

Die Nachfrageelastizität im innerstädtischen Individualverkehr – dargestellt am Beispiel ausgewählter Städte Nordrhein-Westfalens – *)

VON ULRICH TEICHMANN, KÖLN

1. Ausgangslage und Problemstellung

Seit der Gründung der Bundesrepublik Deutschland hat der Individualverkehr mit privaten Kraftfahrzeugen einen enormen Aufschwung erfahren. Die Entwicklung des individuellen Personenverkehrs wurde durch eine sichere und preiswerte Versorgung mit Mineralöl gefördert. Eine Folge dieser Entwicklung war die Auflockerung und Veränderung der Siedlungsstrukturen durch die zunehmende räumliche Trennung von Wohnort und Arbeitsplatz. Die Motorisierung erleichterte die Arbeitsplatzwahl und veränderte die Einkaufsgewohnheiten der Bevölkerung. Der Freizeitverkehr nahm durch die Erschließung von Naherholungsgebieten einen deutlichen Aufschwung; ebenso der Geschäfts- und Dienstreiseverkehr. Der Personen- und Kombinationskraftwagen wurde zum dominierenden Verkehrsmittel; mehr als 75 % des gesamten Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung werden mit Kraftwagen erbracht.

Empirische Untersuchungen zeigen, daß in der Vergangenheit der Preiskomponente bei der Nachfrage nach Personenverkehrsleistungen und bei der Wahl des Verkehrsmittels eine eher untergeordnete Bedeutung zukam, während qualitativen Aspekten, wie Bequemlichkeit und Zeitgewinn, größere Beachtung geschenkt wurde. Diese Auffassung fand jedoch durch die „Ölkrise“ als Folge des Nahostkrieges im Jahre 1973 ein jähes Ende. Die Öffentlichkeit entwickelte gegenüber dem Kraftwagen eine stärker als in der Vergangenheit ausgeprägte Sensibilität hinsichtlich der Kosten der Pkw-Nutzung, aber auch in bezug auf die mit Kraftwagen verbundenen Unfallrisiken, die Umweltbelastungen durch Lärm und Abgase sowie die durch die Rohölimporte ausgelösten Zahlungsbilanzprobleme.

Im Verlauf der sechziger Jahre war der Preis für Vergaserkraftstoff nominal wie real kontinuierlich gesunken (1960: 60,0 Pfg./Liter; 1966: 48,5 Pfg./Liter). Erst 1972 erreichte der Benzinpreis mit 60,4 Pfg./Liter wieder das Niveau von 1960. Als unmittelbare Folge des Nahostkrieges setzte dann im Jahre 1973 ein überdurchschnittlicher

Anschrift des Verfassers:

Dr. Ulrich Teichmann
Institut für Verkehrswissenschaft
an der Universität zu Köln
Universitätsstraße 22
5000 Köln 41

*) Dieser Beitrag gibt die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens „Messung der Beeinflußbarkeit des Individualverkehrs in Städten mit Hilfe von Preis- und Einkommenselastizitäten“ wieder, das mit finanzieller Unterstützung des Ministers für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurde.

Anstieg der Treibstoffpreise ein. Dieser Vorgang setzte sich, von kurzen temporären Ausnahmen abgesehen, bis zum August 1981 (151,9 Pfg./Liter) fort¹⁾.

Die Tatsache steigender Benzinpreise nahmen Demoskopien zum Anlaß, die potentiellen Reaktionen der Nachfrager auf Verteuerungen von Treibstoff zu erkunden. Zwar deuten alle Befragungen darauf hin, daß durch die in den letzten Jahren eingetretene Verteuerung des Individualverkehrs, insbesondere durch die gestiegenen Preise für Mineralölprodukte, ein erhöhtes Problembewußtsein bei den Verkehrsteilnehmern festzustellen ist. Der Erklärungs- und Prognosewert solcher demoskopischer Untersuchungen ist jedoch vergleichsweise gering, da sie meist unter Verwendung der *ceteris-paribus*-Klausel arbeiten. Sie lassen einen begrenzten Einblick über bestimmte, in der Zukunft zu erwartende Verhaltensänderungen zu, geben aber keine Auskunft über das quantitative Ausmaß dieser Veränderungen. Zudem fließen in die Aussagen über das zukünftig beabsichtigte Verhalten häufig auch die Wunschvorstellungen der Interviewten ein.

Der Anstieg der Benzinpreise führte 1974 zum ersten Mal zu einem Rückgang des Treibstoffverbrauchs, der bis dahin, von saisonalen Schwankungen abgesehen, ständig gestiegen war. Dieser Vorgang wiederholte sich sieben Jahre später noch einmal. Trotz weiter zunehmender Motorisierung sank der Benzinverbrauch 1974 gegenüber dem Vorjahr um 2,5 % und 1981 gegenüber 1980 um 6,1 %. Jedenfalls kann die These, „daß der Energieverbrauch eine enge Komplementarität oder gar Limitationalität zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (Bruttosozialprodukt oder Industrieproduktion) aufweist und praktisch preisunabhängig ist, seit der Ölkrise in ihrer bisherigen Strenge und Absolutheit nicht mehr aufrechterhalten werden“²⁾. Reagiert aber der Benzinverbrauch auf Preiserhöhungen, so kann über den Preis als Steuerungsparameter versucht werden, eine gesamtwirtschaftlich sinnvolle Drosselung des Benzinverbrauches zu erreichen. Preiselastizitäten deutlich über Null können energiepolitisch bedeutsam sein, da sie Einsparungen von Energie auf Seiten der Verbraucher signalisieren.

2. Aussagegehalt empirisch gewonnener Elastizitätskoeffizienten

Preis- und Einkommenselastizitäten der Nachfrage sind dimensionslose Größen. Erfolgt ihre Bestimmung auf der Basis einer Zeitreihenanalyse, so beschreibt der ökonometrische Ansatz die Reaktion der Nachfrage bei Veränderungen ihrer Bestimmungsfaktoren während der zugrundegelegten Referenzperiode.

Der Aussagewert empirisch ermittelter Elastizitätswerte muß folglich vor dem Hintergrund des wirtschaftlichen Ordnungsrahmens und der ökonometrischen Struktur des zugrundeliegenden Modellansatzes gesehen werden. Daher können die retrospektiven Ergebnisse nur unter Einschränkung als Prognosebasis des zukünftigen Verhaltens angesehen werden. Die Fortschreibung geschätzter Regressionsgleichungen setzt voraus, daß die am Wirtschaftsprozess beteiligten Subjekte ihre in der Vergangenheit gezeigten Verhaltensweisen auch in der Zukunft nicht verändern oder diese Verhaltensweisen im

1) Vgl. ARAL-AG, Verkehrstaschenbuch 1982/83, Bochum 1982, S. 222 f.

2) Suding, P., Wohlgemut, R., Möglichkeiten und Grenzen der Elastizitätsberechnung in der Elektrizitätswirtschaft, in: Elektrizitätsverwertung, 50. Jg. (1975), Nr. 2, S. 33.

Durchschnitt den Verhältnissen des Analysezeitraumes entsprechen. Diese Annahme wird jedoch mit zunehmender Entfernung vom Analysezeitraum problematischer. Eine Einschränkung erhält die Aussagekraft eines Elastizitätskoeffizienten auch deshalb, weil er sich als Durchschnittswert über eine längere Zeitreihe ergibt. Der Elastizitätskoeffizient simuliert eine gleichmäßige Intensität des Zu- und Abflusses bei Preisänderungen. Eine Unterscheidung nach positiven oder negativen Variationen wird nicht vorgenommen. Tatsächlich verändert sich das Ausmaß der Nachfrage, je nachdem, ob eine Preissenkung oder Preiserhöhung stattgefunden hat. Diese „Asymmetrie“ findet im Elastizitätskoeffizienten keine Berücksichtigung³⁾.

Ein weiterer Kritikpunkt an der Elastizitätsmessung betrifft die Vergleichbarkeit alternativer Elastizitätsschätzungen. Sie wird durch die Wahl unterschiedlicher Beobachtungszeiträume zumindest eingeschränkt. Wesentlich ist auch die Tatsache, daß gleiche relative Veränderungen der unabhängigen Variablen unterschiedliche Elastizitätskoeffizienten ergeben können, da das absolute Preisniveau im Elastizitätskoeffizienten nicht berücksichtigt wird.

Die aufgezeigten Einschränkungen verdeutlichen, daß die Preis- und Einkommenselastizitäten lediglich globale Kenngrößen darstellen, deren Aussagegehalt stets unter den genannten Restriktionen zu beurteilen sind.

3. Der Beobachtungszeitraum

Eine zentrale Problematik bei Zeitreihenanalysen stellt die Wahl eines geeigneten Beobachtungszeitraumes dar. Zunächst setzt die Berechnung aussagekräftiger und durch statistische Prüfmaße gesicherter Elastizitätswerte und Regressionskoeffizienten voraus, daß während der Referenzperiode ausreichend viele Änderungen der unabhängigen Variablen – etwa des Benzinpreises oder des Einkommens der privaten Haushalte – beobachtet werden konnten. Dies verlangt tendenziell die Zugrundelegung längerfristiger Zeitreihen.

Die Notwendigkeit einer breiten statistischen Datenbasis wird auch durch die Gefahr deutlich, die in der Wahl eines zu kurzen Berichtszeitraumes liegt. Für diesen Fall kann nicht ausgeschlossen werden, daß die Wahl auf eine durch Zufälligkeiten geprägte, nicht repräsentative Periode fällt.

