Verkehrsökonometrie für Bachelor-Studierende

Sommersemester 2021, Lösungsvorschläge zu Übung Nr. 5

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 5.1: Verkehrserzeugung und Tagesganglinien

(a) Quell- und Zielverkehrsaufkommen für die QZG des Typs I.

Typ I heißt, dass die Wohnung der Ausgangspunkt der entsprechenden Wege ist, also sind dies in der Fünfer-Einteilung die QZG WA und WS. In diesem QZG-Typsind die Quellsummen an die Bezugspersonen gekoppelt und daher genauer bestimmbar als die Zielsummen. Daher werden die Quellsummen zur Ermittlung des Gesamt-Verkehrsaufkommens V^g der jeweiligen QZG über alle Bezirke herangezogen: Siehe Vorlesung

Größe (Typ I)	WA	WS
$H_1 = Q_1$	$450 * 0.8 = 360$	$900 * 1 = 900$
$H_2 = Q_2$	$50 * 0.8 = 40$	$100 * 1 = 100$
$V = \sum_i H_i$	400	1 000
$\tilde{Z}_1$	$100 * 0.9 = 90$	$300 * 2 = 600$
$\tilde{Z}_2$	$300 * 0.9 = 270$	$500 * 2 = 1\,000$
$\tilde{V} = \sum_i \tilde{Z}_i$	360	1 600
$\alpha = V/\tilde{V}$	$10/9$	$10/16$
$Z_1 = \alpha \tilde{Z}_1$	$90 * 10/9 = 100$	$600 * 10/16 = 375$
$Z_2 = \alpha \tilde{Z}_2$	$270 * 10/9 = 300$	$1\,000 * 10/16 = 625$

(b) Quell- und Zielverkehrsaufkommen für die QZG des Typs II

Typ II heißt, dass die Wohnung das Ziel der entsprechenden Wege ist, also sind dies in der Fünfer-Einteilung die QZG AW und SW. In diesem QZG-Typsind die Zielsummen an die Bezugspersonen gekoppelt und daher genauer bestimmbar als die Quellsummen. Daher werden die Zielsummen zur Ermittlung des Gesamt-Verkehrsaufkommens V^g der jeweiligen QZG über alle Bezirke herangezogen. Summa Sumamrum werden also im berechnungsschema einfach Quellen und Ziele „vertauscht“:

Größe (Typ II)	AW	SW
$H_1 = Z_1$	$450 * 0.6 = 270$	$900 * 1 = 900$
$H_2 = Z_2$	$50 * 0.6 = 30$	$100 * 1 = 100$
$V = \sum_i H_i$	300	1 000
$\tilde{Q}_1$	$100 * 0.8 = 80$	$30 * 20 = 600$
$\tilde{Q}_2$	$300 * 0.8 = 240$	$50 * 20 = 1\,000$
$\tilde{V} = \sum_i \tilde{Q}_i$	320	1 600
$\alpha = V/\tilde{V}$	15/16	10/16
$Q_1 = \alpha\tilde{Q}_1$	$80 * 15/16 = 75$	$600 * 10/16 = 375$
$Q_2 = \alpha\tilde{Q}_2$	$240 * 15/16 = 225$	$1\,000 * 10/16 = 625$

(c) Quell- und Zielverkehrsaufkommen für die QZG des Typs III

Da hier der Wohnbezirk weder Quelle noch Ziel sein muss, wird zunächst Symmetrie ($\tilde{Q}_i = \tilde{Z}_i$) der mit den *Strukturmerkmalen* des jeweiligen Bezirks berechneten Quell- und Zielverkehre angenommen, im ersten Schritt wie in den anderen QZG der Gesamtverkehr auf den Heimatverkehr hochgerechnet ($\rightarrow \hat{Q}_i = \hat{Z}_i$) und damit räumliche Geschlossenheit (jeder kommt irgendwo an) auch in dieser QZG erreicht. Neu ist der weitere Schritt, um zeitliche Geschlossenheit *in jedem Bezirk* zu garantieren: Jeder ist um Mitternacht zu Hause. Dazu wird für jeden Bezirk die halbe Bilanzabweichung b_i aller QZG jeweils addiert bzw. subtrahiert, um letztendlich die räumlich und zeitlich konsistenten Summen $Q_i = \hat{Q}_i + b_i$ und $Z_i = \hat{Z}_i - b_i$ zu erhalten

