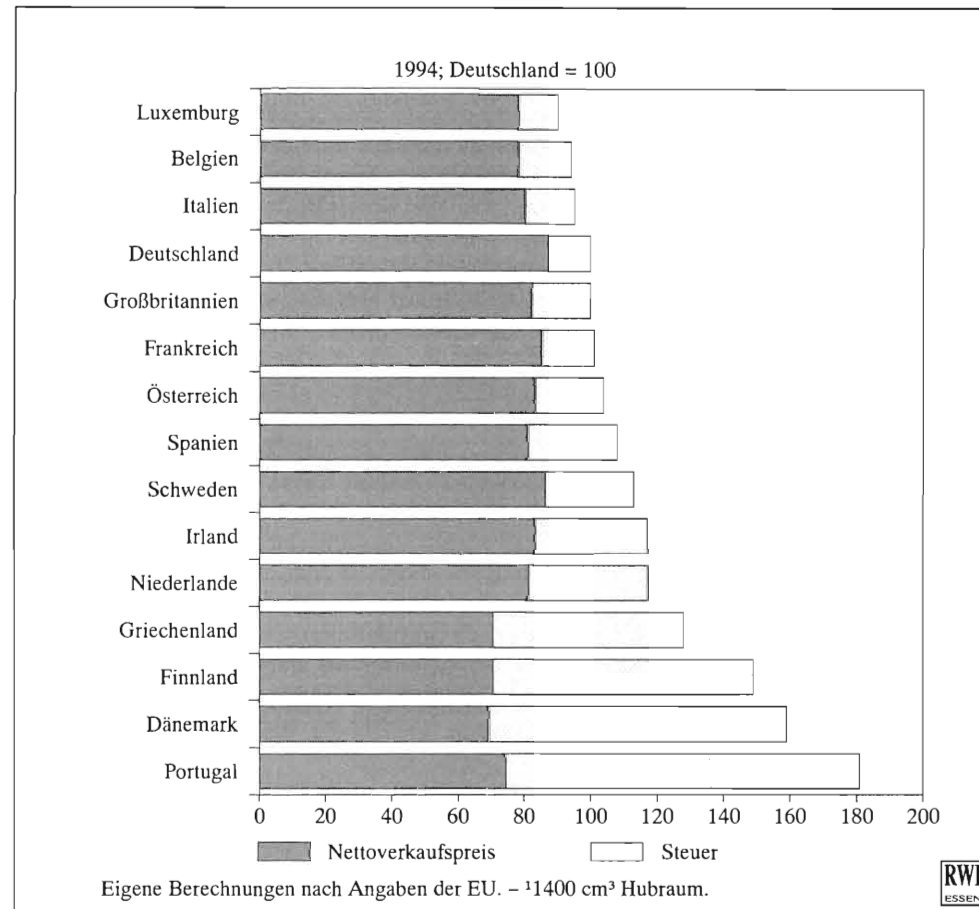
<sup>30</sup> Eine kritische Auseinandersetzung findet sich bei Wirl, F., The impact of conservation, technology and the new registration tax on automobiles on energy consumption. In: Empirica, 19. Jg. (1992), S. 95 ff.

<sup>31</sup> Siehe hierzu auch Flam, H., Nordström, H., Why do pre-tax car prices differ so much across european countries? London 1995 sowie die dort angegebene Literatur.

<sup>32</sup> Vgl. hierzu z.B. Hahn, A., Feine Sache: Sie sparen locker 7 000 Mark. In: ADAC Motorwelt, Heft 2/1993, S. 96 ff.

<sup>33</sup> Vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Car prices differentials within the European Union. <http://europa.eu.int/en/comm/dg04/public/carnot.htm>

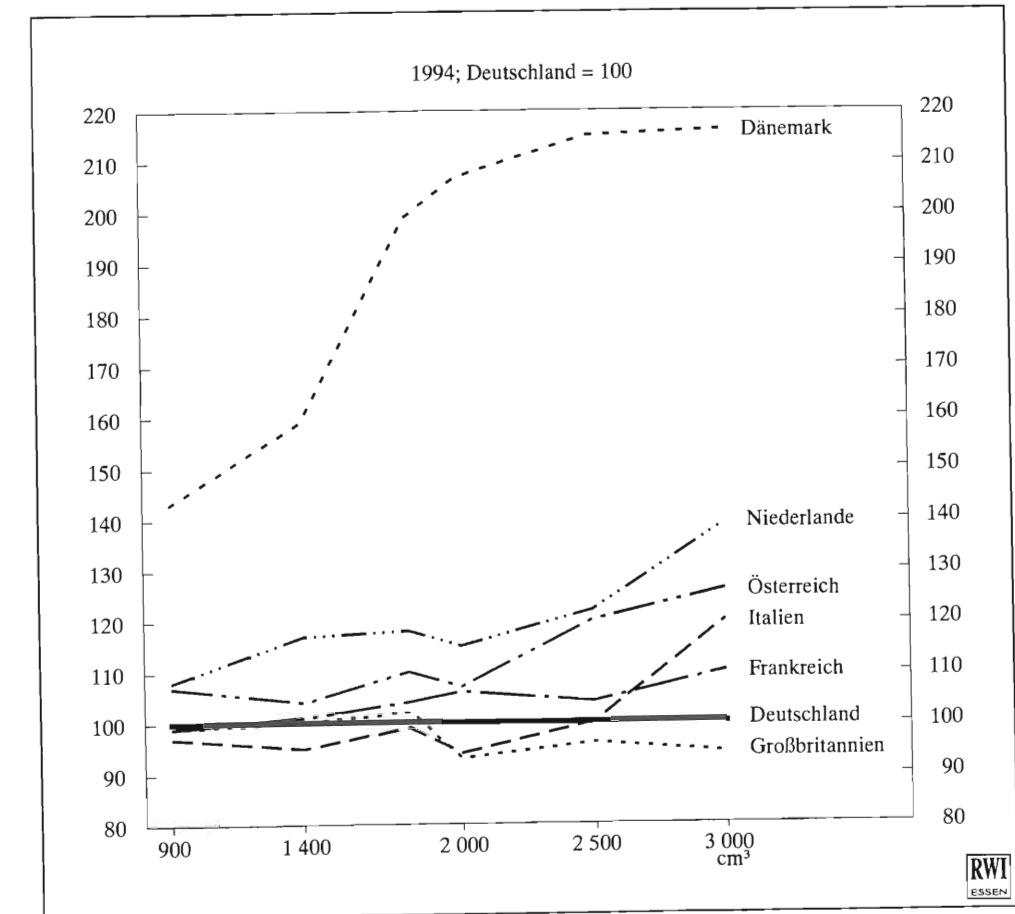


Schaubild 1: Verkaufspreis eines Mittelklassewagens<sup>1</sup> in den Ländern der EU

Trotz dieser durch den Markt erzwungenen Nivellierungstendenzen verbleiben erhebliche Unterschiede in den Anschaffungskosten für Pkw. Dieses gilt umso mehr, wenn man sich vom standardisierten Mittelklasse-Pkw löst und die Fahrzeuggröße miteinbezieht. So zeigt ein nach Hubraumklassen gestaffelter Preisvergleich, daß die Brutto-Preisvorteile beim Pkw-Kauf in der Bundesrepublik im Vergleich zu nahezu allen europäischen Staaten mit zunehmender Fahrzeuggröße überproportional zunehmen (vgl. Schaubild 2). Dieses ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß der Pkw-Erwerb in der Mehrzahl der EU-Staaten progressiv oder mit einem gespaltenen Tarif besteuert wird. So ist der Erwerb und die Erstzulassung eines Pkw mit einem Hubraum von unter einem Liter in Italien, Frankreich, Spanien und Belgien noch günstiger als in der Bundesrepublik, mit zunehmender Fahrzeuggröße schlägt der Preisvorteil aber in einen Preisnachteil von bis zu 25 vH um. Ähnliches

gilt für traditionell hochpreisige Länder: Sind kleinvolumige Pkw in Dänemark und Griechenland nur um den Faktor 1,4 bzw. 1,1 teurer als in Deutschland, beträgt dieser Faktor bei einem 3000 cm<sup>3</sup> großen Wagen schon rund 2,2 bzw. 2,4. Günstiger als in der Bundesrepublik sind großvolumige Pkw lediglich im Vereinigten Königreich.

Schaubild 2: Preise von Pkw nach Hubraumklassen



## 3.2.2. Kosten des Pkw-Besitzes

Über die Anschaffung eines Pkw hinaus wird in allen Staaten der Europäischen Union der Pkw-Besitz mit Steuern oder steuerähnlichen Abgaben belastet. Analog zu den Anschaffungskosten handelt es sich hierbei um fahrleistungsunabhängige Kosten, die in der Regel jährlich im voraus zu entrichten sind. Der Steuerbemessung liegen dabei so verschiedene Fahrzeugcharakteristika wie Hubraumgröße, Motorleistung, Gewicht und Alter des Wagens, Art des verwendeten Treibstoffs oder Schadstoffausstoß zugrunde (vgl. Übersicht 2). Darüber hinaus unterliegt der Pkw-Besitz in der Regel auch nichtfiskalischen Belastungen, wie der Pkw-Versicherung einschließlich der Versicherungsteuer, die aufgrund der geringen Bedeutung an dieser Stelle vernachlässigt werden kann<sup>34</sup>. In Analogie zu den Abgaben auf den Pkw-Erwerb lassen sich auch bei den Steuern auf den Besitz von Pkw bestimmte Staatengruppen nach ihrer Affinität zu bestimmten Bemessungsgrundlagen strukturieren.

Eine Orientierung der Kfz-Steuer an der Hubraumgröße, wie dies in der Bundesrepublik der Fall ist, existiert außerdem in Griechenland, Irland, Luxemburg und Portugal. Anders als beim deutschen Proportionaltarif kommen in diesen Ländern hingegen stets progressive Tarifverläufe zur Anwendung.

Den nordeuropäischen Ländern Dänemark, Schweden und den Niederlanden ist die Bezugnahme auf das Fahrzeuggewicht bei der Steuerbemessung gemeinsam; in Finnland werden lediglich Diesel-Pkw nach dem Gewicht besteuert. Auch hier sind in allen Fällen progressive Tarifelemente implementiert.

Wie schon bei den Abgaben auf den Erwerb von Pkw beziehen sich auch die Besitzsteuern in den romanischen Ländern Belgien, Frankreich, Italien und Spanien auf die Motorleistung in Form sogenannter Steuer-PS (CV); der Tarifverlauf ist in allen diesen Staaten durchweg stark progressiv ausgestaltet. Die Motorleistung (kW) ist - nach der Abkehr vom Hubraum - nunmehr auch in Österreich Grundlage der Kfz-Besteuerung, der Tarifverlauf ist allerdings proportional.