Demgegenüber besteht bei Zeitreihenanalysen, die einen zu großen Zeitraum umfassen, das Problem, von Veränderungen des gesamtwirtschaftlichen Ordnungsrahmens nachhaltig beeinflusst zu werden. Beispielhaft seien Konjunkturschwankungen, Wandlungen der Wirtschaftsstruktur oder Veränderungen exogener Komponenten genannt, die die Preis-, Kreuzpreis- oder Einkommenseffekte überlagern. Bei der Auswahl und Festlegung der geeigneten Beobachtungsperiode sind daher diese sich gegenseitig beeinträchtigenden Faktoren zu berücksichtigen und gegeneinander abzuwägen. Im Rahmen dieser Untersuchung werden Elastizitätsberechnungen für den Zeitraum von 1973 bis 1981 durchgeführt. Diese an sich relativ kurze Zeitreihe hätte unter Zugrundelegung nur der jeweiligen

3) Vgl. Baum, H., Das Problem der Nachfrageelastizität auf Güterverkehrsmärkten, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 40. Jg. (1969), S. 131.

Jahreswerte lediglich neun Beobachtungen umfaßt. Zur Erweiterung der Datenbasis und zur Stabilisierung der Aussagekraft möglicher Ergebnisse wurden jedoch die Veränderungen der Variablen im monatlichen Abstand erfaßt, und zwar vom Februar 1973 bis zum Mai 1981.

4. Die Schätzgleichung

Die Messung der Preis- und Einkommenselastizitäten der Nachfrage nach Treibstoffen wird im folgenden mit Hilfe der Regressionsanalyse durchgeführt. Ausgangspunkt der Untersuchung ist die Annahme einer funktionalen Beziehung zwischen dem Benzinverbrauch BV_i , dem nominalen Benzinpreis P_N sowie dem nominalen Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner BIP in der Stadt i .

$$BV_i = f(P_N, BIP_{i,N})$$

Zur Spezifikation und Ermittlung der Elastizitäten wurde eine Funktion des nachfolgenden Typs unterstellt:

$$BV_i = a_0 \cdot P_N^{a_1} \cdot BIP_{i,N}^{a_2}$$

Die Zugrundelegung dieser Potenzfunktion bietet zwei wesentliche Vorzüge:

1. Die Exponenten a_1 , a_2 geben unmittelbar die Elastizitäten der Funktion an.
2. Durch einfache rechnerische Logarithmierung entsteht die lineare Gleichung:

$$\ln BV_i = \ln a_0 + a_1 \ln P_N + a_2 \ln BIP_{i,N}$$

Um den Einfluß der Geldillusion beim Verbraucher auszuschalten, besteht bei Zeitreihenanalysen die Notwendigkeit einer Deflationierung monetärer Größen. Damit werden die Veränderungen des Treibstoffpreises und des verfügbaren Einkommens im Zusammenhang mit dem Anstieg des allgemeinen Preisniveaus betrachtet.

Auf die in Zeitreihenuntersuchungen häufig zu findende Einbeziehung von Einflußgrößen der Vorperioden wurde weitgehend verzichtet. Proberechnungen, in denen der Benzinverbrauch der Periode t mit dem Verbrauch der Vorperiode $t-1$ oder dem Preisniveau in $t-1$ verbunden wurde, brachten keine Stabilisierung der Schätzwerte und der statistischen Prüfmaße.

5. Das statistische Datenmaterial

5.1. Treibstoffnachfrage

Für die Bestimmung von Preis- und Einkommenselastizitäten im Individualverkehr ist die Kenntnis der Treibstoffnachfrage notwendige Voraussetzung⁴⁾.

Durch die zunehmende Motorisierung in der Bundesrepublik Deutschland stieg der Treibstoffverbrauch in der Vergangenheit bis auf die Jahre 1974 und 1981 kontinuierlich an. Die Tendenz zu steigenden Verbräuchen wird sich aufgrund der weiter zunehmenden Motorisierung in der Zukunft fortsetzen, allerdings auch die etwa seit 1979 spürbare Ent-

4) Da aussagekräftiges statistisches Datenmaterial über den Verbrauch von Dieselmotorenkraftstoff bei Personen- und Kombinationskraftwagen nicht verfügbar ist, beschränkt sich die Untersuchung auf die Ermittlung von Nachfrageelastizitäten bei Vergaserkraftstoff. Vgl. Tab. 1: Monatlicher Inlandsabsatz von Motorenbenzin 1973 - 1981.

koppelung von Pkw-Bestands- und Benzinverbrauchsentwicklung. So lagen die Zuwachsraten im Treibstoffverbrauch von 1978 auf 1979 bei 1,3 % und im folgenden Jahr bei 1,7 %⁵⁾, gleichzeitig stieg aber der Bestand an zugelassenen Personen- und Kombinationskraftwagen im gleichen Zeitraum um 6,2 % bzw. 2,9 %⁶⁾.

Bezogen auf den Primärenergieverbrauch an Mineralöl hat der Straßenverkehr im Jahre 1977 einen Anteil von 22,8 %⁷⁾. Davon entfielen genau 75 % auf Personen- und Kombinationskraftwagen, 23 % auf Lastkraftwagen und 2 % auf Busse und Krafträder. Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt die monatlichen Absatzmengen von Vergaserkraftstoff seit 1973.

Da im Rahmen dieser Untersuchung die Nachfrageelastizitäten am Beispiel ausgewählter Städte bestimmt wurden, war eine regionale Disaggregation des gesamten inländischen Absatzes von Vergaserkraftstoff erforderlich. Die regionalen Verkaufsanteile am gesamten Inlandsabsatz wurden dankenswerterweise vom Mineralölwirtschaftsverband Hamburg zur Verfügung gestellt. Die durch Multiplikation der Gesamtmenge mit den jeweiligen Anteilswerten gewonnenen regionalen Verkaufsmengen dienten jedoch nur als Rohdaten. Sie mußten, da sie starken saisonalen Schwankungen unterworfen waren und aufgrund ihres Zyklus zu unbefriedigenden statistischen Prüfmaßen (Durbin-Watson) führten, saisonbereinigt werden.

5.2. Treibstoffpreise

Neben der Problematik einer ausreichenden quantitativen Versorgung des Verkehrssektors mit Mineralöl stellt sich die Frage, zu welchem Preis diese Sicherstellung gewährleistet werden kann.

Seit 1973 weist der Preis für Motorenbenzin überdurchschnittlich hohe Steigerungsraten auf. Für die vorliegende Untersuchung wurde die Preisentwicklung bei einem deutschen Mineralölkonzern als repräsentativ zugrundegelegt⁸⁾, und zwar der jeweils niedrigste Abgabepreis an Selbstbedienungstankstellen im Beobachtungszeitraum. Regionale Preisunterschiede konnten dem vorliegenden statistischen Material nicht entnommen werden. Zu Beginn der Untersuchungsperiode im Januar 1973 betrug der Abgabepreis 61,9 Pfg./Liter Normalkraftstoff (Index 100). Bis zum Ende der Untersuchungsperiode stieg der Index auf 226,0. Der Mittelwert betrug 145,4, die Standardabweichung 25,2.

Betrachtet man die Entwicklung des realen Benzinpreises, d.h. deflationiert man den Nominalpreis mit dem Anstieg der allgemeinen Lebenshaltungskosten⁹⁾, so ergibt sich für Mai 1981 ein Preisindex von 158,8 (Mittelwert 119,0; Standardabweichung 11,8).

5) Vgl. Tabelle 1.

6) Vgl. Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 1981, Bonn 1981, S. 127.

7) Vgl. Verband der Automobilindustrie e.V., Wenn es um Energiesparen im Straßenverkehr geht . . . , Frankfurt 1979, S. 6.

8) Vgl. Tabellen 2 und 3.

9) Da sich die Untersuchung auf ausgewählte Städte Nordrhein-Westfalens beschränkt, wurde der Anstieg des allgemeinen Preisniveaus in diesem Bundesland als Deflationierungsgröße herangezogen. Vgl. Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen, Statistisches Jahrbuch, Düsseldorf, verschiedene Jahrgänge.

Tab. 1: *Monatlicher Inlandsabsatz von Motorenbenzin 1973 – 1981*

Monat	1973 in 1000 t	1974 in 1000 t	1975 in 1000 t	1976 in 1000 t	1977 in 1000 t	1978 in 1000 t	1979 in 1000 t	1980 in 1000 t	1981 in 1000 t
Januar	1.393,9	1.331,2	1.474,0	1.391,9	1.520,6	1.697,2	1.613,2	1.843,1	1.674,4
Februar	1.363,6	1.178,3	1.452,8	1.478,7	1.551,3	1.604,7	1.569,4	1.759,6	1.719,1
März	1.561,7	1.408,5	1.494,4	1.762,1	1.894,9	1.964,3	2.009,9	2.008,0	1.976,8
April	1.617,1	1.567,6	1.765,6	1.810,8	1.779,2	1.905,3	2.012,9	2.022,5	1.849,2
Mai	1.661,0	1.645,2	1.721,4	1.720,9	1.870,8	2.020,7	2.149,6	2.108,1	1.836,7
Juni	1.625,9	1.499,6	1.658,1	1.793,3	1.836,8	1.950,1	1.977,9	1.950,6	1.948,1
Juli	1.630,4	1.610,9	1.739,5	1.821,0	1.935,4	1.952,8	2.040,8	2.079,3	2.019,0
August	1.637,5	1.624,6	1.673,9	1.760,2	1.971,9	2.070,0	2.055,2	1.984,5	1.809,4
September	1.450,4	1.547,1	1.647,5	1.807,7	1.866,7	1.941,6	1.884,2	2.064,1	1.886,3
Oktober	1.720,8	1.654,6	1.823,9	1.738,8	1.880,1	2.064,1	2.132,7	2.156,6	1.957,7
November	1.513,5	1.454,8	1.550,7	1.758,0	1.814,6	1.954,4	1.975,6	1.816,7	1.819,2
Dezember	1.332,4	1.525,7	1.784,7	1.739,6	1.887,0	1.889,3	1.885,9	1.927,8	1.772,2
Jahres- absatz	18.508,2	18.048,1	19.746,5	20.583,0	21.809,3	23.014,5	23.307,3	23.720,9	22.268,7

Quelle: Mineralölwirtschaftsverband e.V.; Arbeitsgemeinschaft Erdölgewinnung und -verarbeitung, Jahresbericht, Hamburg, verschiedene Jahrgänge.

