

Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:
-------	----------	---------------

Klausur zur Vorlesung Verkehrsdynamik und -simulation SS 2010

Insgesamt 105 Punkte

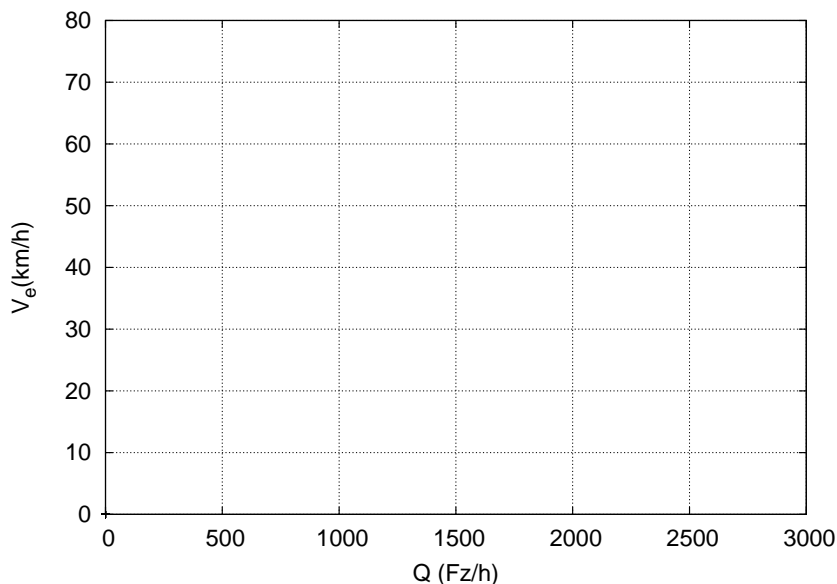
Aufgabe 1 (20 Punkte)

Betrachten Sie ein LWR-Modell mit dreieckigem Fundamentaldiagramm,

$$Q_e(\rho) = \min \left[V_0 \rho, \frac{1}{T} (1 - l_{\text{eff}} \rho) \right]. \quad (1)$$

- (a) Zeigen Sie (z.B. grafisch), warum die Schockwellen-Geschwindigkeit c des Übergangszone frei \rightarrow gestaut (stromaufwärtige Staufront) Werte zwischen $c_{\text{cong}} = -l_{\text{eff}}/T$ und V_0 annimmt.
- (b) Im freien Verkehr ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit kleiner Schwankungen gleich der Wunschgeschwindigkeit. Was bedeutet dies für die Einflussnahme anderer Fahrzeuge auf das Fahrverhalten?
- (c) Berechnen Sie das Geschwindigkeits-Fluss-Diagramm für $V_0 = 20$ m/s, $T = 1$ s und $l_{\text{eff}} = 5$ m und zeichnen Sie es in untenstehendes Diagramm.

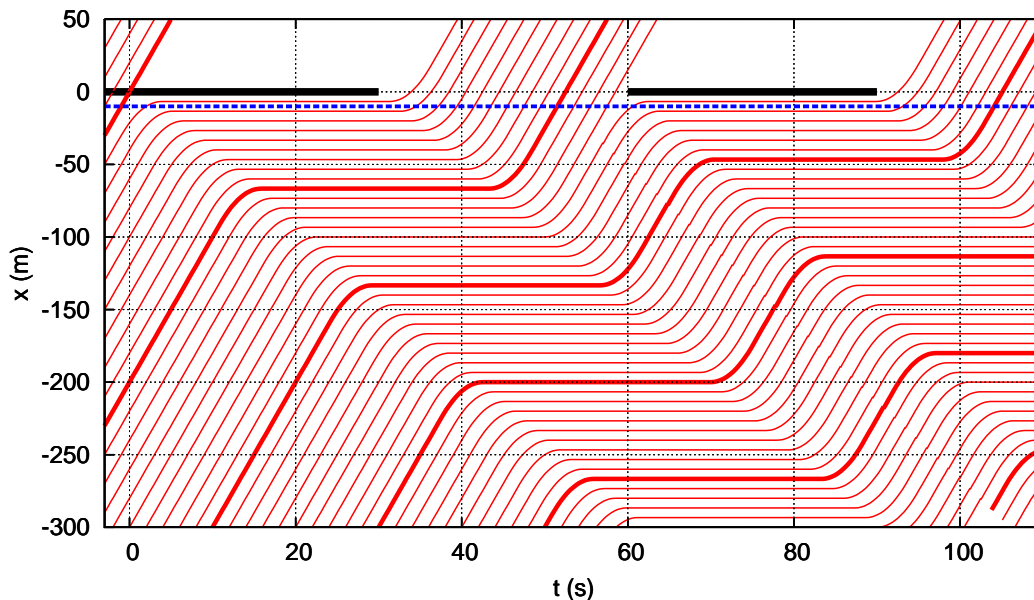
Hinweis: Lösen Sie Gl. (1) nach der Dichte auf (zwei Zweige $\rho_{\text{free}}(Q)$ und $\rho_{\text{cong}}(Q)$) und setzen Sie dies in die zugehörige Geschwindigkeitsrelation $V_e(\rho)$ ein.



Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:
-------	----------	---------------

Aufgabe 2 (40 Punkte)

Gegeben sind Trajektorien von Fahrzeugen im Bereich einer Lichtsignalanlage (LSA) gemäß folgender Abbildung (jedes zehnte Fahrzeug ist dicker gekennzeichnet):



- (a) Bestimmen Sie die Dichte im stehenden Verkehr und bei maximalen Fluss. Wie hoch ist der maximale Fluss und die dazugehörige Geschwindigkeit?
- (b) Bestimmen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Übergänge frei → gestaut und gestaut → frei.
- (c) Wie hoch ist im Mittel die Kapazität der durch die LSA gebildeten Engstelle? Ist sie für die Nachfrage ausreichend?
- (d) Auf homogener Strecke ist das zu den Trajektorien gehörige Fundamentaldiagramm dreieckig. Zeichnen Sie es unter der Annahme, dass der Ausfluss aus dem Stau gleich dem maximal möglichen Fluss ist.
- (e) Der Querschnittsdetektor vor der Haltelinie (im Diagramm gestrichelt gezeichnet) zeichnet während einer Umlaufzeit von 0 bis 60 s folgende Einzelfahrzeugdaten auf:

Zeit (s)	3	36	38	40	42	44	46	48	50	52	55	56	58
Geschwindigkeit (km/h)	8	8	22	30	33	36	36	36	36	36	36	36	36

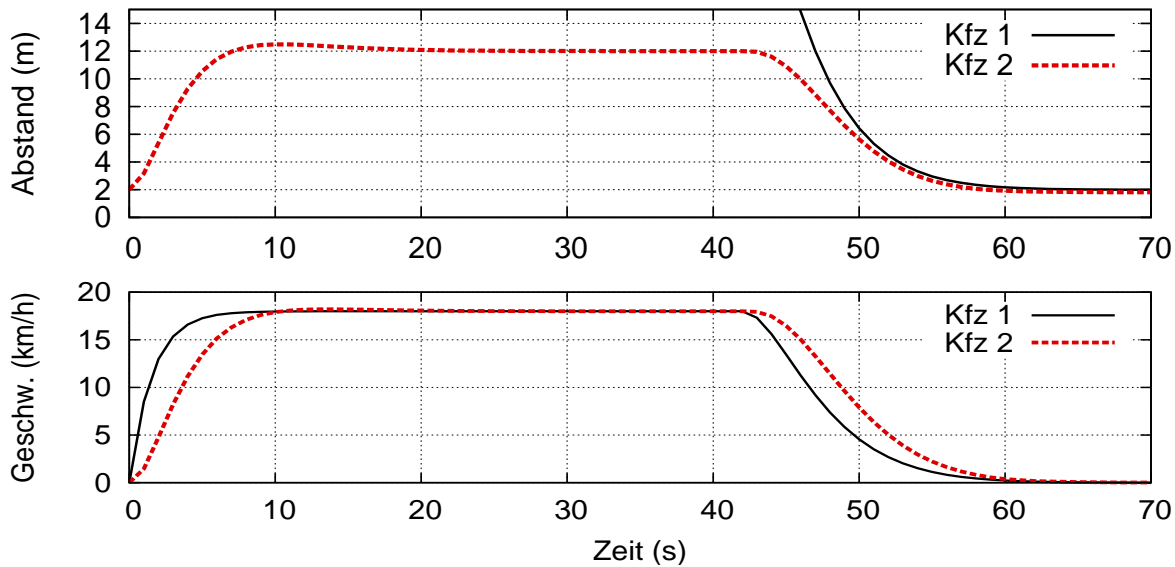
Welchem Punkt im Fundamentaldiagramm entspricht eine Aggregation über eine Minute, wenn die makroskopische Geschwindigkeit durch das arithmetischer Mittel \bar{v} gegeben ist und die Dichte mittels der hydrodynamischen Relation aus Fluss und Geschwindigkeit \bar{v} abgeschätzt wird? Zeichnen Sie den Punkt in das Fundamentaldiagramm von (d) ein.
Hinweis: Der Fluss wird aus der Fahrzeugzahl bestimmt.