Entsprechend den Regelungen in anderen angelsächsischen Staaten<sup>35</sup> wird auch in Großbritannien auf den Pkw-Besitz eine „Kopf-Steuer“ (poll tax) erhoben, d.h. es wird ein jährlicher Pauschalbetrag in Höhe von £ 130 erhoben. Bezogen auf Fahrzeugelemente wie Größe, Motorleistung oder spezifischer Verbrauch ergibt sich dementsprechend ein degressiver Tarifverlauf. Für Vergaser-Pkw gelten ähnliche Regelungen auch in Finnland.

<sup>34</sup> Vgl. hierzu auch van Dijk, H., Klooster, J., Bezit en gebruik van personenauto's in zes EG-Landen. In: Tijdschrift voor Vervoerswetenschap, 28. Jg. (1992), S. 465 ff.

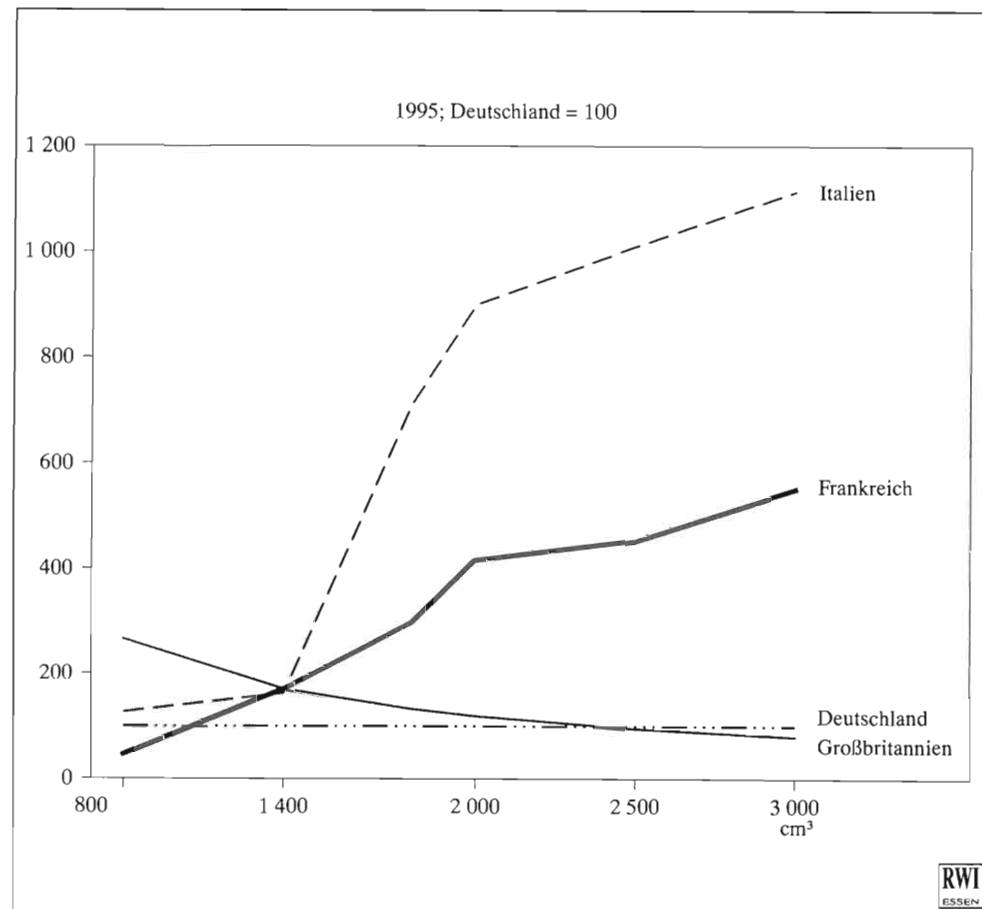
<sup>35</sup> So werden auch in den Vereinigten Staaten, Kanada, Neuseeland und Australien Pauschalbeträge je Pkw erhoben.

Übersicht 2: Abgaben auf den Pkw-Besitz<sup>1</sup> im europäischen Vergleich; 1994/95

Belgien	progressive Kfz-Steuer nach Steuer-PS (CV) 1884 bfr (4 CV) bis 48072 bfr (20 CV), zzgl. 2628 bfr je CV über 20	
Dänemark	progressive Kfz-Steuer nach Gewicht zwischen 452 und 5424 dkr., zzgl. 293,4 dkr. je 200 kg über 2 t	
Deutschland	Kfz-Steuer nach Hubraum nicht schadstoffarme Pkw schadstoffarme Pkw	21,60 DM je 100 ccm 13,20 DM je 100 ccm
Finnland	Kfz-Steuer nach Gewicht nur für Diesel-Pkw, 150 FIM je 100 kg für Vergaser-Pkw pauschal 500 FIM je Pkw	
Frankreich	progressive Kfz-Steuer nach Steuer-PS (CV) zwischen 184 FF (4CV) und 8856 FF (23 CV)	
Griechenland	progressive Kfz-Steuer nach Hubraum 500 bis 1214 ccm 1215 bis 1785 ccm über 1785 ccm	20 000 Dr. 30 000 Dr. 50 000 Dr.
Großbritannien	pauschale Kfz-Steuer	130 £ je Pkw
Irland	progressive Kfz-Steuer nach Hubraum bis 1000 ccm 1001 bis 1500 ccm 1501 bis 1700 ccm 1701 bis 2000 ccm 2001 bis 2500 ccm 2501 bis 3000 ccm über 3000 ccm	92 Ir£ 12,50 Ir£ je 100 ccm 14,00 Ir£ je 100 ccm 16,00 Ir£ je 100 ccm 19,50 Ir£ je 100 ccm 22,00 Ir£ je 100 ccm 800 Ir£
Italien	progressive Kfz-Steuer nach Steuer-PS (CV) 27 890 bis 1 652 595 Lit. zzgl. 59 270 Lit. je CV über 45	
Luxemburg	progressive Kfz-Steuer nach Hubraum, 226 bis 255 lfr. je 100 ccm	
Niederlande	progressive Kfz-Steuer nach Gewicht, 259 bis 1505 hfl je Pkw	
Österreich	Kfz-Steuer nach Motorleistung monatlich S 5,50 je kW abzgl. 24 kW; Minimum S 660, Maximum S 7200 je Jahr	
Portugal	progressive Kfz-Steuer nach Hubraum, 500 bis 52 000 Esc. je Pkw	
Schweden	progressive Kfz-Steuer nach Gewicht, 355 bis 1345 skr je Pkw	
Spanien	progressive Kfz-Steuer nach CV, 2 600 bis 18 820 Ptas. je Pkw	
Nach Angaben der International Road Federation, der OECD, der International Energy Agency sowie A. Mennel. <sup>1</sup> nur Vergaser-Pkw		

Hinsichtlich ihrer Belastungshöhe ist die deutsche Kfz-Steuer im internationalen Vergleich je nach Größenklasse des Pkw unterschiedlich einzuordnen. Bewegt sie sich im Kleinwagenbereich (unter 1000 cm<sup>3</sup>) noch im oberen Mittelfeld, so sinkt die relative Belastung mit zunehmender Hubraumgröße stark ab; d.h. im Verhältnis zu den meisten Staaten der EU werden Kleinwagen in der Bundesrepublik überdurchschnittlich und größere Wagen unterdurchschnittlich belastet. Das ist auf die bemerkenswerte Stellung der deutschen Proportionalsteuer im europäischen Vergleich zurückzuführen, da - von Großbritannien und Finnland abgesehen - in allen Ländern der EU progressive Tarife bzw. Tarifelemente zur Anwendung kommen. Schaubild 3 verdeutlicht, daß die Spreizung der Tarifverläufe schon in der unteren Mittelklasse bei etwa 1400 cm<sup>3</sup> anfängt und sich bis in den Luxusbereich fortsetzt.

Schaubild 3 : Tarifverläufe von Jahressteuern auf den Pkw-Besitz



### 3.3. Empirische Analyse der Kraftstoffnachfrage

#### 3.3.1. Pkw-Bestand

Der Bestand an Pkw zu einem bestimmten Zeitpunkt ergibt sich definitorisch aus dem Bestand der Vorperiode sowie den Zu- und Abgängen in der Periode selbst. Er ist somit Ergebnis einer langjährigen Entwicklung und nicht nur von Preis- und Abgabencharakteristika eines Zeitpunktes, z.B. des Jahres 1994, bestimmt. Dementsprechend sollte eine vollständige ökonomische Analyse die Bestimmung der Determinanten der Zu- und Abgänge umfassen; analog zur Lebensdauer von Pkw müssten diese Rechnungen sich über einen Zeitraum von etwa 20 Jahren erstrecken. Da solche Rechnungen für alle EU-Länder weder für Pkw-Zu- und Abgänge, noch für Preis- und Einkommensgrößen vorliegen, wird stattdessen eine reduzierte Form geschätzt, in der die Determinanten der Zu- und Abgänge unmittelbar mit den Pkw-Beständen verknüpft werden, d.h. der Pkw-Bestand direkt zu Einkommen und Preisen des Jahres 1994 in Bezug gesetzt wird.

Entscheidende Einflußgrößen für den Pkw-Bestand sind neben dem verfügbaren Einkommen die Kosten der Anschaffung und des Besitzes; ein Einfluß der Kraftstoffpreise auf die Pkw-Dichte läßt sich empirisch nicht belegen.<sup>36</sup> Da davon auszugehen ist, daß der Kauf eines Kraftfahrzeugs entweder kreditfinanziert wird oder aber durch entgehende Zinsgewinne Opportunitätskosten anfallen, wurden die Kosten über einen angenommenen Nutzungszeitraum von 10 Jahren verteilt und mit Hilfe einer gleichbleibenden durchschnittlichen Annuität und den jeweiligen langfristigen Zinssätzen auf das Bezugsjahr abdiskontiert. Um Verzerrungen bei den Schätzergebnissen zu vermeiden, wurden darüber hinaus die Anschaffungskosten standardisiert, d.h. es wurde der Kaufpreis eines Mittelklassewagens von 1400 cm<sup>3</sup> Hubraum verwendet.

