

# 3 Die Vorhersage von Verkehrsnachfrage

(Powell Kap. 3)

(genauer: Vorhersage der Reaktion der Nachfrage auf die Maßnahme(n))

## 3.1 Einleitung

In der Verkehrsplanung, insbesondere in der Kosten-Nutzen-Analyse und verwandten Verfahren, muss man die Benutzung des Verkehrssystems vorhersagen.

Z.B.:

Nehmen wir an, wir haben eine relativ langsame Verbindung von A nach B.

Nun will jemand (der Staat?) sie durch eine doppelt so schnelle Verbindung ersetzen.

## Zu klärende Fragen:

- Wie stark würde die Benutzung der Verbindung nach der Durchführung der Maßnahme sein? Mit-Fall, besser **Planfall**
- Aber auch: Wie stark würde die Benutzung der Verbindung ohne die Durchführung der Maßnahme sein (Ohne-Fall, Null-Fall, besser **Bezugsfall**)? Insbesondere dann relevant, wenn man auch im Bezugsfall von Veränderungen ausgeht (z.B. allgemeine Verkehrszunahme).

## 3.2 Vorhersage mit Elastizitäten

Ein einfacher Ansatz ist mit Elastizitäten.

Z.B.: Elastizität von  $-0.2$ .

Wenn ich es  $1\%$  teurer mache, dann sinkt meine Nachfrage um  $0.2\%$ .

Allgemein: Elastizität von  $e$ .

Wenn ich es  $1\%$  teurer mache, dann steigt (sic!) meine Nachfrage um  $e\%$ .

Z.B. bei Buspreisen.

Technisch:

$$\frac{\delta x/x}{\delta p/p} \approx \frac{p}{x} \frac{\partial x}{\partial p} =: e .$$

und damit

$$\frac{\delta x}{x} \approx e \frac{\delta p}{p}$$

wie oben gesagt (“wenn der relative Preis sich um  $\delta p/p$  verändert, dann verändert sich die relative Nachfrage  $\delta x/x$  um  $e \delta p/p$ ”).

Auch dies ist eine Art Linearisierung am Arbeitspunkt. Anders ausgedrückt: Wenn eine (z.B. Preis-)Elastizität an einem bestimmten Arbeitspunkt (z.B. Preis) festgestellt wird, dann bedeutet das nicht, dass die Elastizität an einem anderen Arbeitspunkt immer noch die gleiche ist.

An sich sollte man es *Preiselastizität der Nachfrage* nennen.

| Type of elasticity                         | Value |
|--|-------|
| Price elasticity of demand for car usage   | -0.16 |
| Price elasticity of demand for train usage | -0.59 |

(Quelle: Powell-I, p30)

Interpretation (z.B.):

Wenn man den Preis der Bahnbenutzung um 10% senkt, dann wächst die entsprechende Nutzung um 5.9%.

*Solche Tabellen müssen Sie lesen können!*

### 3.2.1 Substituierbare Güter/Dienstleistungen

G/DL, welche man durch andere ersetzen kann. Z.B.:

- zu Hause essen statt im Restaurant
- Brötchen statt Brot essen
- zu Fuß gehen statt den Bus nehmen

Daraus folgen *positive Kreuzelastizitäten* (der Nachfrage). Z.B.:

| Kreuzelastizität der Nachfrage ...         | Wert  |
|--|-------|
| ... nach Zugreisen in Bezug auf Autokosten | +0.25 |
| ... nach Autoreisen in Bezug auf Zugkosten | +0.06 |

(Quelle: Powell-I, p30)

Wenn Autokosten um 10% steigen, dann geht die Nachfrage nach Bahnfahrten um 2.5% hoch.

Wenn Zugkosten um 10% fallen, dann sinkt die Nachfrage nach Autofahren nur wenig: um 0.6%.

### 3.2.2 Komplementäre Güter/Dienstleistungen

G/DL, welche man gemeinsam konsumiert. Z.B. “Auto und Benzin”, “Wohnraum und Heizung”, “Transport von A nach B sowie von B nach C” (wenn man von A nach C will).

Quantitativ: *negative* Kreuzelastizität. Wenn der Preis für Benzin hochgeht, dann sinkt die Nachfrage nach großen Autos.

### 3.2.3 Fahrzeit

Die Fahrzeit spielt bei der Verkehrsnachfrage eine ganz wichtige Rolle:

| Type of elasticity                        | Value |
|---|-------|
| Time elasticity of demand for car usage   | -0.47 |
| Time elasticity of demand for train usage | -0.87 |

(Quelle: Powell-I, p30)

10% mehr Autofahrzeit bedeuten 4.7% weniger Autoverkehr.