Tab. 2: *Entwicklung des nominalen Abgabepreises für Vergaserkraftstoff (Normalbenzin) an Selbstbedienungstankstellen im Beobachtungszeitraum (Februar 1973 = 100)*

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Januar	100,0	142,0	129,1	137,2	137,2	140,4	145,2	182,6	203,4
Februar	100,0	138,8	127,5	140,4	138,8	143,6	145,2	182,6	209,9
März	100,0	138,8	127,4	142,0	138,8	143,6	148,5	182,6	209,9
April	100,0	138,8	129,8	142,0	135,5	143,6	150,1	182,6	222,8
Mai	100,0	138,8	130,7	143,6	140,4	143,6	150,1	189,0	226,0
Juni	101,6	135,5	129,8	146,8	138,8	143,6	156,5	189,0	
Juli	111,4	135,5	129,8	146,8	137,1	143,6	168,0	189,0	
August	112,9	132,3	132,3	143,6	138,8	142,0	168,0	189,0	
September	112,9	130,6	132,3	143,6	137,2	142,0	168,0	189,0	
Oktober	112,9	129,1	135,5	148,6	138,8	142,0	168,0	187,2	
November	122,6	129,1	135,6	138,8	138,8	143,6	169,9	196,6	
Dezember	122,6	129,1	133,9	138,8	138,8	145,2	169,0	196,9	

Quelle: Eigene Berechnungen in Anlehnung an ARAL-AG, Verkehrstaschenbuch, a.a.O., S. E 214 ff.

Tab. 3: Entwicklung des realen Abgabepreises für Vergaserkraftstoff (Normalbenzin) an Selbstbedienungstankstellen im Beobachtungszeitraum (Februar 1973 = 100)

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Januar	100,0	133,8	114,4	115,7	111,4	110,9	112,1	137,1	145,9
Februar	100,0	130,2	112,7	117,9	112,5	113,2	111,9	136,4	148,7
März	99,4	129,7	112,1	118,9	112,3	112,9	114,1	136,0	148,6
April	98,8	129,0	113,7	118,6	109,4	112,8	115,1	135,6	157,3
Mai	98,4	128,2	113,9	119,4	112,9	112,6	114,8	139,7	158,8
Juni	99,3	124,5	112,8	121,7	111,4	112,5	119,4	139,2	
Juli	108,4	123,9	111,9	121,1	109,8	112,3	127,9	138,9	
August	109,3	120,4	113,8	118,4	110,9	110,8	127,5	138,3	
September	108,9	118,4	113,2	118,2	109,3	110,6	127,3	137,9	
Oktober	108,0	116,3	115,5	122,0	110,4	110,5	126,9	136,0	
November	116,9	115,8	115,0	113,4	110,1	111,4	127,7	142,6	
Dezember	116,1	115,2	113,3	113,0	109,8	112,0	127,1	141,9	

Quelle: Eigene Berechnungen in Anlehnung an ARAL-AG, Verkehrstaschenbuch, a.a.O., S. E 214 ff.

5.3. Bruttoinlandsprodukt zu Marktpreisen

Die Bestimmung der Einkommenselastizität der Nachfrage nach einem Gut setzt die Kenntnis des verfügbaren Haushaltseinkommens voraus. Da eine primäre Datenerhebung mittels Haushaltsbefragungen in den Referenzgemeinden nicht möglich war, wurde als Substitut das Bruttoinlandsprodukt zu Marktpreisen je Einwohner gewählt. Dieses wird vom Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik regelmäßig regional disaggregiert für die nordrhein-westfälischen Verwaltungsbezirke erhoben. Innerhalb des Bundeslandes differieren die Wachstumsraten regional zum Teil ganz erheblich. Zur Bestimmung des realen Wachstums des Bruttoinlandsproduktes wurden die nominalen Werte ebenfalls mit dem Anstieg der allgemeinen Lebenshaltungskosten in Nordrhein-Westfalen deflationiert. Die ermittelten jährlichen nominalen und realen Wachstumsraten, denen als Berechnungstichtag jeweils der 31. Dezember zugrundelag, mußten zur regressionsanalytischen Berechnung der Preis- und Einkommenselastizitäten in monatliche Steigerungsraten umgerechnet werden. Dabei wurde eine gleichmäßige Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes über das Jahr unterstellt.

6. Die Auswahl der untersuchten Städte

Die exemplarische Bestimmung der Nachfrageelastizitäten im Individualverkehr soll am konkreten Beispiel mehrerer Städte Nordrhein-Westfalens durchgeführt werden. Dabei stellt sich das Problem der Auswahl der in die Betrachtung einzubeziehenden Kommunen. Die Auswahl erfolgte nach der Cluster-Analyse, einem Verfahren der multivariaten Statistik, das dazu dient, eine Vielzahl unterschiedlicher Tatbestände zu strukturieren und zu verarbeiten. Die in der Cluster-Analyse erfaßten Objekte, die durch eine Reihe von Merkmalsausprägungen charakterisiert sind, werden dabei in homogene Gruppen, sog. Cluster, aufgeteilt.

Die gesuchten Cluster sollen jeweils ähnliche Elemente enthalten, während die Elemente verschiedener Gruppen möglichst unähnlich sein sollen. Bei dieser Aufteilung wird davon ausgegangen, daß die Ähnlichkeit der Elemente untereinander quantifizierbar ist und sich durch (reelle) Zahlenwerte ausdrücken läßt¹⁰⁾. Die Bestimmung der Nachfrageelastizitäten wird anschließend an solchen Gemeinden durchgeführt, die sich nach der Klassifikation in unterschiedlichen Clustern befinden, d. h. die sich in ihrer Struktur möglichst weitgehend unterscheiden. Daraus kann abgeleitet werden, ob die Nachfrageelastizität im Individualverkehr eine „globale Größe“ darstellt oder ob die unterschiedliche Struktur der untersuchten Städte eine Erklärung für mögliche Differenzen zwischen den Elastizitätswerten geben kann.

Den Ausgangspunkt für die Partitionierung bildeten die VÖV-Städte Nordrhein-Westfalens¹¹⁾ als Grundgesamtheit. Aufgrund von Unzulänglichkeiten im verfügbaren statistischen Datenmaterial fielen jedoch die Städte Ennepetal, Königswinter und Monheim schon früh aus der weiteren Betrachtung aus. Für die verbleibenden 32 Gemeinden wurden jeweils 21 Strukturmerkmale gewählt, die einen Einblick in die Nahverkehrsbereiche

10) Vgl. Steinhausen, D., Langer, K., Clusteranalyse, Einführung in die Methoden und Verfahren der automatischen Klassifikation, Berlin, New York 1977, S. 14.

11) Verband öffentlicher Verkehrsbetriebe (Hrsg.), Statistik '80, Köln 1981, S. 61.

der untersuchten Städte geben. Eine Übersicht über die in die Klassifikation einbezogenen Städte und die sie beschreibenden Variablen geben die Tabellen 4 und 5.

Tab. 4: Verzeichnis der in die Klassifikation einbezogenen Städte Nordrhein-Westfalens

Kurzbezeichnung	Name der Stadt
AACH	Aachen
BIEL	Bielefeld
BOCH	Bochum
BONN	Bonn
DORT	Dortmund
DUER	Düren
DUIS	Duisburg
ESSE	Essen
GUET	Gütersloh
HAGE	Hagen
HAMM	Hamm
HERF	Herford
HERN	Herne
KREF	Krefeld
LUED	Lüdenscheid
MGLA	Mönchengladbach
MOER	Moers
MUEH	Mülheim
MUEN	Münster
NEUS	Neuss
OBER	Oberhausen
PADE	Paderborn
REMS	Remscheid
SIEG	Siegen
SOLI	Solingen
UNNA	Unna
VIER	Viersen
WIPP	Wipperfürth
WUPP	Wuppertal