Trotz dieser Normierung weichen die Kosten der Anschaffung und des Besitzes innerhalb der einzelnen Länder der EU erheblich voneinander ab. So schwanken die jährlichen Abschreibungen zwischen 3 244 DM in Luxemburg und 10 862 DM in Portugal. Ähnlich ist die Spannweite bei den Kosten des Besitzes, sind sie doch in den Niederlanden mit 519 DM nahezu 12mal so hoch wie in Spanien. Diese Unterschiede sind nicht nur eine Folge der differierenden langfristigen Zinssätze<sup>37</sup>, sondern im wesentlichen Ausdruck der bereits dargestellten länderspezifischen Abgaben- und Steuerbelastungen. Dementsprechend erklärt sich die Varianz der Pkw-Dichte durch folgende Gleichung:

<sup>36</sup> Als Beispiel hierfür kann Italien gelten: Gleichzeitig sind hier die höchsten Kraftstoffpreise und die nach Luxemburg höchste Pkw-Dichte in der EU zu finden.

<sup>37</sup> Die Spannweite liegt zwischen 6,1 und 15 vH. Vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaften (Hrsg.), Europäische Wirtschaft, Nr. 60, Brüssel 1995.

$$(2) \quad C = -0,0145 \cdot \text{DEP1400} - 0,141 \cdot \text{TAX1400} + 146,572 \cdot \ln(\text{GDP94})$$

(2,55)                      (1,10)                      (10,44)

DW=2,26                      R<sup>2</sup>=0,697                      t-Werte in Klammern

mit

VEH94: Pkw-Bestand pro Kopf 1994

DEP1400: abdiskontierte jährliche Abschreibungen 1400 cm<sup>3</sup>

TAX1400: Jahressteuern auf den Besitz 1400 cm<sup>3</sup>

GDP94: verfügbares Einkommen pro Kopf 1994.

Der starke Einfluß des Pro-Kopf-Einkommens verdeutlicht, daß die häufig bei Zeitreihenanalysen verwendeten trendorientierten Sättigungsfunktionen die Dynamik der Pkw-Bestandentwicklung nicht hinreichend abbilden können.<sup>38</sup> Allerdings wird durch die logarithmierte Einbindung in die Funktion eine mit steigendem Einkommen abnehmende Elastizität abgebildet, da der Pkw mit zunehmendem Einkommen zur indisponiblen Grundausstattung avanciert.

Insbesondere in jenen Ländern wie Portugal und Griechenland, die ein vergleichsweise niedriges Pro-Kopf-Einkommen aufweisen und gleichzeitig den Kauf und Besitz eines Pkw mit hohen Abgaben belasten, ist die Pkw-Dichte dementsprechend außerordentlich gering. Umgekehrt ist in Ländern mit hohem Pro-Kopf-Einkommen und niedrigen Bestands- und Anschaffungskosten (z.B. Deutschland) der Pkw-Bestand pro Kopf der Bevölkerung überdurchschnittlich hoch.

### 3.3.2. Fahrleistungen

Die Nutzungsintensität des Pkw-Bestandes orientiert sich naturgemäß in erster Linie an der Höhe der kurzfristigen Grenzkosten, d.h. an der Höhe der Kraftstoffpreise. Dabei ist der Zusammenhang zwischen Kraftstoffpreisen und Fahrleistungen erwartungsgemäß umgekehrt proportional: Je höher die Kraftstoffpreise desto geringer die Nutzung und damit die Fahrleistung.

Darüber hinaus wirken sich jedoch auch die fixen Kosten auf die Nutzungsintensität der Pkw-Flotte aus, schmälern sie doch das verfügbare Einkommen. Je geringer die Ausgaben für den Erwerb und das Halten von Pkw sind, umso mehr Resteinkommen verbleibt für

<sup>38</sup> Vgl. hierzu auch Cerwenka, P. Methoden langfristiger Prognosen, gezeigt am Beispiel der Pkw-Motorisierung. (Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 179.) Bonn 1975, und Halstrick, M., Zur Entwicklung der Neuzulassungen von Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000. In: RWI-Mitteilungen, 37. Jg. (1986/87), S. 433 ff.

dessen Nutzung. Es läßt sich also - ganz im Sinne der traditionellen Konsumtheorie - ein positiver Einkommenseffekt feststellen.

Parallel dazu existiert aber auch ein negativer Einkommenseffekt: Da mit steigendem Einkommen eine Zunahme der Pkw-Dichte einhergeht wird jedes zusätzliche Fahrzeug eine geringere Nutzungsintensität aufweisen („abnehmender Grenznutzen“). Insbesondere in Ländern mit schon hohem Motorisierungsniveau wird sich dieser „Zweitwageneffekt“ in Form geringerer Fahrleistungen je Pkw bemerkbar machen. In der Spezifikation der Gleichung (3) wird diesem Effekt durch die logarithmierte Einbeziehung der Gleichung (2) Rechnung getragen:

$$(3) \quad \text{KM94} = -4,417 \cdot \ln(\text{PEVK}) - 12,262 \cdot \ln(\text{VEH94}) -$$

(2,90)                      (6,69)

$$11,928 \cdot (1/\text{GDP94} - (\text{DEP1400} + \text{TAX1400}) + 90,751$$

(3,68)                      (7,90)

DW=1,11                      R<sup>2</sup>=0,910                      t-Werte in Klammern

mit

KM94: Fahrleistung je Pkw 1994

PEVK: Kraftstoffpreis Super unverbleit in Pf/l 1992

### 3.3.3. Spezifischer Verbrauch

Der spezifische Verbrauch eines Pkw wird neben vom Fahrer zu beeinflussenden Variablen wie Fahrstil und -gewohnheit oder äußeren Bedingungen wie Straßen- und klimatischen Verhältnissen im wesentlichen von dessen technischen Eigenschaften ab. Diese werden wiederum vom implementierten „Stand der Technik“ sowie von der Größe des Fahrzeugs bestimmt.

So ist zum einen davon auszugehen, daß der spezifische Verbrauch - induziert durch den technischen Fortschritt - bei gleicher Fahrzeuggröße im Zeitablauf sinkt. Bei gleichem Technikstand der Pkw-Neuzugänge wird die Effizienz von der jeweiligen Altersstruktur des Kapitalstocks determiniert. Hinweise auf den Altersaufbau lassen sich aus dem Anteil der Neuwagen mit einem Alter von bis zu 3 Jahren am Gesamtbestand ableiten. Dementsprechend ist der Modernitätsgrad der Pkw-Flotte in Schweden und Finnland mit einem Neuwagenanteil von etwa 12 vH deutlich unterdurchschnittlich, derjenige in Luxemburg und Portugal stark überdurchschnittlich: Hier sind jeweils mehr als ein Drittel aller Pkw nicht älter als drei Jahre. Die Bundesrepublik liegt mit 23 vH ungefähr im europäischen Mittel. Wenn man davon ausgeht, daß neben Abschreibungen und Steuern insbesondere die Einkommen die Höhe der Neuzulassungen und damit den Modernitätsgrad der Pkw-Flotte

bestimmen<sup>39</sup>, geht von steigenden Pro-Kopf-Einkommen ein dämpfender Effekt auf die durchschnittlichen spezifischen Kraftstoffverbräuche aus.

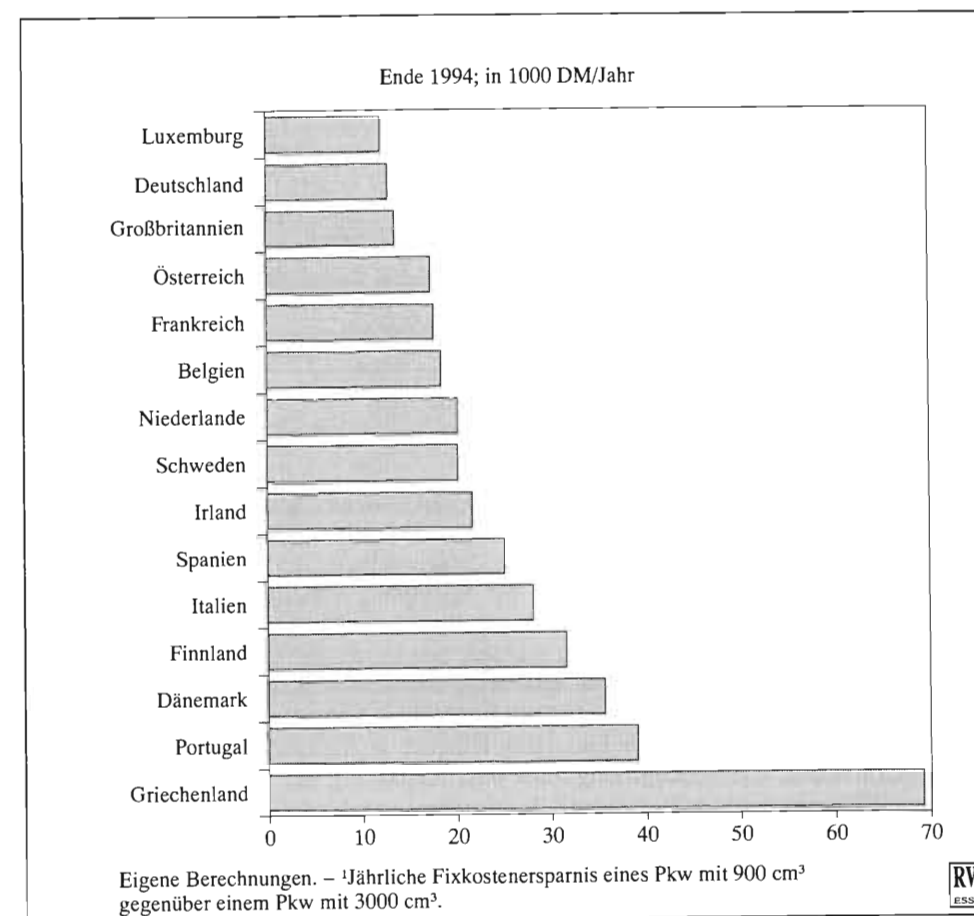
Gleichzeitig haben die Pro-Kopf-Einkommen aber auch expansive Effekte zur Folge, sind sie doch bestimmende Variable für die Wahl der Fahrzeuggröße, welche eng mit dem spezifischen Kraftstoffverbrauch verknüpft ist<sup>40</sup>. Es zeigt sich folgender Zusammenhang: Während ein niedriges Einkommen lediglich eine geringvolumige und damit auch kraftstoffsparende Pkw-Flotte zulässt, gehen mit steigenden Einkommen - bis zu einer bestimmten Grenze - höhere Hubraumzahlen und Verbräuche einher. Demnach werden in der Bundesrepublik im europäischen Vergleich mit durchschnittlich etwa 1750 cm<sup>3</sup> die großvolumigsten Pkw zugelassen. In Italien, Irland und Portugal liegt die Durchschnittsgröße mit 1230 bis 1340 cm<sup>3</sup> erheblich darunter. Im Querschnittsvergleich dominiert der Größeneffekt des Einkommens den Modernitätseffekt bei weitem: Der (logarithmierte) Quotient aus Abgabenhöhe und Einkommen geht mit einem negativen Vorzeichen in die Gleichung für den spezifischen Kraftstoffverbrauch ein.

