Klausur zur Vorlesung Theoretische Verkehrsplanung und Verkehrsökonometrie II für Verkehrswirtschaftler und Nebenfächler, SS 2006

Lösungsvorschlag

Aufgabe 1 (Alle, 40 Punkte)

(a) Die vier Verfahren des klassischen Vier-Stufen-Prozesses der Verkehrsplanung sind *Verkehrserzeugung, -verteilung, -aufteilung und -umlegung*. Die ersten drei dienen der Nachfrage- und die Umlegung der Angebotsmodellierung? Der Abgleich von Nachfrage und Angebot erfolgt umlegungsseitig über die *Capacity-Restraint (CR) Funktionen* und verteilungsseitig über die *Bewertungs- und Widerstandsfunktionen.* **Zur Info (nicht verlangt):** Je geringer das Angebot (Streckenkapazität) und je höher die Verkehrsnachfrage, desto höher der in Reisezeit-Einheiten zu bezahlende "Preis".

(b) Eingangs-Informationen der Verkehrsaufteilung:

- Verkehrsstrommatrizen V_{ij} von Bezirk i nach j (beim Trip-Interchange Ansatz wird die Verteilung vor der Aufteilung durchgeführt)
- Zahl und Art der zur Verfügung stehenden Verkehrsmodi
- aus Reisezeit und evtl. Reisekosten, Bequemlichkeit, Zuverlässigkeit etc. bestehende Nutzenfunktion bzw. Widerstandsfunktion (=negativer Nutzen) für jeden Modus (bereits Reisezeit allein genügt in Klausur)

Ergebnis der Verkehrsaufteilung (eine Angabe genügt): Aufteilung A_{ijk} der Wege von i nach j auf die Verkehrsmittel k bzw. verkehrsmittelaufgelöste Verkehrsstrommatrizen $V_{ijk} = V_{ij}A_{ijk}$

(c) Die Rundfahrt besteht aus den QZG WK-SA-AS-SS-EW, wenn man die Dreizehner-Einteilung zugrundelegt.

(d) Benötigte Pkw-Stellplatzfläche:

$$A = n_{\text{ Pkw}} A_{\text{ Pkw}} f$$

mit $A = 20$ m^2 und $f = 1.7$ (aus der Aufgabenstellung) Damit

$$A_{\text{ Pkw, München}} = 1\,230\,000 \text{ Einw} * 0.48 \text{ Pkw/Einw} * 20 \text{ m}^2\text{/Pkw} * 1.7 = \underline{\underline{20.1 \text{ km}^2}}$$

$$A_{\text{ Pkw,Dresden}} = 480\,000 \text{ Einw} * 0.42 \text{ Pkw/Einw} * 20 \text{ m}^2\text{/Pkw} * 1.7 = \underline{\underline{6.9 \text{ km}^2}}$$

Der Flächenanteil $r = A_{\text{ Pkw}}/A$ ist damit in München $r = 20.1/310 = \underline{\underline{0.065}}$ viel grøßer als in Dresden ($r = 6.9/328 = \underline{\underline{0.021}}$). Damit ist es in München noch wichtiger, nichtebenerdige Stellplätze außerhalb des öffentlichen Verkehrsraums zur Verfügung zu stellen.

Aufgabe 2 (Alle, 40 Punkte)

Für den Fernverkehr soll in Abhängigkeit der Weglänge x eine Verkehrsaufteilung mit dem Logit-Modell auf die Verkehrsmodi MIV, (landgebundener) ÖV und Flugzeug durchgeführt werden. Als Widerstandsfunktion wird die Gesamtreisezeit angesetzt, welche sich aus einem konstanten Anteil T_0 (Zugang, Zeit zwischen Check-in und Abflug etc) und einen linear mit der Streckenlänge steigenden Anteil $T_1 = x/v$ zusammensetzt. Es gilt:

- für den MIV: $T_0 = 5$ Minuten, $v = 90$ km/h,
- für den ÖV: $T_0 = 20$ Minuten, $v = 75$ km/h,
- Für den Flugverkehr: $T_0 = 3$ Stunden, $v = 600$ km/h.

