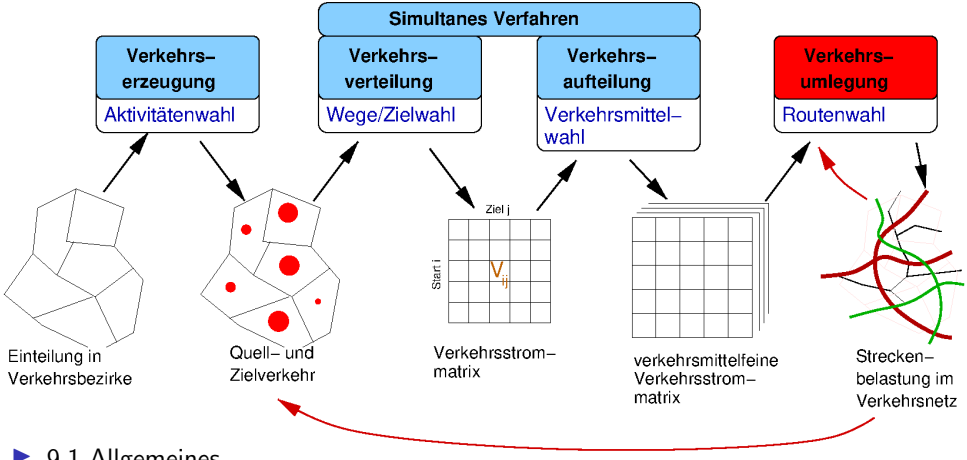
9. Ruhender Verkehr



- 9.1 Allgemeines
- 9.2 Parkmengen-Ganglinie I: Parkdauer-Verteilungen
- 9.3 Parkmengen-Ganglinie II: Quelle-Ziel-Gruppen
- 9.4 Flächenbedarf des Verkehrs

9.1 Allgemeines

Im Gegensatz zum bisher behandelten **fließenden Verkehr** bezieht sich der **ruhende Verkehr** auf alle abgestellten bzw. parkenden Fahrzeuge, nicht jedoch auf Fahrzeuge, welche während der Durchführung eines Weges (in der Definition der Verkehrsplanung) z.B. vor einer roten Lichtsignalanlage warten. Ruhender Verkehr ist u.a. aus folgenden Gründen ein wichtiges Element der Verkehrsplanung:

- Zu etwa 96% der Zeit sind "Fahrzeuge" abgestellt, also in Wirklichkeit "Stehzeuge".
- Der Platzbedarf eines einzelnen Stellplatzes beträgt etwa 20 m^2. In dicht besiedelten Planungsgebieten impliziert der resultierende Platzbedarf durchaus erhebliche Anteile an der insgesamt zur Verfügung stehenden Fläche.

Verständnisfrage:
Verdeutlichen Sie sich, dass eine Stellplatzfläche von 20 m^2 keinesfalls als reichlich angesehen werden kann.

Ansätze

Für die verschiedenen qualitativen Aspekte (Nachfragegruppen, Arten der Stellplätze, Art der Nutzung, Planungsphase) sei auf das Buch von Prof. Lohse *Theoretische Verkehrsplanung, Band II* verwiesen. Im folgenden werden zwei Ansätze zur quantitativen Modellierung des Stellplatzbedarfs vorgestellt, die beide die Bestimmung der **Parkmengen-Ganglinie**, also der Tagesganglinie der erwarteten Nachfrage an Stellplätzen, zum Ziel haben:

1. Statistische Analyse mit Hilfe der Ankunfts-Ganglinie und der Parkdauerverteilung: Diese Methode ist vor Allem für konkrete Einzelprojekte (z.B. Parkplatz für ein zu planendes Einkaufszentrum) sinnvoll.
2. Nachfragemodellierung mit Hilfe der Quelle-Ziel-Gruppen des Kennwertmodells. Hierbei wird die Parkmengen-Ganglinie für ganze Bezirke bestimmt.

Aufgaben

Aufgabe: Zeitanteil des ruhenden Verkehrs

Die mittlere Jahreskilometerleistung eines Kfz beträgt, seit Jahrzehnten erstaunlich konstant, etwa 12 000 km. Schätzen Sie den mittleren Zeitanteil ab, in welchem ein Fahrzeug zum ruhenden Verkehr gehört. Gehen Sie dabei von einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 km/h im fließenden Verkehr aus.

Aufgabe: Platzbedarf für ruhenden Verkehr

Berechnen Sie bei einer Einwohnerdichte von 5 000 EW/km^2 (Stadtgebiet) den prozentualen Anteil an der Gesamtfläche, welcher für Stellplätze benötigt wird. Gehen Sie dabei von folgenden Annahmen aus:

- Ausstattungsgrad: 0.5 Kfz/Einwohner,
- Platzbedarf: 20 m^2 pro Stellplatz,
- Bedarf von 1.7 Stellplätzen pro Kfz (was würde bei nur einem Stellplatz pro Kfz passieren?)

Aufgaben II

Aufgabe: Platzbedarf für fließenden Verkehr

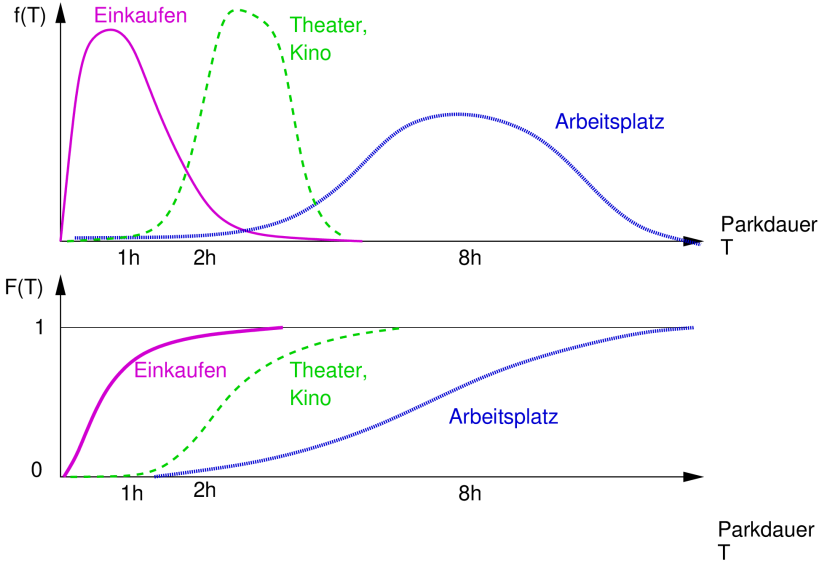
Berechnen Sie nun zum Vergleich den mittleren Platzbedarf des fließenden Verkehrs in der Spitzenstunde (20% des gesamten täglichen Verkehrsaufkommens), welcher anteilig auf ein Kfz fällt. Gehen Sie dabei von 3 m breiten Fahrstreifen, 5 m Kfz-Länge und einem Sicherheitsabstand von 1.5 Sekunden aus. Benutzen Sie ferner, dass über einen Tag verteilt nur 4% der Fahrzeuge am fließendem Verkehr teilnehmen (Ergebnis der Aufgabe "Zeitanteil des ruhenden Verkehrs") und übernehmen sie auch die Durchschnittsgeschwindigkeit von 40 km/h von dieser Aufgabe.

9.2 Berechnung der Parkmengen-Ganglinie mit Parkdauer-Verteilungen

Die Berechnung der Parkmengen-Ganglinie $n(t)$ auf konkreten Parkplätzen erfolgt am besten mit Hilfe

- der Parkdauer-Verteilungen, welche natürlich von der Nutzung abhängen (vgl. Abbildung **??**),
- und der Ganglinie $Q^{\text{in}}(t)$ der Ankunftsrate von Fahrzeugen auf diesen Parkplatz.

Ganglinie II



Dichtefunktion (oben) und Verteilungsfunktion (unten) von Parkdauerverteilungen für drei typische Nutzergruppen

Ganglinie III

Die Verteilungsfunktion

$$F(T) = P(\text{Parkdauer} \leq T) \tag{1}$$

der Parkdauer ist, wie in der Statistik üblich, durch die Wahrscheinlichkeit bzw. die relative Häufigkeit definiert, mit der die Parkdauer eine gewisse Zeit T nicht überschreitet. Aufgrund der Definition als Wahrscheinlichkeit gilt immer $0 \leq F(T) \leq 1$.

