

Schlör, Holger

**Working Paper — Digitized Version**

## Wohlfahrtseffekte einer ökologischen Steuerreform am Beispiel des Verkehrsbereichs

DIW Discussion Papers, No. 112

**Provided in Cooperation with:**

German Institute for Economic Research (DIW Berlin)

*Suggested Citation:* Schlör, Holger (1995) : Wohlfahrtseffekte einer ökologischen Steuerreform am Beispiel des Verkehrsbereichs, DIW Discussion Papers, No. 112, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/95849>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



Diskussionspapiere  
Discussion Papers

Diskussionspapier Nr. 112

**Wohlfahrtseffekte einer ökologischen  
Steuerreform am Beispiel des Verkehrsbereichs**

von  
Holger Schlör

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin  
German Institute for Economic Research, Berlin

Die in diesem Papier vertretenen Auffassungen liegen ausschließlich in der Verantwortung des Verfassers und nicht in der des Instituts.

Opinions expressed in this paper are those of the author and do not necessarily reflect views of the Institute.

# **Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung**

Diskussionspapier Nr. 112

## **Wohlfahrtseffekte einer ökologischen Steuerreform am Beispiel des Verkehrsbereichs**

von  
Holger Schlör

Berlin, Juni 1995

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin  
Königin-Luise-Str. 5, 14191 Berlin  
Telefon: 49-30 - 89 7 89 -0  
Telefax: 49-30 - 89 7 89 -200

# Wohlfahrtseffekte einer ökologischen Steuerreform am Beispiel des Verkehrsbereiches

## Einleitung

### 1. Das Basis-Verkehrsnachfragemodell

### 2. Kompensationsmodelle

#### 2.1 Direkte monetäre Kompensation

##### 2.1.1 Das Kompensationskonzept nach Slutsky

##### 2.1.2 Das Kompensationskonzept nach Hicks

#### 2.2 Das Konzept der indirekten Nutzenkompensation

### 3. Bestimmung der Effekte einer ökologischen Steuerreform im Verkehrsbereich auf die Wohlfahrt eines 4-Personen-Haushaltes

#### 3.1 Einführung

#### 3.2 Pollak-Index

##### 3.2.1 Pollak-Index bei direkter monetärer Kompensation

##### 3.2.2 Laspeyres-Mengenindex

##### 3.2.3 Pollak-Index bei indirekter Nutzenkompensation

##### 3.2.4 Laspeyres-Mengenindex

### 4. Schlußfolgerung

### 5. Das erweiterte Verkehrsmodell - die Reisezeit als Nachfragekomponente -

#### 5.1 Empirische Untersuchungen zur Bedeutung der Zeit bei der Verkehrsmittelwahl

#### 5.2 Notwendige Modellerweiterungen

#### 5.3 Der erweiterte Pollak-Index

- der Wert der Reisezeit -

### 6. Ausblick

Appendix I Integrationsweg

Appendix II Allgemeine Kennzeichen der Mengenindizes

Literatur

# Wohlfahrtseffekte einer ökologischen Steuerreform am Beispiel des Verkehrsbereiches

## Einleitung

Umweltökonomien empfehlen seit einiger Zeit den Einsatz von Abgaben und Steuern als marktwirtschaftliches Instrument der Umweltpolitik. Ziel der Steuer ist es, Marktversagen aufgrund negativer externer Effekt zu vermeiden bzw. zu reduzieren. In der Regel sollen die Steuern dem Staat Einnahmen beschaffen, sie dienen dabei primär fiskalischen Zwecken. Umweltabgaben stellen dagegen die Lenkungsfunktion in den Mittelpunkt.

Im Rahmen dieser Arbeit soll an Hand einer Simulationsanalyse untersucht werden, wie Umweltabgaben in Form einer ökologischen Steuerreform im Verkehrsbereich wirken und wie sie die Wohlfahrt eines ausgewählten Haushaltes beeinflussen. Es wird dabei analysiert, welche Variablen die Verkehrsnachfrage bestimmen und inwieweit sich diese durch Preissteigerungen aufgrund höherer Steuern beeinflussen lassen. In diesem Zusammenhang gilt es zu klären, welche Bedeutung die Zeit als Bestimmungsgröße der Verkehrsnachfrage hat und ob sich die Wohlfahrtswirkung von Zeitveränderungen erfassen läßt.

Das ökologische Steuerreformkonzept sieht vor, daß auf der einen Seite die Aktivitäten der Haushalte, die negative externe Umwelteffekte auslösen, durch steigende Preise aufgrund höherer Steuern, eingeschränkt werden. Auf der anderen Seite sollen die Haushalte mit den Steuereinnahmen einkommensmäßig so kompensiert werden, daß das Haushaltsbudget weitgehend unverändert bleibt.

In diesem Zusammenhang werden sowohl die direkten monetären Kompensationsmodelle als auch die indirekten Nutzenkompensati-

onsmodelle diskutiert. Die direkte monetäre Kompensation erfolgt durch die Zahlung eines Pauschbetrages an jeden Haushalt. Die verschiedenen Möglichkeiten der administrativen Ausgestaltung dieser Kompensationszahlungen soll hier nicht diskutiert werden.<sup>1</sup> Im Rahmen der indirekten Nutzenkompensation wird das Steueraufkommen zur Förderung umweltschonender Techniken verwendet, mit dem Ziel, negative externe Effekte zu vermeiden und das ursprüngliche Nutzenniveau der Haushalte zu erhalten.

Die ökologische Steuerreform und die ihr zugrunde liegenden Kompensationsmodelle werden mit dem Instrument der individuellen Wohlfahrtsmessung analysiert. Die Wohlfahrtsmessung erlaubt es die subjektiven Elemente der persönlichen Wahrnehmung und Bewertung der verschiedenen Individuen zu berücksichtigen und so neben statistischen auch psychologische Aspekte zu berücksichtigen.<sup>2</sup>

Mit dem Instrumentarium der modernen mikroökonomischen Theorie soll im folgenden untersucht werden, wie die Wohlfahrtssituation des jeweils betroffenen Haushaltes bzw. der Gesellschaft insgesamt sich durch die ökologische Steuerreform verändert.

---

<sup>1</sup> Eine ausführliche Begründung für diese Art der Kompensation findet sich in DIW, 1994a, S.66ff..

<sup>2</sup> Vgl. Ahlheim, 1994, S.5



## 1. Das Basis-Verkehrsnachfragemodell

Um die Wirkung einer ökologischen Steuerreform im Jahre 1993 auf die einzelnen Haushalte im Verkehrsbereich beispielhaft zu untersuchen, wird ein disaggregiertes Zwei-Güter-Modell verwendet, auf der Grundlage der traditionellen Nachfragetheorie.

Dabei wird davon ausgegangen, daß der Haushalt alle anderen Güter außer dem Paar  $X_1$  (Kraftstoff) und  $X_2$  (fremde Verkehrsleistungen des öffentlichen Verkehrs) in bekannten Mengen besitzt, und er betrachtet seine Ausgaben für  $X_1$  und  $X_2$  unabhängig von allen anderen Gütern.<sup>3</sup> Der Haushalt nimmt eine Separierung seines Einkommens für die verschiedenen Konsumbereiche vor und verwendet nur einen bestimmten Einkommensteil zur Nutzenmaximierung auf dem Verkehrsmarkt. Es wird a priori ausgeschlossen, daß der Haushalt nach der Verteuerung eines Verkehrsgutes Umschichtungen in seinem Gesamtbudget vornimmt, um so die Ausgangsgütermenge zu konsumieren.

Hierbei wird die Annahme getroffen, daß der Haushalt diesen Teil seines Einkommens nur für den Konsum von Verkehrsgütern verwendet. Für den Modellfall bedeutet dies, daß der Konsument wählen kann zwischen den Ausgaben für Kraftstoff stellvertretend für den motorisierten Individualverkehr (MIV) und den Aufwendungen für die Inanspruchnahme von Verkehrsleistungen des öffentlichen Verkehrs (ÖV). Um die Vergleichbarkeit von MIV und ÖV zu gewährleisten, werden nur die direkten variablen Kosten als Grundlage der Analyse verwendet. Die Aufwendungen zur Anschaffung eines Pkws werden ausgeklammert.

Die konkreten Markthandlungen des Konsumenten ergeben sich aus der Konfrontation seiner durch die Präferenzordnung be-

---

<sup>3</sup> Vgl. Allen in: A. E. Ott (Hrsg.), 1965, S.138.

schriebenen Mobilitätswünsche und seinen tatsächlichen ökonomischen Möglichkeiten, die durch sein Verkehrsbudget ausgedrückt werden. Die Präferenzordnung muß nach den Voraussetzungen des Modells vollständig, reflexiv, transitiv, stetig, streng monoton, streng konvex und glatt sein.<sup>4</sup> Im folgenden soll untersucht werden, welche Funktionen sich aus der Präferenzordnung ableiten lassen.

Die Marshallischen Nachfragefunktionen auf der Basis des Nutzenmaximierungsansatzes und die Hicksschen kompensierten Nachfragefunktionen auf der Basis des Ausgabenminimierungsansatzes werden analysiert, um das Marktverhalten eines ausgewählten Haushaltes zu erfassen, unter der Berücksichtigung seiner separierten Präferenzordnung für Verkehrsgüter und der daraus ableitbaren Nutzenfunktion.