Tab. 5: Verzeichnis der in die Cluster-Analyse einbezogenen Variablen

<p><i>I. Individualverkehr</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pkw und Kombinationskraftwagen pro 1000 Einwohner 2. Anteil privater Pkw und Kombinationskraftwagen 3. Anteil der Pkw und Kombinationskraftwagen von Beamten 4. Anteil der Pkw und Kombinationskraftwagen von Angestellten 5. Anteil der Pkw und Kombinationskraftwagen von Arbeitern 6. Anteil der Pkw und Kombinationskraftwagen von sonstigen Haltergruppen 7. Anteil der gewerblich genutzten Pkw und Kombinationskraftwagen 8. Markierte Stellplätze je 1000 Pkw und Kombinationskraftwagen 9. Markierte Parkfläche in m² je ha der bebauten Stadtfläche 10. Anteil der Stellplätze auf ausschließlich zum Parken verwendeten Flächen an der gesamten zur Verfügung stehenden Parkfläche 11. Anteil der Stellplätze auf Gehwegen an der gesamten zur Verfügung stehenden Parkfläche 12. Anteil der Stellplätze in öffentlichen Parkbauten an der gesamten zur Verfügung stehenden Parkfläche
<p><i>II. Öffentlicher Personennahverkehr</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anteil der Fahrplätze in Stadtschnellbahnen und U-Bahnen am gesamten Fahrplatzangebot im ÖPNV 2. Anteil der Fahrplätze in Straßenbahnen am gesamten Fahrplatzangebot im ÖPNV 3. Anteil der Fahrplätze in Bussen am gesamten Fahrplatzangebot im ÖPNV 4. Mittlere Reiselänge im Linienverkehr in km 5. Platzausnutzungsgrad 6. Beförderungsfälle im ÖPNV je 1000 Einwohner des VÖV-Einflußgebietes 7. Linienlänge des ÖPNV in km je km² der Stadtfläche 8. Anteil der schienengebundenen Linien an der gesamten Linienlänge im ÖPNV
<p><i>III. Bruttoinlandsprodukt pro Kopf der Bevölkerung in DM</i></p>

Nach der Datenaufbereitung erfolgte die sog. Identifizierung und Eliminierung von „multivariaten Ausreißer-Objekten“¹²⁾, nach dem „Single-Linkage“- und dem „Group-

12) Vgl. hierzu die Darstellungen zur Cluster-Analyse-Technik bei *Rommerskirchen, St.*, Die Cluster-Analyse als Instrument der Verkehrswissenschaft, in: *Neumann, R., Zachcial, M.* (Hrsg.), Verkehrssysteme im Wandel, Berlin 1980, S. 27–48; *ders.*, Clusteranalysen bei Verkehrsuntersuchungen. Zum Beispiel bei der Ermittlung von Raumtypen städtischen Unfallgeschehens, in: *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 52. Jg. (1981), S. 22–34.

Average-Verfahren¹³⁾. Ausreißer sind Elemente, die aufgrund ihrer atypischen Struktur eine Vergleichbarkeit mit anderen Elementen der Grundgesamtheit nicht zulassen und somit den Gruppierungsprozeß destabilisieren würden. Es handelt sich um von der Norm abweichende, isolierte Einzeltypen, deren künstliche Zuordnung zu einzelnen Klassen meist sinnlos ist¹⁴⁾. Im vorliegenden Fall konnten Düsseldorf, Geilenkirchen und Köln als Ausreißerelemente identifiziert werden.

Somit blieben schließlich 29 Städte mit jeweils 21 Strukturmerkmalen übrig. An ihnen wurde die endgültige Clusterbildung vollzogen, und zwar nach dem Algorithmus von WARD, dem leistungsfähigsten hierarchischen Klassifikationsverfahren.

Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Gemeindetypisierung. Das Problem der optimalen Clusterzahl wird mit Hilfe des Heterogenitätskriteriums gelöst. Dort, wo hohe Zuwachsraten der Abstandsquadratsummen das Ergebnis eines Fusionsprozesses sind, entscheidet sich die Gruppenanzahl. Das Dendrogramm verdeutlicht, daß sowohl eine 4-Cluster-Lösung als auch eine 8-Cluster-Lösung sinnvoll gewesen wäre. Aufgrund der Probleme in der Beschaffung aussagekräftiger statistischer Basisdaten wurde die 4-Cluster-Lösung vorgezogen.

Für jeweils eine Stadt aus den Clustern 1 – 4 wurde die Berechnung der Preis- und Einkommenselastizitäten im innerstädtischen Individualverkehr durchgeführt. Diese Städte sind Bonn (Cluster 1), Krefeld (Cluster 2), Siegen (Cluster 3) und Viersen (Cluster 4). Da die in den Clustern enthaltenen Elemente entsprechend dem Klassifikationsalgorithmus weitgehend homogen sind, hätte die Wahl auch auf jedes beliebige Element aus den vier Gruppen fallen können. Dennoch war die Auswahl weitgehend durch Sachzwänge bezüglich der Verfügbarkeit statistischer Angaben eingeschränkt.

7. Ergebnisse regressionsanalytischer Berechnungen

7.1. Bonn

Im Zeitraum von Februar 1973 bis Juni 1981 ergaben sich für den Bereich der Stadt Bonn auf der Basis nominaler Preise und Einkommen folgende Elastizitäten der Nachfrage nach Treibstoff im Individualverkehr:

$$\ln BV_B = -0,23 - 0,44 \ln P_N + 0,93 \ln BIP_{B,N}^{15)}$$

(0,10)	(0,12)
(17,48)	(56,94)

$$R^2 = 0,79$$

$$DW = 1,91$$

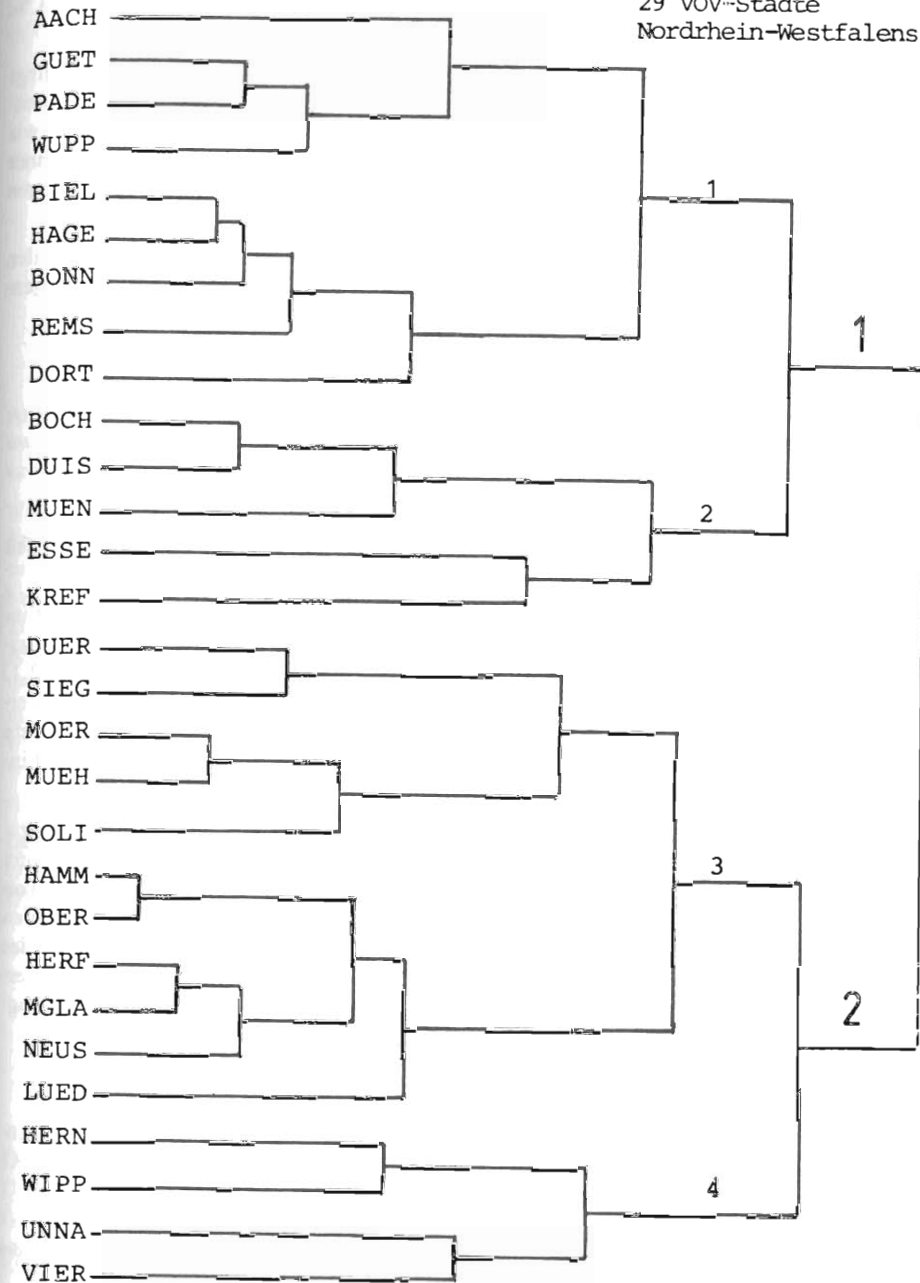
$$F = 53,34$$

13) Vgl. Steinhausen, D., Langer, K., Clusteranalyse . . . , a.a.O., S. 78.

14) Vgl. Bock, H.H., Automatische Klassifikation. Theoretische und praktische Methoden zur Gruppierung und Strukturierung von Daten (Cluster-Analyse), in: Studia Mathematica, Bd. 24, Göttingen 1974, S. 107.

15) Die Klammerwerte unter den Elastizitätskoeffizienten sind in der ersten Zeile die Standardabweichungen, in der zweiten Zeile die singulären F-Werte der Koeffizienten.

