Verkehrsdynamik und -simulation

SS 2024, Übung Nr. 7

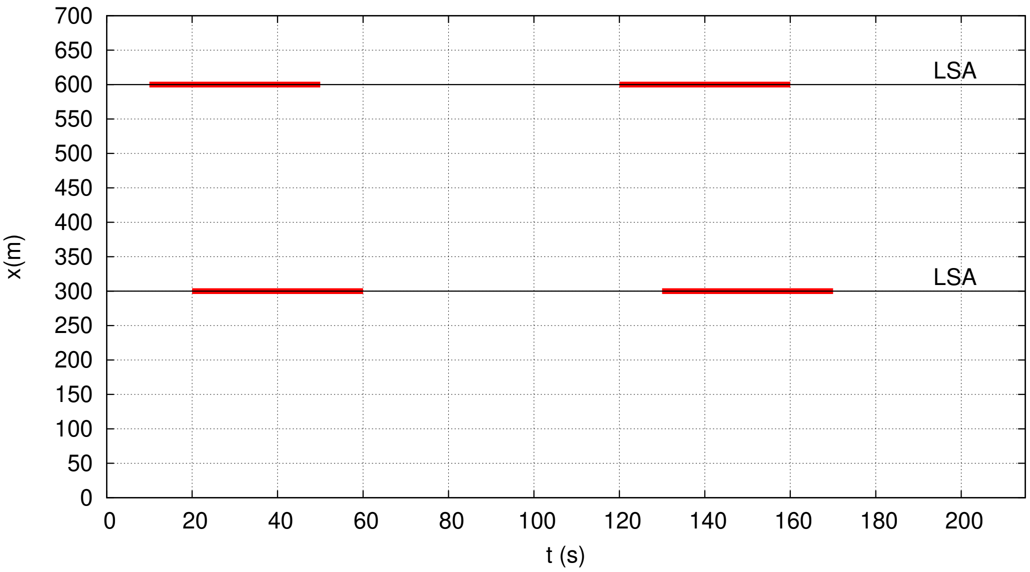
Aufgabe 7.1: [Siehe englische Aufgabenstellung]

Aufgabe 7.2: Gesamt-Wartezeit hinter einer LSA während eines Umlaufes

Ermitteln Sie die durch eine LSA-Rotphase verursachte Gesamt-Wartezeit aller betroffenen Fahrzeuge für das Section-Based Modell. Nehmen Sie dabei einen konstanten Zufluss Q_{in} und einen vollständigen Abfluss der LSA-Warteschlange vor jeder Rotphase (keine Übersättigung) an. Drücken Sie das Ergebnis aus als Funktion der Dauer τ_r der Rotphase, der Verkehrsdichte $\rho_{\max}$ in der Warteschlange und der Ausbreitungsgeschwindigkeiten c^{up} und c der Übergänge Zufluss $\rightarrow$ Warteschlange und Warteschlange $\rightarrow$ Ausfluss (nach Grünwerden).

Aufgabe 7.3: Zwei LSA hintereinander: Grüne Wellen

Der Verkehrsfluss auf einem mit zwei Lichtsignalanlagen (LSA) gesteuerten Hauptstraßenabschnitt durch einen Ort (ein Fahrstreifen in der betrachteten Richtung) soll mit dem Lighthill-Whitham-Richards-Modell simuliert werden. Dabei wird ein “dreieckiges” Fundamentaldiagramm mit der Beziehung $Q(\rho) = \min\left(V_0\rho, 1/T(1 - l_{\text{eff}}\rho)\right)$ mit den Modellparametern $v_0 = 54\,\text{km/h}$, $T = 1.5\,\text{s}$ und $l_{\text{eff}} = 7.5\,\text{m}$ angenommen. Folgende Abbildung zeigt die Positionen der LSA einschließlich der Zeitintervalle mit Signal “rot” (fettgeruckte Linien).



(a) Bestimmen Sie die modellierte Kapazität auf freier Strecke (ohne LSA) und die dazugehörige kritische Dichte beim Übergang von freiem zu gebundenem Verkehr. Wie hoch ist die Verkehrsdichte in den Warteschlangen hinter "roten" Ampeln? Wie hoch ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Störungen im Stau? Gilt diese Ausbreitungsgeschwindigkeit auch für den Übergang Warteschlange-Ausfluss nach Grünwerden einer LSA?

(b) Die Verkehrsnachfrage (Zufluss bei $x = 0$) sei nun konstant und durch 1029 Fz/h gegeben. Unter welchen Bedingungen ist die Annahme eines konstanten Zuflusses sinnvoll? Nehmen Sie nun eine freie Streckenkapazität von 1 800 Fz/h an und bestimmen Sie daraus die über eine Umlaufzeit gemittelte Kapazität. Reicht sie für die gegebene Verkehrsnachfrage aus?

(c) Berechnen Sie den raumzeitlichen Verlauf der Warteschlange, welche durch die erste Rotphase der LSA bei 300 m entsteht. Nehmen Sie als Anfangsbedingung durchgehend freien Verkehr der Stärke 1029 Fz/h an. Wann und an welchem Ort löst sich die Warteschlange auf?

(d) Nehmen Sie nun folgende Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Übergänge zwischen verschiedenen Verkehrssituationen an: Warteschlange-Ausfluss und Ausfluss-Warteschlange -5 m/s, Zufluss-Warteschlange -2.5 m/s und Ausfluss-Zufluss 15 m/s. Zeichnen Sie in das Diagramm den raumzeitlichen Verlauf aller entstehenden Warteschlangen bei anfangs freiem Verkehr.

Aufgabe 7.4: Stabilitätsbereiche im Payne- und im Kerner-Konhäuser-Modell

Betrachten Sie das Payne- und für das Kerner-Konhäuser-Modell mit jeweils dem Fundamentaldiagramm gemäß der Gleichung

$$Q_e(\rho) = \begin{cases} V_0\rho & \text{falls } \rho \le \rho_{\text{crit}} \\ \frac{1}{T}\left[1 - \rho(s_0 + l)\right] & \text{falls } \rho_{\text{crit}} < \rho \le \rho_{\text{max}}, \end{cases}$$

und den Parametern $s_0 = 2$ m, $l = 4$ m, $V_0 = 144$ km/h und $T = 1.1$ s.

(i) Zeigen Sie, dass das Payne-Modell, also die Kontinuitätsgleichung mit der Geschwindigkeitsgleichung

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{V_e(\rho) - V}{\tau} + \frac{V_e'(\rho)}{2\rho\tau}\frac{\partial \rho}{\partial x}$$

für beliebige Dichten stabil ist, falls $\tau < T/2$.

(ii) Legen Sie die Geschwindigkeitsvarianz θ_0 im Kerner-Konhäuser-Modell, also für die Geschwindigkeitsgleichung

$$\frac{\partial V}{\partial t} + V\frac{\partial V}{\partial x} = \frac{V_e(\rho) - V}{\tau} - \frac{\theta_0}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\eta}{\rho}\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} \qquad (1)$$

so fest, dass das Modell in dem empirisch beobachteten Dichtebereich von 20 Fz/km bis 50 Fz/km instabil ist. *Hinweis:* Die Stabilitätsbedingung hängt hier weder von τ noch vom "Geschwindigkeitsdiffusionsterms" $\frac{\eta}{\rho}\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}$ ab.