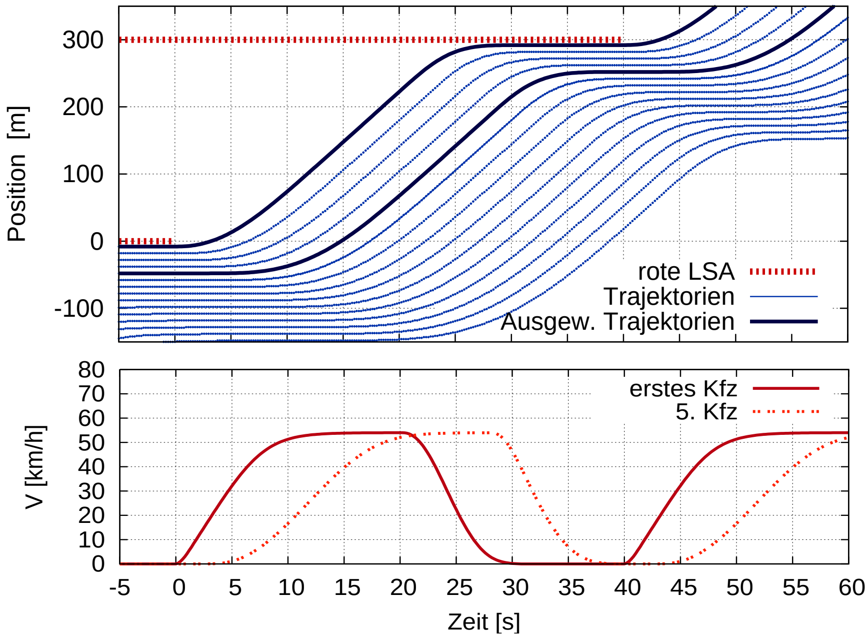
Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:

Klausur zur Vorlesung Verkehrsdynamik und -simulation WS 2009/10

Insgesamt 120 Punkte

Aufgabe 1 (40 Punkte)

Gegeben sind die Simulationsergebnisse eines mit dem (etwas modifizierten) Intelligent-Driver-Modell (IDM) simulierten Stadtszenarios:



Das obere Teilbild stellt die Trajektorien aller 15 Fahrzeuge sowie (dick und horizontal) die Rotphasen von Ampeln dar. Unten sind die Geschwindigkeiten der beiden dicker gezeichneten Trajektorien dargestellt.

(a) Beschreiben Sie ganz kurz (ein Satz), welche Situation hier simuliert wurde.

(b) Bestimmen Sie die Dichte im stehenden Verkehr und im fließenden Verkehr bei maximaler Geschwindigkeit (wie hoch ist diese?)

(c) Schätzen Sie die Kapazität K der freien Strecke (ohne Ampeln) durch den maximalen Fluss ab.

(d) Wieviel Fahrzeuge würden in einer Grünphase der Ampel bei $x = 0$ durchkommen, wenn diese (i) 5 s, (ii) 15 s und (iii) 40 s lang sind? Leiten Sie daraus eine "Bemessungsregel" der notwendigen Grünzeit τ für n durchkommende Fahrzeuge in der Form $\tau(n) = \tau_0 + \beta n$ ab, d.h. bestimmen Sie τ_0 und β. Kann man β mit der Kapazität K in Beziehung setzen?

(e) Schätzen Sie die Ausbreitungsgeschwindigkeit c_{cong} des Übergangs Warteschlange → anfahrende Fahrzeuge aus dem Trajektoriendiagramm ab.

(f) Schätzen Sie die verwendeten IDM-Modellparameter v_0, $T = 1/(\rho_{\text{max}} c_{\text{cong}})$, a, b und $l_{\text{eff}} = l_{\text{Kfz}} + s_0$ ab. Legen Sie zur Bestimmung der Beschleunigungen geeignete Tangenten in das Geschwindigkeitsdiagramm.