Größe (Typ III)	nur SS
H_1	$900 * 1.2 = 1\,080$
H_2	$100 * 1.2 = 120$
$V = \sum_i H_i$	1200
$\tilde{Q}_1 = \tilde{Z}_1$	$30 * 12 = 360$
$\tilde{Q}_2 = \tilde{Z}_2$	$30 * 12 = 600$
$\tilde{V} = \sum_i \tilde{Q}_i$	960
$\alpha = \hat{V}/\tilde{V}$	5/4
$\hat{Q}_1 = \hat{Z}_1 = \alpha\tilde{Q}_1$	450
$\hat{Q}_2 = \hat{Z}_2 = \alpha\tilde{Q}_2$	750
$b_1 = \frac{1}{2}(Z_1^{I+II} - Q_1^{I+II})$	$\frac{1}{2}(100 + 375 + 270 + 900 - 360 - 900 - 75 - 375) = -32.5$
$b_2 = \frac{1}{2}(Z_2^{I+II} - Q_2^{I+II})$	$\frac{1}{2}(300 + 625 + 30 + 100 - 40 - 100 - 225 - 625) = +32.5$
$Q_1 = \hat{Q}_1 + b_1$	417.5
$Q_2 = \hat{Q}_2 + b_2$	782.5
$Z_1 = \hat{Z}_1 - b_1$	482.5
$Z_2 = \hat{Z}_2 - b_2$	717.5

(d) Tagesganglinien

Zunächst werden die Gesamtströme von und zu den Bezirken ohne die QZG „Sonstiges-Sonstiges“ bestimmt.[1]

Die abgebildeten Tagesganglinien (TGL) geben die relative Häufigkeit f_t^g der Wege in QZG g an, welche in der Zeitscheibe t stattfindet: Wir legen fest, dass $t = 1$ dem Zeitraum von 0:00 bis 1:00 ... $t = 24$ dem Zeitraum von 23:00 bis 24:00 entsprechen soll.

Die Gesamtsummen ergeben sich durch *Disaggregierung* bezüglich der Zeitscheibe und *Aggregierung* bezüglich der QZG:

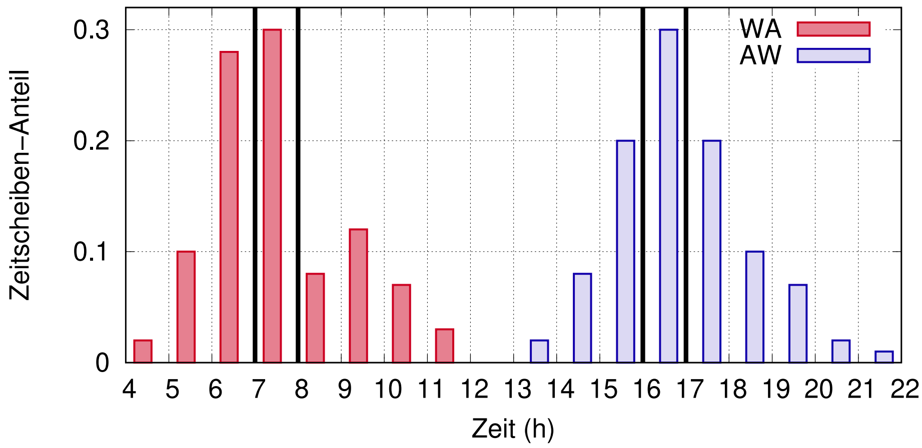
$$Q_i(t) = \sum_g Q_i^g f_t^g, \quad Z_i(t) = \sum_g Z_i^g f_t^g.$$

