

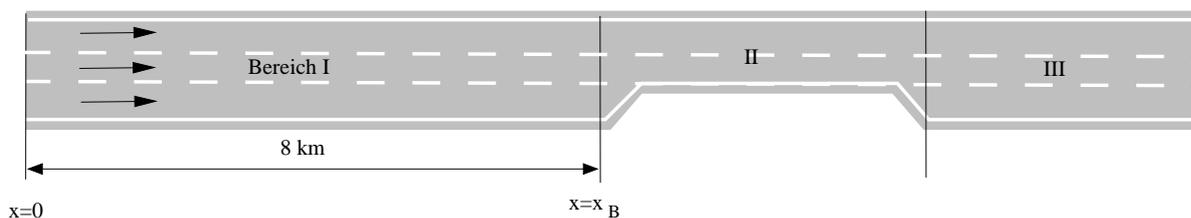
Name:	Vorname:	Matrikel-Nr.:
-------	----------	---------------

## Klausur zur Vorlesung Verkehrsdynamik und -simulation SS 2014

Insgesamt 120 Punkte

**Aufgabe 1 (50 Punkte)**

Gegeben ist ein dreistreifiger Autobahnabschnitt mit einer bei  $x = 8$  km beginnenden Baustelle, in welcher eine Reduktion auf 2 Streifen stattfindet:



Der Verkehrsfluss wird durch ein LWR-Modell mit dem Fundamentaldiagramm

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

mit den Parametern  $v_0 = 80$  km/h,  $T = 1.4$  s und  $\rho_{\max} = 100$  Fz/km/Spur beschrieben.

- Vor 16:00 h herrscht eine Gesamtnachfrage  $Q_{\text{in}} = 2500$  Fz/h. Zeigen Sie, dass die Autobahn auch im Baustellenabschnitt diese Nachfrage bewältigen kann.
- Die abendliche Nachfragespitze aus der nahen Stadt wird idealisiert durch einen abrupten Nachfragesprung von 2500 Fz/h auf 4500 Fz/h beschrieben, welcher genau um 16:00 die Position  $x = 0$  passiert. Zeigen Sie, dass die dreistreifigen Abschnitte diesen Nachfragesprung aufnehmen. Wann erreicht er den Beginn der Baustelle? *Hinweis:* Schockwellengleichung oder Argumentation mit dem Fundamentaldiagramm.
- Ermitteln Sie die Kapazität des Baustellenabschnitts und begründen Sie damit, warum es dort bei Eintreffen der erhöhten Nachfrage zum Stau kommt.
- Nach der Stautenstehung ist der Bereich I in die Bereiche Ia (freier Verkehr stromaufwärts) und Ib (Stau bis zum Staukopf am Beginn der Baustelle) aufgeteilt. Ermitteln Sie die *fahrstreifengemittelten* Dichten und Flüsse in allen vier Bereichen Ia, Ib, II und III und die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Staufront, welche Ia und Ib trennt. *Hinweis:* SI-Einheiten!
- Das Ende der Stoßzeit wird durch eine abrupte Nachfragereduktion auf 2500 Fz/h modelliert, welche um 17:00 die Stelle  $x = 0$  passiert. Wie ändert sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Staufront, nachdem diese geringere Nachfrage den Stau erreicht hat?
- Geben Sie die Lage der die Bereiche Ia und Ib trennenden stromaufwärtigen Staufront als Funktion der Zeit an. Wie lang ist der Stau maximal? Wann löst er sich auf? *Hinweis:* Geben Sie die Zeit  $t$  in Sekunden nach 16:00 an. Der Stau entsteht um  $t = 360$  s nach 16:00. Nehmen Sie für die Ausbreitungsgeschwindigkeiten der Staufront während bzw. nach der Stoßzeit  $-1.8$  m/s bzw.  $3.3$  m/s an.