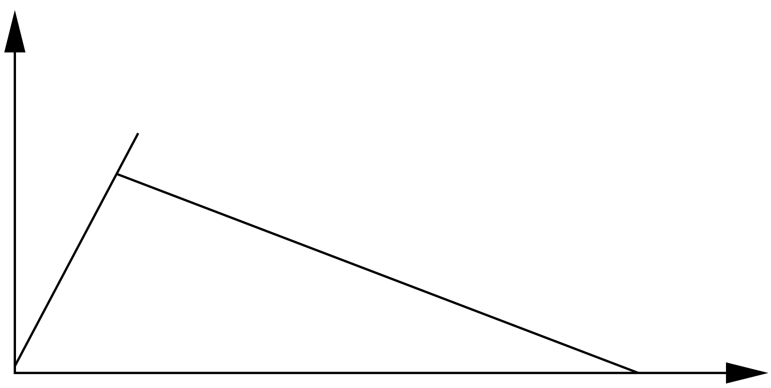
Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:

Aufgabe 2 (30 Punkte)

Ausgehend von Detektordaten wurden auf einem Autobahnabschnitt folgende Größen des Verkehrsflusses ermittelt:

- Mittlere Fahrzeuglänge: $l = 4.67$ m,
- mittlerer Abstand bei gebundenem Verkehr: $s = s_0 + vT$ mit $s_0 = 2$ m und $T = 1.6$ s,
- Geschwindigkeit bei freiem Verkehr: konstant 120 km/h,
- Verkehrsdichte beim Zusammenbruch freier Verkehr → Stau: 20 Kfz/km pro Fahrstreifen.

Aus den Angaben folgt, dass es in einem gewissen Dichtebereich zwei Werte des Verkehrsflusses geben kann. Qualitativ sieht das Fundamentaldiagramm folgendermaßen aus:



(a) Bei welcher Verkehrsfluss bricht freier Verkehr (im Mittel) zusammen, d.h., bei welchem Fluss endet der freie Zweig?

(b) Ermitteln Sie den „gestauten“ Zweig des Fundamentaldiagramms. Für welche Verkehrsdichte schneidet dieser den freien Zweig?

(c) Am Staukopf herrschen stationäre Verhältnisse und beim Ausfluss ändern sich Fluss und Dichte annähernd entlang des gestauten Zweigs des Fundamentaldiagramms. Wie groß ist der Ausfluss aus den Stau? Wie groß ist die Dichte im freien Verkehr hinter der Ausflusszone? Wie groß ist der “Capacity drop” in Kfz/h pro Fahrstreifen und relativ? Für welchen Bereich der Dichte (“bistabiler Bereich”) sind also zwei Flusswerte möglich?

(d) Ergänzen Sie die obige qualitative Abbildung zu einem quantitativen Fundamentaldiagramm, indem Sie die Achsen bezeichnen und mit einer Skalierung versehen. Beschriften Sie alle markanten Stellen des Diagramms mit Fluss- und Dichtewerten.

Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:

Aufgabe 3 (20 Punkte)

Gegeben ist eine Erweiterung des Optimal-Velocity-Modells (OVM) mit folgender Beschleunigungsgleichung in Abhängigkeit von der Lücke s und der Annäherungsgeschwindigkeit Δv zum Vorderfahrzeug:

$$\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = \frac{v_{\text{opt}}(s) - v}{\tau} - \lambda \Delta v, \quad v_{\text{opt}}(s) = \frac{\beta_1}{1 + \frac{\beta_2}{s}}.$$

mit den Modellparametern $\tau = 5\,\mathrm{s}$, $\lambda = 0.6\,\mathrm{s}^{-1}$, $\beta_1 = 15\,\mathrm{m/s}$ und $\beta_2 = 24\,\mathrm{m}$.

(a) Welches Vorzeichen sollte λ haben? (kurze Begründung).

