

Verkehrsökometrie für Bachelor- Studierende

Sommersemester 2023, Übung Nr. 9

Aufgabe 9.1: X-Euro-Ticket

Im Juni 2022 und 2023 wurden verbilligte Tickets für 9 Euro bzw 49 Euro pro Monat eingeführt, mit dem man sämtlichen ÖV in Deutschland außer Fernzüge, einschließlich aller städtischen Verkehrsverbünde, nutzen kann. Im Vorfeld wurde kontrovers diskutiert, wie viel zusätzliche Nachfrage es gäbe und ob es verstärkt zu überfüllten ÖV mit anschließendem Pushback kommen würde. Diese Aufgabe zeigt, wie man so etwas ökonometrisch angehen kann.

Gegeben seien für alle die klassischen vier Verkehrssysteme zu Fuß ($i = 1$), Rad ($i = 2$), ÖV ($i = 3$) und MIV ($i = 4$), dessen deterministische Nutzen in Abhängigkeit der komplexen Reisezeit T_i [Minuten], der Kosten C_i [Euro] und der (durch das X-Euro-Ticket gegebenenfalls wachsenden) Belegung B_3 (0: leer; 1: Vollbelegung; > 1 : Überbelegung) gegeben ist:

$$\begin{aligned}V_1 &= \beta_1 + \beta_4 T_1 \\V_2 &= \beta_2 + \beta_4 T_2 \\V_3 &= \beta_3 + \beta_4 T_3 + \beta_5 C_3 + \beta_6 B_3 \\V_4 &= 0 + \beta_4 T_4 + \beta_5 C_4\end{aligned}$$

- (a) Geben Sie die Bedeutung und erwarteten Vorzeichen der sechs Parameter an. Was könnte man hinsichtlich der Abhängigkeiten der Attraktivitäten von den Reisezeiten verbessern?
- (b) Gegeben seien nun vier Personen, die vier verschiedene sozioökonomische Milieus repräsentieren und ihre Mobilitätsalternativen vor Einführung des Neun-Euro-Tickets (Belegung überall mit $B_3 = 75\%$ angenommen):
- (a) Stadtbewohner, kein Auto: $T_1 = 50$, $T_2 = 30$, $T_3 = 15$, $T_4 = 1000$, $C_3 = 2$, $C_4 = 1000$
- (b) radloser Stadtbewohner: $T_1 = 60$, $T_2 = 1000$, $T_3 = 35$, $T_4 = 20$, $C_3 = 2$, $C_4 = 3$
- (c) Landbewohner mit schlechter ÖV-Anbindung: $T_1 = 120$, $T_2 = 30$, $T_3 = 90$, $T_4 = 20$, $C_3 = 4$, $C_4 = 4$
- (d) Stadtbewohner, kein Auto: $T_1 = 30$, $T_2 = 15$, $T_3 = 15$, $T_4 = 1000$, $C_3 = 0$, $C_4 = 1000$

Was bedeuten die hohen Werte von 1000 Euro bzw 1000 Minuten?

- (c) Im Vorfeld wurden die Parameter kalibriert:

$$\beta_1 = 0, \quad \beta_2 = -1, \quad \beta_3 = 1.5, \quad \beta_4 = -0.1, \quad \beta_5 = -1, \quad \beta_6 = -1.5.$$

Ermitteln Sie den implizierten Zeitwert (*value of time, VoT*) in €/h und das Äquivalent in Minuten und Euro, was die Leute zusätzlich hinnehmen bzw ausgeben würden, um in komplett leeren statt vollen Bussen, Bahnen oder Zügen zu sitzen.