Die Hicksschen Nachfragefunktionen sind für die Analyse des ökologischen Steuerreformkonzeptes aus der Sicht der Haushalte von zentraler Bedeutung, da sie den für das Reformkonzept so wichtigen Baustein der direkten monetären Kompensation berücksichtigen.

Der Nachfrageeffekt einer partiellen Preisänderung zerfällt in einen negativen Einkommens- und Substitutionseffekt. Findet keine Einkommenskompensation statt, dann wird durch die Preiserhöhung ein negativer Substitutions- und Einkommenseffekt ausgelöst. Beide Effekte werden von der Marshallischen Nachfragefunktion erfaßt und wirken bei normalen Gütern in die gleiche Richtung. Durch eine direkte monetäre Kompensation hingegen entfällt der Einkommenseffekt. Es tritt mit nur der Substitutionseffekt auf. Dies wird durch die Hickssche Nachfragefunktion erfaßt.<sup>5</sup> Bei gegebenem Preis, Einkommen und Nutzenniveau verläuft die Hickssche Nachfragefunktion steiler als die

---

<sup>4</sup> Vgl. Krelle, 1961, S.109ff., Varian, 1985, S.116ff., Stobbe, 1991, S.92ff. und Lancaster, 1971, S.20f..

<sup>5</sup> Vgl. den Beweis in Ahlheim/Rose, 1989, S.267ff.

Marshallsche Nachfragefunktion,<sup>6</sup> d.h. sie reagiert unelastischer auf Preisveränderungen.

Die Basis der Konsumentennachfrage ist die neoklassische Nutzenfunktion. Die Nutzenfunktion<sup>7</sup> [1]  $U(x) = x_1^{\frac{4}{5}} \cdot x_2^{\frac{1}{5}}$  ist eine Möglichkeit die individuellen Präferenzen in einem Gütervektor darzustellen. Unter den oben genannten Voraussetzungen ist es immer möglich diese in einer Nutzenfunktion darzustellen.

Die konventionelle Behandlung des Konsumentenverhaltens ist die Maximierung des Konsumentenverhaltens vor dem Hintergrund seines Einkommens:

$$[2] \text{Max}_x \{U(x): p_1x_1 + p_2x_2 \leq I\}$$

Die ersten Ableitungen der Maximierung dienen zur Bestimmung der optimalen Konsumentennachfrage. Für das Verkehrsmodell ergeben sich die folgenden Marshallschen Nachfragefunktionen.

$$X_1^0 = \frac{4}{5} \cdot \frac{I}{P_1}$$

[3]

$$X_2^0 = \frac{1}{5} \cdot \frac{I}{P_2}$$

Im folgenden wollen wir uns aber auf die Ausgabenfunktion und die aus ihr ableitbaren Funktionen beschränken. Sie ist aufgrund ihrer Eigenschaften für die Darstellung der Problematik der ökologischen Steuerreform besser geeignet.

---

<sup>6</sup> Vgl. Schumann, 1987, S.40

<sup>7</sup> Die Nutzenfunktion wurde auf der Basis der Einkommens- und Verbrauchsstichproben (EVS) des Statistischen Bundesamtes der Jahre 1978, 1983 und 1988 für das Verkehrsmodell für einen 4-Personen-Haushalt mit einem monatlichen Nettoeinkommen von 3200 DM geschätzt.

Die Ausgabenfunktion  $E(P,U)$  gibt die Höhe der Ausgaben an, die der Konsument tätigen muß, um bei Gültigkeit der jeweiligen Preise ein bestimmtes Nutzenniveau zu erreichen.

$$[4] E(P,U) = \underset{x}{\text{Min}} \{ p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 : U(x) \geq U \}$$

Woraus sich für das Modell folgende Ausgabenfunktion ergibt:

$$[5] E(P,U) = U \left( \frac{5}{4} p_1 \right)^{\frac{4}{5}} \cdot (5p_2)^{\frac{1}{5}}$$

Die Ausgabenfunktion ist stetig in  $p$  und  $U$ , streng monoton zunehmend in  $U$ , positiv linear-homogen in  $p$ , zweimal stetig differenzierbar und konkav in  $p$ .<sup>8</sup>

Shephard's Lemma ermöglicht die Herleitung der kompensierten Hicksschen Nachfragefunktionen:

$$[6] \nabla_p E(p,U) \equiv x^* \equiv \xi_n(p,U)$$

Die Hicksschen Nachfragefunktionen des Verkehrsmodells geben die Nachfrage eines Haushaltes nach einem Verkehrsgut  $n$  in Abhängigkeit von dessen Preis  $P$  und dem Nutzenniveau  $U$  des Konsumenten wieder. Grundgedanke dabei ist, daß der Konsument bei partiellen Preisänderungen einkommensmäßig so kompensiert wird, daß er vor und nach der Preisänderung das gleiche Nutzenniveau realisiert. Es findet somit nur eine Bewegung auf der ursprünglichen Indifferenzkurve statt.

Für das Zwei-Güter-Verkehrsmodell wurden folgende Hicksschen Funktionen ermittelt:

---

<sup>8</sup> Vgl. Diamond/McFadden, 1974, S.18ff. dort erfolgt eine ausführliche Darstellung der Eigenschaften der Ausgabenfunktion.

$$\begin{aligned} \xi_1(\mathbf{P}, U) &= U \left( \frac{5}{4} p_1 \right)^{-\frac{1}{5}} \cdot (5p_2)^{\frac{1}{5}} \\ [7] \quad \xi_2(\mathbf{P}, U) &= U \left( \frac{5}{4} p_1 \right)^{\frac{4}{5}} \cdot (5p_2)^{-\frac{4}{5}} \end{aligned}$$

Die Hicksschen Nachfragefunktionen sind dabei homogen vom Grade Null, die Matrix der partiellen Ableitungen ist symmetrisch und negativ semidefinit.

Im folgenden werden drei Kompensationsmodelle vorgestellt und auf ihre Anwendbarkeit hinsichtlich des ökologischen Steuerreform untersucht.

## 2. Kompensationsmodelle

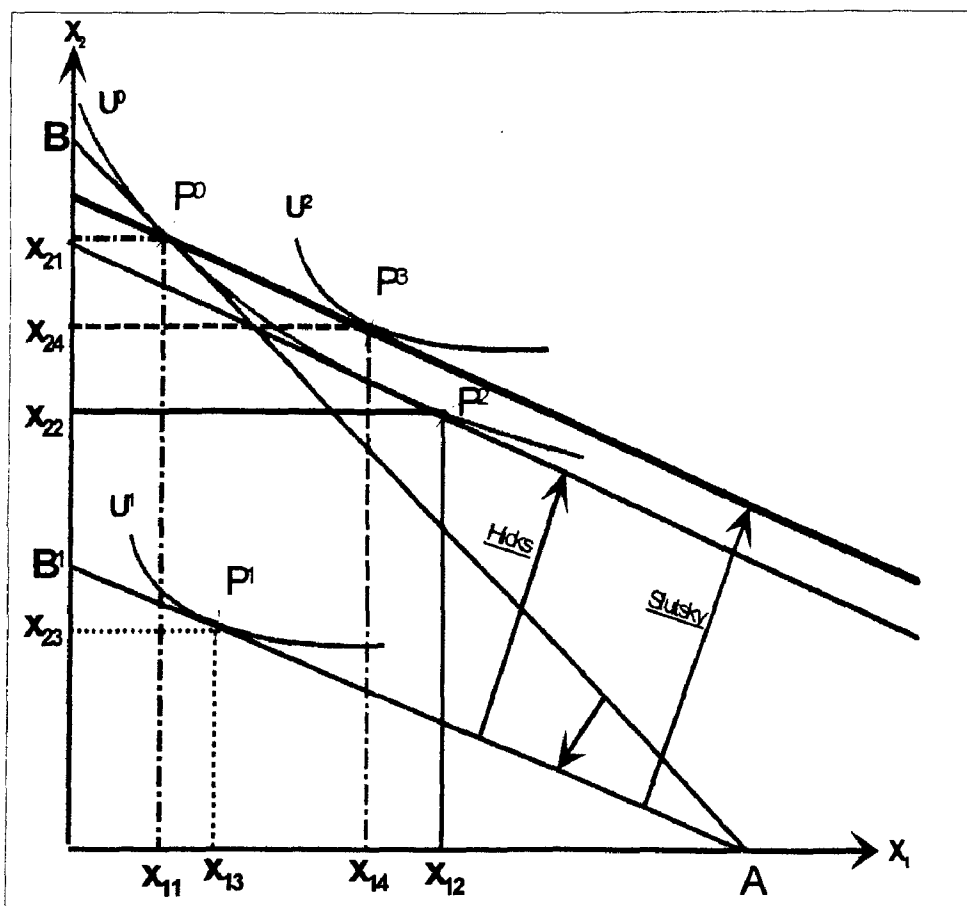
### 2.1 Direkte monetäre Kompensation

Bei der direkten monetären Kompensation unterscheidet man zwischen nutzenorientierter nach Hicks und der einkommensorientierten Kompensation nach Slutsky.

