

## Neuverkehr – Realität oder Phantom?\*)

VON PETER CERWENKA UND GEORG HAUGER, WIEN

## 1. Einleitung

„Wer Straßen sät, wird Verkehr ernten“, so schallt es seit einigen Jahren durch die Lande. Etwas weniger poetisch und nüchterner lautet dieser Satz in gewissen Verkehrsplanerkreisen: „Neue Straßen erzeugen neuen Verkehr.“ Dieser so „erzeugte“ Verkehr wird als „Neuverkehr“, „induzierter Verkehr“ oder „generierter Verkehr“ bezeichnet. Charakteristisch für den Bewußtseins- und Diskussionsstand rund um diesen Begriff Neuverkehr ist seine außerordentlich stark polarisierte Positionierung zwischen unterschiedlich orientierten ideologischen Lagern: Während die „grüne“ Lobby jeden weiteren Infrastrukturausbau mit dem Argument zu verhindern bemüht ist, daß dadurch nur noch mehr Verkehr „erzeugt“ wird, argumentiert die Gegenlobby damit, daß durch neue Verkehrsinfrastruktur keine neue Verkehrsnachfrage erzeugt, sondern lediglich die vorhandene Verkehrsnachfrage „effizienter (d.h. rascher und kostengünstiger) abgewickelt“ werden kann. Vermittler zwischen diesen beiden unvereinbaren Positionen greifen häufig zum „Prozenttrick“, d.h., sie geben bei konkreten Fällen einen Prozentsatz für Neuverkehr an, ohne daß die 100% eindeutig definiert worden wären. „Wo man Geschrei macht, da ist kein wahrhaftiges Wissen“, formulierte Leonardo da Vinci schon vor etwa einem halben Jahrtausend.<sup>1)</sup> Anliegen des vorliegenden Beitrages ist es, das Wissen zu Lasten des Geschreis ein klein wenig zu verbessern, und das heißt vor allem,

- eine ganz glasklare, scharfe Begrifflichkeit einzuführen und durchgängig einheitlich zu verwenden,

\*) Die Autoren danken der European Conference of Ministers of Transport (ECMT), Paris, für deren Initiierung und finanzielle Unterstützung dieser Forschungsarbeit, die von den Autoren im Rahmen des ECMT-Round Table 105 am 7./8. November 1996 in Paris präsentiert wurde.

Anschrift der Verfasser:  
Prof. Dr. Peter Cerwenka und  
Dr. Georg Hauger  
Institut für Verkehrssystemplanung  
Technische Universität Wien  
Gußhausstraße 30/269  
A-1040 Wien

1) Leonardo da Vinci: Traktat von der Malerei, Teil 1, Faszikel 1, Nr. 6 (deutsche Ausgabe: Jena, 1909, S. 5).

- mit dieser Begrifflichkeit ein klares theoretisches Konzept aufzubauen, das sowohl ingenieurwissenschaftliche Sichtweisen (z.B. konstante Verkehrsverflechtungsmatrix oder aber konstantes Mobilitätszeitbudget) als auch ökonomische Ansätze (z.B. über Elastizitäten) zu interpretieren imstande ist, und
- an einem einsichtigen Fallbeispiel die Grenzen der empirischen Verifizierung des Neuverkehrs, die erforderlichen Annahmen und die dadurch eingeschränkte Aussagekraft theoretischer Konzepte sowie die Ansatzpunkte zur mißbräuchlichen Verwendung für ideologische Zwecke aufzuzeigen.

Außerdem ist zu unterscheiden zwischen Neuverkehrsmenge und ihrer Bewertung. Letztere ist nicht Gegenstand dieses Beitrages.

## 2. Begriffsklärungen

Die landläufige Definition von infrastrukturbedingtem Neuverkehr (= „jener Verkehr, der durch neue Verkehrsinfrastruktur erzeugt wird“) schafft eine irreführende Bewußtseinslage, indem hiermit eine Kausalitätszuweisung an eine anonyme Sache, nämlich an die Sache „Verkehrsinfrastruktur“ (bzw. an deren Errichter) erfolgt, die vergessen läßt, daß Verkehr stets und ausnahmslos von verkehrsnachfragenden Menschen verursacht wird. Wir wollen daher infrastrukturbedingten Neuverkehr wie folgt zwar etwas umständlicher, aber doch weniger mißverständlich definieren, wobei außerdem zunächst die Eigenschaft „infrastrukturbedingt“ zwecks Verallgemeinerung weggelassen und statt dessen die Eigenschaft „angebotsattraktivierend“ eingesetzt wird:

*Definition:* Neuverkehr ist jener Verkehr, der

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

Oder identisch, aber komplementär definiert: Neuverkehr ist jener Verkehr, der ohne Attraktivierung des Verkehrsangebotes nicht zustandekäme.

Grundsätzlich ist es dabei gleichgültig, ob es sich bei der betrachteten, attraktivierten Infrastruktur um Straßen oder um Schienen oder um andere Verkehrsinfrastrukturen handelt, wengleich sich in der Literatur die Sicht auf Straßen konzentrieren dürfte. Üblicherweise wird unter Attraktivierung die Ausweitung eines Verkehrsnetzes verstanden, sei es durch Einfügen eines Netzstranges in ein vorhandenes Netz oder sei es durch Erhöhung der Kapazität bestehender Netzteile etwa durch Hinzufügen weiterer Fahrstreifen, Gleise u.ä. an bestehende Netzstränge. Es kann sich im allgemeinsten Sinne aber auch um andere als technische (vor allem um ökonomische) Maßnahmen handeln, mit welchen die Attraktivität des Verkehrsangebotes verändert wird. Wird mit (etwa restriktiv-ökonomischen) Maßnahmen die Attraktivität von Verkehrsinfrastruktur gesenkt, so müßte es definitionsgemäß zu Neuverkehr mit negativem Vorzeichen, also zu einer Verkehrsreduktion gegenüber dem Ausgangszustand ohne die attraktivitätssenkende Maßnahme kommen.

Die Verwendung des Begriffes „Verkehr“ erlaubt allerdings noch keine klare Analyse, da er zu unscharf ist. Es ist für die Zwecke einer Klärung des Phänomens Neuverkehr unumgänglich notwendig, zwischen den beiden völlig unterschiedlichen Dimensionen

- Verkehrsaufkommen und
- Verkehrsleistung

zu unterscheiden. Wir wollen uns hier vereinbarungsgemäß auf den Personenverkehr beschränken. Daher hat das Verkehrsaufkommen hier die Dimension *Personenwege/Zeiteinheit*  $[PW/t]$ . Die Verkehrsleistung ist das Produkt aus Wegezanzahl (Verkehrsaufkommen) und durchschnittlicher Weglänge und hat daher die Dimension *Personenkilometer/Zeiteinheit*  $[P\text{-}km/t]$ . (Nebenbei sei bemerkt, daß sich bei Betrachtung des Güter-Neuverkehrs zwar durchaus gewisse Abweichungen, insgesamt aber doch starke Analogien zum hier behandelten Personen-Neuverkehr feststellen lassen.) Als „Personenweg“ wird die Ortsveränderung einer Person unabhängig vom benutzten Verkehrsmittel und unabhängig von der dabei zurückgelegten Weglänge definiert. „Personenweg“ ist die begriffliche Vereinigungsmenge von Fußweg und (mit einem Fahrzeug zurückgelegter) Fahrt.

Mit diesem bisher vereinbarten Begriffsglossar können wir eine erste Analyse von Verkehrsmengenwachstum einleiten. Zu diesem Zweck greifen wir zunächst drei unterschiedliche Positionen auf, die gegenüber Neuverkehr eingenommen werden:<sup>2)</sup>

- „(a) Verbesserungen des Straßennetzes haben *keine Verkehrszunahme* zur Folge.
- (b) Verbesserungen des Straßennetzes erhöhen die Attraktivität . . . des Straßenverkehrs. In erster Linie profitiert davon der motorisierte Individualverkehr sowie der motorisierte Straßengüterverkehr. Insgesamt führt das dazu, daß *Fahrten* von öffentlichen Verkehrsmitteln bzw. Fußwege und Radfahrten *substituiert* werden.
- (c) Verbesserungen des Straßennetzes führen durch diese Attraktivitätserhöhung nicht nur zu den in (b) beschriebenen Effekten, sondern auch zu *neuen Fahrten* und *Fahrtverlängerungen* im motorisierten Individualverkehr selbst.“

Neigt man Einstellung (c) zu und unterstellt man außerdem noch ein „allgemeines“ (durch keinerlei Infrastrukturveränderung bewirktes) Verkehrswachstum, so läßt sich eine Verkehrszunahme in einem genau zu definierenden Querschnitt  $q$  eines genau abzugrenzenden „Korridors“ zwischen einem Zeitpunkt  $t_0$  und einem Zeitpunkt  $t_1$  als Summe aus

- allgemeinem Verkehrswachstum,
- (räumlich und/oder modal) verlagertem Verkehr und
- Neuverkehr (im hier definierten Sinne)

interpretieren, wobei zu einem Zeitpunkt  $t_A$  (mit  $t_0 < t_A < t_1$ ) eine Angebotsattraktivierung realisiert wird. Allerdings ist dabei der in der Literatur üblicherweise verwendete Begriff

2) Arnold, T. et al.: Umweltwirkungen von Verkehrsbehinderungen und verkehrsflußfördernden Maßnahmen im Straßenverkehr. Studie des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der Technischen Universität Dresden im Auftrag des Amtes für Umweltschutz der Stadt Dresden, Dresden, 1995, S. 30. Die Aussagen beziehen sich dort nur auf attraktivitätsverändernde Maßnahmen im Bereich Straße, können aber zum Teil auch verallgemeinert werden.

„Korridor“ unscharf, und er wird daher häufig – wohl unbewußt – ziemlich willkürlich abgegrenzt. Dies sei mit Hilfe der Abbildungen 1, 2 und 3 nachstehend an einem Beispiel erläutert.

Abbildung 1 zeigt schematisch ein bestehendes Straßennetz  $S$  (durchgezogene Linien), eine bestehende Bahnlinie  $B$  (gestrichelte Linie) und Knotenpunkte  $i, j, k, l, m, n, o$ , die vereinfacht zugleich auch singuläre Verkehrserreger (Quellen und Senken) darstellen mögen. Zu einem Zeitpunkt  $t_A$  wird als infrastrukturelle Angebotsattraktivierung eine neue Straße  $N$  (Doppellinie) in Betrieb genommen. In Abbildung 2 werden nun schematisch die Entwicklungen des Personenverkehrsaufkommens  $P$  (*Personenwege/Zeiteinheit* =  $[PW/t]$ ) für unterschiedlich abgegrenzte Korridorquerschnitte (A) bis (E) zur Veranschaulichung aufeinander aufbauender Interpretationsstadien dargestellt. In Abbildung 3 wird ein möglicher Endzustand akkumulierter Verlagerungswirkungen graphisch dargestellt.

Abbildung 1: Schematische Prinzipskizze zur Veranschaulichung der Abgrenzungsschwierigkeiten beim Begriff „Korridor“

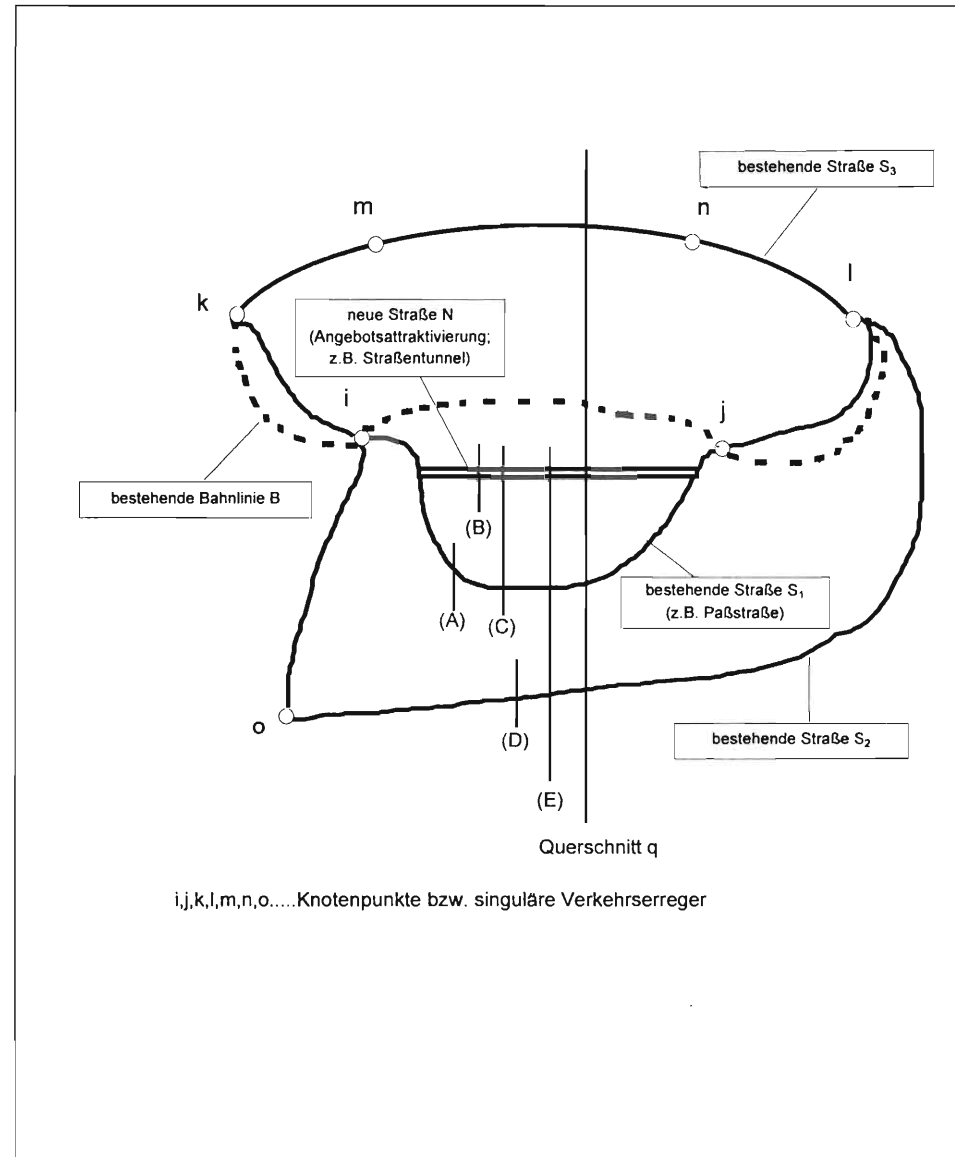
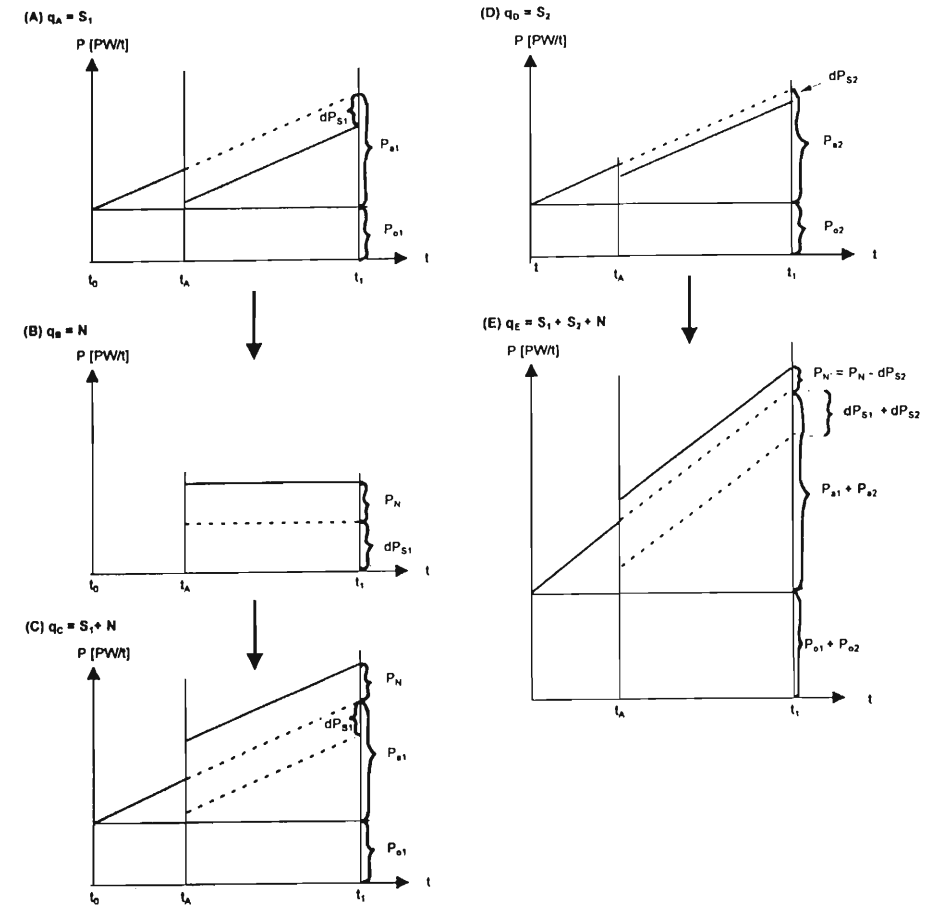


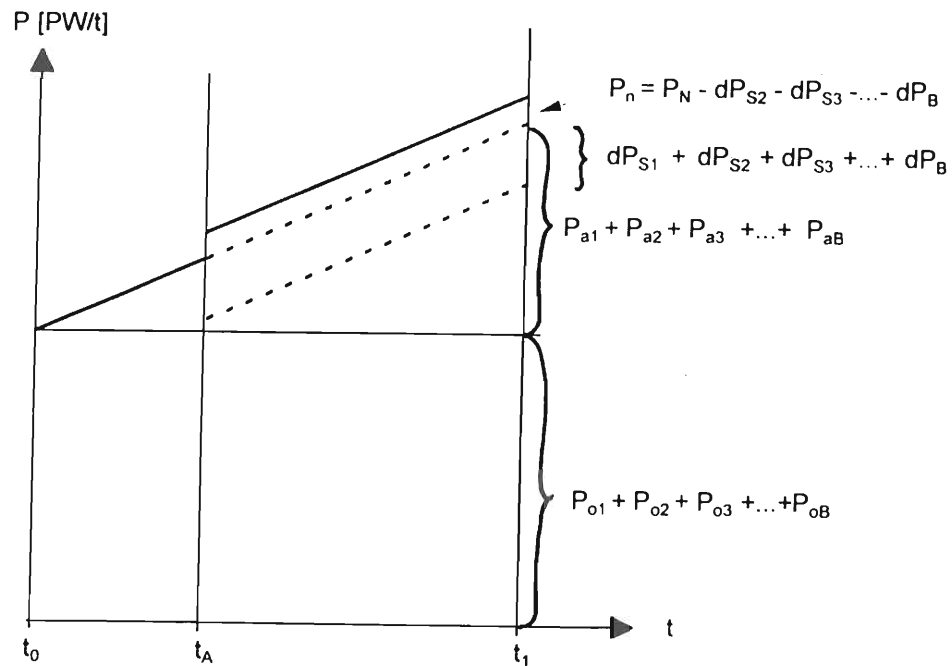
Abbildung 2: Schematische Darstellungen der Entwicklungen des Personenverkehrsaufkommens  $P$  [PW/t] für unterschiedlich abgegrenzte Korridore (A) bis (E) des Querschnitts q von Abbildung 1



Es bedeuten:

- $P_{01}, P_{02}$ : Basisbelastung von  $S_1$  bzw.  $S_2$
- $P_{a1}, P_{a2}$ : allgemeines Verkehrswachstum von  $S_1$  bzw.  $S_2$
- $dP_{S1}, dP_{S2}$ : Verkehrsverlagerung von  $S_1$  bzw.  $S_2$
- $P_N, P_N'$ : „Neuverkehr“ von N

Abbildung 3: Schematische Darstellung der Entwicklung des Personenverkehrsaufkommens  $P$  [PW/t] für einen ausgeweiteten „Korridorquerschnitt“  $q = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + B + N$  von Abbildung 1



Als erstes beschränken wir unsere Sichtweise auf einen Korridor (A), der nur die bestehende Straße  $S_1$  enthalten möge. Nach Inbetriebnahme der neuen Entlastungsstraße  $N$  kann man auf  $S_1$  die Entwicklung des Personenverkehrsaufkommens gemäß (A) registrieren. Analog kann man auch die Entwicklung des Personenverkehrsaufkommens auf der neuen Entlastungsstrecke  $N$  selbst gemäß (B) registrieren, die der Einfachheit halber im Zeitablauf als konstant angenommen wird. Nahezu alle uns bekannten Untersuchungen fokussieren und stützen ihre Aussagen auf Version (C), d. h., es findet nur eine Überlagerung von (A) und (B) zu (C) statt, in der eine bestehende Strecke  $S_1$  und ihre entlastende Neubaumaßnahme  $N$  zu einem „Korridorquerschnitt“ zusammengefaßt werden. In aller Regel wird dann  $P_N$  als „Neuverkehrsaufkommen“ bzw. noch einfacher als „Neuverkehr“ und der Quotient  $p_N = P_N : (P_{o1} + P_{a1})$  als „Neuverkehrsanteil“ bezeichnet. Überall schwirren so berechnete „Neuverkehrsprozentsätze“ herum. Wir wollen aber einen Schritt weiter in unseren Interpretationsphasen gehen und uns Teil (D) in Abbildung 2 zuwenden. Er zeigt einen möglichen Verlauf der Entwicklung des Personenverkehrsaufkommens im Korridor  $S_2$  vor und nach Realisierung von  $N$ . Teil (E) zeigt nun die Überlagerung von (C) und (D) bzw. von (A), (B) und (D). Dabei zeigt sich, daß ein ursprünglich als  $P_N$  interpretiertes Neuverkehrsaufkommen sich nun um ein vorher falsch als Neuverkehr gedeutetes, in Wirklichkeit aber von

$S_2$  verlagertes Aufkommen  $dP_{S2}$  verringert. Gleichzeitig hat sich die Basis (das, was im Nenner unseres Bruches stand) von  $P_{o1} + P_{a1}$  auf  $P_{o1} + P_{o2} + P_{a1} + P_{a2}$  erhöht, so daß sich der bei Einbeziehung von  $S_2$  korrigierte Neuverkehrsanteil  $p_{N'}$  von  $p_N = P_N : (P_{o1} + P_{a1})$  auf  $p_{N'} = (P_N - dP_{S2}) : (P_{o1} + P_{o2} + P_{a1} + P_{a2})$  reduziert. Bei Einbeziehung von  $S_2$  wird es überdies schon problematisch, noch von „Korridor“ zu sprechen. Völlig sinnlos wird dies, wenn wir nun noch einen Schritt weiter gehen und alle weiteren, nur denkbaren Verkehrsbeziehungen auf der Straße  $S_3, S_4, \dots$  und auch noch die Bahnlinie  $B$  als Konkurrenzstrecken aufassen, von denen bei Realisierung von  $N$  Verlagerungen zu  $N$  hin stattfinden. Dieser Endzustand ist in Abbildung 3 dargestellt, und man sieht, daß auf diese Weise das ursprünglich vermutete Neuverkehrsaufkommen  $P_N$  auf  $P_n = P_N - dP_{S2} - dP_{S3} - \dots - dP_B$  zusammenschmilzt und der endgültige „Neuverkehrsanteil“

$p_n = (P_N - dP_{S2} - dP_{S3} - \dots - dP_B) : (P_{o1} + P_{o2} + P_{o3} + \dots + P_{oB} + P_{a1} + P_{a2} + P_{a3} + \dots + P_{aB})$  asymptotisch gegen Null strebt, weil bei jeder neuen „Korridor“-Ausweitung der Zähler kleiner und der Nenner größer wird. Offensichtlich ist dieses „Korridor“-Konzept theoretisch sehr unbefriedigend, zumal wenn man sich auf eine Korridorbeschränkung gemäß (C) einläßt. Geradezu bedenklich wird dieses Konzept, wenn man damit etwa durch Neuverkehr bedingte zusätzliche Umweltbelastungen ermitteln will. Gerade eine solche Absicht ist aber sehr hilfreich, um das Konzept zu verbessern. Ein erster wichtiger Schritt dazu ist die *Abkehr vom Verkehrsaufkommen eines Korridorquerschnitts* und die *Hinwendung zu Verkehrsleistungen in einem Netz*.

Als Einstieg dazu wollen wir unter Heranziehung von Abbildung 1 zunächst alle denkbaren Verhaltensreaktionen eines Verkehrsteilnehmers auf die Realisierung der Attraktivitätssteigerung  $N$  (als Beispiel sei  $N$  hier eine neue Autobahn) auflisten:

**Effekt 1:** Ersatz von Zuhausebleiben durch eine Fahrt auf  $N$  (Neuverkehrsaufkommen)

Vor Inbetriebnahme von  $N$ : Zuhausebleiben (in  $i$ )  
Nach Inbetriebnahme von  $N$ : Fahrt mit dem Auto auf  $N$  von  $i$  nach  $j$

**Effekt 2:** Kleinräumige Routenverlagerung innerhalb desselben Modus

Vor Inbetriebnahme von  $N$ : Fahrt mit dem Auto von  $i$  nach  $j$  auf  $S_1$   
Nach Inbetriebnahme von  $N$ : Fahrt mit dem Auto auf  $N$  von  $i$  nach  $j$  (Unter den in Abbildung 1 dargestellten Bedingungen würde das eine negative Neuverkehrsleistung bedeuten, weil die Strecke auf  $N$  kürzer ist als auf  $S_1$ . Aufkommensmäßig ist im Querschnitt (C) diese Fahrt neuverkehrsneutral.)

**Effekt 3:** Fahrtverlängerung (Neuverkehrsleistung, meist kombiniert mit Effekt 2)

Vor Inbetriebnahme von  $N$ : Fahrt mit dem Auto von  $i$  nach  $j$  auf  $S_1$   
Nach Inbetriebnahme von  $N$ : Fahrt mit dem Auto von  $i$  nach  $l$  unter Benutzung von  $N$  (Diese Fahrt scheint im Korridor (C) nicht als Neuverkehr auf, wohl aber auf dem Straßenstück  $j-l$ .)

**Effekt 4:** Großräumige Routenverlagerung innerhalb desselben Modus (Dieser Effekt unterscheidet sich nur graduell vom Effekt 2, nicht prinzipiell. Er wird hier dennoch gesondert aufgelistet, da in aller Regel Effekt 2 in konkreten Fällen berücksichtigt, Effekt 4 hingegen nahezu ausnahmslos vernachlässigt und somit zwangsläufig als Neuverkehr interpretiert wird.)

*Vor* Inbetriebnahme von N: Fahrt mit dem Auto von k nach l über m und n auf S<sub>3</sub>

*Nach* Inbetriebnahme von N: Fahrt mit dem Auto von k nach l über i und j auf N

**Effekt 5:** Modale Verlagerung

*Vor* Inbetriebnahme von N: Fahrt mit der Eisenbahn von i nach j

*Nach* Inbetriebnahme von N: Fahrt mit dem Auto auf N von i nach j

**Effekt 6:** Zielverlagerung in eine andere Richtung mit demselben Modus

*Vor* Inbetriebnahme von N: Fahrt mit dem Auto von i nach k

*Nach* Inbetriebnahme von N: Fahrt mit dem Auto von i nach j auf N (Diese Fahrt erscheint im Korridor (C) als Neuverkehrsaufkommen, auf dem Straßenstück i - k als negatives Neuverkehrsaufkommen. Sind die Strecken i - k und i - j über N gleich lang, ist diese Reaktion leistungsmäßig neuverkehneutral.)

Diese Effekte können sich teilweise überlagern. Nur die Effekte 1 und 3 sind als echte Neuverkehrseffekte anzusehen. Sie müssen überdies mit den Effekten 2 und allenfalls 4 saldiert werden. Effekt 1 dürfte nach den gängigen Vermutungen über die ziemlich konstante Wegeanzahl je Person und Tag (Mobilitätsrate) vernachlässigbar bzw. kaum nachweisbar sein. Die Effekte 3 und 6 sind einander ähnlich: In beiden Fällen handelt es sich um eine veränderte Zielwahl. Sie unterscheiden sich nicht prinzipiell, sondern graduell: Bei Effekt 3 wird eine bekannte Route über das ursprüngliche Ziel hinaus zu einem neuen Ziel verlängert, bei Effekt 6 wird eine bekannte Route gänzlich aufgegeben und statt dessen eine ganz andere gewählt (die auch kürzer sein kann als die ursprüngliche).

Nach Erörterung dieser möglichen Einzelreaktionen von Verkehrsteilnehmern auf eine Angebotsattraktivierung läßt sich die verbale Definition von Neuverkehr (ab nun ausschließlich in der Dimension Neuverkehrsleistung betrachtet) vom Anfang dieses Kapitels mathematisch konkretisieren: Bezeichnet man in einem räumlich abgegrenzten Gebiet mit  $V_A$  die Verkehrsleistung aller (von Quellen i nach Zielen j führenden) Verkehrsbeziehungen f mit der jeweiligen Streckenlänge L, die nach Realisierung einer Angebotsattraktivierung irgendwo in ihrem Verlauf diese Angebotsattraktivierung benutzen ( $n_A$  = Anzahl dieser Verkehrsbeziehungen), und mit  $V_0$  die Verkehrsleistung aller vorher statt dessen realisierten Verkehrsbeziehungen (von möglicherweise zum Teil anderen Quellen zu möglicherweise zum Teil anderen Zielen;  $n_0$  = Anzahl dieser Verkehrsbeziehungen), so ist die Neuverkehrsleistung  $V_n$  definiert durch:

$$V_n = V_A - V_0$$

und der Neuverkehrsanteil  $v_n$  in % durch:

$$v_n = 100 \cdot \frac{V_A - V_0}{V_0} \quad [\%] \quad (1)$$

Darin sind:

$$V_A = \sum_{k_A=1}^{n_A} f_{k_A} \cdot L_{k_A} \quad [\text{P-km/t}]$$

$$V_0 = \sum_{k_0=1}^{n_0} f_{k_0} \cdot L_{k_0} \quad [\text{P-km/t}]$$

Wenn man sich nur für die Absolutgröße des Neuverkehrs ( $V_n$ ) und nicht für den Prozentsatz  $v_n$  interessiert, so ist es empirisch viel einfacher, sowohl zu  $V_A$  als auch zu  $V_0$  noch eine konstante (aber im allgemeinen unbekannt) Größe  $V_C$  hinzuzufügen dergestalt, daß  $V_A + V_C$  die gesamte in einem Verkehrssystem nach Angebotsattraktivierung feststellbare Verkehrsleistung darstellt (also nicht nur die jener Verkehrsbeziehungen, welche über N gehen) und analog  $V_0 + V_C$  die gesamte Verkehrsleistung im selben System vor Angebotsattraktivierung. Bei Anteilsangaben ( $v_n$ ) ist dies allerdings (analog wie bei der Korridorbetrachtung) irreführend, da dann der Anteil mit zunehmender Systemausweitung (repräsentiert durch  $V_C$ ) asymptotisch gegen Null geht. (Vorsicht vor dem Prozenttrick: Man kann durch Systemausweitung jeden beliebig kleinen Prozentsatz erzeugen, allerdings auch durch Systemeinengung den Prozentsatz aufbauschen.)

Es empfiehlt sich wegen der in aller Regel mit Neuverkehrsermittlungen verbundenen Wirkungsabschätzungen (z.B. Energieverbrauch, Reisezeiten, Schadstoffmengen etc.), von vornherein eine modale Disaggregation vorzusehen, wobei  $V_A$  definitionsgemäß stets nur den Modus enthalten kann, dem die Angebotsattraktivierung zugute kommt;  $V_0$  kann (und wird wohl in der Regel) auch andere Modi umfassen.