(a) Die Nutzenfunktionen (in Minuten) für die drei Modi sind in Abhängigkeit der Strecke x in km:

$$\begin{aligned} u_{\text{MIV}}(x) &= -\left(5 + \frac{2}{3}x\right), \\ u_{\text{ÖV}}(x) &= -\left(20 + \frac{60}{75}x\right), \\ u_{\text{Flugz}}(x) &= -\left(180 + \frac{1}{10}x\right) \end{aligned}$$

Aus dem Logit-Model ergibt sich für das Verhältnis der beiden Anteile (die Nenner kürzen sich jeweils weg!):

$$\frac{A_{\text{Flugz}}}{A_{\text{ÖV}}} = e^{\beta(u_{\text{Flugz}} - u_{\text{ÖV}})}$$

und nach Logarithmierung

$$\ln\left(\frac{A_{\text{Flugz}}}{A_{\text{ÖV}}}\right) = \beta(u_{\text{Flugz}} - u_{\text{ÖV}})$$

und damit

$$\beta = \frac{\ln(A_{\text{Flugz}}) - \ln(A_{\text{ÖV}})}{u_{\text{Flugz}} - u_{\text{ÖV}}} = \frac{\ln(39.7) - \ln(17.2}{-210 + 260} = \underline{\underline{0.016729}} = \underline{\underline{1/59.8}}.$$

(b) Aufteilung Allgemein:

$$A_k = e^{\beta u_k(x)} \sum_{l=1}^{3} e^{\beta u_l(x)}$$

Für $x = 400$ (km) und Modus-Index 1 für Pkw, 2 für ÖV und 3 für Flugverkehr:

$$u_1 = -271.67, \quad u_2 = -340, \quad u_3 = -220$$

und

$$\sum_{l=1}^{3} e^{\beta u_l} = 0.03983,$$

und damit das Ergebnis

$$A_1 = \underline{\underline{0.2713}}, \quad A_2 = \underline{\underline{0.0869}}, \quad A_3 = \underline{\underline{0.6418}}.$$

(c) Das Zeitäquivalent der 50 € Kostendifferenz ist 150 Minuten, also gilt $u_3 = -370$ statt -220 (Absolutwerte der Kosten kürzen sich im Logitmodell logischerweise weg!). Damit nach dem Selben Schema wie oben:

$$\sum_{l=1}^{3} e^{\beta u_l} = 0.01636,$$

und damit das Ergebnis

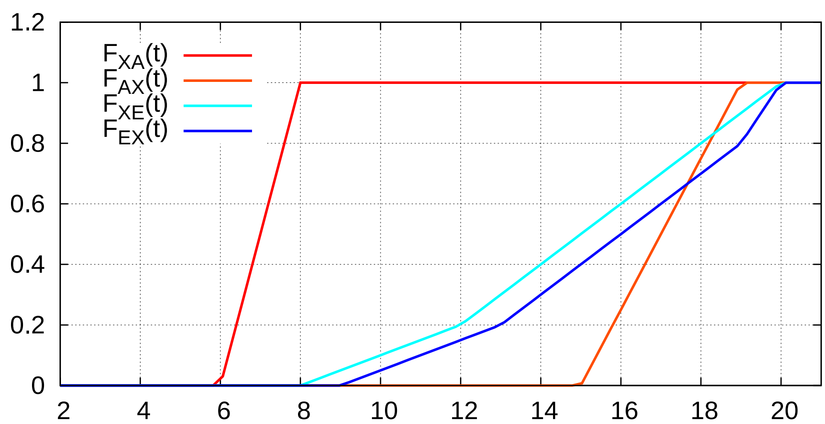
$$A_1 = \underline{\underline{0.6603}}, \quad A_2 = \underline{\underline{0.2114}}, \quad A_3 = \underline{\underline{0.1282}}.$$

Bei Geschäftsleuten (Reisekosten sind egal, nur Zeit ist wichtig) wird die Aufteilung wie unter Punkt (b) aussehen, das FLugzeug also viel häufiger benutzt.

Aufgabe 3 (nur Verkehrswirtschaftler, 50 Punkte)

(a) Mit welchem Planungsschritt des Vier-Stufen-Prozesses kann man die in der Aufgabenstellung angegebenen 3 000 Kunden prognostizieren? *Verkehrserzeugung* Mit welchem den 2/3 Pkw-Anteil unter den Kunden? *Verkehrsaufteilung*

(b) Zeichnen Sie die Verteilungsfunktionen der Verkehrsnachfrage im Tagesverlauf für die vier Quelle-Ziel-Gruppen.