Abb. 1: WARD-Dendrogramm für 29 VÖV-Städte Nordrhein-Westfalens



Für den zugrundegelegten Zeitraum betrug die Preiselastizität der Nachfrage $-0,44$. Bei einer Erhöhung des Preises für Benzin um 1 % sank dessen Absatz folglich um 0,44 %. Die Nachfrage nach Treibstoff reagiert somit unelastisch auf Preiserhöhungen.

Die rückläufige Nachfrage nach Treibstoff aufgrund von Preiserhöhungen wird allerdings durch Erhöhungen des verfügbaren Einkommens konterkariert, da die Einkommenselastizität der Nachfrage mit $+0,93$ absolut betrachtet mehr als doppelt so hoch ist wie die Preiselastizität. Entsprechend der Definition des Elastizitätsbegriffs kann bei einer Einkommenselastizität von 0,93 kaum noch von einer starren Nachfrage ausgegangen werden.

Die Ermittlung der Elastizitätskoeffizienten ergab unter Zugrundelegung des realen Benzinpreises P_R und des realen Bruttoinlandsproduktes pro Einwohner $BIP_{B,R}$ folgende Schätzgleichung:

$$\ln BV_B = -4,61 - 0,39 \ln P_R + 1,84 \ln BIP_{B,R}$$

(0,10)	(0,20)
(14,22)	(78,20)

$$R^2 = 0,76$$

$$F = 43,48$$

$$DW = 1,69$$

Der Vergleich der Elastizitätsschätzungen mit nominalen und realen Werten zeigt, daß beide Rechnungen zu statistisch gut gesicherten Ergebnissen führen.

Von Interesse ist vor allem die Relation des absoluten Verhältnisses von Preis- und Einkommenselastizität auf der Basis nominaler und realer Werte. Beträgt die Relation zwischen Preis- und Einkommenselastizität im ersten Fall 0,44 zu 0,93, also etwa 1:2,1, steigt sie bei realer Betrachtung auf 0,39 zu 1,84, d. h. 1:4,7. Eine Stagnation des Verbrauchs von Vergaserkraftstoff tritt folglich dann ein, wenn die Preissteigerungsrate doppelt bzw. mehr als viermal so groß ist wie die Wachstumsrate des verfügbaren Einkommens.

Die Betrachtung der absoluten Elastizitätskoeffizienten sowie ein Vergleich der singulären F-Werte der Koeffizienten dokumentieren, daß für den Bereich der Stadt Bonn in der langfristigen Betrachtung der Einfluß des Einkommens auf den Verbrauch von Benzin erheblich stärker war als der Einfluß des Preises. Von Einkommensvariationen gehen somit nachhaltigere Impulse auf die Nachfrage aus als von Veränderungen des Preises. Eine energiepolitisch wünschenswerte Senkung des Mineralölverbrauchs im Verkehr wäre somit vor allem über die „allenfalls theoretisch mögliche, wenn auch fragwürdige Strategie einer Senkung des Wirtschaftswachstums“ zu erreichen¹⁶⁾.

7.2. Krefeld

Als Ergebnis der regressionsanalytischen Berechnungen ergaben sich für Krefeld folgende Elastizitätswerte:

1) auf der Basis nominaler Werte:

$$\ln BV_K = 1,76 - 0,93 \ln P_N + 1,67 \ln BIP_{K,N}$$

(0,18)	(0,19)
(25,96)	(76,41)

$$R^2 = 0,83$$

$$F = 59,72$$

$$DW = 1,64$$

2) auf der Basis realer Werte:

$$\ln BV_K = 10,91 - 0,92 \ln P_R + 3,65 \ln BIP_{K,R}$$

(0,21)	(0,43)
(17,94)	(71,37)

$$R^2 = 0,82$$

$$F = 37,66$$

$$DW = 1,15$$

Auch für Krefeld zeigen die hohen singulären F-Werte der Einkommenselastizität (76,41 und 71,37), daß in der Durchschnittsbetrachtung des Zeitraumes 1973 – 1981 das Einkommen einen dominierenden Einfluß auf den Verbrauch ausgeübt hat.

Während die Berechnungen auf der Basis nominaler Werte zu einem zufriedenstellenden Ergebnis führten, konnten die Berechnungen mit deflationierten Größen nicht voll befriedigen. Zwar sind der Korrelationskoeffizient ($r = 0,90$) und damit das Bestimmtheitsmaß ($r^2 = 0,82$) recht hoch und zeigen einen engen Zusammenhang zwischen den Zufallsvariablen, doch liegt die Durbin-Watson-Prüfgröße in einem Bereich, der auf eine Autokorrelation der Residuen schließen läßt. Daneben kann auch nicht ausgeschlossen werden, daß der unbefriedigende DW-Wert aus einer Fehlspezifikation des Regressionsmodells herrührt, z. B. daß eine wesentliche Einflußgröße im Modell nicht berücksichtigt wurde. So hat sich „oft gezeigt, daß durch die Hinzunahme einer verzögerten endogenen Variablen in die Menge der erklärenden Variablen die Autokorrelation in den Residuen erheblich gemindert“ wird¹⁷⁾.

Daher wird in die Bestimmungsgleichung der Nachfrage nach Treibstoff noch der Verbrauch der Vorperiode aufgenommen. Die Spezifikation des Regressionsmodells ergibt sich dann als:

$$\ln BV_K = -6,26 + 0,06 \ln BV_{t-1,K} - 0,62 \ln P_R + 2,28 \ln BIP_{K,R}$$

(0,03)	(0,27)	(0,93)
(2,59)	(5,07)	(5,93)

$$R^2 = 0,88$$

$$F = 27,78$$

$$DW = 1,84$$

Durch die Hinzunahme der verzögerten Variablen $BV_{t-1,K}$ konnte ein befriedigender DW-Wert erzielt werden. Allerdings zeigt der partielle F-Wert für $BV_{t-1,K}$, daß diese Größe mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % nur knapp von Null verschieden ist.

16) *Kriegsmann, K. P.*, Energieverteilung und sektoraler Strukturwandel als Determinanten des Energieverbrauchs, in: Die Weltwirtschaft, Heft 1/1980, S. 118.

17) *Schneeweiß, H.*, Ökonometrie, Würzburg, Wien 1971, S. 119.

7.3. Siegen

Die nachfolgenden Berechnungen für Siegen sind nur bedingt mit den Ergebnissen für Bonn und Krefeld vergleichbar. Aufgrund kommunaler Gebietsänderungen beziehen sich die Berechnungen auf den Zeitraum von Februar 1975 bis Mai 1981. Die Auswirkungen der ersten „Ölkrise“ aus dem Herbst 1973 konnten folglich keine Berücksichtigung finden. Im einzelnen ergaben sich für Siegen folgende Ergebnisse der regressionsanalytischen Berechnungen:

1) auf der Basis nominaler Werte:

$$\ln BV_S = -1,69 - 0,29 \ln P_N + 1,03 \ln BIP_{S,N}$$

(0,13) (0,28)
(16,00) (33,65)

$$R^2 = 0,80$$

$$F = 22,00$$

$$DW = 1,70$$

2) auf der Basis realer Werte:

$$\ln BV_S = -6,53 - 0,59 \ln P_R + 1,92 \ln BIP_{S,R}$$

(0,18) (0,40)
(10,52) (36,45)

$$R^2 = 0,76$$

$$F = 19,13$$

$$DW = 1,69$$

Die Elastizitätswerte für den Kreis Siegen weichen deutlich von den entsprechenden Angaben für Bonn und Krefeld ab. Die Preiselastizität von $-0,29$ zeigt eine starre Reaktion der Nachfrage nach Treibstoff bei Preiserhöhungen an. Daneben erhöht sich die Relation von Preis- zu Einkommenselastizität bei Zugrundelegung nominaler Werte auf 1:3,6, während sie für Bonn und Krefeld erheblich geringer war. In Siegen muß folglich der Nominalpreis für Vergaserkraftstoff mehr als dreimal so stark steigen wie das verfügbare nominale Einkommen, damit eine Stagnation des Verbrauchs eintritt.

Die Gründe hierfür dürften in siedlungsstrukturellen Gegebenheiten liegen. Siegen ist als ein Oberzentrum umgeben von ländlich strukturierten Gebieten (Westerwaldkreis, Hochsauerlandkreis, Oberbergischer Kreis, Waldeck, Frankenberg, Lahn-Dill-Kreis). Hier erscheint aufgrund der längeren Anfahrtswege die Benutzung des eigenen Personenkraftwagens oftmals unentbehrlich. Eine durch steigende Energiekosten induzierte Erhöhung der Kraftfahrzeug-Betriebskosten stellt für die Bevölkerung in den überwiegend ländlich strukturierten Räumen „eine neue Dimension von Disparität dar, die mit der aller Voraussicht nach fortschreitenden Verteuerung des Kraftstoffs noch an Schärfe zunehmen wird“¹⁸⁾. Zudem reicht die Qualität des öffentlichen Verkehrsangebots in ländlichen Räumen häufig nicht aus, um eine Alternative zur Benutzung des Individualverkehrs darzustellen.

18) Schild, G., Zur Entwicklung der Rahmenbedingungen des öffentlichen Personennahverkehrs im ländlichen Raum, in: Informationen zur Raumentwicklung, hrsg. v. d. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Heft 10, 1981, Bonn 1981, S. 663.