Es ist evident, daß die so getroffene Definition von Neuverkehrsleistung in der konkreten empirischen Umsetzung sehr viel größere Schwierigkeiten bereitet als eine schlichte korridorspezifische Definition von Neuverkehrsaufkommen. Dennoch erscheint es unerlässlich, ein theoretisch korrektes, widerspruchsfreies und plausibles Definitionskonzept aufzubauen, auch wenn es sich empirisch nicht gänzlich füllen läßt, damit man die lückenhafte Empirie durch sinnvolle, diesem Konzept entsprechende Annahmen ergänzen kann.

Der Definition liegt folgende (fiktive) experimentelle Vorstellung zugrunde: Nach Inbetriebnahme einer Angebotsattraktivierung wird in einer bestimmten Zeitspanne jeder Verkehrsteilnehmer auf dem attraktivierten Netzstrang nach Quelle und Ziel seiner Fahrt befragt: Damit wird die sogenannte „Verkehrsspinne“ rekonstruiert, und auch durchschnittliche Weglängen lassen sich so ermitteln, insgesamt also  $V_A$ . (Daraus folgt, daß streng genommen erst *nach* Erhebung der Verkehrsspinne eine problemadäquate Raumabgrenzung möglich wird.) Danach wird die Angebotsattraktivierung wieder rückgängig gemacht, und nun wird erhoben, welche Wegemuster die die ehemalige Angebotsattraktivierung nutzenden Verkehrsteilnehmer bei Wegfall derselben statt dessen realisieren, womit sich (modal differenziert,  $m$  = Anzahl der Modi)

$$V_0 = \sum_{e=1}^m V_{0,e}$$

und damit auch  $V_n = V_A - V_0$  ermitteln ließe.

### 3. Die zwei „Kulturen“ zum Thema Neuverkehr und ihre Abstammung

Schon zu Beginn der Einleitung (Kapitel 1) wurde festgestellt, daß das Thema Neuverkehr die am Transportwesen interessierte Gesellschaft in zwei unversöhnliche Lager zu spalten droht. Diese Spaltung hängt mit den massiv unterschiedlichen Interessenlagen der beiden Lager zusammen und ist dadurch gut erklärbar. Weit weniger bewußt und bekannt dürfte allerdings sein, daß diese beiden Interessenlagen die jeweilige „wissenschaftliche“ Rechtfertigung ihrer Interessen aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen beziehen, die beide für das Verkehrswesen von größter Bedeutung sind, aber unterschiedliche „Kulturen“ bzw. Weltbilder repräsentieren und leider auch nicht allzuviel klärenden Gedankenaustausch miteinander pflegen, zumal sie in den meisten Fällen an unterschiedlichen Universitäten beheimatet sind. Es handelt sich einerseits um das Verkehrsingenieurwesen und andererseits um die Verkehrsökonomie. (Nicht selten reklamiert letztere die recht umfassende Bezeichnung „Verkehrswissenschaft“ ausschließlich für sich.)

Das *Weltbild der Verkehrsingenieure* dürfte bezüglich Neuverkehr vorwiegend durch folgende Merkmale eingerahmt sein:

- Verkehrsingenieure denken als Infrastrukturgestalter immer in ganz konkreten Verkehrsnetzen und Raumbezügen.
- (Ordentliche) Verkehrsingenieure arbeiten von vornherein stets mit genau definierten und spezifizierten Dimensionsangaben (z. B. Personenkilometer je Zeiteinheit in einem definierten Raumbezug).
- Verkehrsingenieure (klassischer Tradition) halten erhobene Quelle-Ziel-Beziehungen für objektive, feste Daten, die sich nur bei Änderung von Art und Umfang der Flächennutzung ändern. Eine Änderung darüber hinaus wird als empirisch nicht abgesichert und daher als mehr oder weniger willkürliche Manipulation oder Spekulation angesehen.

- Ein in Erhebungen, Befragungen bzw. Verkehrszählungen festgestelltes Raumüberwindungsmuster (d. h. die Zuordnung von Quellen und Zielen von Ortsveränderungen, also die Verflechtungsmatrix der Verkehrsbeziehungen) wird daher nur in Abhängigkeit von veränderten Flächennutzungen variiert, *nicht aber in Abhängigkeit von Veränderungen der Verkehrsinfrastruktur*. (Allenfalls wird durch Veränderung der Verkehrsinfrastruktur die Verkehrsmittelwahl bei gleicher Quelle und gleichem Ziel verändert.)

Mit diesem Weltbild lassen sich nur die Effekte 2, 4 und allenfalls 5 der in Kapitel 2 genannten Reaktionsmöglichkeiten der Verkehrsteilnehmer auf Attraktivitätsveränderungen im Verkehrsangebot behandeln, die Effekte 1, 3 und 6 haben in diesem Weltbild keinen Platz.

Das *Weltbild der Verkehrsökonomien* dürfte bezüglich Neuverkehr dagegen vorwiegend von folgenden Prämissen geprägt sein:

- Im allgemeinen fehlt der direkte Bezug zu einem konkreten Verkehrsnetz und zur detaillierten raumbezogenen Flächennutzung. Allenfalls werden symbolische Korridore als vereinfachte Aggregationen von Verkehrsnetzen gebildet.
- Im allgemeinen fehlt zunächst eine konkrete Dimensionsangabe. Vielmehr ist da meist von „Verkehrsnachfrage“ und „generalisierten Kosten“ die Rede.
- Für Verkehrsökonomien ist „Verkehr“ ein Konsumgut wie jedes andere, dessen Nachfragemenge über eine „Nachfragefunktion“ (d. h. über eine Abhängigkeit zu Kosten oder Preisen) grundsätzlich steuerbar ist. Diese Nachfragefunktion ist allerdings überwiegend eher als abstraktes Denkmodell denn als konkret umsetzbare Handlungsanleitung zu verstehen.
- Ein in Erhebungen, Befragungen bzw. Verkehrszählungen festgestelltes Raumüberwindungsmuster wird daher zwar als nützliche und notwendige Ausgangsinformation, aber nicht als fix angesehen; *es reagiert hingegen elastisch auf attraktivitätsverändernde Variationen des Verkehrsangebotes*, also auch seiner Infrastruktur. Die exakte räumliche Zuordnung dieser Veränderungen zu bestimmten Netzteilen ist in der Regel nicht Gegenstand verkehrsökonomischer Überlegungen.

Mit diesem Weltbild lassen sich zwar theoretisch alle der im Kapitel 2 genannten neuverkehrsrelevanten Reaktionsmöglichkeiten der Verkehrsteilnehmer erklären, eine konkrete empirische Absicherung des abstrakten Modells der Nachfragefunktion und dementsprechend ihre praktische Umsetzung in veränderte Verkehrsbelastungen einzelner Netzabschnitte eines betrachteten Verkehrsnetzes stoßen allerdings auf große Schwierigkeiten.

Es wird Aufgabe der Verkehrswissenschaft sein, diese beiden Weltbilder künftig so zu kombinieren, daß die positiven Aspekte der Modellvorstellungen synergetisch zusammenwirken und ihre negativen Aspekte gemildert oder gar beseitigt werden. Die vorliegende Abhandlung soll einen kleinen Baustein dazu liefern.

Etwas vereinfacht ausgedrückt, bedeutet dies, einerseits die Starrheit der Quelle-Ziel-Verflechtungsmatrix im Weltbild der Verkehrsingenieure aufzugeben und somit die Zuordnung von Quellen zu Zielen *elastisch* auf Attraktivitätsänderungen der Verkehrsinfrastruktur reagieren zu lassen und andererseits die den meisten Verkehrsökonomien eigene Beschränkung auf abstrakte Nachfragefunktionen zu beseitigen und die Nachfrageelastizitäten in konkreten Belastungsänderungen von Streckenabschnitten in Verkehrsnetzen manifest werden zu lassen.

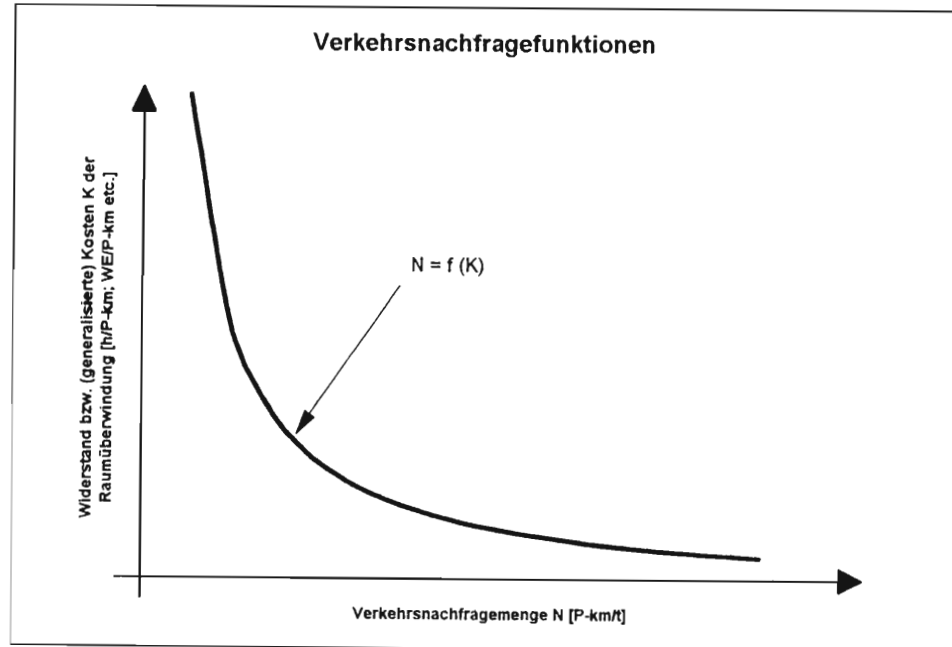
#### 4. Das Konzept von Elastizitäten

Dazu muß allerdings das ökonomische Konzept der Elastizitäten, mit dem im Verkehrswesen ziemlich viel Schindluder getrieben wird, zunächst einmal etwas grundsätzlicher unter die Lupe genommen werden. Dies soll nun nachfolgend – stets mit dem Blick auf das Thema des infrastrukturbedingten Neuverkehrs – geschehen.

##### 4.1 Die Verkehrsnachfragefunktion

Der Grundbaustein hierfür ist die schon erwähnte Verkehrsnachfragefunktion, also die Abhängigkeit der Verkehrsnachfragemenge  $N$  von der Attraktivität des Verkehrsangebotes oder – komplementär ausgedrückt – von den (generalisierten) Kosten  $K$  (Terminologie der Verkehrsökonomien) bzw. Widerständen (Terminologie der Verkehrsingenieure) der Raumüberwindung. Mit Blick auf die Argumentationen von Kapitel 2 wird hier als Verkehrsnachfragemenge stets die Dimension „Personenkilometer je Zeiteinheit“ [P-km/t] verstanden; als Kosten seien „Währungseinheiten je Personenkilometer“ [WE/P-km] oder auch physische Ressourcenverbräuche je Personenkilometer (z. B. Zeitbedarf in Stunden [h] je Personenkilometer [h/P-km]) bzw. auch mit Preisen gewichtete Linearkombinationen bestimmter Ressourcenverbräuche („generalisierte Kosten“) je Personenkilometer verstanden. Im Hinblick auf *infrastrukturbedingten* Neuverkehr sei schon hier festgehalten, daß aus der Sicht des Verkehrsteilnehmers in der Regel die Ressource Zeit die dominanteste Entscheidungsvariable ist. Graphisch stellt sich die Verkehrsnachfragefunktion gemäß Abbildung 4 dar.

Abbildung 4: Grundkonzept der Verkehrsnachfragefunktion



Diese Abbildung entspricht den Darstellungssusancen der Ökonomen, die (aus unerfindlichen Gründen) die abhängige Variable  $N$  als Abszisse und die unabhängige Variable  $K$  als Ordinate auftragen. (Kein Naturwissenschaftler oder Ingenieur käme auf diese Idee. Aber bei den Ökonomen hat sich diese Darstellung so fest eingebürgert, daß man sie wohl beibehalten muß, wenn man Verwirrung vermeiden will.)

Mit dieser Darstellung wird der ökonomische Grundgedanke evident, der für jedes Konsumgut gilt: Je mehr den Konsumenten (*unter sonst gleichen Bedingungen!*) das begehrte Konsumgut pro Mengeneinheit kostet, je höher also der Preis des Konsumgutes ist, desto weniger wird innerhalb ein und derselben Zeiteinheit dieses Konsumgut nachgefragt werden. Mathematisch ausgedrückt bedeutet dies, daß es sich bei der Verkehrsnachfragefunktion um eine *monoton fallende Funktion* handelt. Damit ist aber offenbar auch schon fast das einzige konsensfähige Charakteristikum von Verkehrsnachfragefunktionen erschöpfend beschrieben, denn weitergehende und empirisch gesicherte Spezifikationen der konkreten Form dieser Funktionen sind für den Bereich der Verkehrsnachfrage so gut wie nirgends dokumentiert. Die genaue Form dieser Funktion bleibt also in aller Regel im Dunkeln. Aus didaktischen Gründen und aus Praktikabilitätsabwägungen erweisen sich allerdings zwei mögliche Spezialfälle als hervorhebenswert, nämlich

– der lineare Ansatz

$$N = a + b \cdot K \quad (2)$$

– und der Potenz-Ansatz

$$N = c \cdot K^\varepsilon, \quad (3)$$

wobei wegen der geforderten Eigenschaft fallender Monotonie  $b$  bzw.  $\varepsilon$  negativ sein muß. ( $a$ ,  $b$ ,  $c$  und  $\varepsilon$  wären empirisch zu ermittelnde Größen.)

##### 4.2 Der Elastizitätsbegriff der Ökonomie

An dieser Stelle ist nun der ökonomische Begriff der *Elastizität* einzubringen. Er ist bekanntlich definiert als Quotient aus der *relativen* Änderung einer Wirkungsgröße und der *relativen* Änderung einer vermuteten oder tatsächlichen verursachenden Größe. So gibt etwa die für infrastrukturbedingten Neuverkehr relevante Zeitelastizität  $\varepsilon_T$  der Verkehrsnachfrage [in P-km] an, um wieviel Prozent sich die Verkehrsleistung  $N$  ändert, wenn sich die Raumüberwindungszeit  $T$  um 1% ändert. Mathematisch ausgedrückt bedeutet dies:

$$\varepsilon_T = \frac{\frac{N_1 - N_0}{N_0}}{\frac{T_1 - T_0}{T_0}} \quad (4)$$

Dabei bezeichnet der Index 0 einen Ausgangszustand und der Index 1 einen durch eine infrastrukturelle Attraktivitätssteigerung (Zeitverkürzung) veränderten Zustand.

Geht man von der Betrachtung endlicher Differenzen zur Betrachtung infinitesimaler Differentiale über, so ergibt sich aus Gleichung (4) die Form:

$$\varepsilon_T = \frac{dN}{dT} \cdot \frac{T}{N} \quad (5)$$

#### 4.3 Vorzüge und Gefahren der Verwendung von Elastizitäten

Der ökonomische Begriff der Elastizität hat zwei verführerische Vorzüge, die ihm eine ungeheure Popularität eingetragen haben:

- Da Elastizitäten Verhältnisse von *relativen* Änderungen zweier Variablen und somit dimensionslos sind, kann man sich leicht um konkrete Dimensionsangaben herumdrücken und den „Prozenttrick“ anwenden, d.h., man arbeitet mit dem Verhältnis von prozentualen Veränderungen, ohne daß stets bewußt und bekannt sein muß, wie die 100% des Zählers und des Nenners genau definiert sind.
- Elastizitäten sind ein sehr anschauliches und eingängiges, aber zugleich ziemlich *abstraktes* Denkmodell, das empirisch schwierig zu verifizieren ist und daher bei konkreten Anwendungsfällen angenehme Grauzonen als Ermessensspielräume beläßt, die dann je nach Bedarf ideologisch passend ausgereizt werden können.