(c) Allgemein prognostizierte Parkplatznachfrage $n(t)$:

$$n(t) = n_0 + 2\,000 * 0.5 * (F_{\text{XA}} - F_{\text{AX}}) + 3\,000 * \frac{2}{3} * (F_{\text{XE}} - F_{\text{EX}})$$

(d) Einfach Ablesen der Verteilungsfunktionen zu den jeweiligen Zeitpunkten:

t	6	7	8	9–12	13–15	16	17	18	19	20
n_t	0	500	1000	1100	1200	950	700	450	200	0

Aufgabe 4 (nur Nebenfächler, 50 Punkte)

(a) Die Grundgesamtheit mit der Beschreibung "alle Haushalte mit mindestens einem Pkw" nicht ausreichend abgegrenzt? Die *sachliche Abgrenzung* ist zwar vorhanden, nicht aber die *räumliche* Abgrenzung (z.B. Haushalte Dresdens) und die *zeitliche* Abgrenzung (z.B. alle Montage-Donnerstage von März bis Oktober 2004). Die beiden Stichworte genügen für eine vollständige Lösung.

(b) Aus den Angaben ergeben sich folgende relative Häufigkeiten für Haushalte in der Stichprobe mit m Pkw:

$$f_1 = 0.45, \quad f_2 = 0.3, \quad f_3 = 0.25.$$

Damit ergibt sich das arithmetische Stichprobenmittel:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{1000} X_i = f_1 \bar{x}_1 + f_2 \bar{x}_2 + f_3 \bar{x}_3 = \underline{\underline{16.15}}.$$

Da nach der vorliegenden Ziehungsmethodik Haushalte mit $m > 1$ Fahrzeugen um den Faktor m wahrscheinlicher befragt werden als Haushalte mit einem Pkw, ist das einfache arithmetische Mittel *nicht* erwartungstreu! (siehe Exkurse weiter unten)

(c) Entzerrter Schätzer $\hat{\mu}$ durch Rückrechnung der Stichprobenanteile f_m auf die Anteile θ_m der Grundgesamtheit: Mit

$$\theta_1 = 0.7, \quad \theta_2 = 0.2, \quad \theta_3 = 0.1$$

ergibt sich

$$\hat{\mu} = \theta_1 \bar{x}_1 + \theta_2 \bar{x}_2 + \theta_3 \bar{x}_3 = \underline{\underline{14.1}}.$$

Die Varianz ergibt sich mit einer Formel aus der Vorlesung

$$\sigma^2_{\hat{\mu}} = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^{3} \theta_m E_m \sigma_m^2 = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^{3} \theta_m \frac{\theta_m}{f_m} \sigma_m^2 = \underline{\underline{0.05656}}.$$

(d) Die unter (c) durchgeführte Entzerrung ist nur möglich, da man die "wahren" Schichtanteile θ_m kennt. Sie korrigiert sowohl den durch die Ziehungsmethodik verursachten *systematischen Fehler* als auch die durch die Zufallsstichprobe verursachten *zufälligen Verzerrung*. Die Korrektur des systematischen Fhelers macht den Schätzer erwartungstreu, während die Korrektur der zufälligen Verzerrung nur die Varianz des Schätzers reduziert. Auch ohne Kenntnis der θ_i ist ein erwartungstreuer Schätzer durch ein gewichtetes Mittel mit den Gewichtungsfaktoren $1/m$ möglich: Mit m_i der Zahl der Pkw in Haushalt i ergibt sich

$$\hat{\mu}^{\text{ syst}} = \frac{\sum_{i=1}^{1000} \frac{x_i}{m_i}}{\sum_{i=1}^{1000} \frac{1}{m_i}}$$

und nach Aufspaltung der Summe in die zu den Schichten gehörigen Teilsummen

$$\hat{\mu}^{\text{ syst}} = \frac{f_1 \bar{x}_1 + f_2 \bar{x}_2/2 + f_3 \bar{x}_3/3}{f_1 + f_2/2 + f_3/3} = \underline{\underline{13.58}}$$

(e) **Bemerkungen** Falls $\bar{x}_m = \mu_m$ die tatsächlichen Erwarungswerte der Kilometerleistung in 1000 km in der Schicht m sind, ergeben sich für die dei Schätzer $\bar{x}$ (Teil b), $\hat{\mu}$ (Teil c) und $\hat{\mu}^{\text{ syst}}$ (Teil d) folgende Erwartungswerte und Varianzen: