

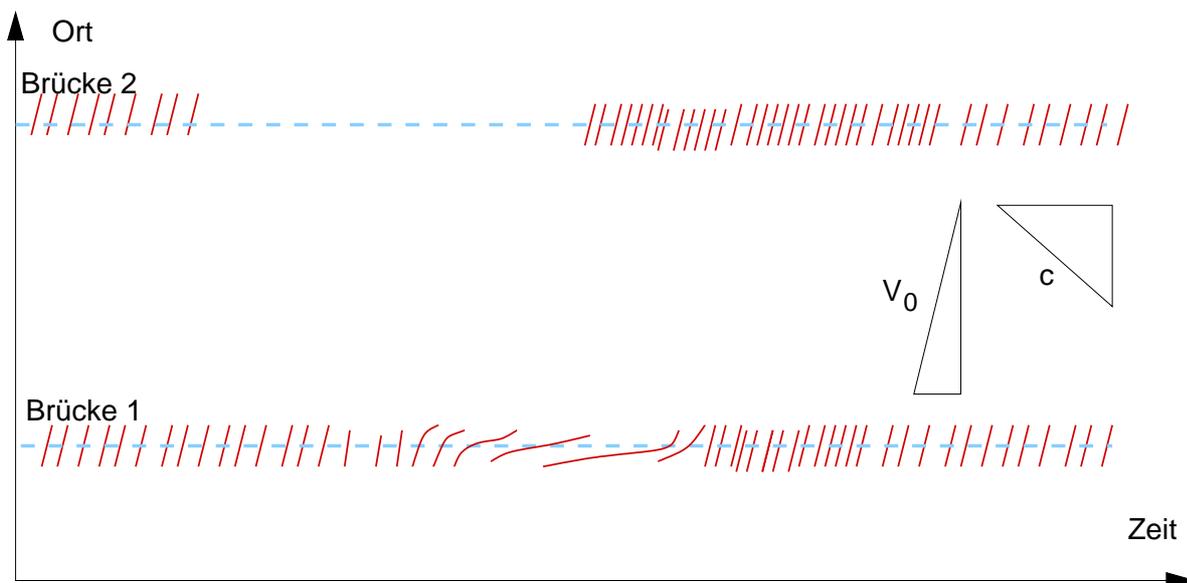
Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:
-------	----------	---------------

Klausur zur Vorlesung Verkehrsdynamik und -simulation SS 2017

Insgesamt 120 Punkte

Aufgabe 1 (25 Punkte)

Von zwei Brücken aus werden Trajektorien aufgenommen, die aber jeweils nur einen kleinen Bereich abdecken (vgl. Abbildung). Zwischen den beiden Brücken gab es einen Unfall mit Staubildung. Die Hypotenusen der beiden Dreiecke stellen die freie Geschwindigkeit V_0 und die Stauwellengeschwindigkeit c jeweils als Steigung im Raum-Zeit-Diagramm dar.



- Wird durch den Unfall eine Teil- oder eine Vollsperrung verursacht? (Begründung)
- Beschreiben Sie qualitativ den Verkehrsverlauf in der Nähe der beiden Brücken. Unterscheiden Sie dabei freien Verkehr, Stau, leere Fahrbahn und Ausfluss aus dem Stau (Maximalfluss).
- Ermitteln Sie grafisch den Ort des Unfalls, indem Sie die Übergänge leere Fahrbahn-Maximalfluss und Stau-Maximalfluss von Brücke 2 bzw. 1 aus fortsetzen und sich schneiden lassen. Geben Sie auch den Zeitpunkt der Aufhebung der Behinderung im Diagramm an.
- Ermitteln Sie nun grafisch den Zeitpunkt des Unfalls mit Hilfe des an Brücke 2 beobachteten Übergangs normaler Verkehr - kein Verkehr. *Hinweis:* Falls Sie (c) nicht bearbeitet haben, nehmen Sie den Unfallort in der Mitte zwischen den beiden Brücken an.

