

Klausur zur Vorlesung Verkehrsdynamik und -simulation SS 2010

Lösungsvorschlag

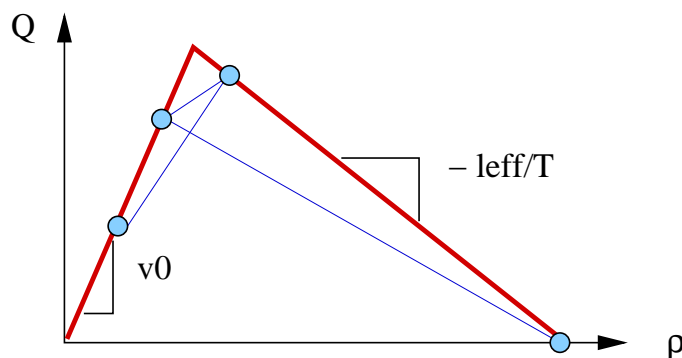
Insgesamt 105 Punkte

Aufgabe 1 (20 Punkte)

(a) Die Schockwellengeschwindigkeit ist durch

$$c = \frac{Q_2 - Q_1}{\rho_2 - \rho_1}$$

gegeben.



In der Abbildung ist dies als Steigung der Verbindungsgeraden zwischen je zwei Punkten auf dem Fundamentaldiagramm angedeutet. Offensichtlich liegen die Steigungen zwischen der minimalen ($c = -l_{\text{eff}}/T$) und der maximalen v_0 . (5 P)

(b) Keine. Dichteschwankungen entsprechen lockeren Gruppen von mit v_0 ohne jede Beeinflussung fahrenden Fahrzeugen. (5 P)

(c) Unterscheidung zwischen freien und gestauten Zweig:

freier Zweig: $V = Q(\rho)/\rho = V_0\rho/\rho = V_0$.

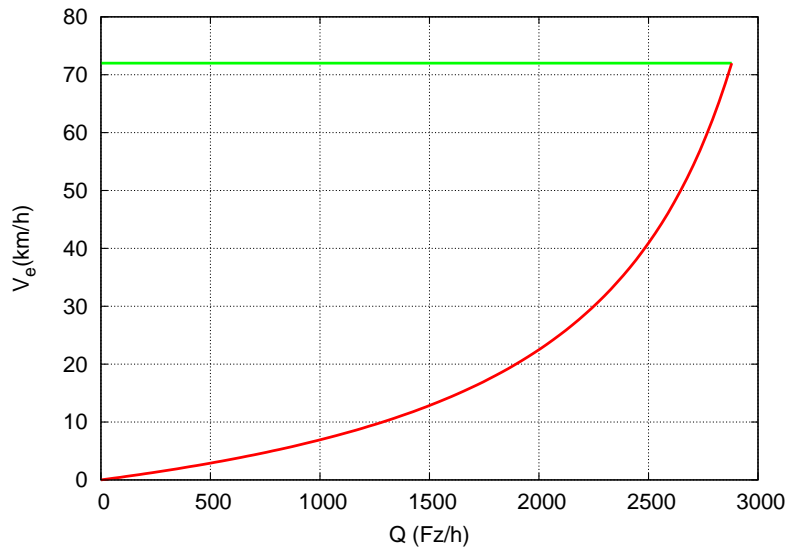
gestauter Zweig: Isolierung von $\rho(Q)$ aus der Staugeraden (oder Verwendung einer entsprechenden Formel aus dem Skript direkt) und Einsetzen in die Gleichgewichtsgeschwindigkeitsgleichung:

$$Q_e(\rho) = \frac{1}{T}(1 - l_{\text{eff}}\rho) \Rightarrow \rho_{\text{cong}}(Q) = \frac{1 - QT}{l_{\text{eff}}}$$

und damit

$$V(Q) = V_e(\rho_{\text{cong}}(Q)) = \frac{1}{T} \left(\frac{1}{\rho_{\text{cong}}(Q)} - l_{\text{eff}} \right) = \frac{l_{\text{eff}}Q}{1 - QT}$$

Der maximal mögliche Fluss ist wie üblich $Q_{\text{max}} = V_0/(l_{\text{eff}} + V_0T) = 2880 \text{ Fz/h}$. Damit das Geschwindigkeits-Fluss-Diagramm: (10 P)