- (d) Berechnen Sie mit dem Multinomial-Logit-Modell die Auswahlwahrscheinlichkeiten aller vier Personen und den globalen Modal-Split, wenn jede Person 25 % der Gesamtbevölkerung repräsentiert
- (e) Nun wird das 9- bzw. 49-Euro-Ticket eingeführt. Da dessen effektiver Preis von der Zahl der ÖV-Fahrten pro Monat abhängt, die sich ggf durch das Ticket erhöht, wird folgender Gedankengang angenommen bzw simuliert: *Im Monat mache ich insgesamt 90 Wege. Ich kaufe das Ticket, wenn ich bisher mit Einzelkarten im Mittel mehr als 9 Euro ausgegeben habe.* Welche der vier Personen kaufen die 9- bzw 49-Euro-Tickets?
- (f) Berechnen Sie die Verschiebung des Modal-Splits unmittelbar nach Einführung des Neun-Euro-Tickets. Nehmen Sie dabei für die Käufer des Tickets und den Studenten Ad-Hoc-Kosten von 0 für den ÖV an und sonst die bisherigen Kosten. Nehmen Sie ferner an, dass die Leute die evtl. höhere Belegung in ihren Entscheidungen zunächst nicht berücksichtigen.
- (g) Durch den höheren ÖV-Modal-Split kommt es auch proportional zu einer höheren Belegung (angenommen, der ÖV kann das Angebot nicht erhöhen). Berechnen Sie die dadurch hervorgerufene Abnahme der ÖV-Nutzung durch die schlechten Erfahrungen in den ersten Tagen und die resultierende Belegung, nachdem sich ein neues Gleichgewicht eingestellt hat
- (h) Direkt nach Ende des Neun-Euro-Tickets im September berücksichtigen die Leute noch die höhere Belegung, müssen aber wieder die Preise vor der X-Euro-Phase zahlen. Auf welchen Wert nimmt die ÖV-Nachfrage bzw. die Belegung vorübergehend ab?
- (i) Diskutieren Sie mögliche Schwächen ("Verbesserungspotentiale") der hier vorgenommenen Herangehensweise zur Analyse der Auswirkungen des Neun-Euro-Tickets

Aufgabe 9.2: Verkehrserhebung in großen deutschen Städten

Mittels einer langfristig angelegten Studie sollen die wichtigsten Kriterien quantifiziert werden, welche den ÖPNV in großen deutschen Städten (> 200 000 Einwohner) attraktiv oder weniger attraktiv machen. Insbesondere sollen auch langfristige Verschiebungen der Prioritäten bei diesen Kriterien aufgedeckt werden. Außerdem soll untersucht werden, inwieweit sich die Attraktivitäten bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen unterscheiden.

Zu Beginn (1995) der noch laufenden Studie wurden aus den Einwohnermelderegistern der in Frage kommenden Städte Teilnehmer (Mindestalter 12 Jahre) per Zufallsauswahl gezogen, wobei aber auf die richtige Proportion zwischen männlichen und weiblichen Teilnehmern sowie der Altersgruppen geachtet wurde. Die Zahl der gezogenen Personen ist proportional zur Größe

der jeweiligen Stadt. Später wurden neue Teilnehmer nur hinzugezogen, um Ausfälle und die Verschiebung der Altersstruktur auszugleichen.

Die Probanden wurden in jährlichen Abständen per Fragebogen befragt. Bei ausbleibender Antwort wurde, wenn möglich, telefonisch nachgefragt. Seit neuestem ist, wenn gewünscht, auch ein Internet-Fragebogen verfügbar.

Die Fragebögen enthalten Fragen zum Alter, Geschlecht, Haushaltsgröße, Kfz- und Fahrrad-Besitz und Verfügbarkeit, Besitz von Dauerkarten, Wohn- und Arbeits- bzw. Ausbildungsort, Beruf, Einkommen, sowie das für Arbeitswege, zum Einkaufen und für sonstige Wege hauptsächlich genutzte Verkehrsmittel, sowie die geschätzte tägliche Zahl jeder dieser Wegekategorien. Außerdem wurde erfragt, wann man diese Wege typischerweise zurücklegt.

Zur Auswertung wurden weitere, aus den Informationen herleitbare Kriterien herangezogen wie Weg zur nächsten Haltestelle, Takt-Periode zur Zeit der Nutzung, zeitliche Dauer der wichtigsten Wege mit den verschiedenen Verkehrsmitteln, Kosten der wichtigsten Wege mit den verschiedenen Verkehrsmitteln etc.