10% weniger Zugfahrzeit bedeuten 8.7% mehr Passagiere.

Geht auch mit Kreuzelastizitäten:

| Kreuzelastizität der Nachfrage ...           | Wert  |
|--|-------|
| ... nach Zugreisen in Bezug auf Autofahrzeit | +0.73 |
| ... nach Autoreisen in Bezug auf Zugfahrzeit | +0.08 |

(Quelle: Powell-I, p30)

10% weniger Autofahrzeit bedeutet 7.3% weniger Zugpassagiere.

Zugfahrzeit hat (ähnlich wie Zugkosten) wenig Einfluss auf Autoreisen.

**Table 2. Elasticity matrix in response to change in rail service for multin**

| <b>Rail level of service attribute</b> | <b>Multinomial logit model</b> |               |               |
|--|--------------------------------|---------------|---------------|
|  | <b>Train</b>                   | <b>Air</b>    | <b>Car</b>    |
| <b>Frequency</b>                       | <b>0.303</b>                   | <b>-0.068</b> | <b>-0.068</b> |
| <b>Cost</b>                            | <b>-1.951</b>                  | <b>0.436</b>  | <b>0.436</b>  |
| <b>In-vehicle travel time</b>          | <b>-1.915</b>                  | <b>0.428</b>  | <b>0.428</b>  |
| <b>Out-of-vehicle travel time</b>      | <b>-2.501</b>                  | <b>0.559</b>  | <b>0.559</b>  |

**Note:** The elasticities are computed for a representative intercity business

Quelle: C. Bhat, ...

### 3.2.4 Einfluss der Mengen bei Kreuzelastizitäten

Gehen wir davon aus, dass von 1000 Personen 900 das Auto benutzen und 100 die Bahn.

10%ige Absenkung des Bahnpreises würde (s.o.; ca.) 6% mehr Bahnkunden bringen, also 6 Passagiere.

Wenn wir annehmen, dass diese alle vom Auto kommen, haben wir also einen neuen modalen Split von 894:106.

Damit würde aber die Autonachfrage gerade mal um 0.67% ( $6/900$ ) abgesenkt.

Also beträgt die Kreuzelastizität der Autonachfrage in Bezug auf Bahnpreise 0.067 (10%ige Preissenkung bei Bahn führt zu 0.67%iger Nachfragesenkung bei Auto).

*Wenn man mit einem anderen modalen Split startet, geht das völlig anders aus:*

Starten wir nun mit einem modalen Split zwischen Auto und Bahn von **500:500**.

10%ige Absenkung des Bahnpreises würde 6% mehr Bahnkunden bringen, also 30 Kunden.

Wenn wir annehmen, dass diese alle vom Auto kommen, haben wir also einen neuen modalen Split von 470:530.

Damit wurde aber die Autonachfrage um 6% ( $30/500$ ) abgesenkt.

Also beträgt die Kreuzelastizität der Autonachfrage in Bezug auf Bahnpreise nun 0.6 (10%ige Preissenkung bei Bahn führt zu 6%iger Nachfragesenkung bei Auto).

*Gleiche Preiselastizität bei Bahn führt also zu völlig anderer Kreuzelastizität bei Auto.*

## Praktisches Beispiel:

Wenn man den Einfluss von Fahrpreisänderungen im ÖV von Berlin (ca. 50% modal Split) auf die Autonachfrage diskutiert ...

... dann darf man keine bundesweiten Kreuzelastizitäten verwenden.

## Konsequenz:

Das *Vorzeichen* von Kreuzelastizitäten gibt wertvolle Hinweise bzgl. substituierbar (positiv) vs. komplementär (negativ).

Die *absolute Höhe* von Kreuzelastizitäten ist nur interpretierbar, wenn man sich gut genug auskennt.

### 3.2.5 Einkommen

Nachfrage ist auch elastisch in Bezug auf das Einkommen (Einkommenselastizität der Nachfrage).

Mehr Einkommen bedeutet (im Mittel) mehr Reiseaktivität (sowohl km/Jahr als auch Reisezeit/Jahr).

Mehr Einkommen bedeutet (im Mittel) mehr Autos pro Haushalt.

Mehr Einkommen bedeutet (im Mittel) *nicht* mehr Fahrten mit dem ÖPNV.