Berechnung der Belegung

Es sei nun $t' < t$ ein beliebiger Zeitpunkt in der Vergangenheit. Da $Q^{\text{in}}(t')dt'$ die differenzielle Zahl der Fahrzeuge angibt, welche zu dieser Zeit innerhalb des differenziellen Zeitintervalls dt' ankommen, kann man mit Hilfe der Definition von $F(T) = F(t - t')$ als Anteilswert die gesamte Fahrzeugzahl $n(t)$ auf dem Parkplatz zur Zeit t angeben:

$$n(t) = \int_{-\infty}^{t} Q^{\text{in}}(t') \, (1 - F(t - t')) \; \mathrm{d}t'$$

Hierbei gibt $1 - F(t - t')$ den Anteil der zur Zeit t' angekommenen Fahrzeuge an, welche *länger* als das Zeitintervall $T = t - t'$ parken, also zur Zeit t noch nicht weggefahren sind. Mit $T = t - t'$ kann man das Integral auch umformulieren in

$$n(t) = \int_{0}^{\infty} Q^{\text{in}}(t - T) \, (1 - F(T)) \; \mathrm{d}T \, . \tag{2}$$

Hierbei bedeuten

- $\int_0^\infty \mathrm{d}T$ Integral über alle Parkdauern von 0 bis unendlich
- $Q^{\text{in}}(t - T)$ Fahrzeugstrom ein Zeitintervall, T vor der betrachteten Zeit t,
- $1 - F(T)$ Anteil der noch parkenden Fahrzeuge.

Berechnung der Belegung II

Für die praktische Berechnung diskretisiert man obiges Integral unter Verwendung von festen Zeitintervallen bzw. **Zeitscheiben**, welche meist eine Stunde umfassen (z.B. umfasst dann die Zeitscheibe $t = 10$ den Zeitraum von 9 h bis 10 h):

$$n_t = \sum_{T=0}^{T_{\text{max}}} Q_{t-T}^{\text{in}} \left(1 - \frac{F_T + F_{T+1}}{2}\right) \tag{3}$$

Hierbei bedeuten

- n_t die prognostizierte Parkmenge zum Zeitpunkt t bzw. am Ende der jeweiligen Zeitscheibe t,
- Q_t^{in} die Zahl der während der gesamten Zeitscheibe t ankommenden Fahrzeuge
- F_T die Verteilungsfunktion der Parkdauerverteilung nach T Zeitintervallen
- T_{max} die maximale Parkdauer.

Aufgaben

Aufgabe 1:

Die Parkdauerverteilung auf einem Parkplatz eines Shopping Centers sei $[0, 2h]$-gleichverteilt. Die in der Stunden-Zeitscheibe t ankommenden Fahrzeuge seien durch folgende Tabelle gegeben:

t	8	9	10	11	12	13
Q_t^{in}	0	1 000	2 000	1 800	1 000	0

Berechnen Sie die erwartete Parkmengenganglinie.

9.3 Berechnung der Parkmengen-Ganglinie mit Quelle-Ziel-Gruppen

Dieser Ansatz berechnet die Veränderung der Parkmengenganglinie in einem Verkehrsbezirk i und beruht auf den fahrzeugbezogenen Quell- und Zielsummen $\hat{Q}_i^{(\mathrm{g})}$ und $\hat{Z}_i^{(\mathrm{g})}$ für den MIV,[1] in Verbindung mit den unterschiedlichen **Tagesganglinien** $f_{\mathsf{TGL}}^{(g)}(t)$ zu jeder Quelle-Ziel-Gruppe g. Hier benötigen wir die Tagesganglinien jedoch nicht als relativen Anteil in der Zeitscheibe t wie bei der Vorbereitung der Umlegung (GI (**??**)), sondern in Form von *kumulierten* Anteilen:

$$F_{\mathsf{TGL}}^{(g)}(t) = \sum_{t'=1}^{t} f_{\mathsf{TGL}}^{(g)}(t'). \tag{4}$$

[1] dies sollte nicht mit den Quell- und Zielpotenzialen $\tilde{Q}$ und $\tilde{Z}$ verwechselt werden, welche für die Verkehrsverteilung bei weichen Randsummenbedingungen relevant sind.