Die Höhe der Ausgaben für Kauf und Besitz wirken sich wie dargelegt in erster Linie über den (negativen) Einkommenseffekt auf die Effizienz der Pkw-Flotte aus. Darüber determiniert aber auch die auf die Pkw-Größe gerichtete Ausgestaltung der Tarifstruktur der Fixkosten den spezifischen Verbrauch in erheblichem Maße. Von zentraler Bedeutung ist dabei der Kostenvorteil eines Kleinwagens im Vergleich zu einem größeren Modell. Unter Berücksichtigung aller fixkostenrelevanten Elemente -Herstellungspreise, Steuern und Zinsen - fallen die Mehrkosten für Abschreibung und Bereitstellung eines Wagens mit einem Hubraum von 3000 cm<sup>3</sup> im Verhältnis zu einem Modell mit 900 cm<sup>3</sup> sehr unterschiedlich aus (vgl. Schaubild 4). Während sich die jährlichen Zusatzkosten für einen 3-Liter-Pkw in Luxemburg, Deutschland und Großbritannien absolut „nur“ auf 12 200 bis 13 600 DM belaufen, sind dies in Frankreich und in Italien schon 17 700 DM bzw. 28 100 DM. Die größten Tarifspreizungen finden sich in Dänemark (35 700 DM), Portugal (39 100 DM) und Griechenland (69 300 DM). Aus diesen hubraumabhängigen Fixkostendifferenzen lassen sich Anreize ableiten, die die Verbrauchsstruktur der nationalen Pkw-Flotten prägen. Dementsprechend bestehen die Pkw-Flotten in Luxemburg, Deutschland oder Großbritannien aus großvolumigen, energieineffizienten Pkw.

<sup>39</sup> Von Wichtigkeit sind hier insbesondere die jährlichen Wachstumsraten der Einkommen. So wird der Modernitätsgrad insbesondere in prosperierenden Ländern mit geringem Pkw-Bestand hoch sein, da die Neuzulassungen dort in stärkerem Maße bestandsverändernd wirken als in Ländern mit hohem Motorisierungsniveau. Dementsprechend sind die Fahrzeugflotten in den Wachstumsländern Ostasiens äußerst modern: In Taiwan sind 35 vH, in China 47 vH und in Süd Korea sogar 77 vH aller Pkw nicht älter als drei Jahre.

<sup>40</sup> Vgl. z.B. Gorißen, N., The Need of Low Consuming and Emitting Automobiles. In: OECD and International Energy Agency (Eds.), Low consumption/low emission automobile. Paris 1991, S. 127ff.

Schaubild 4: Hubraumabhängige Fixkostendifferenz<sup>1</sup> in den Ländern der EU



Erwartungsgemäß wirkt sich auch der Kraftstoffpreis negativ auf den spezifischen Flottenverbrauch aus, wird sich doch der Kapitalstock bei steigenden Grenzkosten zunehmend effizienzorientiert ausrichten. Dementsprechend finden sich in Ländern mit hohen Kraftstoffpreisen kleinvolumige Pkw et vice versa. Der spezifische Kraftstoffverbrauch eines Pkw stößt jedoch an technische Grenzen, d.h. unterhalb eines Verbrauchs von etwa 3 l/100 km können sich weitere Kraftstoffpreiserhöhungen nicht mehr effizienzsteigernd auswirken. Infolgedessen ist der Kraftstoffpreis in logarithmierter Form in die Funktion aufgenommen worden:

$$(4) \quad \text{SPEC} = -0,324 \cdot \ln(\text{TAX3000}/\text{GDP94}) + - \\ (1,97) \\ 0,000015 \cdot (\text{GDP94} - (\text{FIX3000} - \text{FIX900})) - 2,868 \cdot \ln(\text{PEVK}) + 10,75 \\ (3,68) \quad (2,23) \quad (18,26) \\ \text{DW}=2,15 \quad \text{R}^2=0,672 \quad \text{t-Werte in Klammern}$$

mit SPEC: spezifischer Kraftstoffverbrauch  
 TAX3000: Jahressteuern auf den Besitz 3000 cm<sup>3</sup>  
 FIX900: jährliche Fixkosten 900 cm<sup>3</sup>  
 FIX3000: jährliche Fixkosten 3000 cm<sup>3</sup>

#### 4. Elastizitäten

Anhand der verschiedenen linearen bzw. semi-logarithmischen Schätzfunktionen läßt sich der direkte oder indirekte Einfluß von Einkommen und Preisen auf die Kraftstoffnachfrage in Form von Elastizitäten angeben, so daß die Größenordnung der Anpassungseffekte unmittelbar abgelesen werden kann. Da bei der Ermittlung von Elastizitäten einer Querschnittsanalyse - aufgrund der breiten Streuung der Merkmalsausprägungen der Einflußfaktoren - Anpassungseffekte abgebildet werden, wie sie in der Regel erst in einer Zeitspanne von mehreren Jahren bzw. Jahrzehnten zu beobachten sind, repräsentieren die berechneten Kennziffern wie eingangs erwähnt langfristige Anpassungsprozesse<sup>41</sup>. Während sich Preis- und Einkommenseffekte kurzfristig lediglich in Änderungen der Fahrleistungen ausdrücken können, erfolgt langfristig auch eine Anpassung des Kapitalstocks, d.h. der Größe und Effizienz des Pkw-Bestandes<sup>42</sup>. Infolgedessen sind langfristige Elastizitäten stets höher als kurzfristige<sup>43</sup>.

Die Preis- und Einkommenselastizitäten sowohl des neoklassischen wie auch des haushaltsproduktionstheoretischen Modells sind in Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt. Demnach fällt unmittelbar auf, daß die Reagibilität auf Einkommen und Kraftstoffpreis im traditionellen, direkten Modell deutlich höher als im indirekten ausfällt.

<sup>41</sup> Einen Überblick über verschiedene Elastizitätskonzepte insbesondere im Verkehrsbereich geben Oum, T.H., Waters II, W.G., Young, J.-S., Concepts of price elasticities of transport demand and recent empirical estimates. In: Journal of Transport Economics and Policy, 26. Jg. (1992), Heft 2, S. 139 ff.

<sup>42</sup> Empirische Analysen mittels kombinierter Zeitreihen-Querschnittsuntersuchungen finden sich hierzu bei Gallini, N.T., Demand for gasoline in Canada. In: Canadian Journal of Economics, 16. Jg. (1983), S. 299 ff.

<sup>43</sup> Vgl. auch Goodwin, P.B., A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes. In: Journal of Transport Economics and Policy, 26. Jg. (1992), Heft 2, S. 155 ff., sowie Wheaton, W.C., The long-run structure of transportation and gasoline demand. In: Bell Journal of Economics, 13. Jg. (1982), S. 439 ff.

Während aus den Gleichungen (1) und (1a) Einkommenselastizitäten von 0,592 bzw. 0,582 resultieren, ergibt sich aus dem indirekten Ansatz ein Wert von nur 0,344. Dies ist auf die unvollständige Kostenbetrachtung des neoklassischen Modells zurückzuführen. Da beiden Modellen das gleiche Datenset zugrundeliegt, sie also unmittelbar vergleichbar sind, werden im neoklassischen Modell offenbar Wirkungen des Fixkostenblockes durch die Einkommen absorbiert und diesen zugerechnet, der Einkommenseinfluß wird deutlich überschätzt. Dieses begründet sich in der ausgeprägt negativen Korrelation zwischen Einkommen und Fixkosten: In Ländern mit kleinen Einkommen sind auch die Fixkosten sehr hoch, was sich (z.B. über die spezifischen Verbräuche) auch im Verbrauch niederschlägt.

**Tabelle 4: Elastizitäten der Kraftstoffnachfrage in den Ländern der Europäischen Union 1994**

	Pkw-Bestand je Einwohner	Fahrleistung je Pkw	spezifischer Verbrauch	Kraftstoff- nachfrage je Einwohner
direktes Modell				
Einkommen				
ohne Bevölkerungsdichte (1)	-	-	-	0,592
mit Bevölkerungsdichte (1a)	-	-	-	0,582
Kraftstoffpreis				
ohne Bevölkerungsdichte (1)	-	-	-	-0,761
mit Bevölkerungsdichte (1a)	-	-	-	-0,828
indirektes Modell				
Einkommen	0,366	-0,116	0,085	0,344
Kraftstoffpreis	-	-0,262	-0,297	-0,551
Jährliche Abschreibungen	-0,253	-0,287	-0,041	-0,529
Jährliche Kfz-Steuer	-0,081	0,062	-0,035	-0,055
Jährliche Fixkostensparnis 3000 ccm - 900 ccm	-	-	-0,042	-0,042
Eigene Berechnungen.				

Die geringere Kraftstoffnachfrage ist dort also nicht allein auf das Einkommensniveau, sondern auch auf die Höhe von Abschreibungen und Steuern zurückzuführen. Entsprechendes gilt für Länder mit hohen Pro-Kopf-Einkommen.

Das insgesamt niedrige Niveau der Einkommenselastizität ist als Ergebnis eines säkulären Trends zu sehen: Mit zunehmenden Einkommen und steigender Pkw-Dichte geht die Einkommenselastizität der Kraftstoffnachfrage zurück. So ist in den Ländern der EU zum einen der Anteil der Pkw-Kosten am verfügbaren Einkommen in den letzten Jahrzehnten aufgrund deutlich geringer geworden. Zum anderen gehen mit steigender Pkw-Dichte auch eine Intensivierung der regionalen Arbeitsteilung sowie siedlungsstrukturelle Veränderungen einher, so daß insbesondere der Besitz eines Pkw, aber auch dessen Nutzung inzwischen zu einem „Grundbedürfnis“ avanciert. Empirische Untersuchungen mit Hilfe von Längsschnittsdaten für die Vereinigten Staaten belegen diese Tendenz: Die Einkommenselastizität der Kraftstoffnachfrage ist von 0,94 im Jahre 1960 auf 0,45 im Jahre 1985 gesunken<sup>44</sup>. Auch für andere OECD-Staaten ist eine z.T. drastisch gesunkene Einkommenselastizität seit Beginn der sechziger Jahre sowohl für den Pkw-Besitz als auch für dessen Nutzung belegt<sup>45</sup>. Demhingegen ist die Einkommenselastizität der Kraftstoffnachfrage in Ländern der Dritten Welt mit geringen Einkommen und geringem Motorisierungsgrad in der Regel deutlich höher<sup>46</sup>.

Ähnliches zeigt sich im Hinblick auf die Kraftstoffpreiselastizität: Werten von -0,761 bzw. -0,828 aus dem neoklassischem Ansatz steht eine Preiselastizität von insgesamt nur -0,551 aus dem indirekten Modell entgegen. Wie schon bei der Einkommenselastizität werden auch hier Fixkosteneffekte den Kraftstoffkosten zugerechnet, was sich aus der positiven Korrelation zwischen Kraftstoffpreisen und Fixkosten ableiten läßt. Zudem zeigt das indirekte Modell die Wirkungsmechanismen auf: Preisreaktionen bei den Fahrleistungen werden durch ähnlich hohe Einsparungen bei den spezifischen Verbräuchen begleitet, Auswirkungen auf den Pkw-Bestand sind nicht nachweisbar.

Auch die Fixkosten haben einen beachtlichen Einfluß auf die Kraftstoffnachfrage, was im wesentlichen auf die jährlichen Abschreibungen zurückzuführen ist: Steigende Abschreibungsbeträge wirken sich auf alle Elemente der Kraftstoffnachfrage negativ aus, so daß sich allein hier eine Elastizität von -0,529 ergibt. Deutlich niedriger liegen die Elastizitätswerte bei den Steuern auf den Pkw-Besitz. Insgesamt scheint der Kraftstoffverbrauch etwas stärker von den Fixkosten bestimmt zu werden als von den Kraftstoffpreisen, was nicht überrascht, hat dieser Block in Bezug auf die Gesamtkosten doch viel größeres Gewicht.

<sup>44</sup> Vgl. Hsing, Y., On the variable elasticity of the demand for gasoline. The case of the USA. In: Energy Economics, 12. Jg. (1990), S. 132 ff.

<sup>45</sup> Vgl. OECD (Ed.), Forecasting car ownership and use. Paris 1982, sowie OECD (Ed.), Long term outlook for the world automobile industry. Paris 1983, S. 16.

<sup>46</sup> So hat z.B. Abdel-Khalek für Ägypten eine Langfristelastizität von 2,08 ermittelt. Vgl. Abdel-Khalek, G., Income and price elasticities of energy consumption in Egypt. In: Energy Economics, 10. Jg. (1988), S. 47 ff.

Eine Absenkung des (spezifischen) Kraftstoffverbrauchs der Pkw-Flotte ließe sich allerdings auch durch eine veränderte Tarifstruktur der Fixkosten erreichen. Eine Verdoppelung des Preisvorteils eines Kleinwagens gegenüber größeren Modellen hätte Einsparungen bei Kraftstoffen von etwa 4 vH zur Folge. Wollte man diese Struktur in der Bundesrepublik erreichen, müßte bei gleichem Einkommen der derzeitige absolute jährliche Preisabstand von etwa 12 900 DM auf 25 800 DM ansteigen<sup>47</sup>, was allerdings noch unter dem italienischen Niveau läge.

## 5. Fazit

Erwerb, Besitz und Nutzung von Pkw werden in den Ländern der EU mit einer Vielfalt von Abgaben belegt, die oftmals historisch gewachsen sind und nicht selten verkehrsfremde Ziele (z.B. Verteilungsziele) verfolgen. Dies zeigt sich nicht nur in den Affinitäten bestimmter Länder oder Ländergruppen zu speziellen Steuerbemessungsgrundlagen wie Hubraum, Gewicht oder Steuer-PS, sondern auch in den deutlichen Unterschieden hinsichtlich Niveau, Struktur und Tarifgestaltung: Während Luxemburg, Großbritannien und Deutschland zu den Ländern mit insgesamt vergleichsweise niedrigen Pkw-Abgaben zählen, ist das Niveau der Pkw-Besteuerung insbesondere in den romanischen Ländern der EU deutlich höher. Zudem ist dort zum einen die Bedeutung der Steuern auf den Erwerb und den Besitz von Fahrzeugen signifikant größer, zum anderen sind die Abgaben durchweg progressiv zur Fahrzeuggröße ausgestaltet.

Vor dem Hintergrund stark divergierender Kraftstoffverbräuche je Kopf und der dargestellten Abgabenvielfalt greift die Betrachtung allein der Kraftstoffpreise als Determinante des Verbrauchs zu kurz. So werden die Elastizitäten von Kraftstoffpreisen und Einkommen im neoklassischen Modellansatz deutlich überschätzt. Effekte, die in einer indirekten auf Ansätzen der Haushaltsproduktionstheorie beruhenden Modellversion auf Fixkosten zurückzuführen sind, werden beim neoklassischen Ansatz den Kraftstoffpreisen bzw. den Einkommen zugerechnet. Zwar ist die Kraftstoffnachfrage des indirekten Modells mit einer Elastizität von -0,551 noch deutlich preisreagibel, aufgrund der Bedeutung von Abschreibungen und Jahressteuern für die Gesamtkosten ist die Fixkostenelastizität allerdings noch etwas höher. Darüber hinaus kann eine progressive Ausgestaltung der Abgaben für den Kauf und die Bereitstellung von Pkw offenbar beachtliche Anreize zum Kauf kleinvolumiger, sparsamer Pkw geben und so den spezifischen Verbrauch der Flotte deutlich senken.

Eine einheitliche, für alle Staaten gleiche zusätzliche Umweltabgabe, etwa in Form einer CO<sub>2</sub>- oder Energiesteuer würde den bestehenden Unterschieden in den nationalen Steuersystemen nicht gerecht. Staaten mit bereits bestehenden hohen Belastungen für Kauf, Besitz oder Nutzung eines Pkw würden gegenüber geringer belastenden Staaten relativ benachteiligt. CO<sub>2</sub>-Reduktionsinstrumente sollten sich nicht ausschließlich auf die Nutzung der Pkw-

<sup>47</sup> Interessanterweise würde ohne andere Maßnahmen allein ein Anstieg des langfristigen Zinssatzes auf 13,8 vH diese Verdoppelung bewirken.



Flotte konzentrieren, sondern alle hier untersuchten Ebenen einbeziehen. Die z.T. beachtlichen Unterschiede in den Flottenverbräuchen innerhalb der EU-Staaten sind ein sichtbarer Beleg dafür, daß Abgaben auf den Kauf bzw. Besitz eine nicht zu vernachlässigende Wirkung auf die Effizienz der Fahrzeugflotte haben.

Folglich sollte die Instrumentendiskussion um Kauf- und Besitzabgaben sowie um Implementationsmöglichkeiten progressiver Tarifelemente erweitert werden; auch ein gesamteuropäischer Flottenstandard - etwa nach US-amerikanischem Vorbild - darf kein Tabuthema mehr sein. Wenn dadurch ein Beitrag zur Versachlichung der gegenwärtig emotionalisierten Diskussion über die „soziale Schieflage“ von Mineralölsteuererhöhungen geleistet werden kann, ist dies ein erfreulicher Nebeneffekt.

### Abstract

Against the background of planned European CO<sub>2</sub>-reductions the article investigates the main determinants of fuel consumption and poses the question whether it is necessary to introduce an european wide environmental tax on fuel for passenger cars? Using panel data, two different theoretical approaches are compared. On one hand, the neoclassical approach assumes that fuel demand is dependent on income and fuel prices. On the other hand, the theory of household production proceeds on the assumption that it is not the fuel that gives utility to the consumer but the end product, mobility. Hence fuel can be seen as one single input among many others, especially the technical design of the car. European countries differ widely not only in the price of fuels, but also in the cost of purchase and taxes levied. Employing an econometric cross section model, large elasticities of demand for fuel with respect to the price of the fuels, the cost of purchase and the vehicle tax are found. By only referring to the fuel price, it is evident that the calculated elasticities are too large due to the multicollinearity between fuel prices and capital costs. In the discussion on effective climate protection policies, not only fuel prices but also progressive taxation of the fixed costs should be taken into consideration as potential means of regulation.

## Die räumliche Trennung von Arbeiten und Wohnen - Kritik einer populären Kritik -

VON KLAUS SCHÖLER, POTSDAM

### 1. Einführung

In einer Zeit, in der umweltorientiertes Denken alle Lebensbereiche durchdringt und die zugehörigen Politikfelder erobert, ist auch die Gestaltung der Stadtregionen nicht ausgenommen. Eine gängige und oft in Wissenschaft, öfter aber in Publizistik und öffentlicher Meinung genannte These ist nun die folgende: Die Charta von Athen hat zu einer Fehlentwicklung im Städtebau geführt, da die von ihr geforderte Funktionstrennung, insbesondere die Trennung von Arbeitsplätzen und Wohnquartieren, und ihre Verwirklichung im Städtebau des Nachkriegsdeutschlands eine hohe Verkehrs- und Umweltbelastung - neben anderen Fehlentwicklungen - hervorgebracht hat.<sup>1</sup> Die Umweltbelastung sei vermeidbar, wenn nur Wohnen und Arbeiten wieder miteinander verbunden und die Entmischung beider Funktionen rückgängig gemacht würde. Die zukünftige Stadtplanung sei an diesem Ziel zu orientieren, um zu einem ökologischen Stadtumbau zu gelangen. Ferner sei - dies folgt nicht zwingend aus der ersten These, wirkt aber ebenfalls verkehrsvermeidend - eine Verdichtung der zentralurbanen Bebauung wünschenswert. Das zugehörige Schlagwort lautet "qualifizierte Dichte", unter der "... die konsequente Integration von Freiräumen hohen Nutzwertes, einfache Veränderbarkeit und hoher ökologischer Wertigkeit in kleinteilig gestufte und gegliederte Hochbaustrukturen" zu verstehen ist.<sup>2</sup> Auf diesen zweiten Aspekt, der neben ökonomischen Elementen auch gesellschaftspolitische und soziologische Dimensionen aufweist, soll in diesem Beitrag nicht eingegangen werden; das Augenmerk richtet sich vielmehr auf den erstgenannten Aspekt, auf die Forderung der Revision der funktionalen Entmischung.

