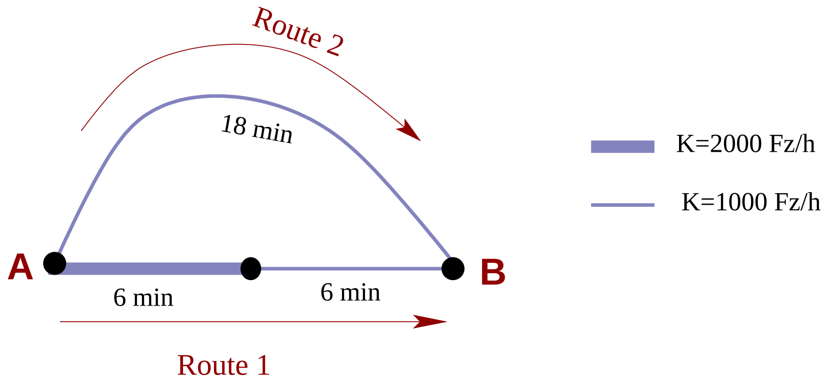
Verkehrsökonometrie für Bachelor-Studierende

Sommersemester 2021, Übung Nr. 8

Aufgabe 8.1: Verkehrsumlegung nach den Wardrop'schen Prinzipien



Im abgebildeten Streckennetz gibt es zwei Routen von der Anbindung A zur Anbindung B, wobei die einzelnen Kanten (Links) l die angegebenen Kapazitäten K_l und Mindestzeiten T_{0l} zum Durchfahren aufweisen. Die Zeiterhöhung soll durch eine lineare CR-Funktion

$$T_l(Q) = T_{l0}(1 + Q/K_l) \tag{1}$$

modelliert werden.

(a) Legen Sie eine Nachfrage von $Q_{AB} = 1000$ Fz/h gemäß dem 1. Wardrop'schen Prinzip (Nutzergleichgewicht, UE) auf die beiden Alternativen um. Welcher Bruchteil des Verkehrs benutzt Route 2 ?Berechnen Sie dazu das UE dazu zunächst in Abhängigkeit der auf Kapazität der kleineren Straßen bezogene spezifischen Nachfrage

$$q = \frac{Q_{\text{AB}}}{1000\,\text{Fz/h}}$$

und setzenSie dann erst $q = 1$.

(b) Bei welchem Bruchteil auf Route 2 herrscht nach dem 2. Wardrop'schen Prinzip Systemoptimum (SO)? Berechnen Sie das SO (i) mit der Definition ("die Gesamtreisezeit ist minimal"), (ii) mit dem Nutzergleichgewicht (UE) bezüglich der modifizierten CR-Funktionen $\tilde{T}_l(Q) = T_l(Q) + Q\frac{\text{d}}{\text{d}Q}T_l(Q) = \left(1 + Q\frac{\text{d}}{\text{d}Q}\right)T_l(Q)$. Berechnen Sie alles für eine allgemeine skalierte Nachfrage q und setzen Sie dann erst $q = 1$. Zeigen Sie, dass die SO-Routenanteile bei gegebener Nachfrage Q_{AB} gleich den UE-Anteilen bei doppelter Nachfrage $2Q_{\text{AB}}$ sind.

(c) Zeichnen Sie die Routenaufteilung im UE und SO in Abhängigkeit der spezifischen Nachfrage $q = Q_{\text{AB}}/1\,000\,\text{Fz/h}$. Was geschieht in den Fällen, in welchen die allgemeinen Ausdrücke für die Routenanteile Werte > 1 oder < 0 ergeben? Setzen Sie die Routenanteile in Übereinstimmung mit dem jeweiligen Wardrop'schen Gesetz in den erlaubten Bereich $w_1, w_2 \in [0, 1]$

zurück. Testen Sie für diese Fälle, dass die Ungleichheitsbedingung des 1. Wardrop'schen Gesetzes ("nichtbefahrene Routen haben eine nichtminimale Reisezeit") erfüllt ist bzw. dass die Restriktionen der Optimierung greifen.

(d) Die Aufteilung des SO soll nun über eine Bemautung der Route 1 erreicht werden, wobei als monetarisches Äquivalent der Reisezeit 10 €/h angenommen wird. Wie hoch ist bei einer Nachfrage $Q_{\text{AB}} = 1\,000\,\text{Fz/h}$ die Maut in Minuten und Euro, welche zum Systemoptimum (bezüglich unbemauteter Straßen) führt? Berücksichtigen Sie dabei, dass es bei diskreten Entscheidungsprozessen nur auf Nutzen*differenzen* ankommt und bemauten Sie nur die "teurere" Route.

(e) Zeigen Sie anhand der Gesamtnutzen auf beiden Routenalternativen bei Einführung der Maut (also bei den Verhältnissen des Nutzergleichgewichts), dass diese Maut tatsächlich in Richtung des SO führt. Warum ist eine derartige Maut heute *noch* nicht durchführbar?

Aufgabe 8.2: Kombinierte Verkehrsmittel- und Routenwahl

Das Multinomial-Logit-Modell (MNL) ist nicht nur für die Verkehrsmittelwahl, sondern für alle diskreten Entscheidungsprozesse anwendbar, insbesondere auch für die kombinierte Verkehrsmittel- und Routenwahl. Für den Arbeitsweg einer bestimmten Personengruppe stehen nun folgende vier Alternativen zur Verfügung:

Alternative	Zeitaufwand	Kosten (€)	Präferenz
Rad	20 min	0	0
Kfz, Route 1	10 min	3 €	0
Kfz, Route 2	15 min	3 €	0
ÖPNV	25 min	2 €	10 min

(a) Die Kalibrierung des Modells ergab eine Standardabweichung des Zufallsnutzens von 5 min, ein für alle Alternativen gleiches Zeitäquivalent von 3 Minuten/€ sowie die in der Tabelle angegebenen Präferenzen (alternativenspezifischen Konstanten). Geben Sie für alle vier Alternativen V_k einheitenlos als Vielfaches der Standardabweichung des Zufallsnutzens an.

(b) Berechnen Sie mit der MNL-Formel $P_k = e^{V_k} / \sum_m e^{V_m}$ die Aufteilung auf die Alternativen.

(c) Das Rad ist plötzlich nicht mehr einsatzfähig. Wie ändern sich die Anteile?

(d) Wie ändern sich die Verhältnisse für Personen ohne Rad, aber mit Dauerkarten für den ÖV? (die generischen kfz-bezogenen Variablen bleiben unverändert).

(e) Zeigen Sie ein Problem der Modellierung der simultanen Verkehrsmittel- und Routenwahl mit dem einfachem MNL auf, indem Sie 10 Alternativen betrachten: einmal Rad, einmal ÖV und achtmal das Auto über acht verschiedene Routen. Diskutieren Sie dazu die modellierte Wahrscheinlichkeit, *irgendeine* der MIV-Optionen zu wählen, in Abhängigkeit der Zahl der MIV-Routenalternativen.