- (f) Ermitteln Sie direkt aus dem Trajektoriendiagramm die wahre, mittlere Dichte im Intervall $x \in [-300 \text{ m}, 0 \text{ m}]$ zur Zeit $t = 60 \text{ s}$.

Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:
-------	----------	---------------

Aufgabe 3 (15 Punkte)

Gegeben sind simulierte Floating-Car-Daten von zwei Fahrzeugen, welche zur Zeit $t = 0$ bei grün werdender Ampel anfahren und an der roten Ampel der nächsten Kreuzung wieder anhalten.



Die Simulationen wurden mit dem Full-Velocity-Difference Modell, also mit der Beschleunigungsfunktion

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v_{\text{opt}}(s) - v}{\tau} - \lambda \Delta v, \quad v_{\text{opt}}(s) = \min\left(v_0, \frac{s - s_0}{T}\right) \quad (2)$$

bei einer Wunschgeschwindigkeit von $v_0 = 54 \text{ km/h}$ durchgeführt und die rote Ampel durch ein stehendes virtuelles Fahrzeug modelliert.

- Warum erreicht das erste Fahrzeug nicht seine Wunschgeschwindigkeit, obwohl nur maximal 18 km/h , auch bei sehr großem Abstand von der roten Ampel? Lösen Sie hierzu Gl. (2) unter Annahme einer Konstantfahrt (Beschleunigung gleich Null) und einem Abstand größer als $v_0 T + s_0$ nach der Geschwindigkeit auf. Geben Sie diese maximale Geschwindigkeit für $\tau = 5 \text{ s}$ und $\lambda = 0.4 \text{ s}^{-1}$ an. Wie könnte man diesen Artefakt des Modells beheben?
- Schätzen Sie anhand der abgebildeten Zeitreihen die in der Simulation verwendeten Werte für T und s_0 ab.

Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:
-------	----------	---------------

Aufgabe 4 (30 Punkte)

Gegeben ist ein Pkw mit folgenden für den Verbrauch relevanten Größen:

Fahrzeugmasse mit Insassen: 1 504 kg, Reibungskoeffizient $\mu = 0.02$, Grundleistung $P_0 = 3 \text{ kW}$, Brennwert $36 \cdot 10^6 \text{ J}$ pro Liter Kraftstoff, konstanter Wirkungsgrad $\gamma = 0.3$, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Aufgrund der langsamen Geschwindigkeiten kann der Luftwiderstand vernachlässigt werden.

Dieser Pkw befährt eine Strecke zwischen zwei Kreuzungen mit Stopp-Zeichen im Abstand von 400 m mit folgendem Geschwindigkeitsprofil:

- Start mit einer Beschleunigung von 2.25 m/s^2 , bis (nach 50 m) eine Geschwindigkeit von 54 km/h erreicht ist,
 - Konstantfahrt bis 50 m vor der zweiten Kreuzung,
 - Abbremsen mit einer Verzögerung von 2.25 m/s^2 , so dass man auf der Haltelinie zum Stehen kommt.
- (a) Zeigen Sie zunächst, dass im physikbasierten Verbrauchsmodell und Vernachlässigung des Luftwiderstandes der Fahrwiderstand F innerhalb jeder der drei Phasen (I: Beschleunigung, II: Konstantfahrt, III: Bremsen) konstant ist. Berechnen Sie die zugehörigen Werte F_I bis F_{III} .
- (b) Aufgrund des konstanten Fahrwiderstandes kann die vom Motor in den Phasen I und II bereitzustellende mechanische Energie jeweils durch die Formel “Kraft mal Weg + Grundleistung mal Zeit” berechnet werden. Ermitteln Sie diese. (Falls Sie (a) nicht gelöst haben, setzen Sie Fahrwiderstände von 3679 N und 295 N für die Phasen I bzw. II ein).
- (c) Die in Phase III bereitzustellende mechanische Energie hängt vom Antriebsmanagement ab. Berechnen Sie diese für (i) keine Schubabschaltung, (ii) Schubabschaltung und (iii) eine Rückgewinnung eines Anteils (Rekuperationsrate) von 60 % der sonst durch Bremsen verlorengelenden Bewegungsenergie. Nehmen Sie bei (ii) an, dass die Bremsverzögerung immer größer ist als die durch Fahren mit Motorbremse hervorgerufene Verzögerung. *Hinweis:* Im Fall (iii) ist der Energiebeitrag negativ. Falls Sie (a) nicht gelöst haben, setzen Sie einen Fahrwiderstand von -3089 N ein.
- (d) Berechnen Sie die bei den drei Arten des Antriebsmanagements insgesamt verbrauchte Treibstoffmenge und damit den hochgerechneten Verbrauch pro 100 km.