

Traffic Jam



Abbildung 1: Die Südosttangente am 20.03.2019 um 15:30 bei Anschlussstelle Gürtel-Landstraßer Hauptstraße (Quelle: asfinag.at)

Motivation

Staus im Pendlerverkehr strapazieren in Wien sowie in wohl jeder Großstadt die Nerven der Autofahrer. Doch welche Massen an Fahrzeugen müssen sich auf der Fahrbahn befinden, um solche Staus auszulösen?

Modellbeschreibung

Ein mögliches Modell zur Implementierung ist das Nagel-Schreckenberg-Modell, das auf dem System eines zellulären Automaten basiert. Dazu wird die Länge der Straße in Zellen zerlegt, in denen jeweils ein Fahrzeug Platz hat. In jeder Runde legen zuerst alle Fahrzeuge fest, wohin sie fahren werden, dann werden alle gleichzeitig bewegt. Jedes Fahrzeug kann nur in genau einem Feld stehen, daher werden die Geschwindigkeiten in festen Stufen festgelegt: 1 Feld pro Zeitschritt, 2 Felder pro Zeitschritt etc.

Im eindimensionalen Modell - also einer einspurigen Straße - gibt es vier Update-Regeln:

1. Falls die Maximalgeschwindigkeit eines Fahrzeuges noch nicht erreicht ist, wird seine Geschwindigkeit um eins erhöht. (Beschleunigen)
2. Falls die Lücke (in Zellen) zum nächsten Fahrzeug kleiner ist als die Geschwindigkeit (in Zellen pro Runde), wird die Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf die Größe der Lücke reduziert. (Kollisionsfreiheit)
3. Die Geschwindigkeit eines Fahrzeugs wird mit der Wahrscheinlichkeit p (Trödefaktor) um eins reduziert, sofern es nicht schon steht (Trödeln)
4. Alle Fahrzeuge werden ihrer momentanen Geschwindigkeit entsprechend vorwärts bewegt.

Beim mehrdimensionalen Modell gibt es weitere Regeln zu beachten:

1. Falls ein Fahrzeug zum Abbremsen gezwungen wird, kann es bei freier linker Fahrbahn auf diese wechseln. (Überholen)
2. Falls rechts eines Fahrzeuges genügend Platz ist, soll es Spur wechseln. (Einordnen)

Aufgabenstellung

Aufgabe 1

Analysieren Sie das Modell zunächst analytisch: Welche Einheit hat die Maximalgeschwindigkeit im Modell und wie hängt diese mit der Geschwindigkeit eines Autos in der Realität zusammen. Welche Geschwindigkeiten sind im Modell überhaupt erreichbar? Wie müsste man das Modell erweitern, um eine feinere Granularität zu erhalten? Legen Sie für Ihre Umsetzung des Simulationsexperiments sinnvolle Größen für Zellenlänge, Zeitschritt und Modell-Maximalgeschwindigkeit fest.

Aufgabe 2

Implementieren Sie das einspurige Modell. Die Simulation soll abhängig von den zwei Parametern “Trödelparameter” und “Einfahrtsrate” dynamisch Fahrzeuge von für das Modell erzeugen, am Rand in das Gitter setzen, mithilfe der gegebenen Regeln bis zum anderen Rand befördern und dort aus dem Modell entfernen.

Aufgabe 3

Experimentieren Sie mit unterschiedlichen Werten der Eingangsparameter und verschiedenen Visualisierungsmöglichkeiten. Implementieren Sie das Modell so, dass von jedem am Rand entfernten Fahrzeug bekannt ist, wie lange es für die Bewältigung des Streckenabschnitts gebraucht hat.

Aufgabe 4

Erweitern Sie das einspurige Modell auf beliebige Fahrbahnen. Für das Überholen und Einordnen überlegen Sie sich zuerst, welche Umgebungen des Fahrzeugs betrachtet werden müssen und wählen Sie geeignete Überprüfungen.

Aufgabe 5

Wählen Sie einen sinnvollen (was ist sinnvoll in diesem Zusammenhang?) Streckenabschnitt in der Realität und suchen Sie beispielsweise im Internet nach Echtdateien, die abhängig von der Uhrzeit durchschnittliche Fahrtzeiten durch diesen Abschnitt beschreiben. Wie verhalten sich diese Zahlen im Vergleich mit ihren Modellergebnissen?

Aufgabe 6

Schreiben Sie einen Algorithmus, der die zwei Parameter des mehrspurigen Modells so kalibriert, dass die durchschnittliche Fahrtzeit im Modell mit einer vorgegebenen Fahrtzeit übereinstimmt. Nützen Sie die Ergebnisse, um ihre Simulation mit den abgefragten Echtdateien parametrisieren zu können. D.h. die Simulation soll in der Lage sein dynamisch die Fahrzeugdichte zu ändern und somit die selben Durchschnittsfahrtzeiten erzeugen wie der abgefragte Datensatz.

Aufgabe 7

Führen Sie eine ordentliche Face-Validation des Modells durch. D.h. vergleichen Sie eine dynamische Visualisierung Ihrer Straße mit echten Aufnahmen, beispielsweise von Staukameras.

Aufgabe 8

Nutzen Sie ihr fertig parametrisiertes Modell für Szenarientests. Wie verändern sich die Fahrtzeiten bei (temporärem) Ausfall einer Spur?

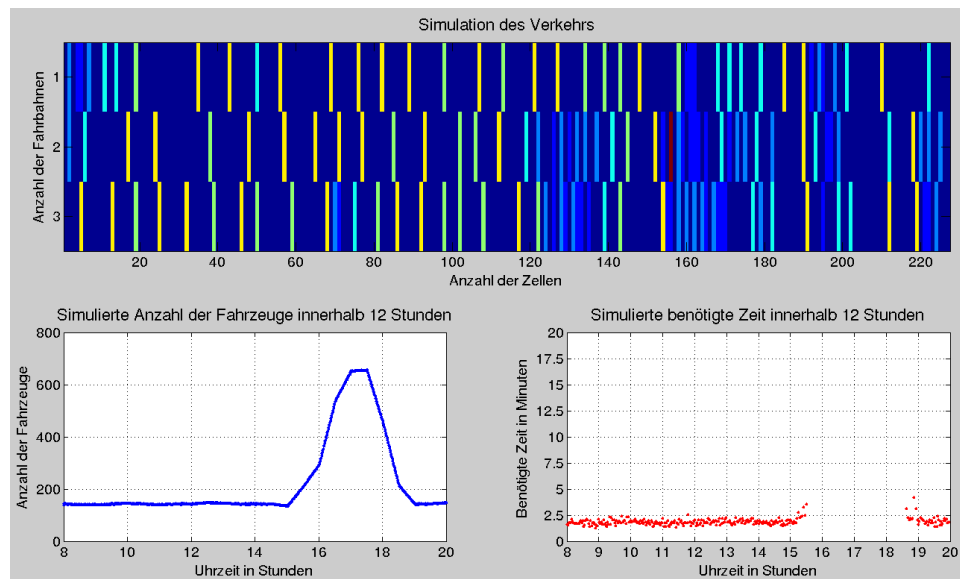


Abbildung 2: Beispielbild: Simulation des Straßenverkehrs, der Anzahl der Fahrzeuge und der Fahrtzeit einer dreispurigen Straße innerhalb von 12 Stunden.