Aufgabe 2 (40 Punkte)

- (a) Maximale Dichte (Bereich mit waagerechten Trajektorien):

$$\rho_{\max} = \frac{30 \text{ Fz}}{200 \text{ m}} = 150 \text{ Fz/km}$$

Dichte des Maximalfluss-Zustandes=Ausflussbereich bei grüner LSA=Trajektorienbereich links unten (da der Ampelstau nicht kürzer wird, herrscht dort der gleiche Fluss):

$$\rho_K = \frac{5 \text{ Fz}}{100 \text{ m}} = 50 \text{ Fz/km}$$

Geschwindigkeit des Maximalflusszustandes: (10 P)

$$V_K = V_0 = \frac{100 \text{ m}}{10 \text{ s}} = 10 \text{ m/s} = 36 \text{ km/h}$$

- (b) (5 P)

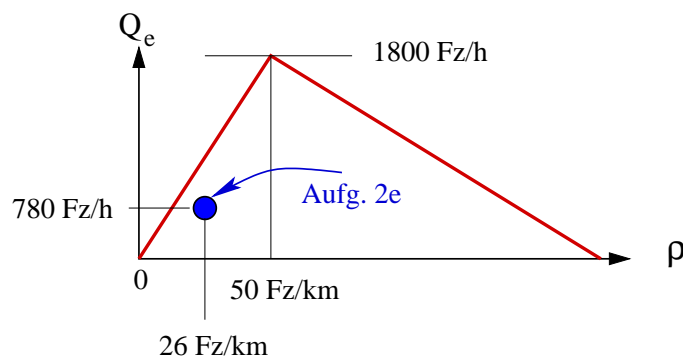
$$c_{\text{free,cong}} = c_{\text{cong,free}} = \frac{300 \text{ m}}{60 \text{ s}} = 5 \text{ m/s} = 18 \text{ km/h}$$

- (c) *mittlere* Kapazität ist mittlerer Verkehrsfluss über einen Umlauf bei Überlastung (hier der Fall):

$$\bar{K} = \frac{13 \text{ Fz}}{60 \text{ s}} = 780 \text{ Fz/h.}$$

Dies ist für die Nachfrage (1800 Fz/h) nicht ausreichend. (5P)

- (d) Abbildung: (8 P)



(e) Punkt im Fluss-Dichte-Diagramm:

$$\bar{Q} = \bar{K} = 780 \text{ Fz/h,}$$

$$\bar{V} = \frac{1}{13} \sum_{i=1}^{13} V_i = \frac{389}{1} \text{ km/h} = 30 \text{ km/h.}$$

Damit Dichte aus der hydrodynamischen Fluss-Dichte-Relation:

$$\bar{\rho}_{\text{ausZeitmittel}} = \frac{\bar{Q}}{\bar{V}} = 26 \text{ Fz/km}$$

Obwohl die Hälfte der Zeit stehender Verkehr herrscht, ist dieser Wert wesentlich geringer als die Dichte bei maximalen Fluss. Dies wird durch die systematischen Fehler bei der Bestimmung von räumlichen Mittelwerten (Dichte) durch Zeit-Mittelwerte (1-Minuten-Mittelung der Detektorwerte) verursacht. Siehe auch Abb. zu Aufgabe 2(d). (7 P)

(f) "Echter räumlicher Mittelwert der Dichte:

$$\bar{\rho}_{\text{real}} = \frac{30 \text{ Fz}}{300 \text{ m}} = 100 \text{ Fz/km}$$

(5 P)

Aufgabe 3 (15 Punkte)

(a) Unter Annahme einer Konstantfahrt, d.h. $\frac{dv}{dt} = 0$ und einem Abstand $s > v_0 T + s_0$, also $v_{\text{opt}} = v_0$, wird das Modell der Aufgabenstellung zu

$$0 = \frac{v_0 - v}{\tau} - \lambda \Delta v$$

Nun ist bei Annäherung an eine rote LSA, deren Haltelinie als stehendes Fahrzeug modelliert wird, $\Delta v = v$, also

$$0 = \frac{v_0 - v}{\tau} - \lambda v$$

Auflösen nach v ergibt

$$v = \frac{v_0}{1 + \lambda \tau} = \frac{v_0}{3} = \underline{\underline{18 \text{ km/h}}}.$$