Aufgabe 2 (25 Punkte)

Gegeben sei das Lighthill-Whitham-Richards-Modell mit dem dreieckigem Fundamentaldiagramm

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

- (a) Die Fahrzeuge eines Verkehrsstroms bestehen aus 75 % PKW (mittlere Länge 4 m, mittlere Wunschgeschwindigkeit 120 km/h und 25 % LKW (mittlere Länge 12 m, Wunsch- gleich Höchstgeschwindigkeit 80 km/h). Im Kolonnenverkehr halten die PKW- und LKW-Fahrer im Mittel Folgezeiten von 1.5 s bzw. 2.0 s sowie beide einen Mindestabstand von 3 m ein. Berechnen Sie durch gewichtete Mittelwertbildung die LWR-Modellparameter V_0 , T und ρ_{\max} .
- (b) Begründen Sie, warum die oben verwendete Mittelwertbildung für die Wunschgeschwindigkeit nur bei mehrstreifigen Richtungsfahrbahnen anwendbar ist, während für die Schätzung von ρ_{\max} und T diese Einschränkung nicht gilt.
- (c) Es wurde nun eine Kapazität von $Q_{\max} = 2000 \text{ Fz/h/Streifen}$, eine freie Geschwindigkeit von 120 km/h und eine Stauwellen-Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = -5 \text{ m/s}$ gemessen. Bestimmen Sie daraus die LWR-Modellparameter V_0 , T und ρ_{\max} . *Hinweis:* Es ergeben sich nicht die Parameter der Teilaufgabe (a).

Aufgabe 3 (20 Punkte)

Ein Fahrzeug nähert sich im Stadtverkehr mit der freien Geschwindigkeit einer Ampel, die auf rot umspringt. Der Fahrer wird mit dem *Intelligent-Driver-Model* (IDM) mit den Parametern $v_0 = 50 \text{ km/h}$, $T = 1 \text{ s}$, $s_0 = 2 \text{ m}$ sowie $a = b = 3 \text{ m/s}^2$ modelliert und entscheidet sich für "Anhalten", falls die dann fällige Bremsverzögerung kleiner als der Parameter b ist und ansonsten für "Weiterfahren".

- (a) Zeigen Sie zunächst allgemein, dass bei $v = v_0$ und $a = b$ der kritische Abstand zur Ampel zum Zeitpunkt des Signalwechsels durch

$$s_c = s_0 + vT + \frac{v^2}{2b}$$

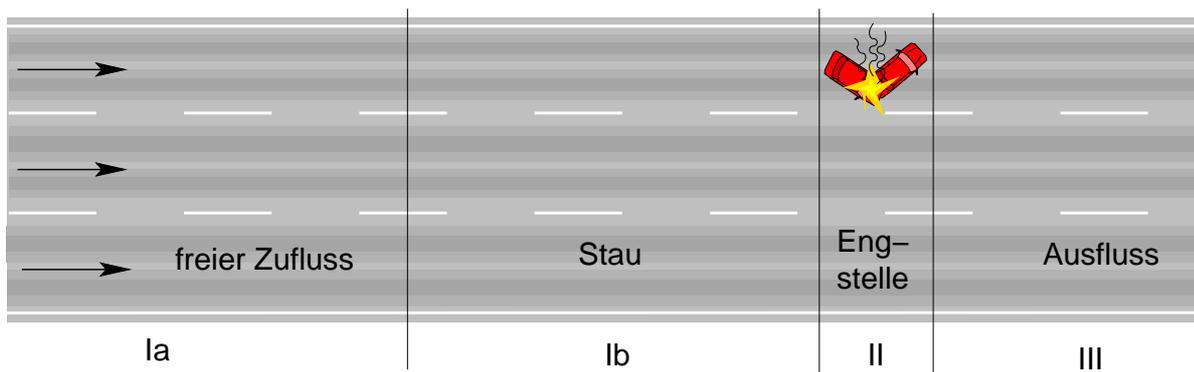
gegeben ist. Hat dieser Ausdruck eine anschauliche Bedeutung?

- (b) Berechnen Sie nun für die angegebenen Parameterwerte den kritischen Abstand und geben Sie die Mindestdauer der Gelbphase an, die in jedem Fall eine Überfahrt bei "Rot" verhindert. Wie ändert sich diese Mindestdauer für Straßen mit einem Tempolimit von 70 km/h?
- (c) Die Ampel ist in der Annäherungsphase schon längere Zeit rot. Würde der mit dem IDM modellierte Fahrer schon in größerer Entfernung als s_c mit Verzögern beginnen? (Begründung)

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

Aufgabe 4 (50 Punkte)

Gegeben ist eine dreistreifige Richtungsfahrbahn, auf der um 17:00 ein Unfall passiert, welcher zu einer einstündigen Teilspernung eines Streifens mit nachfolgender Staubildung führt (siehe Skizze):