## 2.1.1 Das Kompensationskonzept nach Slutsky

Das Kompensationskonzept von Slutsky<sup>9</sup> wird anhand von Abbildung 1 erläutert.

**Abb.1 Kompensation nach Slutsky und Hicks**



Die durch eine Steuer bewirkte Preiserhöhung führt zu einer Realeinkommensenkung des Konsumenten. Diese soll durch eine Einkommenserhöhung kompensiert werden. Die durch die Steuererhöhung ausgelöste Preiserhöhung bewirkt eine Drehung der Budgetgeraden nach innen ( $\overline{AB}$  nach  $\overline{AB^1}$ ). Die neue Budgetgerade ( $\overline{AB^1}$ ) wird solange parallel verschoben, bis sie den Tangentialpunkt von Indifferenzkurve und Budgetgerade der Ausgangssituation schneidet ( $P^0$ ). Somit wird gewährleistet, daß der Konsument das ursprüngliche Güterbündel

<sup>9</sup> Vgl. Stobbe, 1991, S.103

kaufen kann. Dies impliziert aber wiederum eine Indifferenzkurve ( $U^2$ ) mit einem höheren Nutzenniveau als in der Ausgangssituation ( $U^0$ ).

Die Einkommenskompensation bewirkt, daß der Konsument ein höheres Nutzenniveau erreicht als in der Ausgangssituation. Die Nachfrage nach Gut 2 geht von  $X_{21}$  auf  $X_{24}$  zurück. Die Nachfrage nach Gut 1 steigt hingegen von  $X_{11}$  auf  $X_{14}$ .

## 2:1.2 Das Kompensationskonzept von Hicks

Abbildung 1 dokumentiert auch das Kompensationskonzept von Hicks.

Die Kompensation gemäß Hicks hat das Ziel, das Nutzenniveau ( $U^0$ ) des Konsumenten unverändert zu lassen. Sie erfolgt durch eine Parallelverschiebung der neuen Budgetgeraden ( $\overline{AB^1}$ ) solange bis sie die Ausgangsindifferenzkurve ( $U^0$ ) wieder tangiert ( $P^2$ ). Somit hat sich der Konsument nutzenmäßig nicht verschlechtert, da er alle Punkte auf der Ausgangsindifferenzkurve ( $U^0$ ) gleich einschätzt. Die Substitution äußert sich darin, daß der Konsument von  $X_2$  ( $X_{21}$  nach  $X_{22}$ ) weniger konsumiert und von  $X_1$  ( $X_{11}$  auf  $X_{12}$ ) hingegen mehr. Ohne die Kompensation wäre die Nachfrage von Gut 2 auf  $X_{23}$  zurückgegangen.

## 2.2 Das Konzept der indirekten Nutzenkompensation

Wie gezeigt wurde, geht durch die direkte monetäre Kompensation der Einkommenseffekt der pa verloren. Dadurch wird die potentielle Lenkungswirksamkeit der Steuer erheblich reduziert. Im folgenden soll ein alternatives theoretisches Kompensationsverfahren

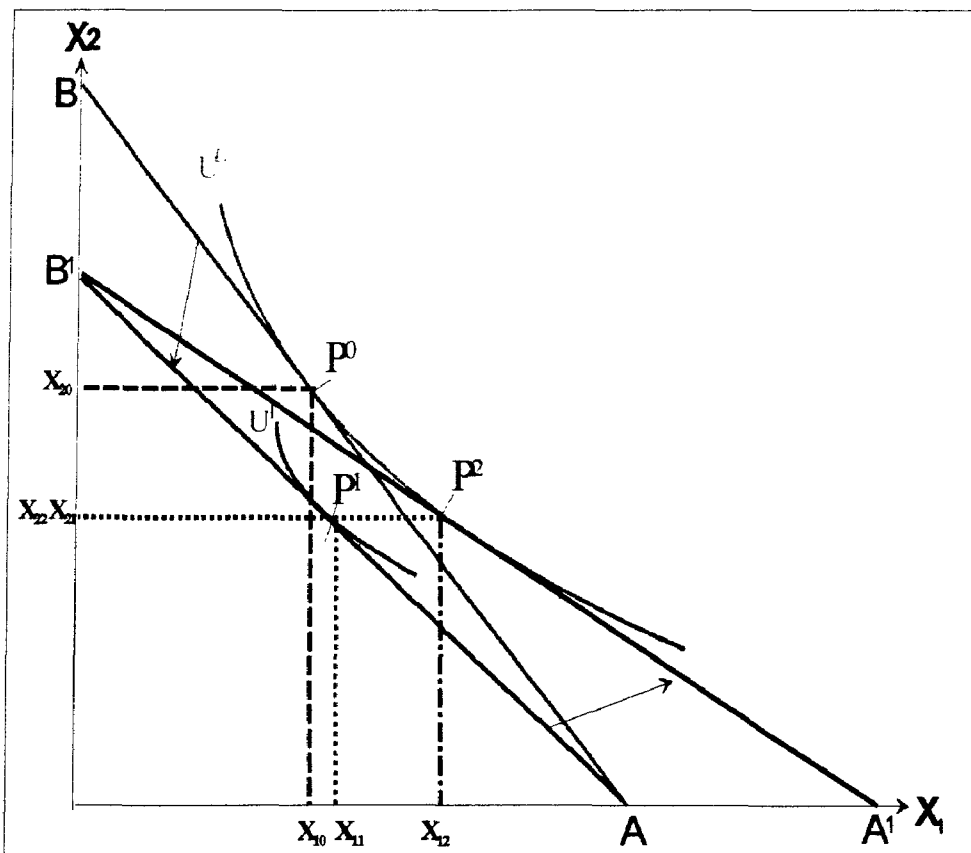
vorgestellt werden, das den gesamten Nachfrageeffekt einer partiellen Preisänderung umfaßt.

Ziel dieses Ansatzes ist es, daß der Haushalt vor und nach der Steuererhöhung das Ausgangsnutzenniveau ( $U^0$ ) wieder erreicht und trotzdem das Vermeidungsziel bei gegebenem Steuersatz erreicht wird. Es sind somit keine direkten Kompensationszahlungen notwendig.

Grundvoraussetzung hierfür ist, daß der Haushalt das Ziel hat, sein Nutzenniveau zu halten bzw. aufgrund der Nichtsättigungsbedingung immer ein höheres Nutzenniveau anstrebt.

Die Wirkung der indirekten Nutzenkompensation wird anhand von Abb. 2 erläutert.

Abb.2 Indirekte Nutzenkompensation



Durch die Steuer steigt der Preis für Gut  $x_2$  und somit reduziert sich die Nachfrage entsprechend der Elastizität von Gut 2. Die Nachfrage sinkt von  $x_{20}$  auf  $x_{21}$ . Die Nachfrage von Gut 1 steigt leicht von  $x_{10}$



auf  $x_{11}$ . Das Nutzenniveau des Haushaltes reduziert sich von  $U^0$  auf  $U^1$ .

Werden nun die Steuereinnahmen, die durch die Erhebung der Steuer erzielt werden, zur Preisreduzierung bzw. zur Angebotsverbesserung von Gut 1 verwendet, steigt dessen Nachfrage. Durch die Preis-senkung von  $x_1$  wird der Haushalt aufgrund der Adding-up-Bedingung mehr von Gut 1 nachfragen. Der Konsument kann mit seinem Ausgangshaushaltsbudget das Ausgangsnutzenniveau  $U^0$  wieder erreichen. D.h. die Budgetgerade dreht sich nach oben ( $\overline{AB^1} \Rightarrow \overline{A^1B^1}$ ), im Idealfall tangiert sie wieder die Indifferenzkurve  $U^0$  in  $P^2$ .

Die indirekte Nutzenkompensation bewirkt, daß die

Emissionen (S) reduziert werden. Da davon ausgegangen wird, daß die Emissionen des nicht besteuerten Gutes i pro Einheit geringer sind als die des besteuerten Gutes k.

$$[8] S_i(x_i) < S_k(x_k)$$

Umweltsituation durch die indirekte Nutzenkompensation (j) deutlich verbessert wird, da der gesamte Nachfrageeffekt wirksam wird. Die Vermeidungswirksamkeit der direkten monetären Kompensation (n) ist aufgrund des fehlenden Einkommenseffektes geringer:

$$[9] [S_{ij}(x_{ij}) < S_{kj}(x_{kj})] > [S_{in}(x_{in}) < S_{kn}(x_{kn})]$$

Desweiteren bleibt das Nutzenniveau des Haushaltes unverändert. Aufgrund der Reflexivität wird der Haushalt die neue Situation genauso einschätzen wie die alte.

Im folgenden soll untersucht werden, welche individuellen Wohlfahrtseffekte sich aus einer ökologischen Steuerreform ergeben. Zur Projektevaluierung wird ein funktionaler Mengenindex auf der Basis der Ausgabenfunktion verwendet.