Die Notwendigkeit zur Benutzung des eigenen Personenkraftwagens scheint in Siegen stärker ausgeprägt zu sein als in den Vergleichsstädten. Aus der Gegenüberstellung des durchschnittlichen monatlichen Benzinverbrauchs pro zugelassenem Kraftwagen kann abgelesen werden, daß der Verbrauch in Siegen erheblich über dem mit dem Kraftfahrzeugbestand gewichteten Absatz in Bonn, Krefeld und Viersen liegt.

Tab. 6: Durchschnittlicher monatlicher Benzinverbrauch¹⁹⁾ (in kg) eines in Bonn, Krefeld, Siegen und Viersen zugelassenen Fahrzeugs

Stadt	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Bonn	74,53	100,85	88,89	8,47
Krefeld	77,17	102,53	82,11	7,09
Siegen	80,00	108,39	94,92	5,04
Viersen	41,76	64,52	59,32	7,36

Quelle: Eigene Berechnungen.

In Siegen wurden zwischen 1973 und 1981 monatlich im Durchschnitt pro zugelassenem Fahrzeug 94,92 kg Kraftstoff verbraucht. Die im Verhältnis zum Mittelwert geringe Standardabweichung (5,04) zeigt, daß die Nachfrage nur sehr geringen Schwankungen unterliegt.

Aus der Höhe des Treibstoffverbrauchs können Rückschlüsse auf die Fahrleistungen der Kraftwagen gezogen werden. Unterstellt man in allen Städten eine etwa gleich hohe Fahrtenhäufigkeit sowie eine ähnliche Struktur des Fahrzeugbestandes, so folgt aus einem überdurchschnittlichen Gesamtverbrauch zum einen eine höhere mittlere Entfernung pro Fahrt, zum anderen eine höhere jährliche Gesamtfahrleistung der in Siegen zugelassenen Fahrzeuge.

Die für die Städte Bonn, Krefeld und Siegen ermittelten regressionsanalytischen Ergebnisse lassen zwei Schlußfolgerungen zu:

- Die isolierte Betrachtung der Preiselastizitäten ist wenig aussagekräftig. Sie muß immer im Zusammenhang mit der Einkommenselastizität gesehen werden. Die Berechnungen zeigen für den Zeitraum steigender Preise deutlich die kompensatorischen Effekte wachsender verfügbarer Einkommen.
- Von Variationen der disponiblen Einkommen gehen erheblich stärkere Impulse auf die Nachfrage aus als von Variationen der Preise, absolut betrachtet liegt die Einkommenselastizität deutlich über der Preiselastizität. Der dominierende Einfluß des

19) Da der gesamte monatliche Verbrauch an Vergaserkraftstoff für die Bundesrepublik in Tonnen angegeben wird, konnte durch Gewichtung dieser Größe mit den Verbrauchsanteilen der einzelnen Städte und der Anzahl der dort zugelassenen Fahrzeuge der Benzinverbrauch pro Fahrzeug und Monat nur in Kilogramm errechnet werden. Eine exakte Umrechnung in Liter ist nicht möglich, da das spezifische Gewicht von Normalkraftstoff zwischen 1,32 und 1,40 und das spezifische Gewicht von Superbenzin zwischen 1,28 und 1,37 liegt. Vgl. ARAL-AG, Verkehrstaschenbuch, a.a.O., S. E 223.

verfügbaren Einkommens auf den Treibstoffverbrauch wird auch durch die seit August 1981 beobachtbare Tendenz deutlich. Trotz stark sinkender Benzinpreise (August 1981: 151,9 Pfg./Liter; Mai 1982: 121,9 Pfg./Liter) ist die Nachfrage nach Kraftstoffen kaum gestiegen. Die Begründung hierfür liegt in den seit zwei Jahren sinkenden Realeinkommen breiter Bevölkerungskreise sowie in der Hinwendung zu verbrauchsgünstigen Fahrzeugen.

7.4. Viersen

Als Ergebnisse wurden für Viersen folgende Koeffizienten ermittelt:

1) auf der Basis nominaler Werte:

$$\ln BV_V = 2,33 - 0,87 \ln P_R + 0,77 \ln BIP_{V,N}$$

(0,23)	(0,28)	
(14,22)	(7,51)	

$$R^2 = 0,56$$

$$F = 7,54$$

$$DW = 1,91$$

2) auf der Basis realer Werte:

$$\ln BV_V = 0,43 - 0,89 \ln P_R + 1,36 \ln BIP_{V,R}$$

(0,24)	(0,61)	
(14,41)	(4,96)	

$$R^2 = 0,55$$

$$F = 7,39$$

$$DW = 1,89$$

Die für Viersen berechneten Elastizitäten unterscheiden sich in drei Aspekten von den bisher ermittelten Ergebnissen.

Zunächst zeigen die Berechnungen bei Zugrundelegung nominaler Größen, daß die Preiselastizität der Nachfrage (0,87) absolut größer ist als die Einkommenselastizität (0,77), wodurch in Viersen trotz einer gestiegenen Zahl zugelassener Kraftfahrzeuge ein Rückgang des Gesamtverbrauchs an Vergaserkraftstoff erzielt werden konnte.

Die Bestimmtheitsmaße sind in diesen Berechnungen nicht sehr hoch. Die Varianz der abhängigen Variable (Benzinverbrauch) kann nur zu 56 bzw. 55 Prozent durch die Varianz der unabhängigen Variablen (Preis und verfügbares Einkommen) erklärt werden.

Die singulären F-Werte der Koeffizienten sind geringer als bei den vorherigen Berechnungen. Insbesondere der Einfluß des Einkommens als Determinante des Verbrauchs bleibt hinter dem Einfluß des Preises zurück. Insgesamt können die Ergebnisse für Viersen nicht ganz zufriedenstellen.

8. Nachfrageelastizität des ÖPNV in bezug auf Veränderungen der Treibstoffpreise im Individualverkehr

Substitutionsprozesse zwischen dem individuellen und öffentlichen Personennahverkehr, d. h. Substitution zwischen den Verkehrsmitteln bzw. Verkehrsträgern²⁰⁾, werden neben anderen Einflußfaktoren auch durch das Entgelt für die in Anspruch genommene Verkehrsleistung determiniert. Je nach Fahrtzweck ergeben sich dabei unterschiedliche Substitutionspotentiale, in Abhängigkeit von den Strukturmerkmalen, den Anforderungsprofilen und den Verkehrswertigkeiten zwischen den einzelnen Fahrtzwecken.

Im Geschäfts- und Dienstreiseverkehr wird im Nahbereich die Benutzung des individuellen Personen- und Kombinationskraftwagens auch in der Zukunft dominierend sein. Bei diesem Fahrtzweck tritt der Einfluß der Kosten gegenüber dem Zeitaufwand, der Flexibilität und Mobilität in den Hintergrund. Zwischen Anforderungsprofil und Leistungsmerkmal beim öffentlichen Verkehr zeigen sich im Geschäfts- und Dienstreiseverkehr die größten Diskrepanzen.

Ähnliches gilt für den Freizeitverkehr, der wegen der starken Heterogenität seiner Aktivitäten nur äußerst geringe Umschichtungen auf den ÖPNV zuläßt. Die Benutzung des eigenen Personenkraftwagens steht mit einem Anteil von etwa 85 % aller Freizeitfahrten eindeutig im Vordergrund. Lediglich im Freizeitverkehr von Rentnern und Pensionären hat der ÖPNV nennenswerte Aufkommensanteile. Im Freizeitverkehr wird eher der selektive Verzicht auf die Fahrt als Alternative angenommen werden können als jene der Verlagerung auf öffentliche Verkehrsmittel.

Auch im Einkaufsverkehr lassen sich nur sehr geringe Möglichkeiten zur Veränderung des Modal-Split erkennen, da „bei diesem Fahrtzweck wegen der mit ihm verbundenen Gütertransportfunktion Substitutionsvorgänge durch besondere spezifische Hemmnisse erschwert“ sind²¹⁾. Die bisherigen Erfahrungen zeigen auch, daß beim Fahrtzweck „Einkaufen“ wegen der sehr starken Quellstreuung im Stadt- und Stadtumlandbereich sowie der Präferenzierung eines Haus-Haus-Verkehrs der Übergang zum öffentlichen Verkehr besonderen Hemmnissen ausgesetzt ist²²⁾. Auch der Hauptverband des Einzelhandels geht davon aus, daß in der Zukunft „nach wie vor die Bequemlichkeit des Einkaufs mit dem Auto von Bedeutung bleiben wird“²³⁾.

Damit verbleibt lediglich der Berufsverkehr als der Fahrtzweck, in der der öffentliche Verkehr als Alternative zum Individualverkehr angesprochen wird, obwohl auch hier spezifische Hemmnisse einer nachhaltigen Veränderung in den Verkehrsanteilen entgegenstehen²⁴⁾.

20) Vgl. Aberle, G., Substitution im Personen- und Güterverkehr im Hinblick auf Energieeinsparung, in: Straße und Autobahn, 32. Jg. (1981), S. 263.

21) Aberle, G., Energieeinsparung – Zum Substitutionspotential im Personen- und Güterverkehr, in: Internationales Verkehrswesen, 32. Jg. (1981), S. 27.

22) Vgl. ders., Kraftfahrzeug und Energie, Materialien zur Sicherung einer gesamtwirtschaftlich rationalen Verkehrs- und Wirtschaftspolitik, Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA), Nr. 33, Frankfurt 1981, S. 41.

23) Hauptverband des Einzelhandels, Pressemitteilung vom 14. 1. 1980, Köln 1980.

