

## Verkehrsdynamik und -simulation

### SS 2021, Übung Nr. 5

#### Aufgabe 5.1: Aus raumzeitlichen Stauverläufen rekonstruiertes Fundamentaldiagramm

Um systematische Fehler bei der Schätzung der Parameter  $T$  und  $\rho_{\max}$  des dreieckigen Fundamentaldiagramms

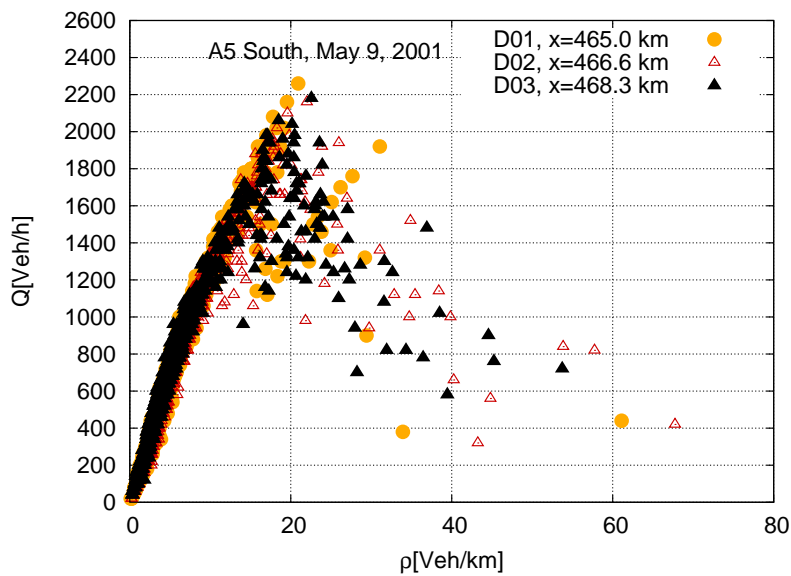
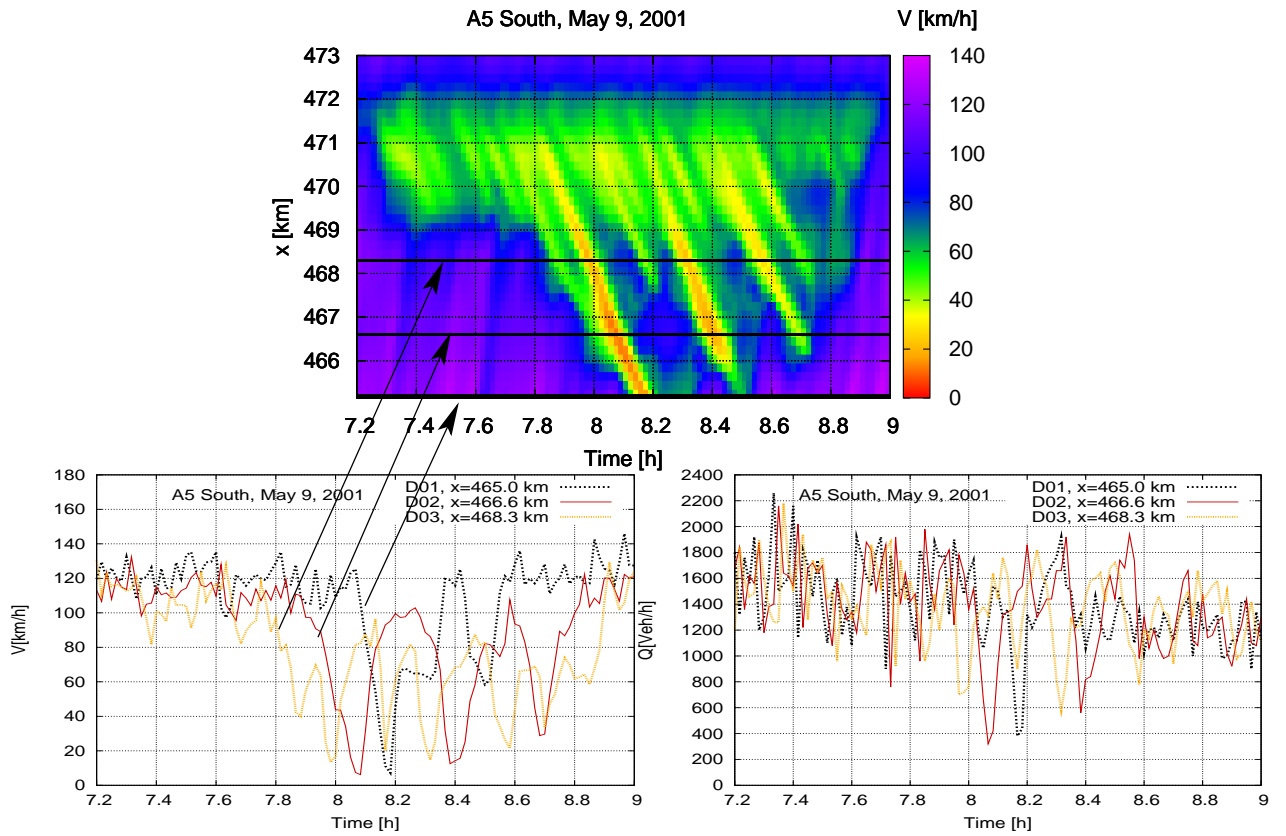
$$Q_e(\rho) = \begin{cases} V_0 \rho & \rho \leq \rho_c \\ \frac{1}{T} \left[ 1 - \frac{\rho}{\rho_{\max}} \right] & \rho > \rho_c \end{cases} \quad (1)$$

zu vermeiden, kann man ausnutzen, dass bei diesem Fundamentaldiagramm die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Stop-and-Go Wellen und anderer Muster innerhalb gebundenen Verkehrs konstant ist, was sich auch mit den Beobachtungen deckt (die Herleitung erfolgt bei der Behandlung makroskopischer Modelle):

$$c = \frac{dQ_e(\rho)}{d\rho} = -\frac{1}{T\rho_{\max}}. \quad (2)$$

Zur Schätzung von  $c$  und damit von  $T$  und  $\rho_{\max}$  benötigt man mehrere stationäre Detektoren in Abständen von etwa 1-2 km, woraus man (wie später gezeigt werden wird) auch die in der umseitigen Abbildung gezeigte Verkehrslage rekonstruieren kann:

- Schätzen Sie  $c$  aus der raumzeitlichen Verkehrslage
- Schätzen Sie  $c$  aus den Zeitreihen. Warum ist die Schätzung auch dann nicht verzerrt, wenn die Geschwindigkeitsmessungen verzerrt sind?
- Bestimmen Sie aus den Zeitreihen die Kapazität  $Q_{\max}$ , indem Sie diese mit dem Fluss in Bereichen freien Verkehrs unmittelbar nach Ausfluss aus einer gestauten Zone identifizieren.
- Geben Sie die aus dem dreieckigen Fundamentaldiagramm (1) resultierende Kapazität als Funktion der Parameter  $v_0$ ,  $T$  und  $\rho_{\max}$  an.
- Schätzen Sie nun noch aus den Zeitreihen  $v_0$  und nutzen Sie (1) und (2), um eine Schätzung für  $\rho_{\max}$  und  $T$  zu erhalten.
- Schätzen Sie zum Vergleich  $v_0$ ,  $T$  und  $\rho_{\max}$  aus den abgebildeten Fluss-Dichte Daten derselben Detektoren. Diskutieren Sie den Unterschied.



## Aufgabe 5.2: Marathonlauf

Für einen Stadtmarathon wird eine neue Streckenführung geplant. Zum Start stehen auf den ersten 8 km so breite Plätze und Straßen zur Verfügung, dass keine Behinderungen/Staus zu erwarten sind. Dann muss jedoch eine nur 5 m breite Unterführung passiert werden. Um mögliche Behinderungen an dieser Engstelle abzuschätzen (und ggf den geplanten Massenstart in einen gestaffelten Blockstart umzuorganisieren), werden die Läufer makroskopisch durch folgendes dreieckiges Fundamentaldiagramm modelliert:

$$Q_e^*(\rho^*) = \begin{cases} V_0 \rho^* & \rho^* \leq \rho_c^* \\ \frac{1}{T^*} \left[ 1 - \frac{\rho^*}{\rho_{\max}^*} \right] & \rho^* > \rho_c^* \end{cases}$$

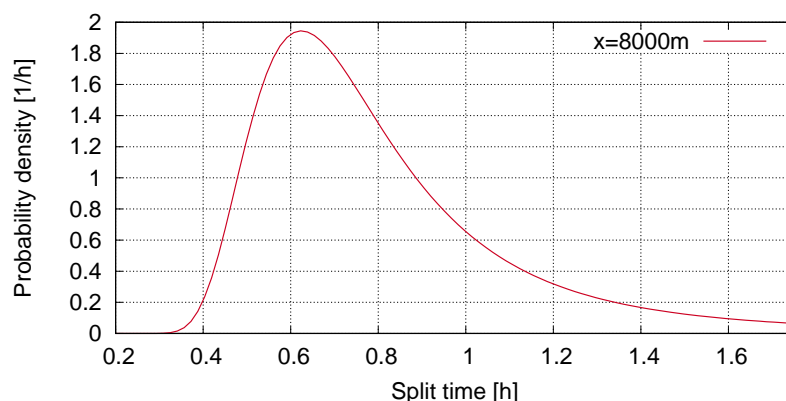
Die Parameter des gestauten Zweiges wurden einheitlich für alle Läufer mit  $T^* = 0.4$  ms,  $\rho_{\max}^* = 3$  Läufer/m<sup>2</sup> abgeschätzt.

- Wie hoch ist die spezifische Kapazität (maximaler Läuferdurchfluss pro Sekunde und Meter Querschnitt) für 11 km/h schnelle Läufer? Ändert sich der Wert wesentlich für langsamere (8 km/h) oder schnellere (15 km/h) Läufer?
- Wie hoch ist die absolute Kapazität  $Q_{\max}$  (Maximalzahl an Läufern pro Sekunde) der Unterführung für ein Feld mittelschneller Läufer?
- Anhand vorhergehender Läufe rechnen die Veranstalter mit folgender gaußförmigen Geschwindigkeitsverteilung der Läufer:

$$V \sim N(\mu, \sigma^2), \quad \mu = 3 \text{ m/s}, \quad \sigma^2 = 1 \text{ (m/s)}^2$$

Ferner bleiben die schnellen Läufer während des gesamten Laufes schnell und die langsamen langsam. Berechnen Sie die Dichtefunktion  $f(\tau)$  der Durchgangszeit  $\tau$  auf Höhe der Unterführung ( $x = 8$  km) für einen beliebig herausgegriffenen Läufer. Vernachlässigen Sie dabei die Länge des Startfeldes gegenüber der Länge, auf die sich das Feld später auseinanderzieht.

- Die Verteilungsfunktion der Durchgangszeiten sei nun durch folgenden Plot gegeben:



Auf welche Teilnehmerzahl  $N$  ist der Marathon zur Stauvermeidung zu begrenzen?