### 3. Bestimmung der Effekte einer ökologischen Steuerreform im Verkehrsbereich auf die Wohlfahrt eines 4-Personen-Haushaltes

#### 3.1 Einführung

Es soll nun ein Kriterium gefunden werden, das es erlaubt zu bestimmen, ob sich z.B. die Wohlfahrt des 4-Personenhaushaltes mit einem monatlichen Nettoeinkommen von 3200 DM durch eine ökologische Steuerreform erhöht hat oder nicht. Die Frage, ob die ökologische Steuerreform zu einer Wohlfahrtserhöhung führt oder nicht, kann nur auf der Basis der Präferenzordnung des betrachteten Haushaltes beantwortet werden.

"Grundlegend ist hierbei die Idee, daß uns ein Wohlfahrtsmaß als empirisch meßbarer Indikator in Übereinstimmung mit der individuellen Präferenzordnung anzeigen muß, ob der Konsument eine bestimmte Konsumsituation einer anderen vorzieht oder nicht. Ein Wohlfahrtsmaß ist somit keine eigenständige Ausdrucksform für das Empfinden eines Konsumenten, sondern genau wie eine Nutzenfunktion nur eine Möglichkeit unter anderen zur Beschreibung seiner Präferenzen, die ja in der ordinalen Nutzentheorie die einzige 'authentische' Darstellung für seine Präferenzen ist."<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Ahlheim/Rose, 1989, S.6

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Wohlfahrtsänderung mit Hilfe von Indexmaßen bestimmt. Ein ökonomischer Index ist eine dimensionslose Funktion. Bei Indexmaßen unterscheidet man funktionale und atomistische Indizes. Atomistische Indizes behandeln Preise und Gütermengen als voneinander unabhängige Variablen. Bei den funktionalen Indizes wird ein auf der Theorie des Haushaltes basierender funktionaler Zusammenhang zwischen Preis- und Mengenvariablen unterstellt.<sup>11</sup>

Die bekanntesten atomistischen Indexmaße sind Laspeyres- und Paasche-Index.<sup>12</sup> Da beide die Indikator-, Ordnungs- und Zirkularitätsbedingung nicht erfüllen, können sie nur als halbseitige Wohlfahrtsindikatoren eingesetzt werden.<sup>13</sup> Die atomistischen Mengenindizes sind nichts anderes als Maßzahlen zur eindimensionalen Darstellung komplexer, mehrdimensionaler Gütermengenänderungen, die nutzentheoretisch interpretiert werden müssen. Funktionale Mengenindizes sind dagegen schon im Hinblick auf ihre Verwendung als Wohlfahrtsmaß konzipiert.<sup>14</sup>

---

<sup>11</sup> Vgl. Ahlheim/Rose, 1989, S.137ff.

<sup>12</sup> Vgl. Pollak, 1989, S.11

<sup>13</sup> Vgl. Ahlheim, 1994, S.6f.

Indikatorbedingung:

Ein zuverlässiges Wohlfahrtsmaß zeigt dann eine Wohlfahrtserhöhung an, wenn der Nutzen des Konsumenten infolge eines staatlichen Projektes tatsächlich zugenommen hat.

Ordnungsbedingung:

Das Wohlfahrtsmaß muß in der Lage sein, alternative Projekte mit derselben Ausgangssituation simultan in Übereinstimmung mit den Präferenzen des Konsumenten zu ordnen.

Zirkularitätsbedingung:

Die Summe der Wohlfahrtsänderungen der Teilprojekte muß gleich der durch das gesamte Projekt verursachten Wohlfahrtsänderung sein. Vgl. Ahlheim/Rose, 1989, S.12ff.

<sup>14</sup> Vgl. Ahlheim/Rose, 1989, S.155. Monotonie- und Identitäts-Axiom sind allgemeine Kennzeichen aller Mengenindizes, vgl. hierzu Appendix II.

### 3.2 Der Pollak-Index

Der Pollak-Index ist ein funktionaler Mengenindex auf Basis der Ausgabenfunktion.<sup>15</sup>

$$[10] PO_{ok}^1 = \frac{E(p^k, U(x^k))}{E(p^k, U(x^0))} = \frac{I^k}{E(p^k, U(x^0))} \quad 16$$

Der Pollak-Index erfüllt die Indikatorbedingung, aber nicht Ordnungs- und Zirkularitätsbedingung. Der Pollak-Index kann folglich nur zur Ermittlung des Nutzens eines einzelnen Projektes verwendet werden, aber nicht zum Vergleich von mehreren Projekten bzw. von Teilprojektfolgen.

#### 3.2.1 Pollak-Index bei direkter monetärer Kompensation

Die Wohlfahrtsbestimmung wird für einen 4-Personen-Haushalt mit einem monatlichen Nettoeinkommen von 3200 DM für das Jahr 1993 durchgeführt. Zur Wohlfahrtsbestimmung wird die bereits bekannte Nutzenfunktion zugrunde gelegt.

$$[11] U^0 = x_1^{\frac{4}{5}} \cdot x_2^{\frac{1}{5}}$$

Neben der Nutzenfunktion sind für die Bestimmung des Wohlfahrtsmaßes, das Einkommen, die Preise der Güter und deren konsumierte Mengen notwendig. Das Einkommen des Haushaltes wird aufgrund des Separierungsansatzes definiert als die Summe seiner Verkehrsausgaben

<sup>15</sup> Vgl. Ahlheim/Rose, 1989, S.164ff. und Pollak, 1989, S.3ff.

<sup>16</sup>  $E(p^k, U^k) = p^k \cdot x(p^k, I^k) = p^k \cdot x^k = I^k$

für Kraftstoffe ( $x_1$ ) und für Verkehrsleistungen des öffentlichen Verkehrs ( $x_2$ ).<sup>17</sup>

$$[12] I^0 = p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2$$

Die Preise und die verbrauchten Mengen wurden für das Jahr 1993 auf der Basis der EVS 1988 und Verkehr in Zahlen 1994 ermittelt.<sup>18</sup>

Es wurde ein Preis von 1,31 DM für einen Liter Kraftstoff und ein Kraftstoffverbrauch von 97 Liter pro Monat ermittelt. Der Haushalt konsumiert 132 Personenkilometer (Pkm) des ÖV pro Monat bei einem Preis von 0,24 DM pro Pkm.<sup>19</sup>

Somit ergibt sich für die Situation vor Durchführung der ökologischen Steuerreform folgender Preis-Einkommens-Vektor.

$$[13] [p_1^0 \ p_2^0 \ I^0] = [1,31 \ 0,24 \ 159]$$

Im Rahmen des Modells resultiert das Steueraufkommen ausschließlich aus der Besteuerung des Kraftstoffes. Grundlage dieser Annahme sind die deutlich höheren Schadstoffemissionen des MIV gegenüber dem ÖV. Da der MIV (Tabelle 1) nicht nur 94 v.H. der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs verursacht, sondern auch 99,5 v.H. der Kohlenmonoxid-Emissionen, 91,5 v.H. der Stickoxide und 99 v.H. der Kohlenwasserstoff-Emissionen im Verkehrssektor.

Das Steueraufkommen wird als Pro-Kopf-Bonus an den Haushalt zurückgegeben. Der 4-Personenhaushalt erhält eine Kompensationszahlung in Höhe von 11 DM im Monat aufgrund eines Steueraufschlages

---

<sup>17</sup> Definition der Verkehrsleistung: Die im öffentlichen Verkehr in Anspruch genommene Leistung während eines Monats. Diese wird im Personenverkehr in Personenkilometer gemessen. Vgl. VDV, 1992, S.104

<sup>18</sup> DIW, 1994b, S.100 und S.290ff.

<sup>19</sup> Dieser Preis entspricht dem Kilometerpreis der Deutschen Bundesbahn für Westdeutschland.

Tabelle1: Emissionen der Verkehrsträger (in 1988)

Verkehrsträger	Verkehrsleistung		Emissionen		Spezifische Schadstoffemissionen
	in Mrd. Pkm	in vH	in 1000 t	in vH	in g/Pkm
			Kohlendioxid		
Pkw	487,4	82,4	111127	93,9	228
Bus	38,0	6,4	2280	1,9	60
S-,U-Bahn und Straßenbahn	30,0	5,1	1500	1,3	50
Bahn	36,1	6,1	3430	2,9	95
Insgesamt	591,5	100	118337	100	-
			Kohlenmonoxid		
Pkw	487,4	82,4	8773	99,5	18
Bus	38,0	6,4	30	0,3	0,8
S-,U-Bahn und Straßenbahn	30,0	5,1	-	0,0	-
Bahn	36,1	6,1	18	0,2	0,5
Insgesamt	591,5	100	8821	100	-
			Stickoxide		
Pkw	487,4	82,4	682	91,5	1,4
Bus	38,0	6,4	34	4,6	0,9
S-,U-Bahn und Straßenbahn	30,0	5,1	4	0,5	0,2
Bahn	36,1	6,1	25	3,4	0,7
Insgesamt	591,5	100,0	745	100	-
			Kohlenwasserstoffe		
Pkw	487,4	82,4	1560	99,0	3,2
Bus	38,0	6,4	11	0,7	0,3
S-,U-Bahn und Straßenbahn	30,0	5,1	-	0,0	-
Bahn	36,1	6,1	4	0,3	0,1
Insgesamt	591,5	100,0	1575	100	-

Quelle: Martin Wenke, 1992, S. 92 und eigene Berechnungen.

von 0,13 DM/Liter Kraftstoff incl. MwSt.<sup>20</sup>, wodurch sich das Einkommen ( $I^k$ ) auf 170 DM erhöht.