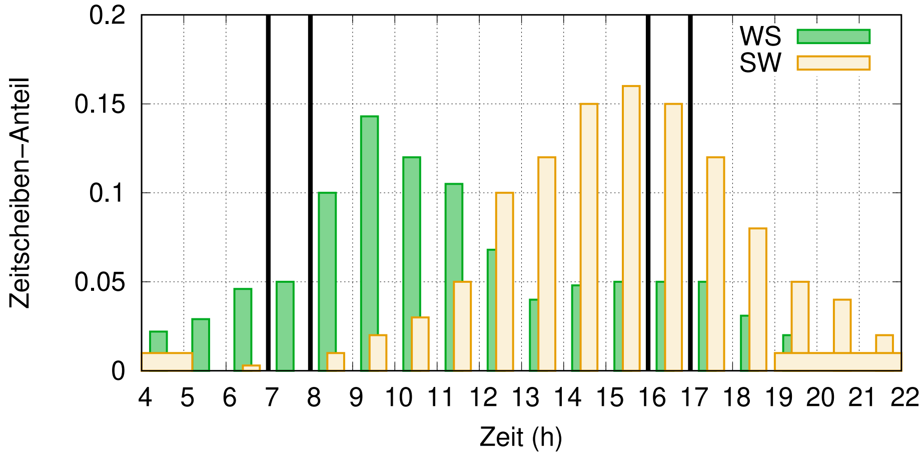
[1] Diese hat keine markante Tagesganglinie, so dass ihre Vernachlässigung die Aussage nicht verfälscht, das Prinzip bleibt sowieso unverändert.

Insbesondere wird angenommen, dass der komplette Weg innerhalb einer Zeitscheibe stattfindet (statische Betrachtung), sodass die Quell- und Zielsummen für jede QZG dieselbe relative Häufigkeit f_t^g als Multiplikator erhalten. Man beachte, dass durch die "Punkt vor-Strich-Regel" *zuerst* disaggregiert und dann aggregiert wird!

(i) *Morgendliche Rush-hour, 7:00h-8:00h, t=8*

Die relevanten „Zeitscheiben" werden von den Abbildungen abgelesen:

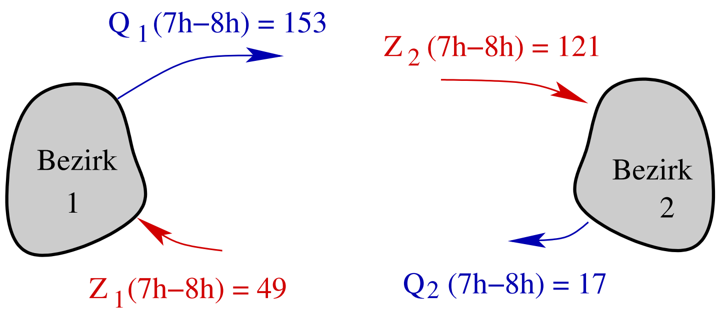




$$f_8^{\mathrm{WA}} = 0.3, \quad f_8^{\mathrm{WS}} = 0.05, \quad f_8^{\mathrm{AW}} = 0.0, \quad f_8^{\mathrm{SW}} = 0.0, \quad f_8^{\mathrm{SS}} = 0.0$$

und damit

$$\begin{aligned}
Q_1(7{:}00\text{-}8{:}00) &= 0.3 * 360 &&+0.05 * 900 &&\approx \underline{\underline{153.0}},\\
Q_2(7{:}00\text{-}8{:}00) &= 0.3 * 40 &&+0.05 * 100 &&\approx \underline{\underline{17.0}},\\
Z_1(7{:}00\text{-}8{:}00) &= 0.3 * 100 &&+0.05 * 375 &&\approx \underline{\underline{48.75}},\\
Z_2(7{:}00\text{-}8{:}00) &= 0.3 * 300 &&+0.05 * 625 &&\approx \underline{\underline{121.25}}.
\end{aligned}$$



Man beachte, dass die QZG SS hier keine Rolle spielt, da der dadurch verursachte Verkehr erst um 8:00 (Beginn Zeitscheibe $t = 9$) anfängt. Das Ergebnis wird durch obenstehende Grafik veranschaulicht (wenn man innerbezirklichen Verkehr vernachlässigt, der durchaus auch eine Rolle spielen kann, vgl. nächstes Übungsblatt): Verkehr fließt hauptsächlich vom Wohngebiet 1 in das Gewerbe/Industriegebiet 2, aber es gibt auch umgekehrte Ströme.

