

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

Klausur zur Vorlesung Verkehrsdynamik und -simulation WS 2007/2008

Insgesamt 120 Punkte

Aufgabe 1 (15 Punkte)

- (a) Welche Rolle spielt die Verkehrsnachfrage in der Verkehrsflussmodellierung? Ist sie eine dynamische Größe oder eine Randbedingung?
- (b) Die negativen Auswirkungen des Verkehrs kann man unter anderem durch folgende Maßnahmen minimieren: (1) Verkehrszustandsabhängige Tempolimits, (2) Wechselwegweisung, (3) Verlagerung des Verkehrs auf umweltfreundlichere Modi wie öffentliche Verkehrsmittel, (4) Verkehrsvermeidung, (5) Zuflusskontrolle, (6) Zeitliche Verlagerung des Verkehrs (z.B. Entzerrung von Ferienzeiten oder Stoßzeiten), (7) Gebote, bestimmte Fahrstreifen zu benutzen bzw. Spurwechselverbote, (8) LKW-Überholverbote, (9) Neubau und Ausbau von Straßen, (10) Fahrer-Assistenzsysteme und (11) verkehrsadaptive Navigationssysteme (die einen z.B. um den Stau herumführen).

Welche dieser Maßnahmen können Teil einer modellgestützte Verkehrsflussoptimierung sein?

Aufgabe 2 (20 Punkte)

Gegeben sind folgende Arten von Verkehrsdaten auf einen Fernstraßenabschnitt (Drei Richtungsfahrbahnen, Verkehrsflüsse um 6 000 Fz/h): (a) aus Videoaufnahmen gewonnene Trajektorien- und Positiondaten, (b) Floating-Car Daten mit einem Ausstattungsgrad zwischen 0.5% und 1 % (d.h. im Mittel liefert jedes 100-te bis 200-te Fahrzeug Informationen), welche jede Sekunde Daten senden, (c) Minutendaten und (d) Einzelfahrzeugdaten von stationären Detektorquerschnitten (Abstände etwa 2 km voneinander).

- (a) Wie geeignet sind diese Datenkategorien zur Bestimmung folgender Größen:
- (i) Lokale Geschwindigkeit
 - (ii) Dichte und Verkehrsfluss
 - (iii) Beschleunigung
 - (iv) Reisezeit auf diesem Fernstraßenabschnitt
 - (v) Verteilung der Fahrzeugabstände und der Times-to-Collision.

Geben Sie in einer Matrix an, welche der Datenkategorien (a)-(d) geeignet bzw. nicht verwendbar sind, um die Informationen (i)-(v) aus den Daten zu bestimmen. Begründen Sie in Zweifelsfällen Ihre Entscheidung.

- (b) Kann man mit den Floating-Car Daten bzw. den stationären Detektoren den raumzeitlichen Verlauf von Stop-and-Go-Wellen auflösen, ohne zusätzliche Annahmen (wie die Adaptive Smoothing Method) zu verwenden?

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

Aufgabe 3 (15 Punkte)

Gegeben ist ein 30 s langer Abschnitt von Daten eines Detektorquerschnitts gemäß folgender Tabelle:

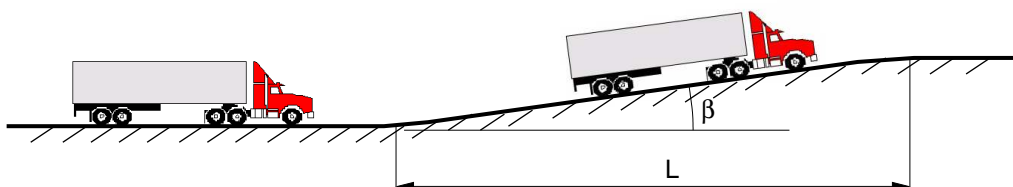
Zeit (s)	Geschwindigkeit (m/s)	Fahrstreifen (1=rechts, 2=links)	Fahrzeuglänge (m)
2	26	1	5
7	24	1	12
7	32	2	4
10	32	2	5
12	29	1	4
18	28	1	4
20	34	2	5
21	22	1	15
25	26	1	3
29	38	2	5