Mehr EK bedeutet (im Mittel) mehr Fahrten mit dem Schienenfernverkehr. (!!)

### 3.2.6 Qualität

Die Qualität der Güter/Dienstleistungen hat (offensichtlich) einen Einfluss.

Z.B. kann es sein, dass Leute (im Mittel) Flugzeuge mit Video solchen ohne vorziehen (ceterus paribus, also bei ansonsten gleichen Eigenschaften).

Bedienfrequenz (beim ÖV) sowie Zuverlässigkeit (ÖV, IV, Fracht) spielen eine Rolle.

| Elastizität der Nachfrage ...                  | Wert  |
|--|-------|
| ... nach Zugreisen in Bezug auf Bedienfrequenz | +0.43 |

(Quelle: Powell-I, p30)

10% häufigere Züge bedeuten 4.3% mehr Passagiere.

(Wenn das in einer gegebenen Situation so stimmt, dann sind häufigere Züge nur dann wirtschaftlich, wenn die Züge ansonsten übervoll sind, oder wenn kleinere Züge deutlich kostengünstiger sind als größere.)

### 3.2.7 Vorlieben (“tastes”)

Leute sind unterschiedlich.

Manche Leute mögen Video im Flugzeug, manche nicht.

Nachfrage nach Nichtraucher-Abteilen in den letzten Jahrzehnten stark angestiegen.

→ Veränderungen von Vorlieben führen zu Veränderungen der Nachfrage

## 3.3 Probleme bei der Messung von Elastizitäten

### 3.3.1 Sub-Märkte

Wenn man den Zugfahrpreis um 10% erhöht, dann verliert man vielleicht im Mittel 5.9% der Passagiere, wie oben angegeben.

Dies ist aber meistens aus mehreren Marktsegmenten zusammengesetzt. Z.B. ist es möglich, dass man deutlich mehr Sofortzahler verliert, aber deutlich weniger Zeitkarten-Besitzer; deutlich mehr Kurzstreckenreisende; deutlich weniger Dienstreisende; etc.

### 3.3.2 Kurzfristige vs. langfristige Elastizität

(short run vs. long run)

Reaktionen auf Veränderungen brauchen Zeit. Z.B.

- Kurzfristige ( $< 1$  Jahr) Preiselastizität der Nachfrage nach Benzin:  $-0.26$ .
- Langfristige ( $> 1$  Jahr) Preiselastizität der Nachfrage nach Benzin:  $-0.58$ .

Grund: Kurzfristig wird langsamer/weniger gefahren. Langfristig steigen die Leute auf sparsamere Autos um.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>S. z.B. [http://economics.about.com/od/priceelasticityofdemand/a/gasoline\\_elast.htm](http://economics.about.com/od/priceelasticityofdemand/a/gasoline_elast.htm).

Bei Busverkehr:

| Zeitraum         | Elastizität der Nachfrage in Bezug auf Preis |
|------------------|--|
| sofort           | -0.21  |
| 6 Monate später  | -0.28  |
| 12 Monate später | -0.37  |
| 4 Jahre später   | -0.55  |
| 30 Jahre später  | -0.65  |

(Quelle: Powell-I, p26)

Das ist natürlich ein Problem:

- Für viele verkehrsplanerische Aspekte ist die langfristige Veränderung viel entscheidender.
- Andererseits lässt sich diese bei weitem nicht so gut messen, da man im Prinzip ja alles andere festhalten muss ("ceteris paribus", all other things being equal).

Viele Untersuchungen finden, dass die langfristigen Elastizitäten ca. 1.5 bis 3 Mal so groß sind wie die kurzfristigen.

### 3.3.3 Hysterese

Große Aufwärtsbewegungen von Preisen haben stärkere (kurzfristige) Elastizitäten als kleine Abwärtsbewegungen.

(Note: “Elastizitäten”, nicht “Reaktionen”!!)

Auch: “Car ownership is clearly associated with habit and resistance to change. Once the habit is acquired, it is not easy to abandon, even if the economic consequences in terms of alternative consumption forgone are greater than previously.”

Der Markt ist also nicht völlig “fluide”.

Auch Kahnemann/Tversky (prospect theory): People react more to losses than to gains.

## 3.4 Vorhersage durch Modellierung und Simulation von Verkehr

Oft ist die Situation komplizierter, und der Einsatz von Elastizitäten führt zu unvollständigen Resultaten. Z.B.:

- Der Neuverkehr auf der betrachteten Fazilität (hier: Kante) entsteht durch Umrouten von anderen Routen. Das Umrouten bewirkt
  - Verkehrserleichterung auf parallelen Routen
  - mehr Verkehr auf Routen stromaufwärts/stromabwärts.