Es wird also nur ein Drittel der Wunschgeschwindigkeit erreicht, auch wenn das Fahrzeug beliebig weit von der LSA entfernt ist. Das Modell beschreibt also nicht alle Situationen plausibel und ist in diesem nicht "vollständig". (10 P)

(b) Die Autos halten im Nettoabstand von 2 m an der roten LSA an ($t > 60 \text{ s}$), also $s_0 = \underline{\underline{2 \text{ m}}}$.

Während der Fahrfahrt mit konstanter Geschwindigkeit ($10 \text{ s} < t < 40 \text{ s}$) beträgt der Abstand $s = s_0 + vT = 12 \text{ m}$ bei einer Geschwindigkeit von $v = 18 \text{ km/h} = 5 \text{ m/s}$. Damit $T = (s - s_0)/v = \underline{\underline{1 \text{ s}}}$. (5 P)

Aufgabe 4 (30 Punkte)

- (a) Für alle 3 Phasen gilt bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes und konstanter Beschleunigung \dot{v} :

$$F = mg\mu + m\dot{v} + \frac{1}{2}c + w\rho_L Av^2 \approx mg\mu + m\dot{v} = \text{const.}$$

Werte:

- Phase I, $\dot{v} = a = 2.25 \text{ m/s}^2$: $F_1 = 3\,679 \text{ N}$.
- Phase II, $\dot{v} = 0$: $F_2 = 3\,679 \text{ N}$.
- Phase III, $\dot{v} = -a = -2.25 \text{ m/s}^2$: $F_3 = -3\,089 \text{ N}$.

(10 P)

- (b) Die zurückgelegten Wegstrecken in den drei Phasen sind

$$L_1 = \frac{v_0^2}{2a} = L_3 = 50 \text{ m}, \quad L_2 = L - L_1 - L_3 = 300 \text{ m}.$$

Die dazugehörigen Zeitintervalle sind

$$\tau_1 = \tau_3 = \frac{v_0}{a} = \frac{15 \text{ m/s}}{2.25 \text{ m/s}^2} = 6.67 \text{ s}, \quad \tau_2 = \frac{L_2}{v_0} = 20 \text{ s}.$$

Bereitzustellende Energie in den Phasen I und II zusammen:

$$E_{I+II} = F_1 L_1 + F_2 L_2 + P_0(t_1 + t_2) = \underline{\underline{352\,000 \text{ Ws}}}$$

(7 P)

- (c)

$$E_{III} = \begin{cases} P_0 t_1 = 20\,000 \text{ Ws} & \text{keine Schubabschaltung} \\ 0 & \text{Schubabschaltung} \\ 0.6 F_3 L_3 + P_0 t_3 = -73\,000 \text{ Ws} & 60\% \text{ Rekuperation.} \end{cases}$$

Bei Schubabschaltung wurde berücksichtigt, dass zwar keine kinetische Energie zurückgewonnen wird, wohl aber während des Bremsens die Lichtmaschine weiter angetrieben wird, also der Beitrag P_0 betrissen wird. Die Rekuperation hingegen bezieht sich rein auf die mechanische Energie; die Grundleistung wird hier separat gezählt (solange die Summe nicht > 0 ist). (8 P)

- (d) Gesamtverbrauch bei den drei Arten von Energiemanagement:

$$C = \frac{E_{I+II} + E_{III}}{\gamma w_{\text{cal}}} = \begin{cases} 0.03451 & \text{keine Schubabschaltung} \\ 0.03261 & \text{Schubabschaltung} \\ 0.02591 & 60\% \text{ Rekuperation.} \end{cases}$$

Auf 100 km hochgerechnet:

$$C_{100} = \frac{100 \text{ km}}{L} C = 250C = \begin{cases} 8.621 & \text{keine Schubabschaltung} \\ 8.161 & \text{Schubabschaltung} \\ 6.481 & 60\% \text{ Rekuperation.} \end{cases}$$

(5 P)