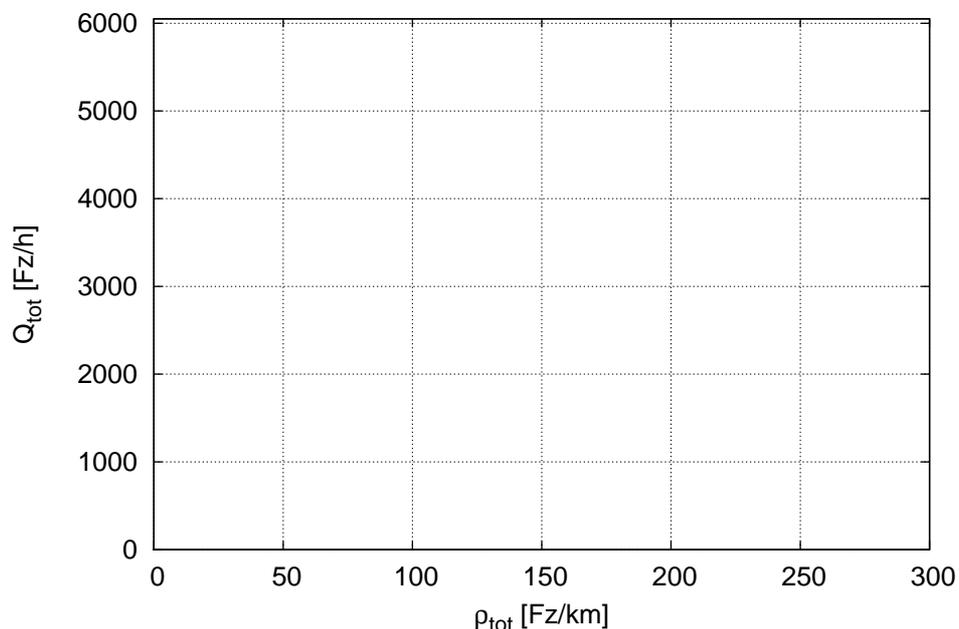
Der Verkehrsfluss auf dieser Strecke soll mit dem LWR-Modell mit dreieckigem Fundamentaldiagramm

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

modelliert werden. Flüsse und Dichten sind dabei als effektive Spurmittelwerte zu verstehen und es gelten die Fahrverhaltensparameter $V_0 = 120 \text{ km/h}$, $T = 1.5 \text{ s}$ und $l_{\text{eff}} = 10 \text{ m}$.

- Während des gesamten betrachteten Zeitraums besteht eine Nachfrage von $5\,000 \text{ Fz/h}$. Zeigen Sie, dass ohne den Unfall die Kapazität der Richtungsfahrbahn ausreichen würde.
- Durch den Unfall wird ein Fahrstreifen gesperrt. Außerdem kann man im Unfallbereich II nur mit maximal 72 km/h fahren. Ermitteln Sie nachvollziehbar die Kapazität dieser Engstelle und zeigen Sie, dass eine Staubildung unvermeidlich ist.
- Nehmen Sie nun eine Engstellenkapazität von $3\,600 \text{ Fz/h}$ an und berechnen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit der stromaufwärtigen Stauffront (Übergang Ia-Ib, siehe Skizze). Berechnen Sie auch die Geschwindigkeit der Fahrzeuge im Stau.

- (d) Zeichnen Sie in die folgende Abbildung die in den Bereichen I und III sowie im Bereich II gültigen Fundamentaldiagramme. Tragen Sie zusätzlich die in den Bereichen Ia, Ib, II und III geltenden Zustände als Punkte ein. *Hinweis:* Sie müssen vorher die noch fehlenden Gesamtflüsse und Gesamtdichten in den vier Bereichen ermitteln.



- (e) Nach einer Stunde ist die Unfallstelle geräumt und es bildet sich stromabwärts des Staus ein Bereich mit maximalem Fluss. Begründen Sie, warum sich die bisher an der Unfallstelle fixierte stromabwärtige Staufront mit der Stauwellengeschwindigkeit c stromaufwärts ausbreitet und sich so trotz gleichbleibender Nachfrage der Stau allmählich auflöst. Berechnen Sie c und stellen Sie die Stauausbreitung qualitativ in einem Raum-Zeit-Diagramm dar. *Hinweis:* Zur Begründung können Sie das Fundamentaldiagramm mit einem neuen Punkt “Ausfluss aus dem Stau” verwenden.