24) Vgl. Aberle, G., Energieeinsparung . . . , a.a.O., S. 28.

in den regressionsanalytischen Berechnungen zur Bestimmung der Kreuz-Preis-Elastizitäten der Nachfrage wurde die Verteuerung des Treibstoffes als unabhängige Variable und die Anzahl der Beförderungsfälle im Berufsverkehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln als abhängige Variable in Beziehung gesetzt. Dabei wurde von der Annahme ausgegangen, daß die Berufspendler im öffentlichen Verkehr ausschließlich Halbmonats- (Bonn) oder Monatskarten (Siegen) benutzen, nicht jedoch Einzel- oder Mehrfachfahrtscheine (Streifenkarten). Für die langfristige Zeitreihe von 1973 bis 1981 ergaben die Berechnungen für den Bereich der Stadt Bonn keinen nachweisbaren Zusammenhang zwischen einer Verteuerung des Individualverkehrs und einer Zunahme der Beförderungsfälle im ÖPNV. Die ermittelten Kreuz-Preis-Elastizitäten waren zum einen äußerst gering, zum anderen durch die Prüfmaße nicht gesichert.

Völlig entgegengesetzt stellten sich die Ergebnisse der Elastizitätsberechnungen für den Zeitraum der sog. „zweiten Ölkrise“ von 1979 bis 1981 dar. In dieser Zeit stieg das Verkehrsaufkommen bei den Inhabern der Halbmonatskarten kontinuierlich an. Für die nominalen und realen Benzinpreissteigerungen wurden folgende Kreuz-Preis-Elastizitäten berechnet:

1) auf der Basis nominaler Werte:

$$\ln BF_B = 10,72 + 0,40 \ln P_N$$

(0,09)

(18,33)

$$R^2 = 0,78$$

$$F = 18,33$$

$$DW = 1,72$$

2) auf der Basis realer Werte:

$$\ln BF_B = 10,28 + 0,52 \ln P_R$$

(0,17)

(17,68)

$$R^2 = 0,78$$

$$F = 17,68$$

$$DW = 1,69$$

Die relativ hohen Bestimmtheitsmaße sowie die hohen F-Werte zeigen für die zurückliegende Zeit der „zweiten Ölkrise“ einen nachweisbaren Einfluß der Verteuerung des Treibstoffes auf die Anzahl der Beförderungsfälle im Berufsverkehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Ein einprozentiger Anstieg des Benzinpreises verursachte im Berufsverkehr eine Steigerung des Verkehrsaufkommens im ÖPNV um 0,4 bzw. 0,5 % für den Bereich der Stadt Bonn.

Konstant rückläufig gestalteten sich die Beförderungsfälle bei den Verkehrsbetrieben Westfalen-Süd (Siegen). Hier verringerte sich die Anzahl der beförderten Personen mit Monatskarten im Referenzzeitraum 1973 bis 1981 von 6,64 Mio. auf 5,61 Mio. Fahrgäste. Dieser abwärts gerichtete Trend erfuhr auch durch die starken Preiserhöhungen für Benzin in den Jahren 1979 und 1980 keine Umkehr. Das Ergebnis der regressionsanalytischen Berechnungen waren somit negative Kreuz-Preis-Elastizitäten, die für substitutive Güter ökonomisch nicht erklärbar sind.

Offensichtlich wird in einer ländlich strukturierten Region die Preiskomponente in der Verkehrsmittelwahl durch siedlungsstrukturelle Einflüsse und das geringe Verkehrsangebot überlagert. Durch die dünne Besiedlung muß sich die Verkehrsbedienung in einem weitmaschigen Netz vollziehen, mit der Folge eines geringen Verkehrsaufkommens auf einzelnen Strecken und Linien. Der Bedienungsstandard öffentlicher Verkehrsmittel im ländlichen Raum ist mit dem Standard in Ballungsräumen nicht vergleichbar. Zum Teil sind die Verkehrsintervalle sehr lang, der Zielort nicht auf direktem Weg zu erreichen, wodurch zeitraubendes Umsteigen erforderlich wird, und der Haltestellenabstand ist vom Ausgangs- und Endpunkt der Reise oft weit entfernt. Daneben ist unter dem Druck steigender Kosten das Verkehrsangebot in den letzten Jahren zum Teil noch eingeschränkt worden, was wiederum Abwanderungstendenzen Vorschub geleistet hat. „Wenn gleich die Verhaltensänderungen angesichts des begrenzten Erfahrungszeitraums noch nicht genügend ausgewertet werden konnten, so scheint sich doch angesichts des Volumens der Umsteigeeffekte die These zu bestätigen, daß die Gesamtnachfrage nach Individualverkehrsleistungen relativ preisunelastisch ist und nur dort beweglich reagiert, wo optimale Angebotsbedingungen auf eine regelmäßige Nachfrage, etwa im Berufsverkehr, treffen“²⁵⁾.

Für die Städte Krefeld und Viersen konnten vergleichbare Berechnungen nicht durchgeführt werden. Sowohl die Krefelder Verkehrs-AG als auch die Viersener Verkehrs-GmbH traten mit Wirkung vom 1. Januar 1980 dem Verkehrs-Verbund Rhein-Ruhr bei. Monatliche Beförderungsfälle disaggregiert nach Benutzergruppen konnten lediglich für die Zeit von 1973 bis 1979 zur Verfügung gestellt werden. Für keine der beiden Städte konnten die Berechnungen einen Zusammenhang zwischen den Beförderungsfällen im ÖPNV und der Verteuerung des Individualverkehrs nachweisen.

9. Folgerungen für die Nahverkehrspolitik

Die aus den starken Ölpreissteigerungen der Jahre 1979 bis 1981 resultierenden Leistungsbilanzdefizite haben zu einer Intensivierung der Diskussion darüber geführt, welche Instrumente und Maßnahmen zu einer Verringerung des Mineralölverbrauchs beitragen können. Insbesondere der Verkehrsbereich, der, mit Ausnahme der Deutschen Bundesbahn, fast zu 100 % vom Mineralöl abhängig ist, steht im Mittelpunkt der Kontroverse. Dies muß um so mehr verwundern, da nur 17 % des gesamten inländischen Mineralölverbrauchs auf Personen- und Kombinationskraftwagen entfallen.

Das Einsparpotential im Verkehr ist folglich relativ bescheiden, zumal eine nachhaltige Substitution des Mineralöls, etwa durch den Einsatz stromgetriebener Fahrzeuge, auf mindestens zwei Jahrzehnte als nicht wahrscheinlich angesehen werden kann. Zur Energieeinsparung im Verkehrsbereich sind eine Reihe von Vorschlägen gemacht worden, von administrativen Mobilitätsbeschränkungen bis zur fiskalischen Förderung von Fahrgemeinschaften.

Administrative Mobilitätsbeschränkungen stellen keinen gangbaren Lösungsansatz zur Energieeinsparung im Verkehr dar. In einem hochindustrialisierten Land wie der Bundes-

25) Schild, G., Zur Entwicklung . . . , a.a.O., S. 669.

republik Deutschland, dessen Wirtschafts- und Gesellschaftssystem auf einer freien Kommunikation und einer fortgeschrittenen Arbeitsteilung beruht, kann die Verringerung der Mobilität nur auf Kosten des Wohlstandes und der Lebensqualität erreicht werden. Die Aufrechterhaltung der Standort- und Siedlungsstrukturen bedarf als unabdingbarer Voraussetzung einer uneingeschränkten Mobilität.

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, daß die Kraftfahrer durchaus Verantwortungsbewußtsein beim Einsatz ihrer Fahrzeuge bewiesen haben, beispielsweise durch die Bündelung mehrerer Fahrtzwecke, durch den Verzicht auf Fahrten, die als geringwertig eingestuft werden oder die Verkürzung der Reiseweiten im Freizeitverkehr. Daneben könnten staatlich verordnete Mobilitätsbeschränkungen längerfristig auch zu einer Rückverlagerung der Produktionsstandorte in die Ballungsräume führen, mit der Folge einer Konzentration der Umweltbelastungen auf Teilräume. Der Effekt einer Senkung des Energieverbrauchs im Verkehr durch staatliche Zwangsmaßnahmen würde somit auf Kosten der Umweltqualität, der Leistungsfähigkeit von Handwerk und Industrie und damit letztlich auf Kosten des Lebensstandards erkaufte werden.

Auch die fiskalische Förderung von Fahrgemeinschaften wird in der politischen Diskussion häufig als Maßnahme zur Energieeinsparung erwähnt. So werden größere Energieeinsparungspotentiale vermutet, falls es gelingt, den Besetzungsgrad der Personenkraftwagen im Berufsverkehr zu erhöhen. Neben einzelwirtschaftlichen Ersparnissen, die das Bundesministerium für Wirtschaft auf bis zu 1000 DM²⁶⁾ jährlich allein für Treibstoff beziffert, ergäben sich insbesondere auch gesamtwirtschaftliche Nutzenstiftungen durch Erleichterung der Stadt- und Regionalentwicklung, Verringerung von Stauungen, Unfallzahlen und Minderung der Umweltbelastungen sowie einer Entlastung der Zahlungsbilanz. Willeke und Hoener²⁷⁾ haben jedoch in Modellrechnungen nachgewiesen, daß der Energieeinsparung durch die Förderung von Fahrgemeinschaften enge Grenzen gesetzt sind. Bei einer Erhöhung der Mitfahrerquote von z. Zt. etwa 10 % auf 15 % bzw. 20 % ergäbe sich – ohne Berücksichtigung des fahrgemeinschaftsbedingten Sammel- und Verteilerverkehrs – eine Einsparung von 1,4 % bzw. 2,7 % des gesamten inländischen Benzinverbrauchs. „Diese Größen machen sich bescheiden aus, zumal sie auf Zeitspannen bezogen sind, in denen das von den Fahrzeug- und Motorenkonstruktionen erschließbare Einsparpotential wesentlich größer sein wird“²⁸⁾.