#### *Anschrift des Verfassers:*

Prof. Dr. Klaus Schöler  
Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre, insb. Wirtschaftstheorie  
Universität Potsdam  
Postfach 900327  
14439 Potsdam

<sup>1</sup> Vgl. z.B. Hahn, E., Ökologischer Stadtumbau, Konzeptionelle Grundlagen, 2. Aufl., Frankfurt/M 1993; Hahn, E., Simonis, U.E., Ökologischer Stadtumbau Ein neues Leitbild, Working Paper FS II 94-403 des WZB, Berlin 1994.

<sup>2</sup> Vgl. Hahn, a.a.O., S. 84-85. Der Autor gesteht freimütig, daß er nicht in der Lage ist, den Sinn des Begriffs "qualifizierte Dichte" zu ergründen. Daran ändern auch weitere Definitionsversuche nichts: "Qualifizierte Dichte bedeutet, so verstanden, weder Verhinderung noch schlichte Ergänzung bisheriger stadtgestalterischer, architektonischer oder freiraumplanerischer Qualitätsansprüche, sondern Integration und Weiterentwicklung im Sinne eines ganzheitlichen, ökologischen Umgangs mit innerstädtischen Quartieren." ebenda.

Die Fahrten zwischen Wohn- und Arbeitsort werden in der ökonomischen Literatur seit dem Beitrag von Hamilton<sup>3</sup> ausführlich diskutiert. Hamilton stellte für US-amerikanische Städte fest, daß die durchschnittlichen Fahrtlängen zu den Arbeitsstätten um den Faktor acht länger sind, als man aus einem monozentrischen Stadtmodell mit dezentralen Arbeitsplätzen theoretisch erwarten dürfte und etwa mit den Fahrtlängen übereinstimmen, die bei einer Konzentration der Arbeitsplätze im CBD entstehen würden.<sup>4</sup> Diese Ergebnisse hängen - wie man sich leicht vorstellen kann und wie weitere Aufsätze<sup>5</sup> zeigen - nun entscheidend von dem angewandten Modell zur Berechnung der Fahrten ab. Ungeachtet dessen sind die Argumente, die Hamilton für die aufgedeckten Differenzen anführt, die gleichen, die auch gegen die Dezentralisierung der Arbeitsplätze sprechen. So einleuchtend das Argument der Verkehrsvermeidung auch sein mag, wenn man es isoliert betrachtet und eine Minimierung der Fahrtkosten als Handlungsmuster der Haushalte annimmt, so zweifelhaft wird es bei einer Abwägung aller Vor- und Nachteile der kleinräumigen Vermischung von Wohn- und Arbeitsorte. Auf diese Überlegungen wird im ersten Abschnitt eingegangen. Im zweiten Abschnitt werden einfache Modelle zur Bestimmung des Fahrtvolumens für den Fall diskutiert, daß im Ausgangszustand die Forderung der räumlichen Einheit von Arbeit und Wohnen verwirklicht ist und sich durch eine gegebene Fluktuationsrate die bestehende Situation langsam auflöst. Schließlich ist ein Fazit in Abschnitt 4 zu ziehen.

## 2. Allgemeine Kritik der Funktionsvermischung

Die Kritik an der räumlichen Funktionstrennung von Arbeiten, Wohnen und anderen Bereichen, wie etwa Einkaufen, Verwaltung und Freizeitangebot, orientiert sich an dem eindimensionalen Ziel der Verkehrsvermeidung und der daraus folgenden Vermeidung der Schadstoffemission. Dieser Zusammenhang soll nicht in Zweifel gezogen werden, jedoch richtet sich die Kritik auf die Eindimensionalität des zugrunde liegenden Denkens. Es werden daher einige ökonomische und außerökonomische Argumente angeführt, die zur mehrdimensionalen Bewertung des Sachverhaltes herangezogen werden können.

*Nichtverträglichkeit:* Es gibt - auch in modernen Volkswirtschaften - eine Reihe von Produktionen, die die räumliche Integration von Arbeiten und Wohnen nach dem heutigen Stand der Technik und dem geltenden Leitbild des Wohnens nicht zulassen. Dazu gehören insbesondere Verkehrseinrichtungen selbst (Seehäfen, Binnenhäfen, Flughäfen, Bahneinrichtungen), die Schwerindustrie, Teile der chemischen Industrie, der Energieerzeugung

und Atomindustrie. Jede Vermischung der Funktionen würde zu nicht akzeptierten Beeinträchtigungen des Wohnens durch externe Effekte der Produktion führen.

*Skalenargument:* Weitere Produktionen lassen sich ökonomisch effizient nur in großen Betriebseinheiten durchführen (z.B. Straßenfahrzeugproduktion, Teile des Maschinenbaus, Teile der chemischen Industrie). Wenn man auf economies of scale nicht verzichten will - ein Verzicht ist gleichbedeutend mit Kostensteigerungen, Minderversorgung und Wohlfahrtsverlusten -, dann ziehen große Produktionsstätten auch große Wohnviertel oder gar Wohnstädte nach sich, die notwendigerweise auch Pendlerströme entstehen lassen.

*Fluktuationsargument:* In einer modernen Ökonomie, in der die Freiheit der Wohnortwahl und der Arbeitsplatzwahl institutionell verankert ist, und in der Entlassungen und Einstellungen von Arbeitnehmern zugelassen werden, entsteht ein erhebliches Fahrtvolumen durch Fluktuation. Nun führt aber nicht jeder Arbeitsplatzwechsel zu einem Wohnortwechsel, da es aus der Sicht des Haushaltes ökonomisch sinnvoll sein kann, zu pendeln. Auf diesen Sachverhalt wird im folgenden Abschnitt ausführlich eingegangen.

*Mehrarbeitsplatzhaushalte:* Viele Haushalte zeichnen sich heute durch mehr als eine erwerbstätige Person und/oder durch Personen aus, die mehr als eine Arbeitsstelle innehaben. Da nun nicht notwendiger Weise alle Haushaltsmitglieder den gleichen Arbeitsort haben, entsteht in diesen Fällen ein grundsätzliches Problem der räumlichen Verbindung von Arbeit und Wohnen. Die gleiche Problemlage ergibt sich bei mehreren Arbeitsplätzen einer Person.

*Verbundfahrten:* Einerseits führen lediglich etwa 25 % der innerstädtischen Fahrten zur Arbeitstätte,<sup>6</sup> andererseits ist die Zahl der "reinen" Fahrten zur Arbeitsstelle nicht leicht zu bestimmen, da mit vielen Fahrten weitere Aktivitäten verbunden werden, wie etwa Einkaufen, Besuch von kulturellen Veranstaltungen, Sport und andere Freizeitaktivitäten. Ein Teil dieser Fahrten würde folglich aus den genannten Gründen auch dann durchgeführt, wenn nicht die Notwendigkeit der beruflich bedingten Fahrten bestehen würde.

*Rentendifferenzen:* Auch bei dezentralisierten Arbeitsorten spricht kein Argument für einheitliche Bodenrenten und Wohnortqualitäten. Damit stellt sich dem Haushalt unverändert das ökonomische Problem, das Kostenminimum aus dem Aggregat von Bodenrente und Fahrtkosten zu verwirklichen. Anders gesagt, es besteht kein Grund anzunehmen, daß aus dem nutzenmaximierenden Kalkül der Haushalte, die bei unterschiedlichen Nutzenfunktionen und gegebenen Einkommen und Preisen die Ausgaben für andere Konsumgüter (nicht Wohnen und Fahrten) maximieren, nicht Entfernungen von unterschiedlicher und zum Teil erheblicher Länge zum Arbeitsplatz entstehen würden.

<sup>3</sup> Hamilton, B.W., Wasteful Commuting, in: Journal of Political Economy, Bd. 90 (1982), S. 1035-1055.

<sup>4</sup> Zum Ansatz monozentrischer Stadtmodelle vgl. Alonso, W., Location and Land Use, Cambridge Mass. 1964.

<sup>5</sup> Vgl. White, M.J., Urban Commuting Journeys Are Not "Wasteful", in: Journal of Political Economy, Bd. 96 (1988), S. 1097-1110; Suh, S.H., Wasteful Commuting: An Alternative Approach, in: Journal of Urban Economics, Bd. 28 (1990), S. 277-286; Cropper, M., Gordon, P., Wasteful Commuting: A Re-examination, in: Journal of Urban Economics, Bd. 29 (1991), S. 2-13; Crane, R., The Influence of Uncertain Job Location on Urban Form and the Journey to Work, in: Journal of Urban Economics, Bd. 39 (1994), S. 342-356.

<sup>6</sup> Vgl. Hamilton, B.W., a.a.O., S. 1047 ff.

*Rekreativargument:* Nicht nur die organisatorische Trennung von Wohnen und Arbeiten, sondern auch die räumliche Trennung dieser beiden Lebensbereiche mag vielen Individuen einen positiven Nutzen stiften, da die Trennung als notwendige Voraussetzung für Erholung und Freizeitgenuss empfunden wird. Dieses Argument ist vermutlich um so bedeutsamer, je stärker die Arbeit von den Individuen als fremdbestimmt wahrgenommen wird. Hinzu tritt die Tatsache, daß auch die objektiven Bedingungen für Entspannung und Erholung durch die Trennung der Funktionen gefördert werden.

*Freiheitsargument:* In einer freiheitlichen Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung können weder durch Befehl und Zwang, noch durch prohibitive Fahrtkosten die Haushalte zu einer Standortwahl in der Umgebung des Arbeitsplatzes gezwungen werden, wenn dieser nicht den Präferenzen der Haushaltsmitglieder entspricht. Das allgemeine Leitbild des Wohnens wird heute, wie auch in vergangenen Jahrzehnten, unabhängig von der sozialen Schichtenzugehörigkeit, durch das Einfamilienhaus geprägt.<sup>7</sup> Dieses Leitbild ist prinzipiell unverträglich mit den Vorstellungen einer Vermischung von Wohn- und Arbeitsbereichen. Jede Stadtplanung, die darauf abzielt, läßt die Präferenzen der Individuen außer Acht und führt zu Wohlfahrtsverlusten.