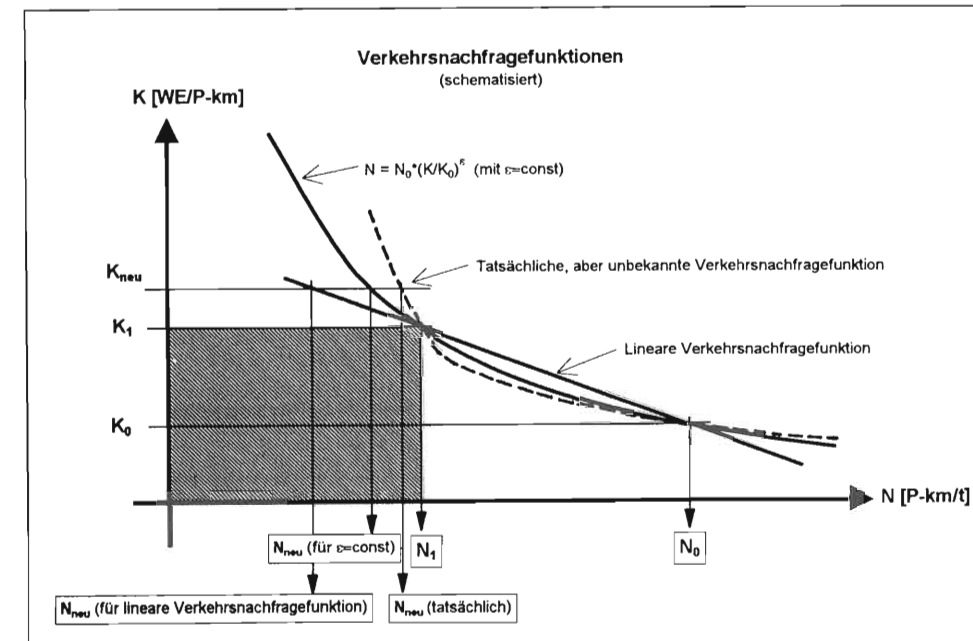
Diese handlichen Vorteile der Elastizität überdecken aber schwerwiegende Pferdefüße, denen ihre Verwendung unterliegt. Im Hinblick auf infrastrukturbedingten Neuverkehr und auf dessen höchst sensible Positionierung im Interessengeflecht dürfen die Pferdefüße jedoch nicht unter den Teppich gekehrt werden, zumal dann nicht, wenn etwa für die Zeitelastizität  $\varepsilon_T$  konkrete Zahlenwerte (z. B.  $\varepsilon_T = -0,3$ ) genannt werden.

Zunächst der wichtigste Pferdefuß: Aus Gleichung (5) kann unmittelbar durch Transformation und anschließende Integration abgeleitet werden, daß  $\varepsilon$  gemäß Gleichung (3) eine solche Elastizität darstellt und daß die Nachfragefunktion des Potenz-Ansatzes gemäß (3) die einzige mathematische Form ist, für die  $\varepsilon$  über den gesamten Verlauf der Verkehrsnachfragefunktion konstant ist. Das heißt aber, für jeden anderen Funktionsverlauf ist die Elastizität davon abhängig, in welchem Bereich der unabhängigen Variablen man sich befindet. Das heißt aber auch, daß die Angabe einer festen Zahl (etwa  $\varepsilon_T = -0,3$ ) und deren unbekümmerte, rein rechnerische Verwertung stets diese Kurvenform unterstellen muß. Und auch wenn Spielräume angegeben werden (etwa  $\varepsilon_T = -0,2$  bis  $-0,5$ ), so nützt diese Angabe nur dann etwas, wenn dazu angegeben wird, für welchen Bereich der Einflußgröße T die untere und für welchen die obere Schranke gelten soll. Selbst für die mathematisch einfachste, nämlich die lineare Form gemäß Gleichung (2) ist  $\varepsilon$  schon von T (bzw. K) abhängig, wie man leicht zeigen kann:

$$\varepsilon_T = \frac{dN}{dT} \cdot \frac{T}{N} = \frac{b \cdot T}{a + b \cdot T}$$

Außerdem ist zu beachten, wie es überhaupt zu empirischen Angaben kommt. Im günstigsten Falle können auf der Verkehrsnachfragefunktion durch näherungsweise Herstellung von „Ceteris-paribus-Bedingungen“ zwei Punkte gefunden werden. Diese zwei Punkte ohne Kenntnis des eigentlichen Funktionsverlaufes zu einer Elastizität zu verknüpfen und diese Elastizität dann überdies auch noch extrapolierend zur Abschätzung von Maßnahmenwirkungen zu verwenden, kann zu völlig falschen Schlüssen führen, wie Abbildung 5 zeigt, wo verallgemeinernd statt der Raumüberwindungszeit T die Benutzerkosten K als unabhängige Variable eingesetzt werden.

Abbildung 5: Extrapolation von Verkehrsnachfrage mit Hilfe von Elastizitätsangaben ( $K_0, N_0; K_1, N_1 \dots$  „gemessene“ Werte;  $K_{\text{neu}} \dots$  Kosten einer beabsichtigten Maßnahme für den Benutzer,  $N_{\text{neu}} \dots$  geschätzte Verkehrsnachfragemengenwirkung von  $K_{\text{neu}}$ )



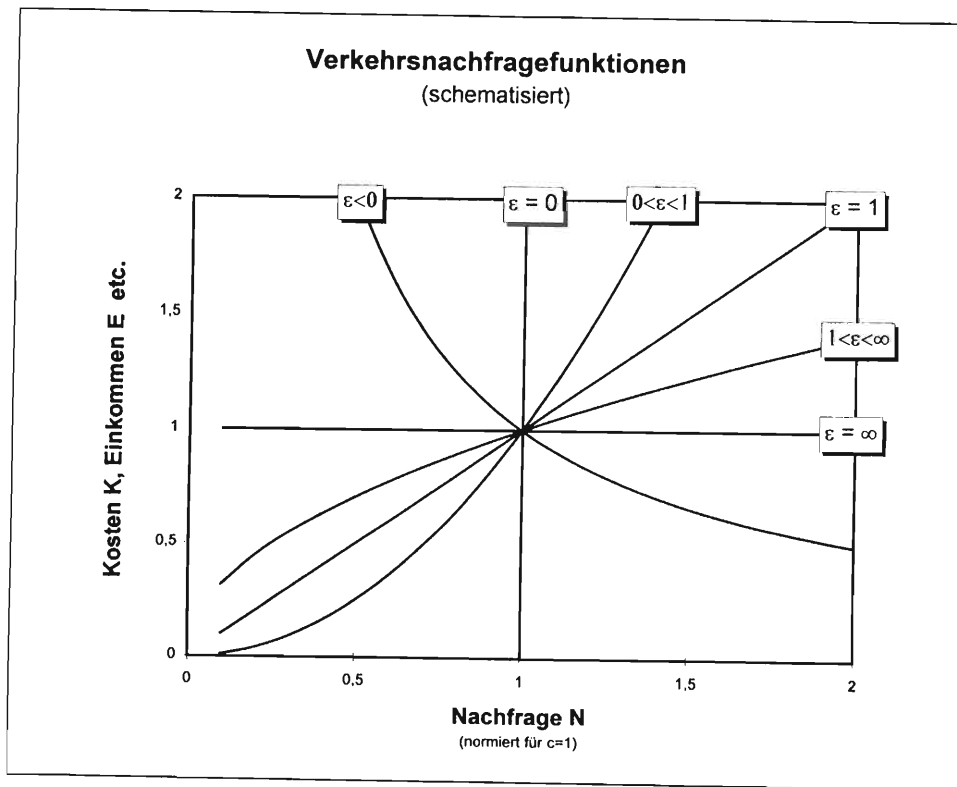
Aus didaktischen und rechentechnischen Erwägungen sowie infolge des überwiegenden Fehlens näherer Spezifikationen bei Elastizitätsangaben in der Literatur werden sich die weiteren Überlegungen und Beispielsrechnungen (siehe Kapitel 5) ausschließlich auf den Potenz-Ansatz gemäß Gleichung (3) beschränken.



## 4.4 Zusammenhang von Verkehrsnachfragefunktionen und Elastizitäten

Zuvor soll noch eine kurze Erörterung des Zusammenhanges von Verkehrsnachfragefunktionen und Zahlenbereichen für Elastizitäten  $\epsilon$  erfolgen, was anhand von Abbildung 6 veranschaulicht wird.

Abbildung 6: Verläufe von Verkehrsnachfragefunktionen der Form  $N = c \cdot K^\epsilon$  oder  $N = c \cdot E^\epsilon$  in Abhängigkeit von der Größe von  $\epsilon$  (K ... z.B. Kosten, E ... z.B. Einkommen)



Ein  $\epsilon = 0$  bedeutet, daß kein Zusammenhang zwischen der Nachfrage  $N$  und der vermuteten Einflußgröße besteht. Ein  $\epsilon > 0$  bedeutet, daß mit zunehmender Einflußgröße (z.B. Einkommen  $E$ ) auch die Verkehrsnachfragemenge zunimmt; ein  $\epsilon > 1$  bedeutet, daß die Verkehrsnachfragemenge überproportional mit zunehmender Einflußgröße wächst. Ein  $\epsilon < 0$  bedeutet, daß mit zunehmender Einflußgröße (z.B. Kosten  $K$  der Raumüberwindung) die Verkehrsnachfragemenge abnimmt; ein  $\epsilon < -1$  bedeutet, daß mit zunehmender Einflußgröße die Verkehrsnachfragemenge „überproportional“ abnimmt.

## 4.5 Zusammenwirken mehrerer Einflußgrößen

Bisher haben wir jeweils nur eine einzige Einflußgröße betrachtet. Die außerordentliche Schwierigkeit beim Einsatz praktischer Empirie besteht nun aber gerade darin, daß stets mehrere Einflußgrößen zugleich auf die Verkehrsnachfragemenge einwirken. Mathematisch läßt sich dies unter Verwendung des Grundansatzes (3) mit konstanten Elastizitäten zum Beispiel wie folgt formalisieren:

$$N = N_0 \cdot \left( \frac{E}{E_0} \right)^{\epsilon_E} \cdot \left( \frac{K}{K_0} \right)^{\epsilon_K} \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\epsilon_T} \quad (6)$$

Hierin bedeuten:

- $E_0$ : Einkommen (etwa der privaten Haushalte) im Ausgangszustand
- $K_0$ : Wahrgenommene Out-of-pocket-Kosten im Ausgangszustand
- $T_0$ : Reisezeit im Ausgangszustand
- $N_0$ : Verkehrsnachfragemenge im Ausgangszustand
- $E, K, T, N$ : entsprechende Größen in einem veränderten Zustand
- $\epsilon_E$ : Einkommenselastizität der Verkehrsnachfrage
- $\epsilon_K$ : Out-of-pocket-Kosten-Elastizität der Verkehrsnachfrage
- $\epsilon_T$ : Zeitelastizität der Verkehrsnachfrage

Verfolgt man das Konzept der „generalisierten Kosten“, so wäre Gleichung (6) wie folgt abzuändern:

$$N = N_0 \cdot \left( \frac{E}{E_0} \right)^{\epsilon_E} \cdot \left( \frac{K + p_T \cdot T}{K_0 + p_T \cdot T_0} \right)^{\epsilon_{Kg}} \quad (7)$$

Darin wäre  $p_T$  das monetäre Wertäquivalent der Reisezeiteinheit [WE/h] und  $\epsilon_{Kg}$  die generalisierte-Kosten-Elastizität der Verkehrsnachfrage.

## 4.6 Konkurrenzberücksichtigung durch „Kreuzelastizitäten“

Bislang haben wir unterstellt, daß es nur ein Konsumgut „Verkehr“ gibt. Sehr oft haben wir aber im Bereiche des Verkehrs miteinander konkurrierende Verkehrsangebote, z.B. im Personenfernverkehr neben einem betrachteten Konsumgut „Verkehr mit Personenkraftwagen“ ein anderes Konsumgut „Verkehr mit der Bahn“. Dabei stellt sich die Frage, wie die Veränderung einer Einflußgröße in einem Konsumbereich die Nachfrage im anderen Konsumbereich verändert. Eine derartige Abschätzung kann bekanntlich mit „Kreuzelastizitäten“ ( $\epsilon$ ) erfolgen. Sie haben plausiblerweise stets das entgegengesetzte Vorzeichen der zugehörigen „direkten“ Elastizitäten ( $\epsilon$ ).

Nimmt man zwei Konkurrenzsysteme (zum Beispiel Pkw [Index P] und Bahn [Index B]) an, so würde sich Gleichung (6) wie folgt ausweiten:

$$N_P = N_{P,0} \cdot \left(\frac{E}{E_0}\right)^{\varepsilon_E} \cdot \left(\frac{K_P}{K_{P,0}}\right)^{\varepsilon_{K,P}} \cdot \left(\frac{T_P}{T_{P,0}}\right)^{\varepsilon_{T,P}} \cdot \left(\frac{K_B}{K_{B,0}}\right)^{\varepsilon_{K,B}} \cdot \left(\frac{T_B}{T_{B,0}}\right)^{\varepsilon_{T,B}} \quad (8)$$

Die Kreuzelastizitäten werden hier mit dem Buchstaben „e“ bezeichnet. Die Kreuzelastizität  $\varepsilon_{K,B}$  wäre also die prozentuale Veränderung der Verkehrsnachfragemenge mit Pkw bei relativer Veränderung der Out-of-pocket-Kosten der Bahn um 1%, analog dazu  $\varepsilon_{T,B}$  die prozentuale Veränderung der Verkehrsnachfragemenge mit Pkw bei relativer Reisezeitveränderung der Bahn um 1%.

#### 4.7 „Gesetz vom konstanten Reisezeitbudget“

Im Zusammenhang mit dem Elastizitätenkonzept ist an dieser Stelle unbedingt das sich zunehmender Beliebtheit erfreuende vermutete „Gesetz vom konstanten Reisezeitbudget“ zu erörtern. Es besagt kurzgefaßt folgendes: Zeitersparnisse, die durch ein verbessertes Verkehrssystem (und das heißt etwa auch durch Ausbau von Verkehrsinfrastruktur) ermöglicht werden, indem der Zeitaufwand zur Zurücklegung einer Strecke zwischen einer festen Quelle und einem festen Ziel gesenkt wird, werden wiederum (durch neue oder längere Wege) vollumfänglich in das verbesserte Verkehrssystem reinvestiert; zu einer echten Einsparung von Mobilitätszeit kommt es demzufolge nicht. (Wie dieses Phänomen – falls es denn zuträfe – zu werten sei, wird hier nicht erörtert.)

Man kann nun anhand von Formel (8) zeigen, was dieses Gesetz ökonomisch bedeuten würde:

- Sämtliche Elastizitäten und Kreuzelastizitäten von Gleichung (8) außer der direkten Zeitelastizität und der Kreuzzeitelastizität müßten exakt Null sein. Die Gesamtverkehrsnachfragemenge hinge ausschließlich von Reisezeiten ab.
- Die Verkehrsnachfragefunktion müßte die Form des Potenz-Ansatzes gemäß Formel (3) aufweisen. Auch ein Ansatz über generalisierte Kosten gemäß Gleichung (7) wäre auszuschließen.
- Beschränkt man sich vereinfachend auf den Fall nur eines Verkehrssystems (d. h. existieren keine Kreuzzeitelastizitäten), so müßte die Zeitelastizität  $\varepsilon_T$  der Verkehrsnachfrage genau den Wert -1 annehmen, da dann und nur dann die gesamte im System zugebrachte Mobilitätszeit  $N_0 \cdot T_0 = N_1 \cdot T_1 = N \cdot T = const$  ist (schraffierte Fläche in Abbildung 5, dort mit K statt T).

Es ist ziemlich einleuchtend, daß es sehr unwahrscheinlich ist, daß diese drei Bedingungen in der Realität zutreffen. Vielmehr könnte dieses „Gesetz“ eingeschränkt als Arbeitshypothese brauchbar sein, wenn man *Ceteris-paribus-Bedingungen für alle anderen Einflußgrößen* (außer der Reisezeit) fordert und wenn sich die Reisezeitveränderungen in bescheidenen Größenordnungen halten.