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

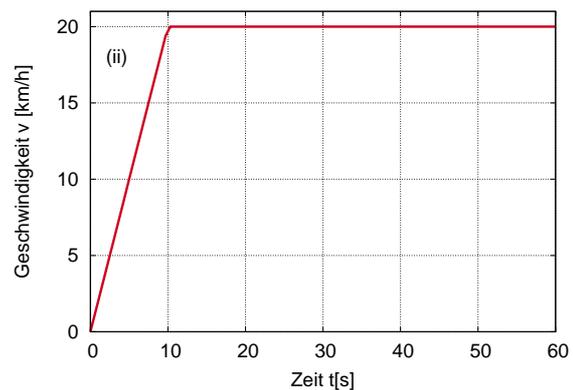
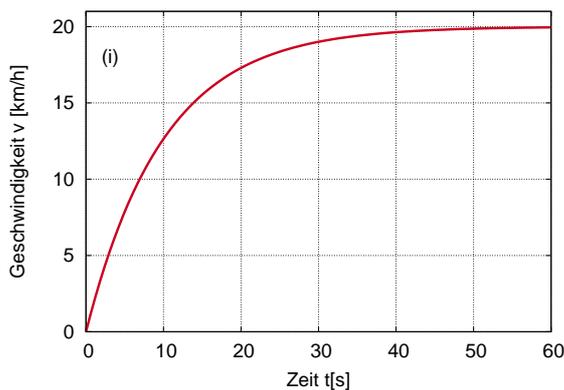
**Aufgabe 2 (40 Punkte)**

Gegeben ist ein zeitkontinuierliches Fahrzeugfolgemodell mit folgender Beschleunigungsgleichung als Funktion der Lücke  $s$ , der Geschwindigkeit  $v$  und der Geschwindigkeit  $v_l$  des Vorderfahrzeugs:

$$\frac{dv}{dt} := a(s, v, v_l) = \min \left[ \beta_1 (v_0 - v), \beta_1 \left( \frac{s}{T} - v \right) + \beta_2 (v_l - v) \right].$$

Der erste Ausdruck der Minimum-Bedingung steht für freien und der zweite für gebundenen Verkehr.

- Welche Aspekte des Fahrverhaltens beschreiben die Modellparameter  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $v_0$  und  $T$ ?
- Die Fließgleichgewichts-Bedingungen lauten (i)  $dv/dt = 0$  und (ii)  $v_l = v$ . Beschreiben Sie diese Bedingungen in Worten.
- Nehmen Sie nun eine Kolonne gleichartiger Fahrer und Fahrzeuge an und leiten Sie für obiges Modell die Geschwindigkeits-Abstands-Relation  $v_e(s)$  im Fließgleichgewicht her. *Hinweis:* Die Minimum-Bedingung des Modells sorgt dafür, dass auch die Funktion  $v_e(s)$  zwei Abschnitte für freien und gestauten Verkehr aufweist.
- Alle Parameter seien nun positiv. Erfüllt dieses Modell folgende Konsistenzbedingungen an die Beschleunigungsfunktion (jeweils kurze Begründung)?
  - Die Beschleunigung  $a(s, v, v_l)$  nimmt streng monoton mit der Geschwindigkeit ab.
  - Die Beschleunigung steigt monoton mit der Geschwindigkeit des Führungsfahrzeugs.
  - Die Beschleunigung steigt monoton mit dem Abstand.
  - Bei endlichem Abstand zum Vorderfahrzeug ist die Beschleunigung nie höher als bei gleicher Geschwindigkeit auf völlig freier Strecke (kein "Mitzieheffekt").
- Gegeben sind zwei mögliche Geschwindigkeitsverläufe eines Fahrzeugs, welches auf eine leere Strecke auffährt und dort beschleunigt:



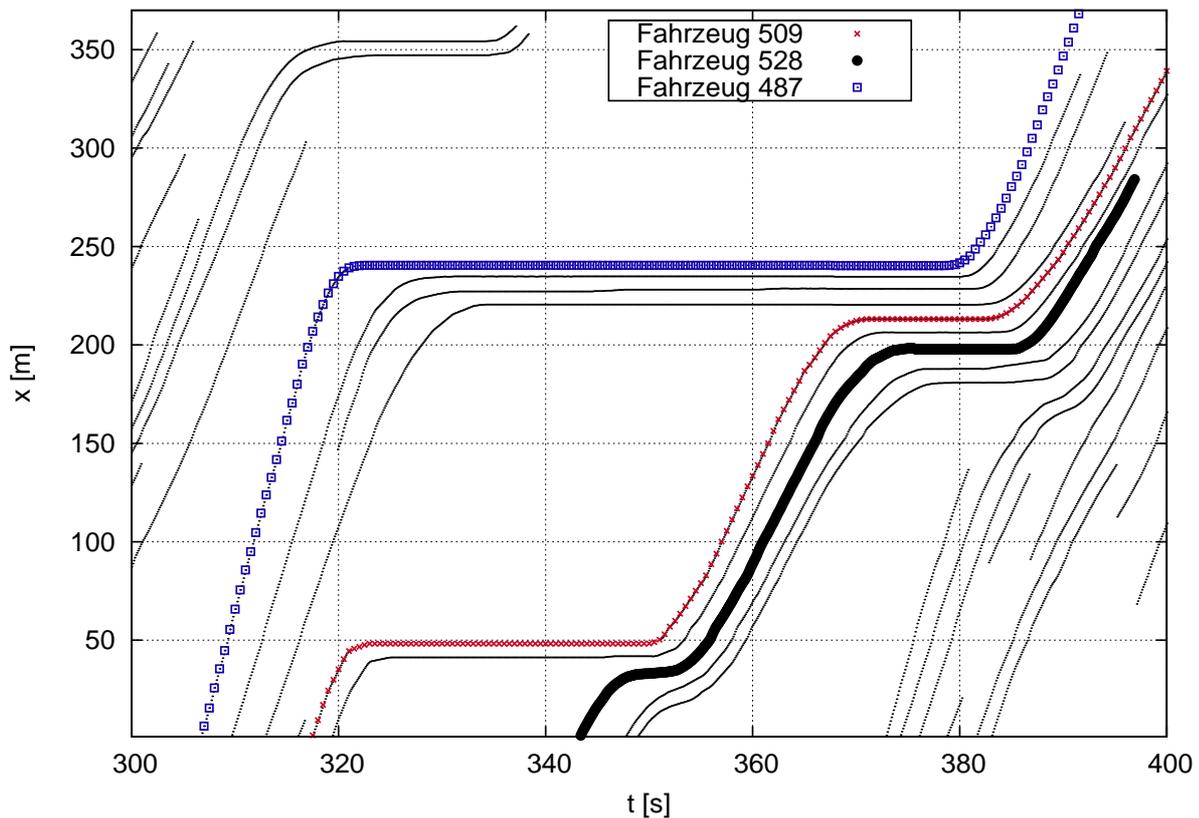
Welcher Verlauf entspricht dem obigen Modell? (kurze Begründung).

- Beim Heranfahren an eine rote Ampel wird die Haltelinie als stehendes virtuelles Fahrzeug der Länge 0 modelliert. Bei welchem Abstand beginnt das Modell "zu bremsen", wenn das Fahrzeug mit der Maximalgeschwindigkeit  $V_0 = 72 \text{ km/h}$  heranfährt und weiterhin  $\beta_1 = 0.1 \text{ s}^{-1}$ ,  $\beta_2 = 0.4 \text{ s}^{-1}$  und  $T = 1 \text{ s}$  gegeben sind?

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

### Aufgabe 3 (30 Punkte)

Gegeben sind Trajektoriendaten des zweiten Fahrstreifens einer vierstreifigen Richtungsfahrbahn in einer amerikanischen Stadt:



- Beschreiben Sie qualitativ die dargestellte Situation. An welchen Stellen vermuten Sie lichtsignalgeregelte Kreuzungen?
- Die Daten sind fehlerbereinigt. Warum beginnen und enden dennoch manche Trajektorien innerhalb des dargestellten raumzeitlichen Bereichs?
- Schätzen Sie Wunschgeschwindigkeit, Bremsverzögerung und Anfahrbeschleunigung des Fahrzeugs 487 (obere hervorgehobene Trajektorie) und geben sie dessen Reisezeit durch den dargestellten Abschnitt an. Warum kann man die Folgezeit dieses Fahrzeugs nicht aus den Trajektorien schätzen?
- Warum kann man die Folgezeit des Fahrzeugs 528 (untere hervorgehobene Trajektorie), nicht aber dessen Wunschgeschwindigkeit schätzen? Warum kann man vom Fahrzeug 509 (mittlere hervorgehobene Trajektorie) sowohl die Beschleunigungen als auch die Wunschgeschwindigkeit und die Folgezeit schätzen? *Hinweis:* Qualitative Argumentation ohne konkrete Schätzung genügt.
- Ab  $t = 390$ s nähert sich Fahrzeug 528 dem Vorderfahrzeug an, bevor die Trajektorie vorzeitig endet. Wie kann man das entsprechende Fahrverhalten charakterisieren?