Diese Verkehrserleichterung/Mehrverkehr erzeugt/vernichtet dann weiteren Nutzen.

(**Netzeffekte, network effects**)

[[**Bilder**]]

- Dieses “Umroueten” kann verkehrsträgerübergreifend sein: Eine neue S-Bahn kann (theoretisch) Autoverkehr reduzieren ...  
... aber evtl. nur auf bestimmten Korridoren.
- Viele Maßnahmen erzeugen Änderungen in der Zeitstruktur (Leute fahren früher/-später los etc.). Verändert sogenannte “schedule delay costs”.
- Manche Maßnahmen erzeugen Änderungen in der Ortswahl, z.B. die Wahl einer attraktiveren, aber weiter entfernten Einkaufsmöglichkeit, oder (auf längerer Zeitskala) das “Häuschen im Grünen”.

Wenn die Situation für Elastizitäten zu kompliziert wird, dann helfen eigentlich nur noch Simulationsmodelle. Z.B.

- VISUM. Lasse OD-Matrix konstant; betrachte Änderungen, die sich durch Umrouten ergeben.

Wenn mit ÖV-Modul, dann einschl. Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl.

- VISEVA kann Änderungen in der Ortswahl berücksichtigen.
- Mit Änderungen in der Zeitstruktur hat m.E. jedes gängige Modell Probleme.
- Änderungen in der Landnutzung (residential choice) werden derzeit meistens nicht in den Modellen berücksichtigt. Scheint mir für quantitative Fragen (“Bewertung”) derzeit auch problematisch.

Weiteres Problem ist, dass Anbieter auf Maßnahmen reagieren. Z.B. könnte die Bahn auf die verbesserte Bedienqualität des Busses durch Reduktion der Fahrpreise reagieren.

Wenn solche Effekte bei der Analyse/Bewertung der Maßnahmen eine Rolle spielen, müssen sie in den Vorhersage-Modellen enthalten sein.

Z.B.: Sagen wir, die Berliner Verwaltung evaluiert den Umbau Berlins zu einer Fahrradstadt.

Das Modell müsste Fahrradverkehr abbilden.

Wenn als Reaktion darauf wesentliche Preisveränderungen bei der BVG erwartet werden, müssten diese in der Vorhersage berücksichtigt werden.

## 3.5 Historisch

Es ist m.E. ganz interessant zu sehen, dass bis ca. 1970 Verkehrsingenieurwesen so betrieben wurde, dass man von einer gegebenen Nachfrage ausging, und es war Aufgabe der Ingenieure, diese zu befriedigen.

Erst danach wurde zunehmend klar, dass der Platz/das Geld nicht ausreichen würde, jede beliebige Nachfrage zu befriedigen.

(Dies wurde, als demokratischer Prozess, “intuitiv” klar. Im Sinne der ökonomischen Theorie, welche wir hier entwickeln: Der volkswirtschaftliche Nutzen zusätzlicher Verkehrsinfrastruktur war kleiner als die volkswirtschaftlichen Kosten.)

Andere Versorgungseinrichtungen (insbes. Strom) vollziehen m.E. einen ähnlichen Wandel: Es wird m.E. irgendwann Tarife geben, welche vorübergehendes Abschalten erlauben.

## 3.6 Beispiele für Rechenaufgaben

Die Preiselastizität der Nachfrage nach Zugreisen sei  $-0.6$ . Wie verändert sich die Nachfrage bei einer 10%igen Preiserhöhung? Wie verändern sich die Einnahmen?

Antwort:  $-0.6 \cdot 10\% = -6\%$ , die Nachfrage nimmt also um 6% ab. Seien die ursprünglichen Einnahmen  $R = x \cdot p$ . Neu ergibt sich  $R' = 0.94x \cdot 1.1p = 1.034x \cdot p = 1.034R$ . Die Einnahmen steigen also um 3.4%.

—

Nennen Sie ein Gut, welches komplementär zur Nachfrage nach Autoreisen ist. Wodurch zeichnet sich die Elastizität eines komplementären Gutes aus?

Antwort: (1) Kraftstoff: Man braucht Kraftstoff, um mit dem Auto zu reisen. (2) Kreuzpreiselastizität ist negativ: Höherer Preis von Kraftstoff senkt die Nachfrage nach Autoreisen.