#### 4.8 Zeitphasen von verkehrsrelevanten Elastizitäten

Abschließend zu diesem Kapitel über Elastizitäten ist noch ein Aspekt anzusprechen, nämlich der des *Zeitphasenverlaufes* von Elastizitäten. Im allgemeinen unterscheidet man im Hinblick auf infrastrukturbedingte Zeit- und Kostenelastizitäten drei Phasen:

- Kurzfristphase: In diese Phase fällt der sogenannte „Attraktionsverkehr“<sup>3)</sup>, also jene Verkehrsnachfrage, die unmittelbar nach Freigabe einer neuen Verkehrsinfrastruktur durch Neugier von Verkehrsteilnehmern entsteht, die den neuen Streckenabschnitt besichtigen und bewundern wollen. Diese Kurzfristphase ist nicht Gegenstand dieses Beitrages.
- Stabile Phase: Gleichgewichtsphase, die sich nach der Kurzfristphase einspielt. Dieser gilt das Hauptaugenmerk dieses Beitrages.
- Langfristphase: Überlagerung der Gleichgewichtsphase durch siedlungsstrukturelle Veränderungen (im Umfeld der neuen Infrastruktur), die durch diese attraktivere Verkehrsinfrastruktur mit ermöglicht werden. Diese Phase wird im Fallbeispiel (Kapitel 5) insofern indirekt in einer zeitlichen Längsschnittbetrachtung mitberücksichtigt, als diese veränderten Siedlungsstrukturen auch Folgen zunehmender realer Haushaltseinkommen sind, die empirisch einbezogen werden.

#### 4.9 Überblick über die Empirie-Probleme

Insgesamt ist man bei Einsatz des Elastizitäten-Konzeptes in konkreten Anwendungsfällen für die Abschätzung von infrastrukturbedingtem Neuverkehr mit drei fundamentalen Problembereichen konfrontiert, nämlich mit den folgenden:

- Problem einer einerseits handhabbaren und andererseits sachlich vertretbaren Raumabgrenzung (erörtert in Kapitel 2).
- Problem der nie vollständig herstellbaren *Ceteris-paribus*-Bedingungen im Mit-Fall und im Ohne-Fall: Vor allem bei zeitlichen Längsschnittanalysen überlagern sich mit zunehmendem Zeitabstand von einer singulären Attraktivitätssteigerung der Verkehrsinfrastruktur viele Ursachenkomplexe zu „Neuverkehr“.
- Problem der Kausalitätszuweisung (etwa an eine Angebotsattraktivierung) selbst bei vermeintlich weitgehend realisierten *Ceteris-paribus*-Bedingungen infolge der grundsätzlichen Unwiederholbarkeit von realen „Experimenten“ im Maßstab 1 : 1 im sozioökonomischen Bereich mit konkretem geographischen Raumbezug.

Es sind also im Grunde genommen die drei fundamentalen Problembereiche, wie sie auch in der klassischen Physik auftreten: Raum, Zeit, Kausalität.

3) Würdemann, G.: Neuverkehr – die unbekannte Größe; in: Internationales Verkehrswesen, 35 (1983), Nr. 6, S. 403-408.

## 5. Fallbeispiel

Nachfolgend wird – wie in der Einleitung angekündigt – ein Fallbeispiel präsentiert und diskutiert. Das Anliegen besteht dabei nicht darin, einen allgemein gültigen Berechnungsalgorithmus für die Ermittlung von Neuverkehr zu liefern – den dürfte es nicht geben –, sondern unter strenger Verwendung der in Kapitel 2 vereinbarten Begrifflichkeit das in Kapitel 4 diskutierte Elastizitäten-Konzept (von Gleichung (8) ausgehend) empirisch zu bearbeiten.

Insgesamt werden dabei folgende Arbeitsschritte durchlaufen:

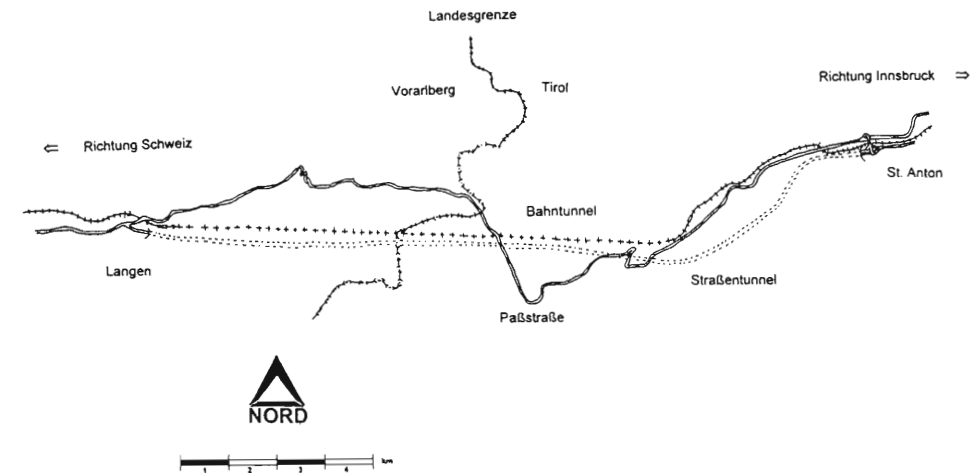
- Beschreibung der Situation (Kapitel 5.1)
- Dokumentation der verwendeten Daten (Kapitel 5.2)
- Zeitliche Längsschnittanalyse zur Ermittlung von Einkommens- und Out-of-pocket-Kosten-Elastizitäten (Kapitel 5.3)
- Abschätzung der Neuverkehrsleistung und Überprüfung des „Gesetzes vom konstanten Reisezeitbudget“ (Kapitel 5.4)
- Diskurs, Interpretation und Relativierung der Ergebnisse (Kapitel 5.5)

### 5.1 Beschreibung der Situation

Hauptkriterien für die Wahl eines geeigneten Beispiels sind eine möglichst gute Datenlage, gute räumliche Abgrenzbarkeit und eine möglichst einschneidende, gravierende, markante, zu einem singulären Zeitpunkt einsetzende Attraktivierung des Verkehrsangebotes. Eine auch nur annähernd zutreffende Erfüllung des erstgenannten Kriteriums ist – wie auch die wenigen Beispiele aus der Literatur zeigen – kaum erreichbar. Dies trifft durchaus auch für das hier gewählte Fallbeispiel zu: den Arlbergstraßentunnel. Dabei wird *nur* der mit Pkw realisierte Personenverkehr betrachtet.

Der Arlbergstraßentunnel wurde am 1. Dezember 1978 eröffnet. Mit ihm wurde eine wintersichere Straßenverbindung zwischen den beiden österreichischen Bundesländern Tirol und Vorarlberg geschaffen. Er ist mautpflichtig und mit einem Tempolimit von 80 km/h versehen. Zuvor hat es nur eine nicht wintersichere, kurvenreiche und steile Paßstraße gegeben. Diese blieb nach Eröffnung des Straßentunnels bestehen. Zwischen den beiden Verzweigungen in Tirol (bei St. Anton am Arlberg) bzw. in Vorarlberg (bei Langen) beträgt die Länge der Paßstraße ca. 20 km und die der Strecke mit dem Straßentunnel ca. 16 km. Parallel zum Straßentunnel fährt auch eine Eisenbahn (ebenfalls mit einem langen Tunnel) (vgl. hierzu Abbildung 7). Der Vorteil dieses Beispiels liegt auch darin, daß *kleinräumig* keine brauchbaren weiteren Alternativen (außer Paßstraße, Straßentunnel und Eisenbahn) vorhanden sind.

Abbildung 7: Schematischer Lageplan des gewählten Beispiels



### 5.2 Dokumentation der verwendeten Daten

Zur Durchführung der zeitlichen Längsschnittanalyse zwecks Elastizitätenermittlung (siehe Kapitel 5.3) müssen möglichst lange Zeitreihen (vor und nach Straßentunnelöffnung) sowohl für die zu erklärende Größe (hier: Verkehrsleistung in [P-km]) wenigstens für Straßentunnel und Paßstraße als auch für die erklärenden Größen vorliegen bzw. rekonstruiert werden können. Schon an dieser Stelle müssen einige wesentliche Einschränkungen festgehalten werden:

- Aus Gründen der Datenverfügbarkeit kann nur ein Zeitraum von 1970 bis 1994 betrachtet werden. (1970 wurden in Österreich erstmals automatische Straßenverkehrszählungen durchgeführt; das Jahr 1994 war bis Redaktionsschluß das letzte einschlägig dokumentierte Jahr.) Es kann nur jährlich differenziert werden. Das Jahr der Straßentunnelöffnung (1978) sowie die beiden Folgejahre (1979 und 1980) werden zwar datenmäßig erfasst und ausgewiesen, aber in die Berechnungen nicht einbezogen, um die Effekte des kurzfristig in Erscheinung tretenden „Attraktionsverkehrs“ (vgl. Abschnitt 4.8) zu eliminieren.
- Die Entwicklung der Bahnpersonenverkehrsnachfrage, die schon von Stichprobenumfang und Art der Erhebung her relativ wenig gesichert ist, zeigt keinerlei erkennbaren Zusammenhang zur Eröffnung des Straßentunnels und wird daher in die weiteren Untersuchungen nicht einbezogen.

### 5.2.1 Personenverkehrsnachfrage für Paßstraße und Straßentunnel im Pkw-Verkehr

Hier ist zunächst festzuhalten, welche Dimension die Größe „Personenverkehrsnachfrage“ aufweist: Es handelt sich – konform mit den Ausführungen von Kapitel 2 – um Personen-kilometer pro Tag [P-km/d], da nach unserer Auffassung nur diese Dimension zur Beurteilung von Neuverkehr (im Personenverkehrsbereich) geeignet ist. Das bedeutet aber, daß von der üblichen Betrachtung mit der Dimension Kraftfahrzeuge pro Tag [Kfz/d] abgegangen werden muß, was einen erheblichen empirischen Zusatzaufwand erfordert. Insgesamt sind, ausgehend von der in Straßenverkehrszählungen üblicherweise erfaßten Größe „Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke“ mit der Dimension [Kfz/d], folgende Arbeitsschritte durchzuführen:

- (a) Erfassung der Kfz-Querschnittsbelastungen an relevanten Querschnitten von Paßstraße und Straßentunnel
- (b) Abspaltung des Anteils von Pkw an allen Kfz
- (c) Zuordnung einer durchschnittlichen Transportweite zur Umwandlung von Pkw-Aufkommen in Pkw-Fahrleistung
- (d) Umwandlung von täglicher Pkw-Fahrleistung [Pkw-km/d] in tägliche Personenverkehrsleistung [P-km/d] mit Hilfe von Besetzungsgraden

zu (a): Die Kfz-Querschnittsbelastungen [Kfz/d] an der für die Paßstraße relevanten Dauerzählstelle 99 und an der für den Straßentunnel relevanten Dauerzählstelle 81 wurden den entsprechenden Jahresberichten<sup>4)</sup> der automatischen Straßenverkehrszählungen entnommen. Allerdings wurde die für die Paßstraße relevante Dauerzählstelle 99 erst 1977 in Betrieb genommen. Die Jahre 1970 bis 1976 wurden anhand von Wachstumsraten der in der Nähe gelegenen, einen ähnlichen Korridor erfassenden Dauerzählstelle 36 vom Jahr 1977 rückwärts geschätzt. Eine ähnliche Rekonstruktion mußte auch für das Jahr 1989 erfolgen, in dem – offenbar wegen Zählpegelausfalls – für die Paßstraße ebenfalls keine Zählwerte vorliegen.

zu (b): Die Abspaltung des Pkw-Anteils erfolgte mit Hilfe der im Fünfjahresrhythmus durchgeführten, europaweit standardisierten manuellen Straßenverkehrszählungen, die auch nach Kfz-Arten unterscheiden. Hier verwertbar sind die manuellen Zählungen der Jahre 1970, 1975, 1980, 1985 und 1990<sup>5)</sup>. Zwischen den einzelnen Erhebungsjahren wurden die Pkw-Anteile linear interpoliert. Die Resultate finden sich in Spalte (1) von Tabelle 2.

4) Bundesministerium für Bauten und Technik bzw. (ab 1986) Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Auswertung und Darstellung der Ergebnisse der automatischen Straßenverkehrszählung, Jahrgänge 1970 ff. Wien, 1971 ff.

5) Österreichisches Statistisches Zentralamt (Hrsg.): Straßenverkehrszählung 1970, 1975, 1980, 1985. Beiträge zur österreichischen Statistik, Heft 281 (Wien, 1972) inklusive Heft 339 (Wien, 1973), Heft 543 (Wien, 1979), Heft 750 (Wien, 1985), Heft 865 (Wien, 1987). Die Zählergebnisse für 1990 wurden nicht mehr publiziert, sondern vom Österreichischen Statistischen Zentralamt in Listenform zur Verfügung gestellt.

zu (c): Die Einbeziehung einer zurechenbaren Transportweite stellt nach unserer Auffassung eine wesentliche Ausweitung der bisherigen Betrachtungsweise dar. Sie ist aber auch unabdingbarer Bestandteil des hier verfolgten Elastizitäten-Konzeptes. Möglich geworden ist ihre empirisch gestützte Berücksichtigung ausschließlich durch den Umstand, daß für den hier untersuchten Fall sowohl für die Paßstraße als auch für den Straßentunnel sogenannte „Verkehrsspinnen“ erhoben wurden: Es handelt sich dabei um die graphische Darstellung der Intensitäten von Quelle-Ziel-Routen aller Kraftfahrzeuge, die einen bestimmten Querschnitt während einer bestimmten Zeit passieren. Damit lassen sich auch durchschnittliche Transportweiten für all jene Kraftfahrzeuge angeben, die diesen Bezugsquerschnitt passieren. Da diese Verkehrsspinnen nur durch Anhalten der Fahrzeuge am Querschnitt ermittelt werden können, sind sie außerordentlich aufwendig, kostspielig und während der eigentlichen Erhebung auch verkehrsflußstörend. Sie können daher nur sehr selten und äußerst stichprobenhaft für Einzeltage erhoben werden. Für unser Beispiel liegen aus zwei Erhebungszyklen (1979/1980<sup>6)</sup> und 1990/1991<sup>7)</sup>) Einzeltageserhebungen<sup>8)</sup> gemäß Tabelle 1 vor. Abbildung 8 zeigt exemplarisch die Verkehrsspinne vom Erhebungsstichtag 21. 7. 1990 (Samstag) für den Arlbergstraßentunnel. Nun sind 3 bzw. 4 einzelne Erhebungsstichtage zur Verwertung für einen Zeitraum von 25 Jahren zweifellos eine außerordentlich schmale empirische Basis, doch ist diese immerhin besser als gar nichts, und man muß nun versuchen, durch Theorie-Einsatz diese schmale Datenbasis auszuschöpfen, wiewohl man sich der Begrenztheit des empirischen Fundamentes bewußt bleiben muß. Kurzum, es hat sich nach manchen Irrwegen durch Vergleich der einzelnen Verkehrsspinnen als plausibel erwiesen, einen positiv korrelierten Zusammenhang zwischen täglicher Verkehrsstärke  $TV$  und zugehöriger durchschnittlicher Transportweite  $W$  der folgenden Form anzusetzen:

$$W = W_0 \cdot \left( \frac{TV}{TV_0} \right)^\alpha$$

6) Bundesministerium für Bauten und Technik (Hrsg.): Straßenverkehrserhebung Verkehrsspinnen. Wien, o. J.

7) Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten (Hrsg.): Straßenverkehrserhebung Verkehrsspinnen. Wien, o. J.

8) In diesen beiden Erhebungen tragen die zugehörigen Zählstellenquerschnitte die Nummern 45 (Straßentunnel) und 46 (Paßstraße).

Tabelle 1: Zusammenstellung erhobener Kennwerte aus Verkehrsspinnen-Erhebungen am Arlberg

Querschnitt Datum	Verkehrsstärke: Anzahl der am Stichtag erfaßten Personen-Kfz*	Durchschnittliche Transportweite [km]
<b>Paßstraße</b>		
31.7.1979 (Dienstag)	3999	399
21.7.1990 (Samstag)	9625	420
3.10.1991 (Donnerstag)	2844	317
<b>Straßentunnel</b>		
31.7.1979 (Dienstag)	4880	474
24.4.1980 (Donnerstag)	2422	339
21.7.1990 (Samstag)	7943	606
3.10.1991 (Donnerstag)	3165	428

\*Pkw, Krafträder und Busse (weitere Disaggregation nicht möglich)

Abbildung 8: Verkehrsspinne für die Zählstelle: 45 Arlbergtunnel vom 21. 7. 1990 (Samstag) (Quelle: Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten: Straßenverkehrserhebung Verkehrsspinnen, Band 2, Blatt 1/3, Wien, o.J.)

VERKEHRSBEFragung AM SAMSTAG, DEM 21. JULI 1990

GESAMTVERKEHR



Der Index „0“ bezieht sich auf einen definierten Ausgangszustand.  $\alpha$  kann man als Transportweitenelastizität der täglichen Verkehrsstärke auffassen. Sie fällt im Zeitraum nach der Straßentunnelöffnung für die Paßstraße mit  $\alpha = 0,1$  deutlich kleiner aus als für den Straßentunnel mit  $\alpha = 0,5$ . Normiert man auf die Werte des Erhebungsjahres 1979 hin (siehe Spalte (2) von Tabelle 2), so ergeben sich folgende Zusammenhänge für die Jahre  $j = 1979 \dots 1994$  nach Tunnelöffnung (nur für diese liegen ja Erhebungswerte vor):

$$\text{Paßstraße } (j = 1979 \dots 1994): W_j = 375 \cdot \left( \frac{DTV_j}{DTV_{1979}} \right)^{0,1} \quad [\text{km}]$$

$$\text{Straßentunnel } (j = 1979 \dots 1994): W_j = 350 \cdot \left( \frac{DTV_j}{DTV_{1979}} \right)^{0,5} \quad [\text{km}]$$

Unter konsequenter Beibehaltung dieses Prinzips kann für die Paßstraße für die Jahre  $j = 1970 \dots 1978$  vor der Tunnelöffnung bei Normierung auf das Jahr 1978 hin aus der gedanklichen Überlagerung der Verkehrsspitzen für Paßstraße und Straßentunnel von 1979 ein Mischansatz der folgenden Form angewendet werden:

$$\text{Paßstraße } (j = 1970 \dots 1978): W_j = 338 \cdot \left( \frac{DTV_j}{DTV_{1978}} \right)^{0,3} \quad [\text{km}]$$

Diese so ermittelten Werte  $W_j$  finden sich als Zeitreihe in Spalte (2) von Tabelle 2.

zu (d): Weder direkt beispielsweise noch gesamtterritoriale Zeitreihen von Pkw-Besetzungsgraden liegen für Österreich vor. Wir haben daher – wegen vermutlich ähnlicher Besetzungsgrade – ersatzweise die Zeitreihe der Pkw-Besetzungsgrade aus der Bundesrepublik Deutschland herangezogen, wie sie jahresweise als Quotient aus Personenverkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs inklusive Taxi (abzüglich jener der motorisierten Zweiräder) und zugehöriger Pkw-Fahrleistung ermittelt werden können.<sup>9)</sup> Diese Werte finden sich in Spalte (3) von Tabelle 2.

Nach Durchführung dieser einzelnen Analyseschritte kann nun die hier relevante tägliche Personenverkehrsleistung im Pkw-Verkehr als Produkt aus täglicher Pkw-Querschnittsbelastung, durchschnittlicher Transportweite und Pkw-Besetzungsgrad ausgerechnet werden. Sie ist in Spalte (4) von Tabelle 2 ausgewiesen. Außerdem ist die zeitliche Entwicklung dieser wichtigen Größe in Abbildung 9 graphisch dargestellt.

### 5.2.2 Daten für die unabhängigen Variablen

Als Eingangsgrößen in das Elastizitäten-Längsschnittmodell gemäß Gleichung (8) erwiesen sich die folgenden Determinanten als erforderlich:

- Einkommen der privaten Haushalte
- Vom Autofahrer wahrgenommene Transportkosten (Pkw-Transportkosten)
- Bahntransportkosten

Darüber hinaus wären Reisezeitangaben für die durchschnittliche Transportweite über die Paßstraße und durch den Straßentunnel sowie auch für Bahnfahrten erforderlich, um den Modellansatz vollständig verwerten zu können. Angaben hierzu liegen aber nicht vor. Deshalb wird von folgendem Gedankenkonzept ausgegangen: Für den Zeitbereich vor der Straßentunnelöffnung einerseits und für den Zeitbereich nach der Straßentunnelöffnung andererseits wird davon ausgegangen, daß die streckenspezifischen Zeitbedarfswerte (= Kehrwerte der Geschwindigkeiten) annähernd unverändert blieben und daß eine Fahrzeitreduktion ausschließlich durch den singulären Vorgang der Straßentunnelöffnung erzielt wurde. Auch die Bahn möge im Betrachtungszeitraum (1970 – 1994) keine Fahrzeitveränderungen im relevanten Entfernungsbereich erfahren haben. Unter dieser Annahme – die in Kapitel 5.3 vertieft wird – reichen die oben angeführten Eingangsdaten aus.

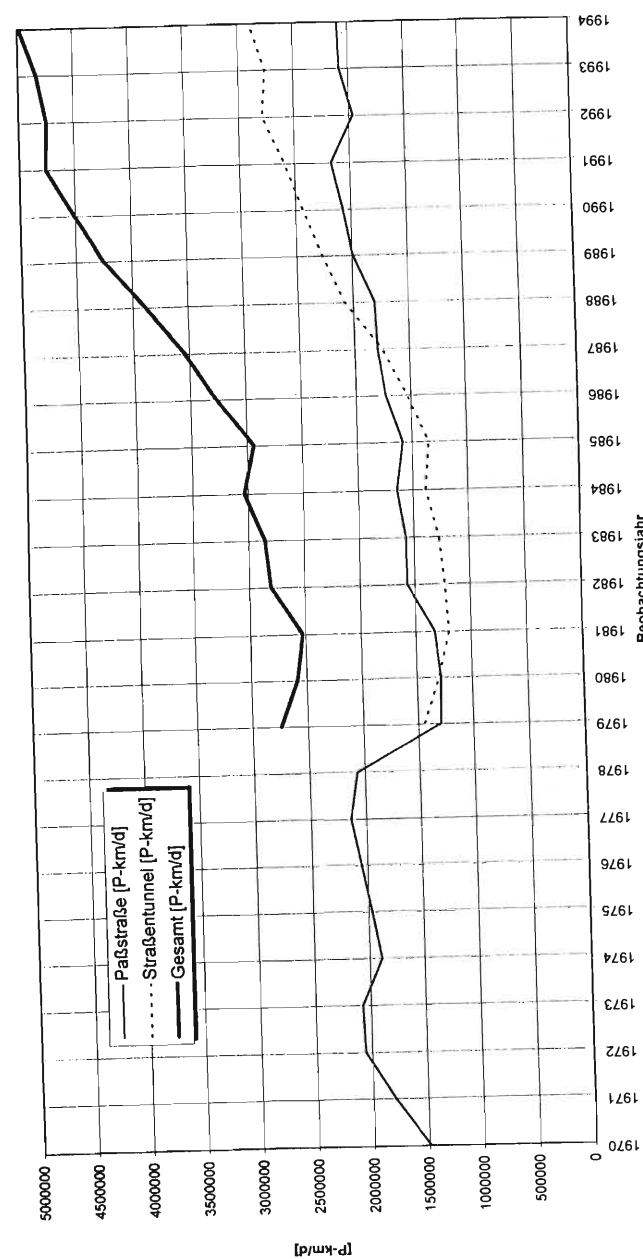
zu (a): Die Angaben zum Einkommen der privaten Haushalte (für die Jahre 1970 bis 1994) stammen vom Österreichischen Statistischen Zentralamt. Dabei handelt es sich zunächst um Werte zu laufenden Preisen, die dann mit Hilfe von Verbraucherpreisindizes einheitlich auf den Preisstand von 1994 gebracht wurden. Diese Werte sind in Spalte (1) von Tabelle 5 wiedergegeben.

<sup>9)</sup> Für 1975 bis 1994 (ab 1991 nur alte Bundesländer): Bundesverkehrsministerium (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 1995, S. 158-159 und S. 214-215; Bonn, 1995. Für 1970 bis 1974 wurden die entsprechenden Tabellen von „Verkehr in Zahlen 1991“ herangezogen, wobei jedoch der nachträglich erfolgten Revision der entsprechenden Zeitreihen Rechnung getragen wurde.

Tabelle 2: Entwicklung der für Paßstraße und Straßentunnel relevanten Personenverkehrsnachfrage im Pkw-Verkehr am Arlberg 1970 – 1994

	Jahr	Pkw-DTV [Pkw/d]	Durchschnittl. Transportweite [km]	Besetzungsgrad [P/Pkw]	Verkehrsleistung [P-km/d]
		(1)	(2)	(3)	(4) = (1)·(2)·(3)
Paßstraße	1970	2771	307	1,747	1485097
	1971	3222	321	1,740	1799365
	1972	3623	332	1,708	2057794
	1973	3664	334	1,698	2075249
	1974	3439	327	1,681	1891707
	1975	3598	332	1,650	1969850
	1976	3750	336	1,631	2054796
	1977	3886	340	1,621	2138162
	1978	3827	338	1,600	2070427
	1979	2174	375	1,591	1296406
	1980	2182	375	1,569	1284699
	1981	2259	376	1,563	1329002
	1982	2658	383	1,547	1573416
	1983	2682	383	1,537	1578574
	1984	2813	385	1,523	1649099
	1985	2731	384	1,518	1589895
	1986	2982	387	1,501	1731718
	1987	3130	389	1,473	1793384
	1988	3176	389	1,462	1808316
	1989	3502	393	1,448	1994280
	1990	3591	394	1,464	2073263
1991	3751	396	1,460	2168573	
1992	3428	392	1,459	1963576	
1993	3612	395	1,459	2079511	
1994	3633	395	1,459	2092592	
Straßentunnel	1979	2597	350	1,591	1445450
	1980	2444	340	1,569	1302321
	1981	2322	331	1,563	1201197
	1982	2377	335	1,547	1231124
	1983	2443	339	1,537	1274677
	1984	2601	350	1,523	1387543
	1985	2581	348	1,518	1351133
	1986	2811	364	1,501	1536462
	1987	3105	383	1,473	1750824
	1988	3499	406	1,462	2078521
	1989	3730	419	1,448	2264846
	1990	3885	428	1,464	2435563
	1991	4059	438	1,460	2592339
	1992	4258	448	1,459	2785242
	1993	4229	447	1,459	2756093
	1994	4366	454	1,459	2891015

Abbildung 9: Entwicklung der für Paßstraße und Straßentunnel relevanten täglichen Personenverkehrsleistung im Pkw-Verkehr am Arlberg 1970 bis 1994



zu (b): Als vom Autofahrer wahrgenommene und daher für sein Wahlverhalten entscheidende Kosten gelten im allgemeinen die Kraftstoffkosten. Im Falle einer abschnittsbezogenen zu entrichtenden Straßenbenutzungsgebühr (Maut im Straßentunnel) ist diese noch hinzuzurechnen. Um auf die hier erforderliche Dimension [ATS/P-km] zu kommen, sind verschiedene Arbeitsschritte erforderlich:

- Zunächst ist der Benzinpreis<sup>10)</sup> als Zeitreihe zu ermitteln. Angaben hierzu (absatzmengenmittelte Jahresdurchschnittswerte verschiedener Kraftstoffsorten) hat dankenswerterweise die ÖMV Aktiengesellschaft<sup>11)</sup> zu laufenden Preisen zur Verfügung gestellt. Diese wurden wiederum über Verbraucherpreisindizes auf den einheitlichen Preisstand 1994 gebracht. Diese Werte finden sich in Spalte (1) von Tabelle 3.
- Ferner ist der im Zeitablauf veränderte spezifische Kraftstoffverbrauch der Pkw zu berücksichtigen. Ähnlich wie beim Besetzungsgrad wurde auch hier mangels fahrleistungsgewichteter Zeitreihen in Österreich auf die Werte der Bundesrepublik Deutschland für Otto-Motoren zurückgegriffen.<sup>12)</sup> Die Werte finden sich in Spalte (2) von Tabelle 3.
- Schließlich ist das Produkt aus Benzinpreis und spezifischem Kraftstoffverbrauch noch durch den Besetzungsgrad, dessen Ermittlung bereits besprochen wurde und der in Spalte (3) von Tabelle 3 noch einmal ausgewiesen ist, zu dividieren. Das Resultat ist in Spalte (4) von Tabelle 3 festgehalten.
- Wie schon erwähnt, fallen im Straßentunnel zusätzlich Mautkosten an: Jeder Pkw hat – unabhängig vom Besetzungsgrad – bei Passieren des Straßentunnels eine Mautgebühr zu entrichten. Dabei gibt es – etwa für Pendler – Ermäßigungen bzw. Mengenrabatte für „Vielfahrer“. Eine über alle Pkw-Tarife nachfragegemittelte Gebühr pro Pkw-Fahrt konnte aus Angaben der Alpen Straßen Aktiengesellschaft<sup>13)</sup> sowie aus den einzelnen in deren diversen jährlichen Geschäftsberichten enthaltenen Mauttarifen als Zeitreihe zu laufenden Preisen ermittelt werden. Wiederum wurden diese Angaben über Verbraucherpreisindizes auf den einheitlichen Preisstand 1994 gebracht (Spalte (1) von Tabelle 4). Um auf die hier erforderliche Dimension [ATS/P-km] zu kommen, müssen diese Werte noch durch den schon zuvor ermittelten Besetzungsgrad (noch einmal in Spalte (2) von Tabelle 4 ausgewiesen) und durch die ebenfalls schon ermittelte durchschnittliche Transportweite (noch einmal in Spalte (3) von Tabelle 4 ausgewiesen) dividiert werden. Die Resultatgröße ist in Spalte (4) von Tabelle 4 wiedergegeben. (Auffällig ist, daß – bezogen auf 1 P-km – diese Größe *real* in 15 Jahren um ein Drittel abgenommen hat.)

zu (c): Zur Ermittlung km-bezogener Bahntransportkosten müßten wegen degressiver Tarifgestaltung auch bei der Bahn durchschnittliche Transportweiten der den Arlbergquerschnitt passierenden Bahnreisenden bekannt sein. Trotz intensiver Bemü-

10) Es wird vereinfachend davon ausgegangen, daß alle Pkw mit Vergaserkraftstoff fahren.

11) ÖMV Aktiengesellschaft: Jahresdurchschnittspreise für Treibstoffe. Wien, Schreiben vom 11. 1. 1996.

12) Für 1975 bis 1994: Bundesverkehrsministerium (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 1995, S. 286-287; Bonn, 1995. Für 1970 bis 1974 wurden die entsprechenden Tabellen von „Verkehr in Zahlen 1991“ herangezogen, wobei jedoch der nachträglich erfolgten Revision der entsprechenden Zeitreihe Rechnung getragen wurde.

13) Alpen Straßen Aktiengesellschaft: Schreiben vom 7. 2. 1996, Innsbruck.

hungen konnten hierüber keinerlei Informationen beschafft werden. Wir haben daher alternativ einmal eine durchschnittliche Bahntransportweite von 150 km und einmal eine solche von 300 km in Rechnung gestellt. Die Tarife konnten den jeweiligen amtlichen Fahrplänen bzw. Kursbüchern der Österreichischen Bundesbahnen entnommen werden, wobei wir als standardisierten Vergleichsfall für alle Jahre eine vollbezahlte Schnellzugfahrt zweiter Klasse in Rechnung gestellt haben. Bei Tarifänderungen während eines Kalenderjahres wurden die Tarife vor und nach Tarifänderung mit der Anzahl der jeweils relevanten Kalendertage gewichtet. Die so anfallenden Bahntransportkosten waren zunächst Werte zu laufenden Preisen, die wiederum mit Verbraucherpreisindizes auf den einheitlichen Preisstand 1994 gebracht wurden. Die Resultate finden sich in Spalte (2) (für 150 km) und in Spalte (3) (für 300 km) von Tabelle 5.

Tabelle 3: Wahrgenommene Pkw-Transportkosten auf der Arlbergpaßstraße 1970 – 1994 (alle Währungsangaben real mit Preisstand 1994)

Jahr	Benzinpreis [ATS/l]	Spezifischer Benzinverbrauch [l/100 Pkw-km]	Besetzungsgrad [P/Pkw]	Wahrgenommene Pkw-Transportkosten [ATS/P-km]
	(1)	(2)	(3)	(4) = (1)·(2)/[100·(3)]
1970	11,03	9,63	1,747	0,61
1971	10,59	10,00	1,740	0,61
1972	10,53	10,28	1,708	0,63
1973	10,70	10,00	1,698	0,63
1974	13,92	9,91	1,681	0,82
1975	13,14	10,00	1,650	0,80
1976	13,49	10,10	1,631	0,84
1977	12,76	10,20	1,621	0,80
1978	12,65	10,30	1,600	0,81
1979	12,53	10,10	1,591	0,80
1980	12,09	10,20	1,569	0,79
1981	11,61	10,20	1,563	0,76
1982	11,28	10,20	1,547	0,74
1983	11,19	10,20	1,537	0,74
1984	10,83	10,20	1,523	0,73
1985	10,74	10,20	1,518	0,72
1986	10,80	10,20	1,501	0,73
1987	10,88	10,10	1,473	0,75
1988	10,91	10,00	1,462	0,75
1989	10,85	9,80	1,448	0,73
1990	10,72	9,70	1,464	0,71
1991	10,59	9,50	1,460	0,69
1992	10,39	9,40	1,459	0,67
1993	10,22	9,40	1,459	0,66
1994	10,12	9,30	1,459	0,64



Tabelle 4: Zusätzliche wahrgenommene Pkw-Transportkosten (Maut) im Arlbergstraßentunnel 1979 – 1994 (alle Währungsangaben real mit Preisstand 1994)

Jahr	Durchschnittsmaut für eine Pkw-Fahrt [ATS/Pkw-Fahrt]	Besetzungsgrad [P/Pkw]	Durchschnittliche Transportweite [km]	Mautkosten [ATS/P-km]
	(1)	(2)	(3)	(4) = (1)/[(2)·(3)]
1979	162,36	1,591	350	0,29
1980	159,25	1,569	340	0,30
1981	173,03	1,563	331	0,33
1982	158,83	1,547	335	0,31
1983	151,82	1,537	339	0,29
1984	144,69	1,523	350	0,27
1985	138,25	1,518	348	0,26
1986	135,56	1,501	364	0,25
1987	131,84	1,473	383	0,23
1988	129,03	1,462	406	0,22
1989	131,33	1,448	419	0,22
1990	133,62	1,464	428	0,21
1991	133,00	1,460	438	0,21
1992	130,35	1,459	448	0,20
1993	127,26	1,459	447	0,20
1994	123,68	1,459	454	0,19

### 5.3 Zeitliche Längsschnittanalyse zur Ermittlung von Einkommens- und Out-of-pocket-Kosten-Elastizitäten

Wie schon in Kapitel 5.2.2 angedeutet, wird mit der zeitlichen Längsschnittanalyse bezweckt, die Effekte der Einkommens- und Transportkostenentwicklung vom vermuteten, durch Geschwindigkeitserhöhung bedingten Neuverkehrseffekt zu trennen, indem davon ausgegangen wird, daß – mit Ausnahme der Straßentunnelinbetriebnahme selbst – im Beobachtungszeitraum keine fühlbaren geschwindigkeitserhöhenden Maßnahmen wirksam wurden. Rechentechnisch gesehen bedeutet dies, daß in Gleichung (8) die Faktoren mit den Zeitelastizitäten gleich 1 gesetzt werden können, sofern man in der Gegenüberstellung zweier aufeinanderfolgenden Zustände (Jahre) die Sprungstelle der Straßentunnelinbetriebnahme ausklammert. Angewandt auf das vorliegende Problem würde Gleichung (8) mit  $N_P$  als relevanter Personenverkehrsleistung im Pkw-Verkehr folgende Form haben:

$$N_{P,j+1} = N_{P,j} \cdot \left( \frac{E_{j+1}}{E_j} \right)^{\varepsilon_E} \cdot \left( \frac{K_{P,j+1}}{K_{P,j}} \right)^{\varepsilon_{K,P}} \cdot \left( \frac{K_{B,j+1}}{K_{B,j}} \right)^{\varepsilon_{K,B}} \quad (9)$$

Tabelle 5: Weitere Determinanten der Personenverkehrsnachfrage 1970 – 1994 (alle Währungsangaben real mit Preisstand 1994)

Jahr	Einkommen privater Haushalte in Österreich [Mrd. ATS/a]	Schnellzugstarif für eine Bahnfahrt 2. Klasse für 150 km [ATS/P-km]	Schnellzugstarif für eine Bahnfahrt 2. Klasse für 300 km [ATS/P-km]
	(1)	(2)	(3)
1970	693,16	1,59	1,41
1971	740,87	1,52	1,34
1972	763,86	1,80	1,57
1973	787,91	1,74	1,51
1974	816,23	1,59	1,38
1975	855,05	1,46	1,28
1976	911,95	1,36	1,19
1977	917,27	1,37	1,21
1978	942,66	1,49	1,33
1979	991,18	1,54	1,39
1980	998,08	1,45	1,31
1981	983,26	1,52	1,42
1982	1025,29	1,52	1,36
1983	1054,66	1,50	1,32
1984	1051,88	1,53	1,34
1985	1078,24	1,51	1,33
1986	1131,91	1,49	1,30
1987	1182,89	1,47	1,29
1988	1210,45	1,41	1,32
1989	1266,09	1,37	1,29
1990	1324,53	1,33	1,24
1991	1370,86	1,32	1,23
1992	1382,73	1,31	1,21
1993	1384,50	1,33	1,23
1994	1443,32	1,44	1,25

Der Index  $j$  kann dabei über drei Zustandsbereiche laufen, wobei sich jeweils  $n$  verfügbare Gleichungen einstellen:

- (a) Paßstraßenwerte  $j = 1970$  bis  $j = 1976$  ( $n = 7$ )
- (b) Paßstraßenwerte  $j = 1981$  bis  $j = 1993$  ( $n = 13$ )
- (c) Straßentunnelwerte  $j = 1981$  bis  $j = 1993$  ( $n = 13$ )

Für jedes dieser Kollektive oder auch für die Vereinigungsmenge aller drei Kollektive kann man nach Logarithmierung von (9) die unbekanntenen Elastizitäten  $\varepsilon_E$ ,  $\varepsilon_{K,P}$  und  $\varepsilon_{K,B}$  durch lineare Regressionsrechnung abschätzen. Dies ist geschehen. Dabei stellten sich auf einem

Signifikanzniveau von mindestens 90% Elastizitäten mit richtigem Vorzeichen nur in den Konstellationen der Tabelle 6 ein, wobei – wie schon in Kapitel 5.2.2 erwähnt – bei den Bahntransportkosten zwei Transportweitenalternativen (W = 150 km bzw. W = 300 km) durchgerechnet wurden.

Tabelle 6: Konstellationen sinnvoller Elastizitäten (R<sup>2</sup> = Bestimmtheitsmaß)

Lfd. Nr.	Zustand	Direkte Elastizitäten ε		Kreuzelastizitäten e		R <sup>2</sup>
		Einkommen	Pkw-Transportkosten	Bahntransportkosten (W = 150 km)	Bahntransportkosten (W = 300 km)	
1	(a)	1,810	-0,542	-	-	0,649
2	(a)	2,185	-0,459	0,592	-	0,862
3	(a)	2,214	-0,445	-	0,629	0,867
4	(a)+(b)+(c)	1,531	-0,468	-	-	0,522
5	(a)+(b)+(c)	1,856	-0,366	-	0,616	0,599

5.4 Abschätzung der Neuverkehrsleistung und Überprüfung des „Gesetzes vom konstanten Reisezeitbudget“

Mit Hilfe der in Kapitel 5.3 geschätzten Elastizitäten kann nun, ausgehend von der zurechenbaren Verkehrsnachfrage des Jahres 1977 auf der Paßstraße (N<sub>Paß, 1977</sub>) jene fiktive Verkehrsnachfrage auf der Paßstraße für das Jahr 1981 (N<sub>Paß, 1981, fiktiv</sub>) (das ist das Jahr nach dem vermutlichen Abflauen des „Attraktionsverkehrs“) geschätzt werden, die wahrscheinlich realisiert worden wäre, wenn der Straßentunnel nicht eröffnet worden wäre. Allerdings steht man dabei vor dem Problem, welche der in Tabelle 6 enthaltenen Konstellationen gewählt werden sollte. Wir scheidet hier zunächst die Konstellationen Nr. 2, 3 und 5 aus, da bei diesen die Kreuzelastizitäten der Bahntransportkosten dem Betrage nach höher sind als die direkten Elastizitäten der Pkw-Transportkosten, was nicht sehr plausibel erscheint. Von den verbleibenden Konstellationen wählen wir Nr. 1, da diese ein höheres Bestimmtheitsmaß aufweist als Nr. 4 und da außerdem vom Zustand (a) (nämlich vom Jahr 1977) ausgehend extrapoliert wird. Mit dieser Wahl ergibt sich:

$$N_{Paß, 1981, fiktiv} = N_{Paß, 1977} \cdot \left(\frac{E_{1981}}{E_{1977}}\right)^{1,810} \cdot \left(\frac{K_{P, 1981}}{K_{P, 1977}}\right)^{-0,542} = 2,493 \text{ Mio P-km/d}$$

Diesem Wert werden nun die beiden realen Verkehrsnachfragemengen von Paßstraße und Straßentunnel des Jahres 1981 gegenübergestellt. Graphisch ist dies in Abbildung 10 dargestellt. Wenn man nun annimmt, daß *keinerlei Verlagerungen* von anderen Straßenrouten (außer der Paßstraße) oder von anderen Verkehrsträgern stattgefunden haben, dann kann

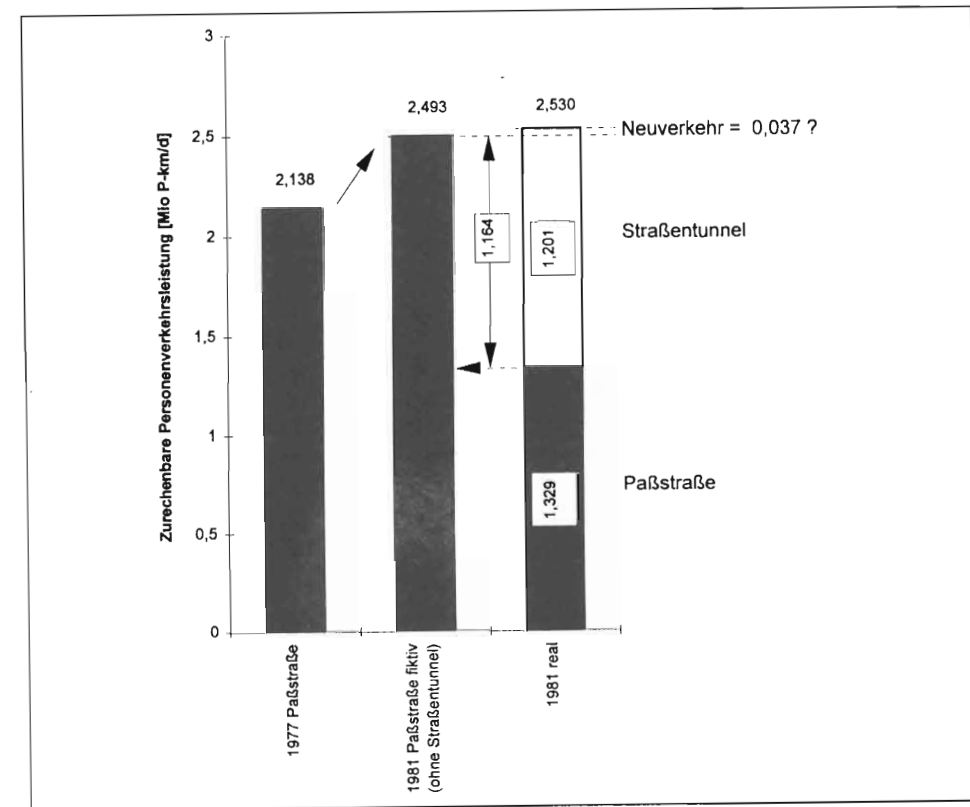
man unter den getroffenen Annahmen die in Abbildung 10 ausgewiesene Differenz 1,201 – 1,164 = 0,037 Mio P-km/d als Neuverkehrsleistung im Pkw-Verkehr betrachten. Der gemäß Gleichung (1) definierte Neuverkehrsanteil würde dann

$$v_n = 100 \cdot \frac{1,201 - 1,164}{1,164} = 3,18\%$$

betragen.

Mit diesem Resultat soll nun abschließend versucht werden, eine Zeitelastizität aus dem Übergang vom System *ohne* Straßentunnel zum System *mit* Straßentunnel für das Jahr 1981 zu rekonstruieren und damit auch das „Gesetz vom konstanten Reisezeitbudget“ zu überprüfen.

Abbildung 10: Abschätzung des durch Eröffnung des Straßentunnels realisierten „Neuverkehrs“ am Arlberg für das erste Jahr nach vermutlichem Abflauen des Attraktionsverkehrs (1981)



Hierzu wird von folgenden Überlegungen ausgegangen: Im Jahr 1981 betrug die durchschnittliche Transportweite eines den Straßentunnel passierenden Pkw schätzungsweise 331 km (siehe Tabelle 2). Nimmt man an, daß die durchschnittliche Pkw-Geschwindigkeit auf der 16 km langen Tunnelstrecke 80 km/h beträgt, daß sie in der relativ steilen und nicht autobahnmäßig ausgebauten Zu- und Abfahrt zu und von dieser Strecke auf einer Gesamtlänge von 80 km etwa 70 km/h beträgt und auf dem flachen und großteils autobahnmäßig ausgebauten Rest der Strecke (331 – 16 – 80 = 235 km) 90 km/h, so stellt sich auf der Gesamtstrecke eine Durchschnittsgeschwindigkeit von  $V = 83,7$  km/h ein. Die Vergleichssituation für eine identische Quelle-Ziel-Relation über die Paßstraße (statt 16 km Tunnelstrecke mit 80 km/h 20 km Paßstraße mit 50 km/h, ansonsten gleiche Situation) liefert eine Durchschnittsgeschwindigkeit von  $V_0 = 80,6$  km/h.

Aus der aus Gleichung (5) ableitbaren Grundform

$$N = N_0 \cdot \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\varepsilon_T}$$

läßt sich mit der Identität  $T : T_0 = V_0 : V$

und mit der Schreibweise  $\frac{N}{N_0} = 1 + v_n$

die Zeitelastizität wie folgt berechnen:

$$\varepsilon_T = - \ln(1 + v_n) / \ln(V/V_0)$$

Setzt man die Werte des Fallbeispiels ein, so erhält man für  $\varepsilon_T$ :

$$\varepsilon_T = - \ln(1 + 0,0318) / \ln(83,7/80,6) = -0,829$$

Dieser Wert ist größer als -1, er würde also nicht dem „Gesetz vom konstanten Reisezeitbudget“ genügen, das – wie in Kapitel 4.7 gezeigt – genau den Wert -1 erfordert. Der Wert von  $\varepsilon_T = -0,829$  weist darauf hin, daß nicht die gesamte durch Tunnelbenutzung eingesparte Reisezeit wieder in Verkehrsleistung umgesetzt wird, sondern nur ein Teil derselben.

### 5.5 Diskurs, Interpretation und Relativierung der Ergebnisse

Die Ergebnisse von Kapitel 5.4 sind verführerisch, weil sie doch einigermaßen gut in das Weltbild der aktuellen, ökonomisch orientierten Verkehrswissenschaft passen, wobei in der Freude über die Plausibilität leicht die vielen Annahmen, die vielen durch analoge Erfahrungen ergänzten Datenlücken, die mannigfachen Vereinfachungen und eben insgesamt das schwankende empirische Fundament in Vergessenheit zu geraten drohen. Wir wollen nun nachfolgend – wie es ernsthaftem wissenschaftlichen Ringen entspricht – die Rolle unseres eigenen *Advocatus diaboli* übernehmen, indem wir unsere eigenen Bedenken und Einwendungen dokumentieren und damit unsere eigenen Ergebnisse in Frage stellen. Dies soll auch prophylaktisch verhindern, daß jene Lobbyisten, denen unsere Resultate besonders zusa-gen, unter Berufung auf dieselben ihr politisches Agieren rechtfertigen; aber auch jenen Gegen-Lobbyisten, in deren Weltbild unsere Resultate nicht passen, soll der Wind ihrer Gegenargumente aus den Segeln genommen werden, indem wir sie selber benennen:

- Die modellmäßige Abbildung von Entscheidungswahlverhalten, wie sie etwa eine Routen- oder Verkehrsmittelwahl darstellt, müßte sich an Individualeigenschaften orientieren (etwa Einkommen des individuellen Privathaushaltes, dessen Mitglieder eine Fahrt unternehmen) und nicht an makroskopisch erhobenen aggregierten Daten (etwa Einkommen aller österreichischen Privathaushalte). Man hantiert andauernd in dem Dilemma, nur makroskopische Aggregate oder Mittelwerte zu haben und nicht die entscheidungsrelevanten mikroskopischen Daten. (Das gilt z. B. auch für Pkw-Besetzungsgrade und den spezifischen Kraftstoffverbrauch, wo überdies noch ausländische Analogien verwendet werden mußten.)
- Das empirische Fundament für die durchschnittlichen Transportweiten ist sehr dürftig.
- Wie in Kapitel 4 gezeigt wurde, stellt das Elastizitäten-Konzept gemäß Gleichung (8) einen rechenbaren Spezialfall unter unendlich vielen anderen Modellvorstellungen dar. Über die konkrete Ausprägungsform von Nachfragefunktionen und vor allem über ihre Übertragbarkeit weiß man so gut wie nichts.
- Entsprechend vorsichtig sind die Regressionsschätzungen für die diversen Elastizitäten, wie sie in Tabelle 6 für verschiedene Gleichungskonstellationen zusammengestellt sind, zu interpretieren. Hätte man statt der (begründet ausgewählten) Konstellation Nr. 1 etwa Konstellation Nr. 4 gewählt, so hätte sich unter sonst gleichen Annahmen ein Neuverkehrsanteil von 8,49% (statt 3,18%) eingestellt; hätte man Konstellation 2, 3 oder 5 (also eine Konstellation unter Einbezug der Kreuzelastizität der Bahntransportkosten) gewählt, so hätte sich ein deutlich *negativer* Neuverkehrsanteil (von -13% bis zu fast -20%) ergeben.
- Der Neuverkehrsanteil, wie er in Kapitel 5.4 rekonstruiert wurde, ist verzerrt um die Tatsache, daß im Straßentunnel eine Maut erhoben wird, auf der Paßstraße hingegen nicht. Das heißt, es ist anzunehmen, daß ohne Tunnelmaut die Tunnelbenutzung wesentlich stärker wäre und eigentlich dieser höhere Wert zur Neuverkehrsermittlung heranzuziehen wäre. Man könnte den Wert sogar über die veränderten Pkw-Transportkosten und die entsprechende Elastizität ausrechnen. Allein, das Resultat wäre für eine Neuverkehrsin-terpretation völlig irreführend: Da es mit Ausnahme des Quell- und Zielverkehrs von und

zur Paßhöhe und mit Ausnahme des Ausflugsverkehrs, der bei schönem Wetter die schöne Aussicht der Paßstraße genießen will, bei Wegfall der Maut keinen einleuchtenden Grund gäbe, den Straßentunnel *nicht* zu benutzen, würde es sich dabei überwiegend um einen von der Paßstraße verlagerten Verkehr handeln, den das Elastizitätsmodell als solchen überhaupt nicht erkennen kann. Eine mögliche Modellausweitung könnte darin bestehen, daß für die Paßstraße (als „Konkurrenzkonsumgut“ zum Straßentunnel) das Modell gesondert durchgerechnet wird, wobei es um einen Faktor mit (unbekannter) Kreuzelastizität zu den Straßentunnelkosten zu erweitern wäre. Nur die verbleibende Differenz zwischen den beiden Modellrechnungen wäre dann als Neuverkehr zu interpretieren.

- Außer der relativ einfach erfaßbaren (kleinräumigen) Alternativroute über den Arlbergpaß konnten keinerlei weitere (großräumige) alternative Straßenrouten berücksichtigt werden. Die Abschätzungen beschränken sich somit ausschließlich auf Fall (C) von Abbildung 2.
- Auf den durchschnittlich ca. 300 bis 400 km langen, zurechenbaren Transportweiten, die im Verlaufe der Straßentunnelbenutzung zurückgelegt werden, wurden im Laufe des Untersuchungszeitraumes auch immer wieder kleinere und größere infrastrukturelle Attraktivierungen durchgeführt. Ihre Auswirkungen auf die Reisezeit sind aber nicht erfaßbar. (Wahrscheinlich sind in den regressiv geschätzten Pkw-Transportkostenelastizitäten kleine Anteile von Zeitelastizitäten versteckt.)
- Wie die Abschätzungen von Kapitel 5.4 zeigen, handelt es sich um empfindlich kleine Differenzen von Rechengrößen. Man muß überall so genau wie möglich rechnen. (Allerdings kann auch die genaueste Rechnung nicht die Ungenauigkeit von Daten kompensieren, sondern nur verhindern, daß die Resultatungenauigkeit noch weiter steigt.)

## 6. Schlußfolgerungen

Sowohl aus der theoretischen Behandlung als auch aus dem Bemühen um empirische Fundierung des Problemfeldes „infrastrukturbedingter Neuverkehr“ lassen sich die nachstehenden Schlußfolgerungen ziehen:

- Aus grundsätzlichen ökonomischen Überlegungen ist es sinnvoll, infrastrukturbedingten Neuverkehr zu unterstellen. Das läßt sich sehr leicht schon dadurch einsehen, daß es ohne Verkehrsinfrastruktur auch keinen Verkehr gäbe.
- Allerdings schafft die Parole „Neue Straßen erzeugen neuen Verkehr“ eine völlig falsche Bewußtseinslage, die auch zu einer Anonymisierung bzw. falschen Schuldzuweisung führt. Vielmehr gilt: Neue Straßen ermöglichen neuen Verkehr, der nach wie vor von uns Menschen „erzeugt“ wird.
- Das „Gesetz von konstanten Reisezeitbudget“ läßt sich als ein ganz spezieller Sonderfall von Verkehrsnachfragefunktionen deuten, bei dem außer der Reisezeit alle anderen möglichen Determinanten konstant gehalten werden müssen. Das Konzept „generalisierter Kosten“ (Out-of-pocket-Kosten + Zeitkosten) ist grundsätzlich unvereinbar mit dem „Gesetz vom konstanten Reisezeitbudget“.

- Auch die hier angestellten empirischen Abschätzungen lassen keine klare Aussage über die Größe der Zeitelastizität der Verkehrsnachfrage zu. Zwar haben wir für unser Beispiel eine Zeitelastizität von ca. -0,8 ermittelt, aber der Wert ist – wie in Kapitel 5.5 gezeigt wurde – mit vielen Unsicherheiten behaftet.
- Eine wichtige – ins Philosophische gehende – Fragestellung bei der ökonomischen Erörterung von Neuverkehr kann anhand eines Analogiebeispiels aufgezeigt werden: Wenn der Preis für das Konsumgut „Apfel“ sinkt, werden nach ökonomischer Theorie – unter sonst gleichen Bedingungen – mehr Äpfel konsumiert. Und was geschieht außerdem? Werden dann weniger Birnen oder/und weniger Pflaumen konsumiert? Vielleicht wird insgesamt genausoviel Obst (= Äpfel + Birnen + Pflaumen) konsumiert, und die Zunahme des Apfelkonsums wird durch einen Minderverbrauch an Birnen und Pflaumen kompensiert. Gilt nun die Analogie Straßentunnel = Apfel, Paßstraße = Birne, Eisenbahn = Pflaume? Oder gilt die Analogie Straßentunnel = Apfel, Paßstraße = Apfel anderer Sorte, alle weiteren (unbekannten) Alternativrouten = Äpfel weiterer Sorten? Entspricht Neuverkehr mehr Äpfeln einer bestimmten Sorte oder mehr Äpfeln insgesamt oder mehr Obst? Oder vielleicht sogar weniger Obst?

Diese Schlußfolgerungen sollten als essentieller Bestandteil des vorliegenden Beitrages verstanden werden. Ihre Konstituierung soll gewährleisten, daß die Resultate nicht mißbräuchlich für ideologische Zwecke verwendet werden.

## 7. Zusammenfassung

Infrastrukturbedingter Neuverkehr wird seit einigen Jahren in der Verkehrspolitik sehr kontroversiell beurteilt und gewertet. Allerdings liegen zu diesem Thema nur ganz wenige Arbeiten vor, die das Prädikat „wissenschaftlich“ verdienen. In dieser Situation ist es sehr zu begrüßen, daß die ECMT sich dieses Themas angenommen und dazu einen eigenen Round Table (Nr. 105) anberaunt hat.

Anliegen des vorliegenden Beitrages ist es nicht, ein Berechnungsmodell für den Neuverkehr mit dem Anspruch auf Allgemeingültigkeit vorzulegen (dies dürfte wohl ähnlich unmöglich sein wie die Quadratur des Kreises), sondern

- eine klare, scharfe Begrifflichkeit einzuführen,
- mit dieser Begrifflichkeit ein klares theoretisches Konzept aufzubauen, das ingenieurwissenschaftliche und ökonomische Aspekte berücksichtigen und interpretieren kann, und
- ein Fallbeispiel empirisch durchzuarbeiten.

Das theoretische Konzept baut auf Einkommens-, Transportkosten- und Zeitelastizitäten der Verkehrsnachfrage auf und zeigt Zusammenhänge zwischen Nachfragefunktionen, Elastizitäten und Kreuzelastizitäten auf. Das „Gesetz vom konstanten Reisebudget“ erweist sich dabei als ein (eher unwahrscheinlicher) Sonderfall von unendlich vielen denkbaren Nachfragefunktionen, in denen *nur* die Reisezeit als unabhängige Variable aufscheint.

Im gewählten Fallbeispiel werden zunächst durch zeitliche Längsschnittanalysen die Einflüsse von Einkommen und Transportkosten herausgefiltert, um den danach verbleibenden Verkehrsnachfrageüberschuß infolge einer singulären, gravierenden Angebotsattraktivierung (Eröffnung des Arlbergstraßentunnels in Österreich am 1. Dezember 1978) als infrastrukturbedingten Neuverkehr deuten zu können. Aus diesem wird dann auch eine Zeitelastizität zu rekonstruieren versucht, um infrastrukturbedingten Neuverkehr mit Hilfe von Zeitelastizitäten ökonomisch interpretieren zu können.

Ein ganz essentieller Teil, der auch ein großes Anliegen der Autoren darstellt, sind der abschließende Diskurs mit selbstkritischer Relativierung der Aussagekraft der Ergebnisse und darauf aufbauend ein Bündel von Schlußfolgerungen, die man bei weiterer Behandlung des Themas künftig beherzigen sollte.

### Abstract

It is the intention of this contribution to introduce clear, precise terms concerning infrastructure-induced new traffic, to build a clear theoretical concept on the basis of these terms, capable of taking into account and interpreting both transport engineering and economic concepts, and to carry out an empirical case study. The theoretical concept is based on the income, cost and time elasticities of transport demand and shows the relationship between demand functions, elasticities and cross elasticities. The „law of the constant travel time budget“ is found to be a (somewhat improbable) special case among an infinite number of conceivable demand functions, in which only travel time appears as an independent variable. In the selected case study, the income and transport cost influences are first filtered out by longitudinal section analysis, in order then to be able to designate the remaining surplus transport demand resulting from a singular, major transport supply enhancement (the opening of the Arlberg road tunnel) as infrastructure-induced new traffic. Then a time elasticity is constructed in order to be able to interpret infrastructure-induced new traffic in economic terms, using time elasticities. An absolutely essential part of this contribution is the concluding discussion (with its self-critical relativization of the meaningfulness of the findings) and the resulting set of conclusions which should be taken to heart in future work on this topic.

## Kundenorientierte Gestaltung des öffentlichen Personennahverkehrs

VON ANDREAS HERRMANN, MAINZ, HANS H. BAUER, MANNHEIM  
UND SABINE HERRMANN, BASEL

### 1. Bedeutung der Kundenorientierung des öffentlichen Personennahverkehrs

Die wirtschaftliche Situation vieler Verkehrsbetriebe hat sich in den letzten Jahren gravierend verschlechtert. Bei deutlich steigenden Aufwendungen konnten die meisten Anbieter nur geringfügige Umsatzverbesserungen erzielen. Darüber hinaus verzeichnen viele Verkehrsgesellschaften seit einiger Zeit eine sinkende Zahl von Fahrgästen. Offenbar besitzt der Individualverkehr trotz umweltpolitischer Bedenken und sich erhöhender Pkw-Kosten nach wie vor eine hohe Attraktivität.

Einige Zahlen verdeutlichen die wirtschaftliche Lage der Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH:<sup>1)</sup> Der Gesamtaufwand dieses Unternehmens betrug im Geschäftsjahr 1993/94 ca. 125 Mio DM. Dabei entfielen allein ca. 75 Mio DM auf den Personalaufwand. Die Erträge aus dem Personenverkehr beliefen sich lediglich auf 53 Mio DM. Dies entspricht 43% des Gesamt- und 71% des Personalaufwands. Bei ca. 38 Mio Fahrgästen ergeben sich für den Berichtszeitraum durchschnittliche Einnahmen von ca. 1,40 DM pro Person. Für die kommenden Jahre rechnet der Betrieb mit einer Steigerung des Personalaufwands und der sonstigen Aufwendungen von ca. 6%. Dagegen erhöht sich der Umsatz bei gleichbleibendem Fahrgastaufkommen voraussichtlich nur um 3%.

Wie lassen sich Ansatzpunkte zur Lösung des aufgeworfenen Problems finden? Bisher ergriffene Maßnahmen erscheinen kaum geeignet, um Entscheidendes an der derzeitigen Situation zu verändern. Vielmehr bedarf es einer Ausrichtung der Transportleistung der Verkehrsgesellschaft an den Erfordernissen des Marktes. Eine entsprechende Führungskonzeption stellt das Marketing mit seinem produkt- und preispolitischen Instrumentarium bereit.<sup>2)</sup> Mit Hilfe von Marketingmaßnahmen kann ein Verkehrsbetrieb die Nachfrage nach

*Anschrift des Verfassers:*  
Priv.-Doz. Dr. Andreas Herrmann  
Universität Mainz  
Allgemeine BWL und Marketing  
Welderweg 9  
55099 Mainz

1) Vgl. hierzu den Geschäftsbericht der Mannheimer Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft für das Geschäftsjahr 1993/94.  
2) Vgl. hierzu Meffert, H., Marketing: Grundlagen der Absatzpolitik, 7., überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden 1991, und Nieschlag, R. / Dichtl, E. / Hörschgen, H., Marketing, 17., neu bearbeitete Auflage, Berlin 1994.