- (a) Grenzen Sie die Grundgesamtheit räumlich, zeitlich und sachlich ein. Sind Ziehungsgrundlage und Grundgesamtheit identisch?
- (b) Sowohl bei Längsschnitterhebungen im Trend-Design als auch bei Panel-Erhebungen werden die Daten in regelmäßigen Zeitabständen erhoben. Warum handelt es sich hier dennoch eindeutig um eine Panel-Erhebung?
- (c) Klassifizieren Sie das Erhebungsdesign nach Ausmaß der Kontrolle über die Richtigkeit der Daten (automatische Messung, Revealed Choice, Stated Choice), die Ziehungsmethode und die Modalität der Erhebung.
- (d) Handelt es sich um eine Zufallsauswahl oder eine geschichtete Stichprobe? Wenn Letzteres, welches sind die Quotenmerkmale?
- (e) Nennen Sie je mindestens drei erhobene oder hergeleitete Merkmale aus folgenden Kategorien:
 - Allgemeine sozioökonomische Merkmale,
 - mobilitätsbezogene sozioökonomische Merkmale,
 - aktivitätenbezogene Merkmale,
 - alternativenbezogene Merkmale.

Aufgabe 9.3: Wahlbasierte Conjoint-Analyse eines Stated-Choice-Experiments (optional)

Bei einer Befragung zur Verkehrsmittelwahl (Alternativen Fuß/Rad bzw. ÖV) für einen angenommenen Arbeitsweg wurde von den $n = 70$ Teilnehmern das bevorzugte Verkehrsmittel in verschiedenen hypothetischen Situationen (siehe Tabelle) erhoben. Die Zeitangaben geben

dabei die komplexe Reisezeit an, während die Geldbeträge die zusätzlichen Kosten bei der jeweiligen Alternativenwahl angeben (insbesondere keine zusätzlichen Kosten bei Dauerkarten- oder Semesterticketbesitzern).

Hypothetische Situation	Alternative 1: Fuß/Rad	Alternative 2: ÖV	Wahl 1	Wahl 2
1	20 min	20 min, kostenlos	12	58
2	20 min	30 min, kostenlos	34	36
3	20 min	40 min, kostenlos	49	21
4	20 min	30 min + 2€	48	22

Nehmen Sie einen linearen Ansatz für die deterministische Nutzenfunktionen als Funktion der alternativenbezogenen Merkmale Zeit T_1 bzw. T_2 (Komplexe Reisezeit in Minuten) und Kosten K_1 bzw. K_2 (in €) sowie einer alternativenspezifischen Konstante an:

$$\begin{aligned} V_1 &= \beta_{11}T_1 + \beta_2K_1, \\ V_2 &= \beta_{21}T_2 + \beta_2K_2 + \beta_0. \end{aligned} \quad (1)$$

- (a) Begründen Sie, warum β_{11} , β_{21} und β_2 negative Werte aufweisen. Ist es plausibel, wenn β_{21} weniger negativ ist als β_{11} ?
- (b) Meist wird bei der Kostensensitivität, wie oben, $\beta_{12} = \beta_{22} = \beta_2$ gesetzt. Welche Annahme steckt da dahinter?
- (c) Zunächst gilt hier und in den nächsten Teilaufgaben

$$\beta_{11} = \beta_{21} := \beta_1 = -0.1 \text{ min}^{-1}.$$

Das Multinomial-Logit-Modell nimmt Gumbelverteilte Zufallsnutzen ϵ_1 und ϵ_2 an, die eine Varianz $V(\epsilon_1) = V(\epsilon_2) = \pi^2/6$ aufweisen. Die Auswahlwahrscheinlichkeit für Alternative 1 ist dabei gleich der Wahrscheinlichkeit, dass deren Gesamtnutzen $V_1 + \epsilon_1$ größer ist als der Nutzen $V_2 + \epsilon_2$ der anderen Alternative. In welchen Einheiten ist daher der Gesamtnutzen skaliert? Geben Sie die Nutzenunschärfe (Standardabweichung des Zufallsnutzens) in Minuten an!

- (d) In der hypothetischen Situation 2 sind beide Alternativen im Rahmen der statistischen Ungenauigkeit gleich attraktiv. Geben Sie daraus die alternativenspezifische Konstante β_0 in Minuten an und rechnen Sie auf den Wert in Nutzeinheiten um.
- (e) In der hypothetischen Situation 4 scheint der Attraktivitätsunterschied zwischen den beiden Alternativen nahezu der gleiche zu sein wie in Situation 3. Schätzen Sie damit die Bewertung der Zeit (Euro pro Stunde) und den Wert für β_2 ab.