- Berechnen Sie durch Aggregation den für dieses Intervall gültigen makroskopischen Verkehrsfluss und die makroskopische Geschwindigkeit (arithmetisches Mittel) getrennt für beide Fahrstreifen.
- Bestimmen Sie für jeden Fahrstreifen die Dichte unter der für freien Verkehr realistischen Annahme, dass es keine Korrelation zwischen den Geschwindigkeiten und zeitlichen Abständen zweier aufeinanderfolgender Fahrzeuge gibt.
- Bestimmen Sie nun Fluss, Geschwindigkeit und Dichte der gesamten Richtungsfahrbahn auf Höhe des Querschnittes.
- Wie hoch ist der LKW-Anteil auf dem rechten Fahrstreifen und insgesamt?

Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:

Aufgabe 4 (40 Punkte)

Um zu langsame LKW an Steigungsstrecken zu verhindern, ist die Steigung auf Autobahnen im Allgemeinen auf $\beta = 4\%$ begrenzt (in Sonderfällen $\beta = 5\%$). Allerdings hängt die Behinderung, d.h. die minimale Geschwindigkeit der LKW am Ende der Steigung auch von der Länge L der Steigungsstrecke ab.



Zur Modellierung wird als "Worst Case" ein LKW betrachtet, welcher vollbeladen auf ebener Strecke gerade die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h erreicht und dessen Motor unabhängig von der Geschwindigkeit eine konstante Maximalleistung abgeben kann. Die relevanten Parameter sind: Fahrzeugmasse 38 t, Reibungskoeffizient 0.03, ein c_w -Wert von 0.9 und eine Stirnfläche von 10 m^2 . Nehmen Sie außerdem für die Gravitationskonstante $g = 10\text{ m/s}^2$ und für die Dichte der Luft 1.3 kg/m^3 an.

- Wie groß ist die für den Antrieb benötigte Leistung?
- Der LKW fährt nun mit seiner Maximalgeschwindigkeit von 80 km/h in eine Steigung mit 4% bzw. 5% hinein. Wie groß sind jeweils die anfänglichen Verzögerungen bei unveränderter Motorleistung? Berechnen Sie außerdem die Endgeschwindigkeiten, wenn die beiden Steigungen hinreichend lange sind. Da die Endgeschwindigkeiten sehr niedrig sind, können Sie bei ihrer Berechnung den Luftwiderstand vernachlässigen.
- Der Verzögerungsvorgang an der Steigung soll nun mit dem "Optimal-Velocity-Model" (OVM) für eine freie Strecke nachgebildet werden:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{v_0 - v}{\tau}$$

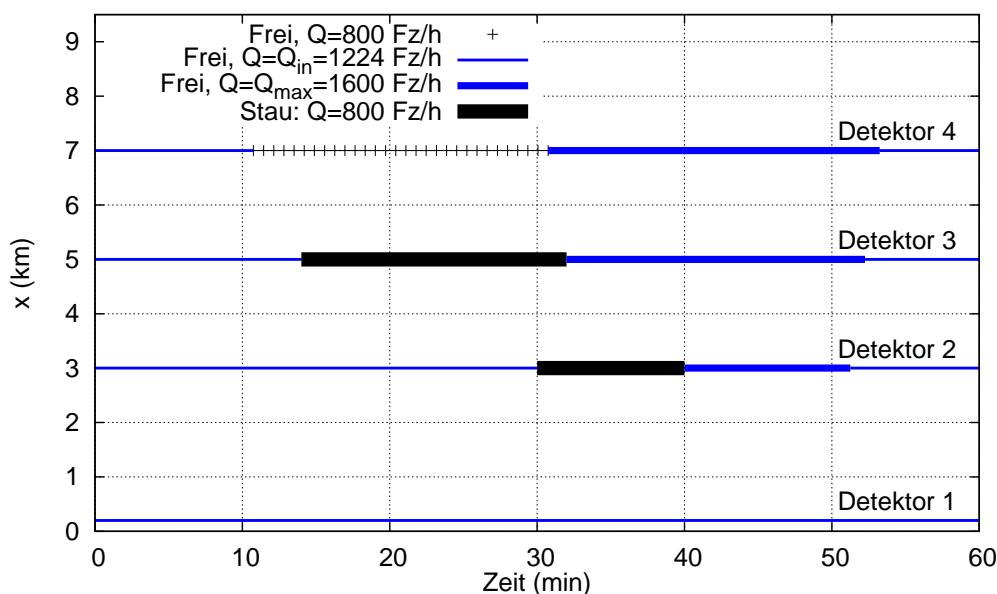
Ermitteln Sie für die beiden Steigungsstrecken jeweils die zwei Modellparameter v_0 und τ unter folgenden Vorgaben:

- Die Geschwindigkeit nähert sich für hinreichend lange Steigung den Endgeschwindigkeiten 37 km/h (5%-Steigung) bzw. 42 km/h (4%-Steigung),
 - die anfängliche Verzögerung bei Beginn der Steigung beträgt 0.5 m/s^2 (5%-Steigung) bzw. 0.4 m/s^2 (4%-Steigung).
- Ermitteln Sie nun die Geschwindigkeit und die zurückgelegte Wegstrecke als Funktion der Zeit, indem Sie das obige Mikromodell lösen. Dabei soll der LKW zur Zeit $t = 0$ den Beginn der Steigung passieren. Geben Sie das Ergebnis allgemein an.
 - Werden die LKW auf einer 5-%igen Steigung von 500 m Länge oder auf einer 1 km langen 4 %-igen Steigung langsamer?. Gehen Sie dabei von den Zahlenwerten $v_0 = 37\text{ km/h}$, $\tau = 24\text{ s}$ (Steigung 5%) bzw. $v_0 = 42\text{ km/h}$, $\tau = 26\text{ s}$ (Steigung 4%) aus. Nehmen Sie außerdem an, dass das Ende der 5-%igen Steigung nach 29.1 s und das Ende der 4-%igen Steigung nach 64.2 s erreicht wird (diese Zeiten sind nicht elementar ausrechenbar).

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

Aufgabe 5 (30 Punkte)

Der Verkehrsfluss eines Autobahnabschnitts mit zwei Fahrstreifen pro Richtung wird durch vier Detektorquerschnitte bei den Autobahnkilometern 0.2, 3.0, 5.0 und 7.0 (Verkehrsfluss in positive x -Richtung) aufgezeichnet:



- (a) In der Abbildung sind die Detektorsignale in räumlicher und zeitlicher Nähe einer temporären Engstelle (z.B. Unfall) dargestellt. Es wurde dabei freier Verkehr mit drei verschiedenen Stärken (spurgemittelte Flüsse 800 Fz/h, 1224 Fz/h und 1600 Fz/h) sowie gestauter Verkehr mit ebenfalls 800 Fz/h detektiert. Wann und wo begann der Störfall und wann endete er? Bestimmen Sie die Lösung grafisch in der Abbildung.
- (b) Zeichnen Sie den raumzeitlichen Bereich des durch die temporäre Störung verursachten Verkehrsstaus in die Abbildung ein. Wann hat sich der Stau aufgelöst (ebenfalls grafische Lösung)? Zeichnen Sie auch die Trajektorie eines zur Zeit $t_{enter} = 20$ min bei $x = 0$ einfahrenden Fahrzeugs ein.
- (c) Der Verkehrsfluss werde nun durch das Lighthill-Whitham-Richards-Modell mit dem Fundamentaldiagramm

$$Q(\rho) = \min \left[\rho V_0, \frac{1}{T} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_{max}} \right) \right]$$

beschrieben (alle Größen sind spurgemittelt), wobei $T = 2$ s, $V_0 = 120$ km/h und $\rho_{max} = 120$ Fz/h. Wie groß ist der maximal mögliche Verkehrsfluss? Bestimmen Sie außerdem rechnerisch die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der stromaufwärtigen und stromabwärtigen Staufrenten sowie die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Übergangs "Freier Verkehr mit maximalen Fluss" zu "Freier Verkehr mit $Q = 1224$ Fz/h".