(ii) *Abendliche Rush-hour 16:00h-17:00h, t=17*

Das Verfahren geht genau analog. Im Ergebnis geht der Verkehr bevorzugt von Bezirk 2 aus und das Ziel ist bevorzugt der Wohnbezirk 1:

$$Q_i(\text{16:00-17:00}) = \sum_g Q_i^g f_{17}^g, \quad Z_i(\text{16:00-17:00}) = \sum_g Z_i^g f_{17}^g.$$

mit

$$f_{17}^{\text{WA}} = 0.0, \quad f_{17}^{\text{WS}} = 0.05, \quad f_{17}^{\text{AW}} = 0.3, \quad f_{17}^{\text{SW}} = 0.15, \quad f_{17}^{\text{SS}} = 0.1$$

und damit

$$\begin{aligned} Q_1(\text{16:00-17:00}) &\approx \underline{\underline{165.5}}, \\ Q_2(\text{16:00-17:00}) &\approx \underline{\underline{244.5}}, \\ Z_1(\text{16:00-17:00}) &\approx \underline{\underline{283.0}}, \\ Z_2(\text{16:00-17:00}) &\approx \underline{\underline{127.0}}. \end{aligned}$$

Lösungsvorschlag zu Aufgabe 5.2: Randsummen

(a) Der Binnenverkehr (innerhalb des Untersuchungsgebiets) ist *räumlich* geschlossen, weil die Summe aller Quell-Verkehrsaufkommen Q_i gleich der Summe aller Ziel-Verkehrsaufkommen Z_j ist:

$$V = \sum_{ij} V_{ij} = \sum_i \left(\sum_j V_{ij} \right) = \sum_i Q_i = \sum_j \left(\sum_i V_{ij} \right) = \sum_j Z_j, \tag{1}$$

also

$$\sum_i Q_i = \sum_j Z_j. \tag{2}$$

Explizit:

$$5000 + 2000 + 1000 = 1000 + 1000 + 6000 = 8000 \tag{3}$$

Damit ist gezeigt, dass die Verkehrserzeugung korrekt durchgeführt wurde.

Bemerkung: ohne Einschränkung wird das Superskript "WA" im Folgenden weggelassen. Bezüglich der QZG g ist die Erzeugung nämlich unabhängig, d.g. man hat mehrere Eingleichungsmodelle (mit der exogenen Variablen jeweils eine ganze Matrix $(V_{ij})^{(g)}$) anstelle eines Mehrgleichungsmodells.

(b) Harte Randsummenbedingung (RSB): Die Summe der Flüsse V_{ij} aus einem Bezirk i muss dem Quellverkehrsaufkommen des Bezirks entsprechen und entsprechend für das Zielverkehrsaufkommen Z_j. Allgemein lässt sich schreiben:

$$\sum_j V_{ij} = Q_i, \quad \forall i, \quad \text{(quellseitig harte RSB)}$$
$$\sum_i V_{ij} = Z_j, \quad \forall j \quad \text{(zielseitig harte RSB).}$$

Im Beispiel mit den $n = 3$ Bezirken ergeben sich für „WA" mit **beidseitig** harten Randsummenbedingungen sechs Gleichungen

$$\sum_{j=1}^{3} V_{1j} = 5000, \qquad \sum_{j=1}^{3} V_{2j} = 2000, \qquad \sum_{j=1}^{3} V_{3j} = 1000,$$
$$\sum_{i=1}^{3} V_{i1} = 1000, \qquad \sum_{i=1}^{3} V_{i2} = 1000, \qquad \sum_{i=1}^{3} V_{i3} = 6000,$$

Davon sind aber lediglich $2n - 1 = 5$ Bedingungen unabhängig voneinander, da das Gesamtverkehrsaufkommen V als Bedingung vorliegt. Beispielsweise kann man Z_3 ausdrücken durch

$$Z_3 = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Z_1 - Z_2.$$

Da es also für n^2 Matrixelemente V_{ij} nur $2n-1 = 5$ Randsummen gibt, ist die Aufgabe unterbestimmt. Die Verkehrsströme lassen sich also aus diesen Gleichungen **nicht** vollständig bestimmen.