Die regressionsanalytischen Bestimmungen der Kreuz-Preis-Elastizitäten haben gezeigt, daß eine Umschichtung der Verkehrsanteile von IV und ÖPNV nur in sehr begrenztem Ausmaß möglich ist. In der Diskussion um eine Verbesserung des Modal-Split zugunsten des ÖPNV muß „von Anfang an Klarheit darüber bestehen, daß es nicht darum gehen kann, den Individualverkehr durch den ÖPNV zu ‚ersetzen‘, sondern stets nur um die Übernahme gewisser Anteile des Individual-Verkehrsaufkommens durch öffentliche

26) Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft (Hrsg.), Mehr Kilometer mit weniger Benzin, Energie-sparbroschüre, Bonn 1980.

27) Vgl. Willeke, R., Hoener, W., Möglichkeiten und Erfolgsaussichten für die Bildung von Fahrgemeinschaften – unter besonderer Berücksichtigung der Gegebenheiten im Raume Köln, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 52. Jg. (1981), S. 155 ff.

28) Willeke, R., Fahrgemeinschaften ohne Chance? in: Informationen aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln, XVI. Jg. (1981), Heft 2, S. 5.

Verkehrsmittel“²⁹⁾. Eine nachhaltige Substitution individueller Verkehrsleistungen ist auch aufgrund mangelnder Kapazitäten im ÖPNV gar nicht möglich. Schon eine 20 %ige Umlenkung aller individuellen Berufsfahrten im 50-km-Bereich würde zu einem Anstieg der Beförderungsfälle des öffentlichen Personenstraßenverkehrs von rd. 120 % führen.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung des innerstädtischen Verkehrsflusses und somit zur Energieeinsparung wird auch in einer verstärkten Förderung der Kooperation zwischen dem Individualverkehr und dem öffentlichen Personennahverkehr vermutet. Hier ist insbesondere an die Errichtung von Park-and-Ride-Anlagen gedacht, die die Vorzüge der individuellen und der kollektiven Beförderung miteinander verbinden.

Während der IV in der Fläche und den Außenbezirken der Ballungsräume gegenüber dem ÖPNV bezüglich Schnelligkeit, Netzbildungsfähigkeit und Bequemlichkeit Vorteile aufweist, werden diese Vorzüge in den Innenstädten durch gravierende Nachteile wie Parkplatznot, Verkehrsstaus und Kriechtempo überlagert. Daher sollten an den Stadtrandzonen, den Schnittpunkten der Verkehrssysteme IV und ÖPNV, Bemühungen einsetzen, eine Verknüpfung beider Verkehrsarten zu erreichen.

Hier bietet vor allem die Verbindung von Pkw und S-Bahnen eine Ergänzung mit der flächenhaften Verkehrserschließung durch den Kraftwagen und mit der schnellen Beförderung in der S-Bahn bis in die Innenstadt³⁰⁾.

Dennoch ist der Beitrag, den Park-and-Ride-Anlagen zur Energieeinsparung im Mineralölbereich leisten können, eher gering zu bewerten. Zunächst erfordert die Errichtung einer Park-and-Ride-Anlage eine bestimmte Mindestgröße einer Stadt und ein entsprechendes Pendlerpotential im Umland. Daneben ergeben sich trotz des Umsteigevorgangs vom IV zum ÖPNV Zeitvorteile nur dann, wenn der Kollektivverkehr erheblich höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten realisiert als der Personenkraftwagen. Dies ist jedoch nur bei S- oder U-Bahnen der Fall, die über eigene, vom Individualverkehr unabhängige Trassen verfügen. Von sämtlichen VÖV-Städten Nordrhein-Westfalens sind dies jedoch lediglich Bonn, Essen, Mülheim und Wuppertal. Demgegenüber verfügen die nordrhein-westfälischen Großstädte Aachen, Hagen, Münster und Oberhausen mit jeweils mehr als 200 000 Einwohnern ausschließlich über einen Busbetrieb, der weder von der Schnelligkeit noch vom Komfort einen Anreiz zur Kombination des individuellen und des öffentlichen Verkehrs bietet.

29) Gimau, G., Leistungsreserven im öffentlichen Personennahverkehr, in: Verkehr und Technik, 33. Jg. (1980), S. 501.

30) Vgl. Vogt, M., Möglichkeiten und Grenzen einer Attraktivitätssteigerung im öffentlichen Personennahverkehr als Beitrag zur Verbesserung der städtischen Verkehrsverhältnisse, Aachen 1977, S. 17.

Summary

The method of regression analysis was used to study price and income elasticities related to the fuel demand in four different cities of North-Rhine Westfalia for the time period 1973–81. The calculations revealed an inelastic demand as the reaction of drivers to price increases. Variations of disposable income appear to affect demand to a greater extent than changes in prices do. Quantitative differences in reaction are found when comparing urban and rural communities. A change-over from the private car to mass transport vehicles has only started in some instances.

Résumé

Pour la période de 1973 – 1981, une évaluation de l'élasticité prix et revenus de la demande de carburant pour 4 villes en Rhénanie-du-Nord-Westphalie a été faite sur la base d'un procédé d'analyse de régression. Les calculs ont montré une demande qui n'est pas élastique des automobilistes après des augmentations de prix. Les variations des revenus disponibles ont un impact plus fort sur la demande que les modifications des prix. Des différences d'importance de réaction ont été enregistrées dans la comparaison d'agglomérations et de zones rurales. Qu'un automobiliste n'utilise plus son véhicule particulier en faveur des transports publics n'a au lieu que rarement jusqu'à maintenant.

Gibt es eine objektiv richtige Diskontierungsrate? – Ein Beitrag zur Theorie der Investitionsrentabilität von Verkehrswegeprojekten

VON ERHARD MOOSMAYER, BONN

Ereignisse, die den Menschen in seiner jeweils gegenwärtigen Befindlichkeit beeinflussen, treten zu unterschiedlichen Zeiten ein. Demgemäß empfindet sie der Betroffene als unterschiedlich wichtig. Vergangenes läßt sich nicht rückgängig machen. Psychologen behaupten, daß frühe Erlebnisse das menschliche Verhalten lebenslang prägen. Von der Zukunft hingegen kann man nur etwas erwarten. Ob es überhaupt eintritt, bleibt ungewiß. Selbst wenn das erhoffte oder befürchtete Ereignis mit großer Wahrscheinlichkeit eintritt, weiß niemand genau, ob er es auch tatsächlich erlebt. Je nach Annahmen über künftige Umstände und die eigene Lebensdauer muß zweifellos jeder eine gewisse Vorsorge treffen. Gleichwohl läßt sich allenfalls eine Minderheit revolutionär gestimmter Menschen von der Zukunft leiten.

Unmittelbar zum Ausdruck kommt der Einfluß der Zeit auf die Bedeutung von Ereignissen in dem Phänomen der Verzinsung: Um periodische Zinsen vermehrt sich jener Teil des Einkommens, der weder im Konsum noch in der Liquiditätsreserve verschwindet, sondern der Bildung von Ersparnissen dient. Je später Einnahmen zufließen, um so mehr Zinsen gehen verloren. Je später Ausgaben abfließen, um so mehr Zinsen lassen sich vermeiden. Schon die bloße Erfahrung macht also deutlich, daß ein und derselbe Betrag um so schwerer (leichter) wiegt, je früher (später) er zur Verfügung steht.

Wie aber erklärt sich das Phänomen der Verzinsung? *Robinson* auf seiner einsamen Insel mag anfangs ganz ohne Hilfsmittel Beeren sammeln, Wild jagen und Fische fangen. Es dürfte jedoch nicht allzu lange dauern, bis er erkennt, daß er seine Produktivität steigern kann. Allerdings muß er Vorräte anlegen, die es ihm ermöglichen, einen Teil seiner Zeit der Herstellung von Werkzeugen zu widmen. Eine Angel zum Beispiel verheißt, den Erfolg des Fischens zu steigern. Konsumverzicht übt *Robinson* mithin nur in der Erwartung, später dafür mehr Produkte zu genießen.

Gesellt sich eines Tages *Freitag* hinzu, bietet ihm *Robinson* an, sich die Angel auszuliehen. Dafür muß *Freitag* einen „Zins“ entrichten, der mindestens dem Mehrprodukt entspricht, den *Robinson* vom eigenen Einsatz der Angel erwartet hätte. Verständlicherweise findet sich *Freitag* dazu nur bereit, wenn es ihm durch geschickte Organisation seiner Arbeit oder/und durch Kombination der Angel mit anderen „produzierten Produktionsmitteln“ gelingt, daß seine Mehrleistung diejenige des *Robinson* übertrifft¹⁾.

Anschrift des Verfassers:

Regierungsdirektor Dr. Erhard Moosmayer
Bundesministerium für Verkehr
Kennedyallee 72
5300 Bonn 2

1) Vgl. *Peter, H.*, Einführung in die Politische Ökonomie, Stuttgart – Köln 1950, S. 49–73.