QZG-Parkmengen-Ganglinie II

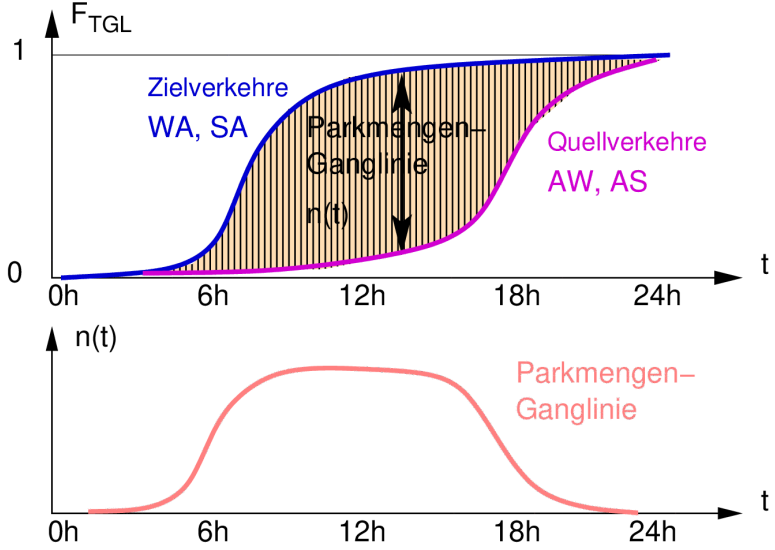


Figure: Kumulierte Tagesganglinien von Quelle-Ziel-Gruppen und ihre Bedeutung zur Berechnung der Parkmengenganglinie eines Gewerbegebietes (als Quellen wirken nur die QZG WA und SA, als Ziele nur AW und AS).

QZG-Parkmengen-Ganglinie III

Die auf Fahrzeuge bezogene MIV-Anteile der Quell- und Zielsummen werden entweder durch Anwendung einer Modal-Split-Berechnung direkt nach der Verkehrserzeugung (Trip-End Modell) und, analog zur Vorbereitung der Umlegung (Gl. (**??**)), durch Division mit den Belegungsfaktor $b_{\text{MIV}}^{(\text{g})}$ berechnet:

$$\hat{Q}_i^{(\text{g})} = \frac{Q_{\text{i,MIV}}^{(\text{g})}}{b_{\text{MIV}}^{(\text{g})}}, \quad \hat{Z}_i^{(\text{g})} = \frac{Z_{\text{i,MIV}}^{(\text{g})}}{b_{\text{MIV}}^{(\text{g})}}. \tag{6}$$

Liegt eine komplette Nachfrageberechnung vor, können $\hat{Q}_i$ und $\hat{Z}_i$ direkt aus den Verkehrsstrommatrizen V_{ijk} bzw. Fahrtenmatrizen Q_{ijk} berechnet werden:

$$\begin{aligned} \hat{Q}_i^{(\text{g})} &= \tfrac{1}{b_{\text{MIV}}^{(\text{g})}} \sum_j V_{ij,\text{MIV}}^{(\text{g})} = \sum_j Q_{ij,\text{MIV}}^{(\text{g})}, \\ \hat{Z}_j^{(\text{g})} &= \tfrac{1}{b_{\text{MIV}}^{(\text{g})}} \sum_i V_{ij,\text{MIV}}^{(\text{g})} = \sum_i Q_{ij,\text{MIV}}^{(\text{g})}. \end{aligned} \tag{7}$$

Zu bemerken ist, dass der Anteil n_{i0} durch diese Verfahren *nicht* berechnet werden kann und, vor allem in Wohngebieten, einen großen Unsicherheitsfaktor darstellt.

Aufgaben

Aufgabe: Evakuierung

Im Bezirk i der B-Stadt wurde an einem Mittwoch um 11:26 eine alte Bombe entdeckt, deren Entschärfung die Evakuierung des gesamten Bezirks notwendig macht. Zur Planung der um 13 h beginnenden Evakuierung wird die Gesamtzahl der zu evakuierenden Personen und die Mindestzahl der fahrbereiten Privatfahrzeuge benötigt. Glücklicherweise steht für diese Stadt ein komplettes Viseva-Projekt mit allen Kennwerten und Raumstrukturdaten zur Verfügung, sowie ein Student welcher blitzschnell alle benötigten Summen vom Programm berechnen lassen kann.

(a) Formulieren Sie eine Abschätzung für die Zahl der sich um 13 h im Bezirk i aufhaltenden Personen nach dem Muster von (5). Welchem Raumstruktur-Datenelement entspricht in dieser neuen Formel die Größe n_{i0}?

(b) Die Zahl der fahrbereiten Fahrzeuge ist mindestens durch die Zahl der nach 0 h angekommenen und noch im Bezirk parkenden Fahrzeuge gegeben. Wie groß ist also n_{i0} in Formel (5)?

9.4 Flächenbedarf des Verkehrs

Siehe Dokument `figsRuhendFlaecheVerkehr_Flaechenverbrauch.pdf`