Somit ergibt sich für die Situation nach Durchführung der ökologischen Steuerreform folgender Preis-Einkommens-Vektor.

$$[p_1^k \ p_2^0 \ I^k] = [1,44 \ 0,24 \ 170]$$

Da die kompensierten Hicksschen Nachfragefunktionen [14] bekannt sind, kann der Wohlfahrtseffekt der ökologischen Steuerreform für den 4-Personen-Haushalt direkt bestimmt werden.

$$[14] \quad \begin{aligned} \xi_1(P, U) &= U \left( \frac{5}{4} P_1 \right)^{-\frac{1}{5}} \cdot (5P_2)^{\frac{1}{5}} \\ \xi_2(P, U) &= U \left( \frac{5}{4} P_1 \right)^{\frac{4}{5}} \cdot (5P_2)^{-\frac{4}{5}} \end{aligned}$$

Aus der Definition des Pollak-Indexes ergibt sich:

$$[15] \quad PO_{ok}^1 = \frac{I^k}{E(p^k, U^0)}$$

wobei gilt:

$$[16] \quad E(p^k, U^0) = \int_{p^0}^{p^k} \nabla_p E(p, U^0) + E(p^0, U^0)$$

Nach dem 2. Hauptsatzes der Integral- und Differentialrechnung und des Shephard's Lemma folgt daraus.<sup>21</sup>

$$[17] \quad \nabla_p E(p, U^0) = \xi(p, U^0)$$

und

$$[18] \quad E(p^0, U^0) = I^0$$

<sup>20</sup> Vgl. DIW, 1994a, S.61 und S.66, dort ist eine ausführliche Begründung für diesen Steueraufschlag und die Kompensationshöhe nachzulesen.

<sup>21</sup>  $E(p^0, U^0) = p^0 \cdot x(p^0, I^0) = p^0 \cdot x^0 = I^0$

somit ergibt sich

$$[19] E(p^k, U^0) = I^0 + \sum_{n=1}^N \int_{p^0}^{p^k} \xi_n(p, U^0) dp$$

Für das Verkehrsmodell folgt daraus:<sup>22</sup>

$$[20] E(p^k, U^0) = 159 + \int_{p_1^0}^{p_1^k} \xi_1(p_1, p_2^0, U^0) dp_1 + \int_{p_2^0}^{p_2^k} \xi_2(p_1^k, p_2, U^0) dp_2$$

$$E(p^k, U^0) = 172$$

$$[21] PO_{ok}^1 = \frac{I^k}{E(p^k, U^0)} = \frac{170}{172} = 0,98$$

Aus der Indikatorbedingung folgt, wenn  $PO_{ok}^1 < 1$  ist, daß  $U_k < U_0$ . Dies bedeutet, daß die Wohlfahrt des Haushaltes sinkt aufgrund der ökologischen Steuerreform bei direkter monetärer Kompensation in Form des Öko-Bonus.

Der Pollak-Index kann mit Hilfe des Laspeyres-Mengenindex überprüft werden.

### 3.2.2 Der Laspeyres-Mengenindex

Der Laspeyres Mengenindex mißt die durch die ökologische Steuerreform ausgelöste Wohlfahrtsänderung "durch das Verhältnis der Ausgaben, die der Konsument bei Gültigkeit des ursprünglichen Preisvektors  $p^0$  zum Kauf des neuen Güterbündels  $x^k$  bzw. des ursprünglichen Güterbündels  $x^0$  tätigen muß."<sup>23</sup>

$$[22] LAM_{ok} = \frac{p^0 x^k}{p^0 x^0} = \frac{p^0 x^k}{I^0}$$

<sup>22</sup> Vgl. Appendix I über die Bedeutung des Integrationsweges

<sup>23</sup> Ahlheim/Rose, 1989, S.146



Der Laspeyres-Mengenindex ist aber nur ein halbseitiger Wohlfahrtsindikator.<sup>24</sup> Er kann nur zur Überprüfung von Wohlfahrtsminderungen eingesetzt werden. D.h. ist der Laspeyres-Index größer als Eins, so können daraus keine Schlüsse über die Wohlfahrtswirkung eines Projektes gezogen werden.

Für den 4-Personen-Haushalt ergibt sich folgendes Ergebnis:

$$\begin{aligned} \text{LAM}_{0k} = 0,9 &\Rightarrow \text{LAM}_{0k} < 1 \\ [23] \\ \text{LAM}_{0k} < 1 &\Rightarrow U(x^k) < U(x^0) \end{aligned}$$

Der Laspeyres-Index weist ebenfalls eine Wohlfahrtsminderung für den 4-Personenhaushalt aus und bestätigt somit das Ergebnis des Pollak-Index.

Somit kann zusammenfassend festgestellt werden, daß der 4-Personen-Haushalt des Verkehrsmodells durch die ökologische Steuerreform bei direkter monetärer Kompensation Wohlfahrtsverluste hinnehmen muß. Die Einkommenskompensation in Form des Öko-Bonus ist nicht ausreichend, damit der Haushalt das ursprüngliche Nutzenniveau ( $U^0$ ) erreicht.

### 3.2.3 Der Pollak-Index bei indirekter Nutzenkompensation

Das Steueraufkommen wird bei der indirekten Nutzenkompensation zur Förderung und Ausbau des öffentlichen Verkehrs (ÖV) verwendet, um die Ausgaben des Haushaltes für fremde Verkehrsleistungen zu verringern. Das Einkommen bleibt deshalb konstant. Der Preis für den Personenkilometer sinkt auf 0,21/Pkm.

---

<sup>24</sup> Siehe analytische Begründung bei Ahlheim/Rose, 1989, S.148ff.

Somit ergibt sich folgender Preis-Einkommens-Vektor:

$$[24] \left[ p_1^k \ p_2^k \ I^k \right] = [1,44 \ 0,21 \ 159]$$

Das Ergebnis des Pollak-Index lautet:

$$[25] PO_{ok}^1 = 0,95 \quad \Rightarrow \quad U^k < U^0$$

Die Wohlfahrt des Haushaltes sinkt bei der indirekten Nutzenkompensation.

### 3.2.4 Der Laspeyres-Mengenindex

Für den 4-Personen-Haushalt bei indirekter Nutzenkompensation ergibt sich für den Laspeyres-Mengenindex folgendes Ergebnis:

$$[26] \quad LAM_{ok} = 0,92 \Rightarrow LAM_{ok} < 1$$

$$LAM_{ok} < 1 \Rightarrow U(x^k) < U(x^0)$$

Der Laspeyres-Mengenindex bestätigt damit die Berechnungen des Pollak-Indizes bei indirekter Nutzenkompensation.

Der 4-Personen-Haushalt muß bei indirekter Nutzenkompensation Wohlfahrtsverluste hinnehmen. Die Angebotsverbesserungen des ÖV ermöglichen es dem Haushalt nicht, das ursprüngliche Nutzenniveau ( $U^0$ ) zu erreichen.

#### 4. Schlußfolgerung

Es konnte gezeigt werden, daß der Haushalt sowohl bei der indirekten als auch bei der direkten Kompensation Wohlfahrtsverluste hinnehmen muß. Die indirekte Nutzenkompensation führt aber im Gegensatz zur direkten monetären Kompensation zu einer größeren Vermeidung von Emissionen, da sowohl Substitutions- als auch Einkommenseffekt wirksam werden. Die Auswirkung von Preissteigerungen aufgrund von Steuererhöhungen auf die Nachfrage und somit auf die Wohlfahrt der Haushalte konnte mit Hilfe des Pollak-Indizes dargestellt werden. Im folgenden soll nach Gründen gesucht werden, warum die beiden Kompensationsmodelle Wohlfahrtsverluste hervorrufen.

Ein möglicher Grund wäre die nicht hinreichende Erfassung der nicht-monetären Präferenzen für die jeweiligen Verkehrsgüter in der Nutzenfunktion ( $U^0$ ). D.h. es gilt nach nicht-monetären Gründen zu suchen, die neben dem Preis, die Nachfrage im Verkehrsbereich mitbeeinflussen. Da davon ausgegangen werden kann, daß "the traditional model of consumer demand is not suitable for analyzing the transport market since it does not explicitly identify the time spent travelling."<sup>25</sup> Deshalb wird ein Zeit-Modell verwendet, um den Einfluß der Zeit auf die Verkehrsnachfrage zu untersuchen.

---

<sup>25</sup> Bruzelius, 1978, S.50

## 5. Das erweiterte Verkehrsmodell

### - die Reisezeit als Nachfragekomponente -

#### 5.1 Empirische Untersuchungen zur Bedeutung der Zeit bei der Verkehrswahl

Von P. Kirchhoff und P. Stöveken wurde untersucht, wie Konsumenten die Angebotsqualität von öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und MIV beschreiben.<sup>26</sup> Diese Untersuchung wurde zwar nur für den ÖPNV durchgeführt, die Ergebnisse sind aber auf den ÖV übertragbar. Im folgenden soll die Studie kurz skizziert und die Ergebnisse erläutert werden. Grundlage der Studie waren Haushaltsbefragungen, bei folgender Fragestellung.