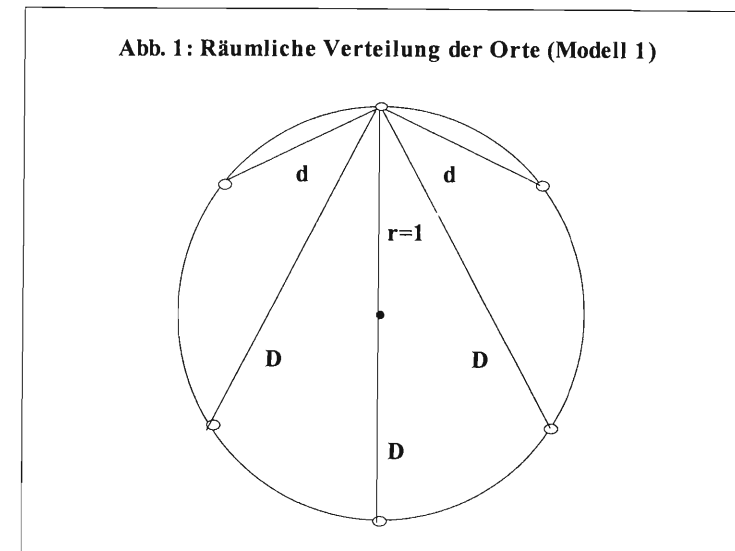
Diesen Argumenten, wie immer man sie auch gewichten mag, steht das eine Argument der Verkehrsvermeidung gegenüber. Zu welchen Entscheidungen politische Autoritäten gelangen, zu deren Aufgabe die Gestaltung der räumlichen Strukturen gehört, hängt selbstverständlich von der angenommenen Wohlfahrtsfunktion und den Bewertungen der einzelnen Argumente ab oder davon, welche Politik als stimmenmaximierend angesehen wird.

### 3. Fluktuation und Pendler

In einer dynamischen Wirtschaft werden Arbeitskräfte entlassen und wieder eingesetzt, wobei die entlassenden und einstellenden Unternehmen nicht den gleichen Standort haben. Wenn nun in einem angenommenen Ausgangszustand die Forderung der räumlichen Einheit von Arbeit und Wohnen vollständig verwirklicht ist - von dieser Utopie soll einmal ausgegangen werden -, so gibt es keinen Grund anzunehmen, daß über eine erste Periode hinaus der Zustand der Abwesenheit von Berufspendlern erhalten bleibt. Es hängt entscheidend von der räumlichen Verteilung der Firmen- und Wohnstandorte ab, welches Fahrtenvolumen sich aus den periodisch durchgeführten Entlassungen und Einstellungen ergibt. über mehrere Perioden hinweg ist ferner die Umzugsbereitschaft an den Ort der neuen Beschäftigung zu berücksichtigen, die die Zahl der Pendler senkt. Die Umzugsbereitschaft folgt einem ökonomischen Kalkül des betroffenen Haushaltes; sind die abdiskontierten monetären Fahrtkosten und die mit den Opportunitätskosten bewerteten entgangenen Freizeiten in Höhe der Fahrtzeiten bei gleichen laufenden Wohnkosten höher als die Umzugskosten, so wird der Haushalt nach einer Periode an den neuen Beschäftigungsort umziehen.

<sup>7</sup> Vgl. Glatzer, W., Wohnungsversorgung im Wohlfahrtsstaat, Frankfurt/M 1980, S. 148.

Der Grund für den Umzug nach Ablauf der ersten Periode, die auf den Arbeitsplatzwechsel folgt, möge in Unsicherheitsüberlegungen der Arbeitnehmer liegen.<sup>8</sup> In diesem Fall haben die Fahrten nur eine Periode Bestand. Sind jedoch die Umzugskosten höher als die über die Lebensarbeitszeit abdiskontierten Gesamtkosten des Pendelns, so werden die Fahrten bis zum nächsten Arbeitsplatzwechsel über alle Perioden durchgeführt. Da in jeder Periode Fluktuationen stattfinden, wird die Pendlerzahl ansteigen und - da die Zahl der Nichtpendler immer kleiner wird - gegen einen Grenzwert konvergieren. Diese Überlegungen sollen an zwei Modellen mit unterschiedlichen Wohnort- und Arbeitsstättenverteilung verdeutlicht werden.



*Modell 1:* Die insgesamt  $m$  Firmen sind in gleichmäßigen Abständen von  $2r\pi/m$  auf einer Kreislinie angesiedelt, wobei an jedem Ort nur ein Unternehmen seinen Standort hat und der Kreis einen Radius von  $r = 1$  haben soll. Die insgesamt  $n$  Beschäftigten haben im Ausgangszustand ihren Wohnort am Standort des Unternehmens, bei dem sie beschäftigt sind. Als Illustration des Beispiels möge eine kreisförmige Insel dienen, an deren Küste Ferienhotels gleichmäßig verteilt sind. Die Hotelbeschäftigten wohnen im Ausgangszustand in der unmittelbaren Umgebung des jeweiligen Hotels.

Bei einer Gleichverteilung der Beschäftigten auf die  $m$  Firmen, wohnen und arbeiten an jedem Standort  $b = n/m$ ,  $n > m$  Arbeitnehmer. Die Entlassungs- und Einstellungsquote ist gleich - es mögen keine Arbeitslosen und keine offenen Stellen existieren - und beträgt je Periode  $\alpha = w/n$ , wobei  $w$  die Anzahl der freigesetzten Arbeitskräfte ist. Die entlassenen

<sup>8</sup> Vgl. Crane, R., a.a.O.

Arbeitskräfte können prinzipiell von jeder anderen Firma wieder eingestellt werden, da das Arbeitsangebot als homogen angenommen wird. Die wieder eingestellten Arbeitnehmer können die Entfernungen zum neuen Arbeitsplatz auf dem direkten Weg (Luftlinie) zurücklegen, indem sie innerhalb des Kreises den kürzesten Weg wählen. Die Entfernung zu den Nachbarfirmen und -orten links und rechts des Wohnstandortes beträgt

$$(1) \quad d_i = 2 \sin[360^\circ/(2m)]$$

und soll Fahrtkosten entstehen lassen, die einen Umzug in der Einschätzung der Haushalte ökonomisch nicht sinnvoll erscheinen lassen. Die durchschnittliche Entfernung zu den Firmenstandorten, die sich nicht in der Nachbarschaft befinden, kann durch den Term

$$(2) \quad D_i = \cos \left[ \frac{180^\circ - 360^\circ/m}{(2m-4)/(m-4)} \right] + 1$$

für  $m/2 \in N$  und  $m \geq 6$  approximiert werden. In diesem Fall erfolgt ein Umzug nach genau einer Periode. Bei gegebenen Fahrtkosten stellt sich die Entscheidung des Arbeitnehmers hinsichtlich der Entfernungen  $\delta$  zum Arbeitsplatz wie folgt dar:

$$(3) \quad U(\delta) \Rightarrow \max!, \text{ wenn } \begin{cases} \delta = d_i, & \text{dann dauerhaft pendeln,} \\ \delta > d_i, & \text{dann Umzug nach 1 Periode.} \end{cases}$$

wobei  $d_i < D_i$  ist. Die mögliche Zahl der Fahrten von einem Ort aus beträgt  $(m-1)x$  bei  $x$  Fahrten innerhalb einer Periode, wovon  $2x$  auf die kürzeren Fahrten  $d_i$  in die Nachbarschaft und  $(m-3)x$  auf die längeren Fahrten  $D_i$  entfallen. Da diese Fahrten in der Folgeperiode durch Umzug entfallen, aber neue in gleicher Höhe hinzutreten und der zusätzliche Anteil der kürzeren Fahrten von den noch nicht pendelnden Arbeitnehmern berechnet werden muß, beträgt die Summe der Fahrten in Periode  $T$ :

$$(4) \quad \Psi_i(T) = xn\alpha \frac{m-3}{m-1} + \sum_{t=1}^T xn\alpha \frac{2(1-\alpha)^{t-1}}{m-1}$$

Für  $T \rightarrow \infty$  ergibt sich ein Grenzwert von

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \Psi_i(T) = \frac{xn[\alpha(m-3)+2]}{m-1}$$

Unter Berücksichtigung der Entfernungen  $d_i$ , bzw. der durchschnittlichen approximierten Entfernungen  $D_i$  lauten die insgesamt in Periode  $T$  zurückgelegte Entfernung  $\Delta_i$ :

$$\Delta_i(T) = \left[ \cos \left( \frac{180^\circ - 360^\circ/m}{(2m-4)/(m-4)} \right) + 1 \right] xn\alpha \frac{m-3}{m-1} + \sum_{t=1}^T 2 \sin(360^\circ/2m) \frac{2\alpha nx}{m-1} (1-\alpha)^{t-1}$$

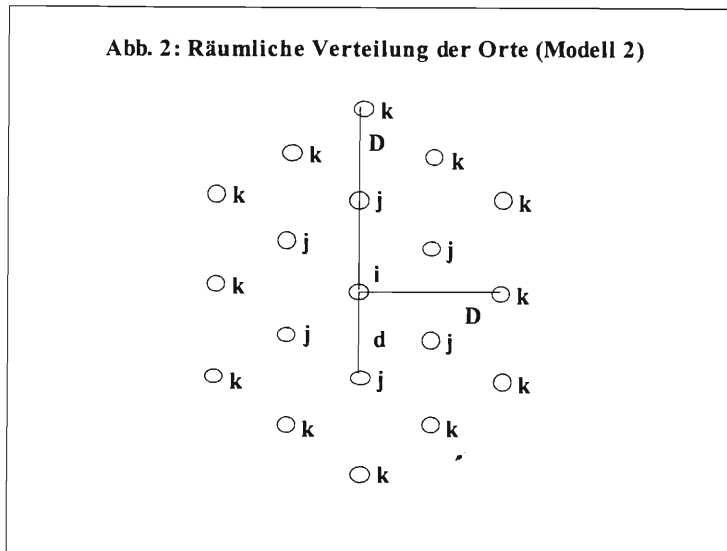
(5)

Die Anzahl der Fahrten und die zurückgelegten Entfernungen hängen - wie man leicht sieht - entscheidend von der Fluktuationsrate  $\alpha$ , von der Größe des Gesamtgebietes (hier ausgedrückt durch  $r = 1$ ) und von den individuellen, durch die Pendel- und Umzugskosten bestimmten Entscheidungen der Haushalte ab. Für das gesamte System der  $m$  Arbeits- und Wohnorte ist  $\Psi_i$  sowie  $d_i$  mit  $m$  zu multiplizieren. Da es sich dabei um eine lineare Transformation handelt, wurde in den folgenden Überlegungen davon abgesehen. Nimmt man folgende Werte an:  $\alpha = 0,05$ ,  $m = 10$ ,  $n = 10.000$ , so beträgt die Anzahl der  $D_i$ -Fahrten konstant  $389x$  und die  $d_i$ -Fahrten steigen von  $111x$  nach 193 Perioden auf  $2.222x$  an und verbleiben auf diesem Niveau. Die Gesamtzahl der Fahrten erhöht sich von zunächst  $500x$  auf  $2.611x$  in der 193. Periode; etwas mehr als  $1/4$  der Bevölkerung pendelt schließlich bei einer Fluktuationsrate von nur 5 %. Die zurückgelegten Entfernungen aus  $D_i$ -Fahrten betragen dauerhaft etwa  $617,47x$  Entfernungseinheiten und die Summe der Entfernungen aus  $d_i$ -Fahrten steigt von  $68,67x$  auf  $1.373,33x$  in der 193. Periode, die Gesamtentfernung beträgt dann  $1.990,80x$  Entfernungseinheiten. Diese Werte steigen mit der Fluktuationsrate  $\alpha$ . Nimmt man die Periode mit einem Jahr an, so beträgt  $x$  für 200 Arbeitstage genau 400. Schließlich erhält man als Entfernung für alle Pendelfahrten bei 10.000 Beschäftigten und 10 Firmen 796.320 mal den Radius des als kreisförmig angenommen Gesamtgebietes, oder, um im Beispiel zu bleiben, die Insel wird 398.160 mal durchquert.