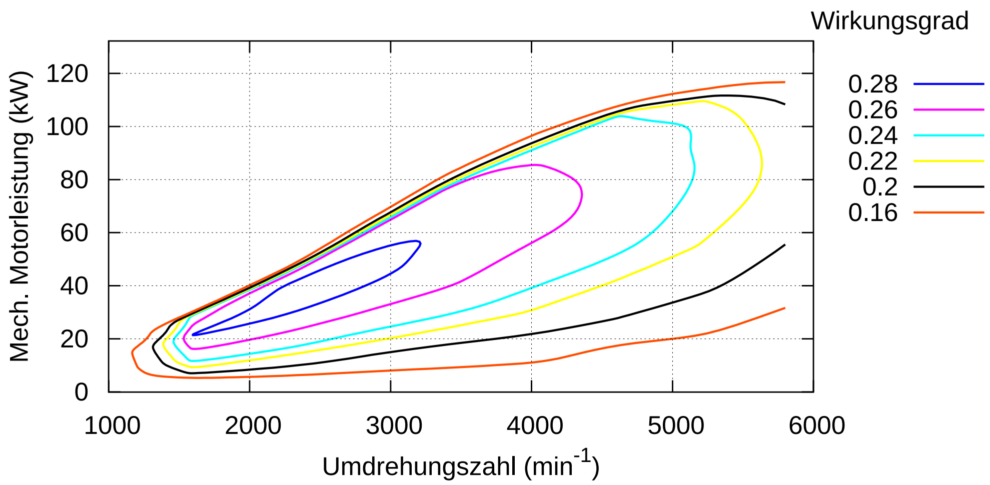
(b) Betrachten Sie zunächst nur die optimale Geschwindigkeitsfunktion: Wie hoch ist die Wunschgeschwindigkeit auf leerer Strecke? Wie hoch ist die Nettozeitlücke bei gleichmäßig zähfließenden Verkehr nahe des Stillstandes? Lösen Sie dazu $v_{\text{opt}}(s)$ nach $s(v_{\text{opt}})$ auf und lassen Sie $v_{\text{opt}} \to 0$ gehen. *Hinweis:* Es gibt in diesen Modell keinen Mindestabstand.

(c) Wie hoch ist die maximal erreichbare Geschwindigkeit, wenn in sehr großer Entfernung $s \to \infty$ eine durch ein stehendes "virtuelles Fahrzeug" ($\Delta v = v$) modellierte rote LSA existiert? Was ist also eine Schwäche dieses Modells?

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, Stirnfläche 2.5 m^2, cw-Wert 0.31, Reibungskoeffizient $\mu = 0.015$, Grundleistung $P_0 = 3$ kW, Brennwert $36 * 10^6$ J pro Liter Kraftstoff, Dichte der Luft 1.3 kg/m^3 und $g = 9.81$ m/s^2. Außerdem ist folgendes Motorkennfeld gegeben:



(a) Wie hoch ist die benötigte Leistung bei Konstantfahrt mit 80 km/h auf einer Strecke mit 2 % Steigung?

(b) Die möglichen Gänge bei dieser Geschwindigkeit sind der zweite bei einer Umdrehungszahl von 5000 min^{-1}, der dritte bei 3500 min^{-1}, der vierte bei 2600 min^{-1}, und der fünfte bei 2000 min^{-1}. Welches ist der verbrauchsoptimale Gang? Wie hoch ist dann der auf 100 km bezogene Verbrauch?

Hinweis: Falls Sie (a) nicht gerechnet haben, nehmen Sie 20 kW als benötigte Leistung an und bestimmen Sie aus dem Diagramm, für welchen Gang der Wirkungsgrad am größten ist. Setzen Sie dies dann in die Verbrauchsformel ein.

(c) Nun soll der LKW, hinter dem man mit 80 km/h fährt, schnellstmöglich überholt werden. Auf welchen Gang sollte man runterschalten, um maximale Leistung (oberste Kurve des Kennfelds) zu erhalten? Wie hoch ist dann die Leistung bei Vollgas und der Verbrauch? Welche Beschleunigung wird anfänglich erreicht?