1. "Welche Wirkungen auf die Verkehrsmittelwahl gehen von der Verbesserung der ÖPNV-Angebotsqualität aus?"
2. Welche Wirkungen auf die Verkehrsmittelwahl gehen vom Verhältnis zwischen der ÖPNV- und MIV-Angebotsqualität aus."<sup>27</sup>

Für die Beschreibung der Angebotsqualität von ÖPNV und MIV wurden folgende Merkmale als wichtig erkannt:<sup>28</sup>

- 1) -- ÖPNV:
  - a) - Art des ÖPNV-Verkehrsmittel
  - b.1) - Zu- und Abgangszeit
  - b.2) - Wartezeit
  - b.3) - Beförderungszeit
  - b.4) - Umsteigehäufigkeit

---

<sup>26</sup> Vgl. Kirchhoff/Stöveken, 1990, S.34ff.

<sup>27</sup> Kirchhoff/Stöveken, 1990, S.35

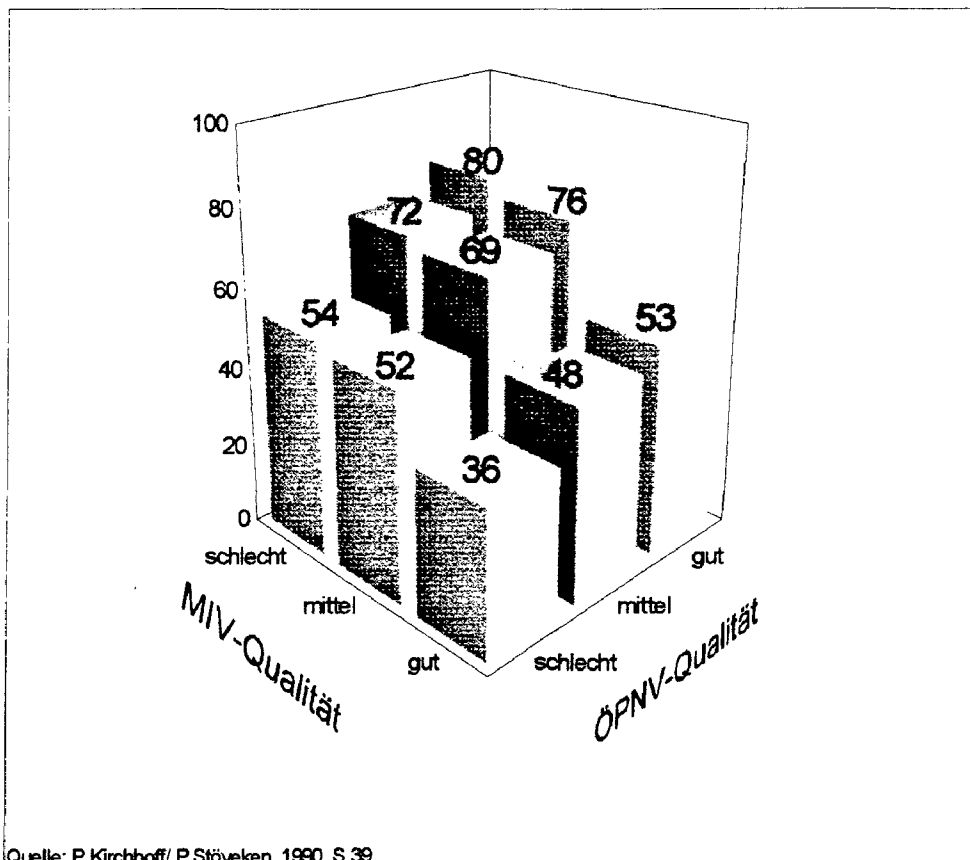
<sup>28</sup> Vgl. Kirchhoff/Stöveken, 1990, S.38

2) -- MIV

- a.1) - Zu- und Abgangszeit
- a.2) - Fahrzeit
- a.3) - Parkplatzverfügbarkeit

Die Merkmale wurden in drei Klassen eingeteilt, die mit gut, mittel und schlecht bezeichnet werden. Aus den Antworten wird deutlich, daß die Zeit der bestimmende Faktor der Angebotsqualität der beiden Verkehrsmittel ist.

Abb.3 Bimodaler ÖPNV-Anteil



Die absoluten Werte sowie die Steigerungsraten sind abhängig vom Wegezweck (Arbeit, Ausbildung, Freizeit, Einkaufen) und den soziodemographischen Gruppen (Schüler, Studenten, Arbeitnehmer, Rentner, Hausfrauen).

An Hand von Abb.3 wird deutlich, daß die ÖPNV-Anteile bei unterschiedlicher MIV-Qualität stärker differieren als bei unterschiedlicher ÖPNV-Qualität. D.h. bei guter MIV-Qualität wird sich kaum jemand für den ÖPNV gewinnen lassen. Daraus ziehen Kirchhoff/Stöveken die Schlußfolgerung, daß das "Einschränken der MIV-Qualität (z.B. durch Parkrestriktionen) .. eine z.T. erhebliche Zunahme des ÖPNV-Anteils bei nahezu allen Wegezwecken und sozio-demographischen Gruppen" bewirkt.<sup>29</sup>

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der ÖPNV-Anteil bei der Verkehrsmittelwahl mit einer Angebotsverbesserung im ÖPNV und einer Angebotsverschlechterung im MIV den größten Zuwachs erzielt. In Abb.3 ist dies der Sprung von 36 v.H. auf 69 v.H., d.h. bei koordinierten Maßnahmen werden Synergieeffekte deutlich, die bei einer reinen ÖPNV-Qualitätssteigerung bzw. bei reinen MIV-Restriktionen nicht auftreten würden.<sup>30</sup>

Im folgenden soll nun untersucht werden, ob koordinierte Maßnahmen, unter Berücksichtigung der Reisezeit, zur Veränderung des Modal-Splits mit Hilfe der individuellen Wohlfahrtsmessung erfaßt werden können.

---

<sup>29</sup> Kirchhoff/Stöveken, 1990, S.40

<sup>30</sup> Vgl. Voigt, 1992, S.109 und UBA, 1993, S.11-1ff.

## 5.2 Notwendige Modellerweiterungen

Um diese Fragen hinreichend zu beantworten, muß die Basisnutzenfunktion ( $U^0$ ) um einen wichtigen Aspekt des Reisens, die Zeit, erweitert werden.

Es ergibt sich deshalb folgende Nutzenfunktion:<sup>31</sup>

$$[27] U^1 = U(x_1, x_2, L, t_1, t_2)$$

$x_1$  = motorisierter Individualverkehr

$x_2$  = öffentlicher Verkehr

$t_1$  = Konsumzeit für Aktivität 1

$t_2$  = Konsumzeit für Aktivität 2

$L$  = Freizeit

Die erweiterten Marshallschen Nachfragefunktionen lassen sich dann unter der Berücksichtigung folgender Restriktionen bestimmen:

### 1. Einkommensrestriktion

$$[28] \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i - I = 0$$

### 2. Zeitbudgetrestriktion

$$[29] L + \sum_{i=1}^n t_i - T = 0$$

<sup>31</sup> Vgl. Bruzelius, 1978, S.51ff. und TRRL, 1980, 258ff.  
individuellen Wohlfahrtseffekte der Kompensationsmodelle zu bestimmen.

ell wurde erweitert, um die

## 3. Zeitallokationrestriktion

$$[30] \quad q_i \cdot x_i - t_i = 0 \quad i = 1, \dots, n$$

$q_i$  entspricht der Zeit, die der Haushalt für die jeweilige Aktivität  $i$  mindestens aufwenden muß.<sup>32</sup> Mit Hilfe von  $q_i$  können die von den Haushalten als wichtig erachteten zeitlichen Qualitätsmerkmalen (b1.-4) des ÖPNV und (a.1-3) des MIV auch formal in Form eines Vektors erfaßt werden.

Aus der Zeitallokationsrestriktion folgt, daß davon abgesehen wird, daß der Haushalt im Bereich des MIV mehr Zeit für eine Reise verwenden kann als notwendig.

Somit ergibt sich folgender Lagrange-Ansatz zur Bestimmung der Marshallschen Nachfragefunktionen.

[31]

$$L = U(x_1, x_2, L, t_1, t_2) - \omega (p_1 \cdot x_1 + p_2 \cdot x_2 - I) - \mu (L + t_1 + t_2 - T) - \eta (q_1 \cdot x_1 + q_2 \cdot x_2 - t_1 + t_2)$$

Daraus ergeben sich folgende Marshallschen Nachfragefunktionen:

$$[32] \quad \begin{aligned} x_1 &= x_1(p_1, p_2, q_1, q_2, I) \\ x_2 &= x_2(p_1, p_2, q_1, q_2, I) \end{aligned}$$

Die beiden Nachfragefunktionen stellen das Nachfragemodell für den Konsumenten im Verkehrsbereich dar. Dieses Modell läßt sich wie folgt interpretieren:

Die Nachfrage nach Aktivität 1 ist nicht nur abhängig von dessen Preis und Zeitbedarf sondern auch vom Preis der Konkurrenzaktivität und deren Zeitbedarf und dem verfügbaren Einkommen. Das Zeitbudget für

<sup>32</sup> Vgl. TRRL, 1980, S.259



Freizeit wird als konstant angenommen und wird deshalb im folgenden nicht weiter berücksichtigt. Durch die Erweiterung des Basis-Modells wird die tatsächliche Entscheidungssituation des Haushaltes besser berücksichtigt.