*Modell 2:* In dem alternativen Modell<sup>9</sup> wird von einer Fläche ausgegangen, in der jeder Ort  $i$  von einem inneren Ring von sechs Orten  $j$  in einer Entfernung von  $d_2 = 1$  umgeben ist, zu denen die Arbeitnehmer, die in  $i$  wohnen und in der Ausgangssituation zunächst auch arbeiten, im Falle eines Arbeitsplatzwechsels pendeln werden. Ein zweiter, äußerer Ring mit zwölf Orten  $k$  umgibt den ersten Ring. Die Entfernungen zu den  $k$ -Orten  $D_2$  sind derart, daß die Arbeitnehmer eine Periode pendeln und danach zum  $k$ -Ort umziehen, wobei die durchschnittliche Entfernung zum  $k$ -Ort bei  $d_2 = 1$  folglich  $D_2 = (1+\sqrt{3})/2$  lautet (vgl. Abb. 2).

<sup>9</sup> Für Anregungen zum zweiten Modell danke ich Herrn H. Sanner. Ferner bin ich den Herren M. Ksoll und H. Sanner für kritische Kommentare zu einer ersten Version dankbar, denen ich jedoch nicht in allen Punkten folgen konnte.

Abb. 2: Räumliche Verteilung der Orte (Modell 2)



Alle anderen Orte, die weiter entfernt sind, werden nicht in die Arbeitsplatzsuche einbezogen. Das Nutzenkalkül des Haushaltes läßt sich wiederum durch eine Funktion verdeutlichen:

$$U(d) \Rightarrow \max!, \text{ wenn } \begin{cases} d = d_2, & \text{dann dauerhaft pendeln,} \\ d = D_2, & \text{dann Umzug nach 1 Periode,} \\ d > D_2, & \text{kein potentieller Arbeitsplatz} \end{cases} \quad (6)$$

Die Wahrscheinlichkeit, Arbeit zu finden, ist an jedem  $j$ - und  $k$ -Ort gleich. Die Entlassungs- und Einstellungsquote ist ebenfalls gleich und beträgt je Periode  $\alpha = w/n$ , wobei  $w$  die Anzahl der freigesetzten Arbeitskräfte ist und  $n$  die Anzahl der Beschäftigten in allen Orten ist. Ferner soll kein Arbeiter in einer Periode an einem Ort entlassen und wieder eingestellt werden. Die Summe der Fahrten für einen Ort  $i$  in Periode  $T$  lautet:

$$\Psi_2(T) = (2/3)xn\alpha + (1/3)\sum_{i=1}^T xn\alpha(1-\alpha)^{i-1} \quad (7)$$

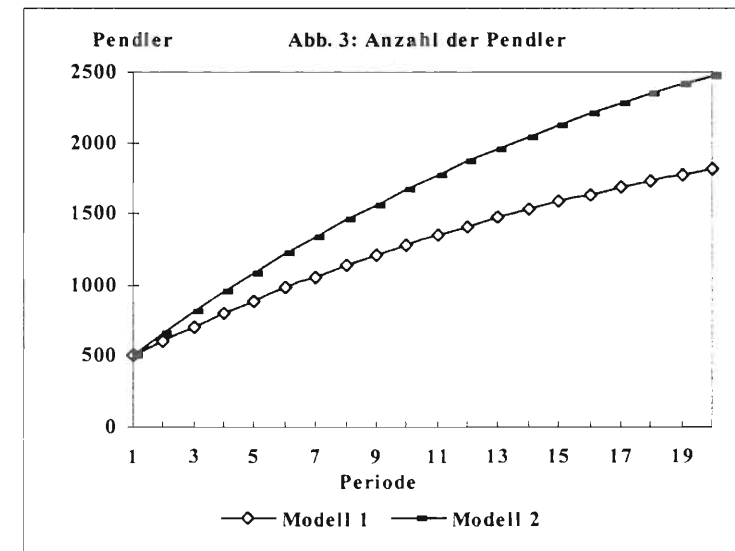
Für  $T \rightarrow \infty$  ergibt sich ein Grenzwert von

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \Psi_2(T) = [xn(2\alpha + 1)]/3$$

Unter Berücksichtigung der Entfernungen  $d_2 = 1$  zum inneren Ring der Arbeitsorte, sowie der Entfernungen  $D_2$  zum äußeren Ring der Arbeitsorte beträgt die insgesamt in Periode  $T$  zurückgelegte Entfernung  $\Delta_2$ .

$$\Delta_2 = (1/3)(2 + \sqrt{3})xn\alpha + (1/3)\sum_{i=1}^T xn\alpha(1-\alpha)^{i-1} \quad (8)$$

Die Anzahl der Fahrten entwickelt sich nun wie folgt bei den angenommenen Werten  $\alpha = 0,05$ ,  $n = 10.000$ : In der ersten Periode entstehen  $500x$  Fahrten, die nach 20 Perioden  $2.472x$  erreichen und nach 180 Perioden (unter Berücksichtigung der Ganzzahligkeit von Fahrten) gegen  $3.666x$  konvergieren. Die zurückgelegten Entfernungen betragen in der ersten Periode  $788x$  mal die Entfernung zum Nachbarort  $j$  und erlangen nach 180 Perioden  $3.955x$ . Zum Vergleich der in Struktur und räumlicher Verteilung der Orte unterschiedlichen Modelle sind die Pendlerzahlen für die Perioden 1 bis 20 in Abbildung 3 verdeutlicht worden.



Es muß bei beiden Modellen berücksichtigt werden, daß im Ausgangszustand eine vollständige Zuordnung von Wohn- und Arbeitsorten angenommen wurde. Es entsteht in einer Ökonomie, in der die Freiheit von Wohnortwahl und Arbeitsplatzwahl institutionell verankert ist und in der Entlassungen und Einstellungen von Arbeitnehmern möglich sind, umfangreiche Pendelfahrten. Die Anzahl der Fahrten hängt, wie man durch den Vergleich der Modelle erkennen kann, von der räumlichen Struktur und Verteilung der Wohn- und Arbeitsorte ab. Ungeachtet dessen entstehen aber in beiden Varianten hohe Pendlerzahlen. Dieser Sachverhalt wird von den Befürwortern der Funktionsvermischung von Wohnen und

Arbeiten im allgemeinen übersehen. Hebt man die Homogenität des Faktors Arbeit auf und läßt unterschiedliche Qualifikationen zu, so wird sich dieses Volumen weiter erhöhen, insbesondere dann, wenn man Agglomerationen von Industrien unterstellt, die bestimmte Qualifikationen auf dem Arbeitsmarkt nachfragen.

#### 4. Schlußbetrachtung

Räumliche Strukturen entstehen im Zeitablauf vor dem Hintergrund gesellschaftlicher, ökonomischer und technischer Bedingungen. Das komplexe Zusammenwirken dieser Einflußfaktoren bildet in sehr langen Zeiträumen Agglomerationen von Produktions- und Wohnstandorten heraus. Die Änderung dieser Standortverteilungen - sieht man von diktatorischen Verfügungen ab - kann nur durch sehr starke staatliche Eingriffe in den Preisbildungsprozeß auf dem Bodenmarkt und dem Verkehrsmarkt erfolgen. Als Beispiel kann an die stärkere Subvention der Erstellung und des Erwerbs von Gebäuden, insbesondere solcher mit Mischnutzung, und an die höhere Besteuerung von Transportleistungen gedacht werden, aber auch an den Abbau von Grunderwerbssteuern und an die Subvention von Standortverlagerungen. Die Wirkungen dieser Maßnahmen auf die Standortstrukturen würden sich - läßt man einmal die Einwände aus Abschnitt 2 außer acht - erst langfristig einstellen und keineswegs zu einer kurzfristigen Verkehrsvermeidung führen. Ferner würde die höhere Besteuerung von Transportleistungen in der Zeit, in der die alte räumliche Struktur noch Bestand hat, eine erheblichen Vermögensumverteilung zwischen den Eigentümern von zentrumsfernen und zentrumsnahe Boden hervorrufen. Die Standorte im Zentrum urbaner Räume, die einen geringen Verkehrsbedarf hervorrufen, würden erhebliche Preiserhöhungen erfahren, und Standorte im Hinterland, die mit umfangreichen Transportleistungen verbunden sind, würden einen deutlichen Preisverfall aufweisen. Eine Politik, die dem städtebaulichen Leitbild der Funktionsvermischung folgt, muß diese Verteilungsimplicationen berücksichtigen.

Wenn nun die Kausalkette "Funktionsvermischung-Verkehrsvermeidung-Umweltschutz" lautet, die Vermischung der räumlichen Funktionen Arbeiten und Wohnen aber, wie dargestellt wurde, mit erheblichen ökonomischen und gesellschaftlichen Problemen belastet ist, dann fragt sich, ob das Ziel des Umweltschutzes, das nicht in Frage gestellt werden soll, nicht auf anderem Wege zu erreichen ist. Die Antwort auf diese Frage gibt möglicherweise ein technischer Fortschritt, der auf die Reduktion der Emissionen ausgerichtet ist.

#### Abstract

In this paper we investigate the popular postulate that the spatial combination of working and living reduces the commuting journeys and therefore the environmental pollution. There are several arguments, why combinations of these spatial activities are impossible, inefficient, or welfare reducing. We discuss the case of employees' turnover as a source of journeys to work. Assuming that all workers live close to the factory, a turnover rate of 5 % per period, and further a homogeneous labor market, we get a convergent series of journeys to work, which depends on spatial distribution of industrial locations. In one model we yield the result that after 20 periods 25 % of the employees work outside of their home communities.