Im folgenden werden für das erweiterte Verkehrsmodell die kompensierten Hicksschen Nachfragefunktionen als Basis der Wohlfahrtsbestimmung hergeleitet.

### 5.3 Der erweiterte Pollak-Index - der Wert der Reisezeit -

Auch im erweiterten Verkehrsmodell ist die Ausgabenfunktion die Grundlage für die Bestimmung der Hicksschen Nachfragefunktionen. Die Ausgabenfunktion und die kompensierende Hickssche Nachfragefunktion lassen sich mit Hilfe des folgenden Lagrangeansatzes bestimmen.<sup>33</sup>

$$[33] \quad L = \sum_{i=1}^n p_i \cdot x_i + \alpha \left( U - U(x_1, x_2, t_1, t_2) \right) + \mu \left( T - t_1 - t_2 \right) + \sum_{i=1}^n \eta \left( t_i - q_i \cdot x_i \right)$$

Es ergeben sich folgende Hicksschen kompensierten Nachfragefunktionen:

$$[34] \quad \xi_n^*(p, q, U) = x_n^*$$

und folgende Ausgabenfunktion, die eine Funktion von  $p$ ,  $q$  und  $U$  ist.

$$[35] \quad E(p, q, U) = p \cdot x^*$$

---

<sup>33</sup> Vgl. Bruzelius, 1978, S.54ff.

Bei Differenzierung nach dem Preis erhalten wir:

$$[36] \quad \nabla_p E(p, q, U) = x_n^*$$

Nach der Zeit differenziert ergibt sich:

$$[37] \quad \nabla_q E(p, q, U) = \eta_n x_n^*$$

wobei  $\eta_n$  als einkommenskompensierter Grenzwert der Reisezeit interpretiert werden kann:

$$[38] \quad \eta_n = \frac{1}{x_n^*} \nabla_q E(p, q, U)$$

Die sich aus einer ökologischen Steuerreform ergebenden Wohlfahrtseffekte lassen dann durch den Pollak-Index bestimmen.

$$[39] \quad PO_{ok}^2 = \frac{I^k}{E(p^k, q^k, U^0)}$$

$$[40] \quad E(p^k, q^k, U^0) = I^0 + \underbrace{\sum_{n=1}^N \int_{p^0}^{p^k} x_n^*(p, q^k, U^0) dp}_A + \underbrace{\sum_{n=1}^N \int_{q^0}^{q^k} \eta_n x_n^*(p^k, q, U^0) dq}_B$$

Teil A von Gleichung [40] dokumentiert die Effekte, die sich aus den Preisveränderungen ergeben. Teil B hingegen gibt die Wohlfahrtseffekte wieder, die durch den veränderten Zeitbedarf für die jeweiligen Aktivitäten ausgelöst werden. Es stellt sich nun die Frage, ob sich mit Hilfe des erweiterten Pollak-Indizes andere Wohlfahrtsveränderungen im Rahmen einer ökologischen Steuerreform ergeben würden.

Die Wohlfahrtsverluste bei direkter monetärer Kompensation werden sich kurzfristig nicht ändern, da das Steueraufkommen ja an die Haushalte in Form des Öko-Bonus zurückgegeben wird und somit

den Zeitaufwand der jeweiligen Aktivität unberücksichtigt läßt. Langfristig kann bei stark steigenden Kraftstoffpreisen der Zeitvorteil des MIV nicht mehr ausreichen, die Wohlfahrtsverluste, die sich aus den steigenden Kraftstoffpreisen ergeben, auszugleichen und so kann der ÖV an Akzeptanz gewinnen, da seine Preise unverändert bleiben.

Die indirekte Nutzenkompensation hingegen verändert nicht nur die relativen Preise sondern auch bereits kurzfristig den Zeitaufwand des jeweiligen Verkehrsmittels, wenn das Steueraufkommen für Investitionen zur Verbesserung und Verbilligung des ÖV verwendet wird. Dies hat dann Einfluß auf die sich aus der indirekten Nutzenkompensation ergebenden Wohlfahrtseffekte.

Teil 2 von Gleichung 40 dokumentiert dies:

$$[41] \underbrace{\int_{q_1^0}^{q_1^k} \eta_1 x_1^*(p_1^k, q_1, q_2^0, U^0) dq_1}_{B1} + \underbrace{\int_{q_2^0}^{q_2^k} \eta_2 x_2^*(p_2^k, q_1^k, q_2, U^0) dq_2}_{B2}$$

B1 = Zeitkomponente des MIV

B2 = Zeitkomponente des ÖV

Dieser Teil des Pollak-Index erfaßt die Wohlfahrtseffekte, die sich aus Veränderungen des Zeitbudgets ergeben. B2 von Gleichung (41) erfaßt die Zeitersparnis, die sich durch die Erweiterungsinvestitionen im Bereich des ÖV ergeben. Teil B1 erfaßt die Wohlfahrtseffekte im Bereich des MIV. Da es dort zu keinen Veränderungen des Zeitaufwandes pro Aktivität kommt, ist dieser Ausdruck gleich Null. Dies ändert sich nur dann, wenn eine kombinierte Strategie durchgeführt wird, die einerseits eine Verbilligung und Beschleunigung des ÖV vorsieht und andererseits eine Verteuerung und Verlangsamung des MIV. Die Wohlfahrt-

seffekte eines solchen Maßnahmenpaketes lassen sich dann mit Hilfe des erweiterten Pollak-Indizes erfassen.

Der erweiterte Pollak-Index erlaubt es somit, die Präferenzen der Haushalte bei der Verkehrswahl umfassender zu erfassen. Es konnte gezeigt werden, daß die Präferenzen für ein bestimmtes Verkehrsmittel nicht nur von dessen Preis, sondern auch von der Zeit beeinflusst werden, die benötigt wird, um mit diesem Verkehrsmittel von A nach B zu fahren. Die starke Präferenz des 4-Personen-Haushaltes für den MIV die in der Ausgangsnutzenfunktion  $U^0$  zum Ausdruck kam, ist zum Teil auch vom Zeitvorteil bestimmt, den sich der Konsument von der Benutzung des MIV verspricht. Die Nutzenfunktion  $U^1$  und der daraus abgeleitete Pollak-Index  $PO^1$  tragen somit der Bedeutung des Zeitfaktors bei der Verkehrsmittelwahl Rechnung.

## 6. Ausblick

Die Partialanalyse des Verkehrsmarktes im 2-Güter-Fall eines 4-Personen-Haushaltes hat gezeigt, daß unter den Modellbedingungen, Wohlfahrtsneutralität des Haushaltes und optimale Lenkungswirksamkeit der Umweltsteuer schwer zu erreichen sind.

Es konnte gezeigt werden, daß die traditionelle Nachfragetheorie nicht hinreichend ist, die Präferenzen der Konsumenten für Verkehrsgüter zu erfassen. Durch Erweiterung konnten die nicht-monetären Aspekte der Nachfrage - die Reisezeit - erfaßt werden. Umweltpolitik die die Nachfrage nur über den Preis der Verkehrsgüter beeinflussen will und dadurch die Reisezeit als eine wichtige Eigenschaft eines Verkehrsgutes vernachlässigt, schwächt so ihr Vermeidungspotential erheblich.

Die direkten monetären Kompensationsmodelle nach Slutsky bzw. Hicks in der administrativen Ausgestaltung des Öko-Bonus zeigen eine weitere Minderung der Lenkungsfunktion der Umweltsteuer auf, da hier nur der Substitutionseffekt die Nachfrageveränderung bestimmt.

Die indirekte Nutzenkompensation wurde als alternatives Kompensationskonzept für den Verkehrssektor vorgestellt. Dieses Konzept verursacht zwar auch wie die direkten monetären Kompensationsmodelle Wohlfahrtsverluste aber die Lenkungswirkung der Steuer wird voll wirksam, da der Einkommenseffekt nicht durch Kompensationszahlungen neutralisiert wird. Bei einer Erweiterung des Nachfragemodells um die Reisezeit, ist die indirekte Nutzenkompensation den direkten Konzepten überlegen, da durch umweltfördernde Erweiterungsinvestitionen im Bereich des öffentlichen Verkehrs (ÖV) und verkehrsberuhigende Investitionen beim MIV, die zeitlichen Nachteile des ÖV vermindert werden können und so dessen Akzeptanz

erhöht. Die indirekte Nutzenkompensation verändert nicht nur die relativen Preise sondern auch die relative Reisezeit.

Der erweiterte Pollak-Index ist ein Wohlfahrtsmaß, das es erlaubt die individuellen Wohlfahrtseffekte der direkten monetären Kompensationsmodelle als auch die der steuerfinanzierten Umweltinvestitionen im Rahmen der indirekten Nutzenkompensation zu erfassen und so deren Wohlfahrtswirkung wiederzugeben.

Es treten nur dann ökologische Synergieeffekte auf, wenn die positiven externen Effekte des ÖV gefördert werden und gleichzeitig die negativen externen Effekte des motorisierten Individualverkehrs eingeschränkt werden. Die indirekte Nutzenkompensation ist auch deshalb notwendig, da, bei gegebener Mobilität, eine 10-prozentige Verlagerung des MIV-Verkehrsaufkommens auf den ÖV bedeutet, daß der ÖV seine Kapazität um 48 v.H. steigern müßte.<sup>34</sup> Die hierfür notwendigen Erweiterungsinvestitionen können nur über das Konzept der indirekten Nutzenkompensation finanziert werden.<sup>35</sup>

Für das zukünftige Projekt einer ökologischen Steuerreform bedeutet dies, daß, bevor über die Art und Höhe der Steuer und deren Verwendung entschieden wird, untersucht werden muß, welche Präferenzen die Nachfrage nach den umweltschädlichen Gütern bestimmen.

Die Verlagerung der Mobilitätsbedürfnisse der Gesellschaft auf umweltverträglichere Verkehrsträger setzt einen gesellschaftlichen Konsens darüber voraus, daß eine solche Verlagerung aus ökologischer Sicht notwendig ist. Langfristig geht es darum, die Präferenzordnung der Haushalte dahingehend zu verändern, daß sie ihre Mobilitätsbedürfnisse weitgehend auf umweltverträgliche Art befriedigen.

---

<sup>34</sup> Vgl. DJW, 1994b, S.211

<sup>35</sup> Vgl. Voigt, 1992, S.109ff. und UBA, 1993, S.11-1ff.

Es muß folglich ein gesellschaftlicher Willensbildungsprozeß stattfinden, der darüber entscheidet, wie das Ziel der Minimierung der Wohlfahrtsverluste der Haushalte und die umweltverträgliche Gestaltung der zukünftigen Verkehrspolitik verknüpft werden können. Dieser Prozeß ist notwendig, da durchgreifende Veränderungen die Unterstützung aller gesellschaftlichen Kräfte benötigen.

Appendix I: Integrationsweg<sup>36</sup>

Soll ein ermittelter Wohlfahrtswert eindeutig sein, darf er nicht vom Integrationsweg abhängen. Die Integration über vektorwertige Funktionen kann suggestive durchgeführt werden, "wobei der Wert der Variablen am Endpunkt eines Integrationsstückes ihrem Wert am Anfang des nächsten entspricht."<sup>37</sup> Notwendig und hinreichend für die Pfadunabhängigkeit eines Integrals  $\int f(z)dz$  über eine stetige differenzierbare Vektorfunktion  $f: A \rightarrow \mathbb{R}^L$  mit  $A \in \mathbb{R}^L$  ist die Symmetrie der Kreuzableitungen über die Menge  $A$ .<sup>38</sup>

$$[49] \quad \frac{\partial f_i}{\partial z_j} = \frac{\partial f_j}{\partial z_i}, \quad \forall i, j \in \{1, 2, \dots, L\}$$

Überprüfung der Symmetrie der Kreuzableitungen für die Hicksschen Nachfragefunktionen des Verkehrsmodells:

[50]

$$\xi_1(p, U) = U \left( \frac{5}{4} p_1 \right)^{-\frac{1}{5}} \cdot (5p_2)^{\frac{1}{5}}$$

$$\xi_2(p, U) = U \left( \frac{5}{4} p_1 \right)^{\frac{4}{5}} \cdot (5p_2)^{-\frac{4}{5}}$$

a)

$$\frac{\partial \xi_1}{\partial p_2} = U \left( \frac{5}{4} p_1 \right)^{-\frac{1}{5}} \cdot (5p_2)^{-\frac{4}{5}}$$

b)

$$\frac{\partial \xi_2}{\partial p_1} = U \left( \frac{5}{4} p_1 \right)^{\frac{1}{5}} \cdot (5p_2)^{-\frac{4}{5}}$$

Die Kreuzableitungen sind identisch, d.h. das Integral ist pfadunabhängig.

<sup>36</sup> Vgl. Ahlheim/Rose, 1989, S.47ff.

<sup>37</sup> Ahlheim/Rose, 1989, S.47.

<sup>38</sup> Vgl. Ahlheim/Rose, 1989, S.51



## Appendix II: Allgemeine Kennzeichen der Mengenindizes

Das Monotonie- und das Identitäts-Axiom können als allgemeine Kennzeichen aller Mengenindizes aufgeführt werden: <sup>39</sup>

Monotonie-Axiom:

$$[15] \quad x_j > x_k \Rightarrow Q(x_0, x_j) > Q(x_0, x_k)$$

$$x_0 > x_j \Rightarrow Q(x_0, x_k) > Q(x_j, x_k)$$

Identitäts-Axiom:

$$[16] \quad Q(x_0, x_0) = 1$$

Diese beiden Axiome betreffen ausschließlich die Darstellung von Mengenänderung mit Hilfe von Indizes und sind daher unabhängig von der Eignung der einzelnen Indizes zur Wohlfahrtsmessung. Sie dienen vielmehr als Konvention zur Normierung der formalen Maßeigenschaften eines Mengenindizes. Das Identitätsaxiom legt den Wert fest, den ein Mengenindex anzeigen muß, wenn keine Veränderung des Konsumgüterbündels stattgefunden hat. Das Monotonie-Axiom gibt an, wie der Wert eines Mengenindizes auf Änderungen seiner Argumente zu reagieren hat.

---

<sup>39</sup> Vgl. Ahlheim/Rose, 1989, S.140/141

## Literaturverzeichnis

- Ahlheim, Michael:** On the measurement of Economic welfare, In: Aktuelle Reihe 4/94 Technische Universität Cottbus, Cottbus 1994.
- Ahlheim, Michael/ Rose, Manfred:** Messung individueller Wohlfahrt, Berlin, Heidelberg, New York u.a. 1989.
- Allen, Roy G.D.:** Eine mathematische Theorie der individuellen Nachfragefunktionen, London 1934, In: **Ott, Alfred Eugen:** Preistheorie, Köln, Berlin 1968, S. 87 ff.
- Bruzelius, Nils:** The value of travel time - theory and measurement, Stockholm 1978.
- Diamond, P./ McFadden, D.:** Some uses of the expenditure function in public finance, in: Journal of Public Economics, 1974, S.3-21.
- DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung):** Wirtschaftliche Auswirkungen einer ökologischen Steuerreform, Berlin 1994a.
- DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung):** Verkehr in Zahlen 1994. Hrsg. Bundesminister für Verkehr, Bonn. Verantwortlich für den Inhalt: DIW , Berlin 1994b.
- Henderson J.M./ Quandt R.E.:** Mikroökonomische Theorie, München 1983.
- Kirchhoff, P./ Stöveken, P.:** Besseres Verkehrsangebot im ÖPNV oder/und Restriktionen für den PKW, in: Der Nahverkehr, 7. Jhrg., Heft 3/1990, S.34-40.
- Krelle, Wilhelm,** Preistheorie, Tübingen 1961.
- Lancaster, Kelvin:** Consumer Demand - A new approach, New York, London 1971.
- Lancaster, Kelvin:** Moderne Mikroökonomie, Frankfurt/M New York 1987.
- Ott, Alfred Eugen:** Preistheorie, Köln, Berlin 1968.
- Pollak, Robert A.:** The Theory of the Cost-of-Living-Index, Research Discussion Paper #11, US-Bureau of Labor Statistics. In: The Theory of the cost-of-living Index, New York 1989.
- Pollak, Robert A.:**The Theory of the Cost-of-Living-Index, New York 1989.
- Schumann, Jochen:** Grundzüge der mikroökonomischen Theorie, Berlin, Heidelberg, New York u.a. 1988.
- Slutsky, Eugen E.:** Theorie des Ver 1915, in: **Ott, Alfred Eugen:** Preistheorie, Köln, Berlin 1968, S. 87 ff.
- Statistisches Bundesamt:** Einkommens- und Verbrauchsstichproben (EVS) 1988, Wiesbaden 1990.
- Stobbe, Alfred:** Mikroökonomik, Berlin, Heidelberg, New York u.a. 1991.

**Transport and Road Research Laboratory (TRRL):** The demand for public transport, report of the international collaborative study of the factors affecting public transport patronage, Crowthorne, U.K. 1980.

**Umweltbundesamt (UBA):** Beschäftigungswirkungen des Umweltschutzes, Berlin 1993.

**Varian, Hal R.:** Mikroökonomie, München, Wien 1985.

**Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV):** Das Fachwort im Verkehr, Düsseldorf 1992.

**Voigt, Ulrich:** Investitionen und Steuern als Instrumente ökologischer Verkehrspolitik. In: Wochenbericht des DIW, Nr. 10, Berlin 1992.

**Wenke, Martin:** Konsumstruktur, Umweltbewußtsein und Umweltpolitik, Berlin 1992.