

# PS Arbeit Agentenbasierte Modellierung WS 2002/2003 Konrad Stark 9860076

## Straßenverkehrssimulation mit Starlogo

(<http://education.mit.edu/starlogo/>)

### Sollkonzept

#### 1. Grundlegende Beschreibung der Simulation

Realisiert werden soll die Verkehrsbewegung auf einem beliebigen Straßennetz, das von einzelnen verkehrsteilnehmenden Fahrzeugen befahren wird. Das Augenmerk der Simulation soll darauf gelegt werden, inwieweit verkehrsregelnde Maßnahmen an Kreuzungen (Ampeln oder Kreisverkehre) die Verkehrsbewegung insgesamt beeinträchtigen oder beschleunigen kann. Für diese Simulation werden die unterschiedlichen Fortbewegungsgeschwindigkeiten der Fahrzeuge sowie das unterschiedliche Fahrverhalten (z.B knapper Abstand oder schnelles Beschleunigen) vorerst außer acht gelassen. Jedoch soll das Simulationsmodell ausbaufähig sein und offen für eben diese feingranularen Parameter sein. Simuliert wird der Ausschnitt eines Straßennetz (kein geschlossenes Netz) → Fahrzeuge gelangen aus unterschiedlichen Richtungen auf das Straßennetz und verlassen dieses ebenfalls auf unterschiedlichen Richtungen.

#### 2. Simulationsschritte

##### (a) Auswahl/Entwurf eines Straßennetzes

###### Entwurf eines individuellen Straßennetz

Hierbei kann individuell ein neues Straßennetz entworfen werden, wobei die Komponenten Straßenstücke, unregelmäßige Kreuzung (Vorrangstraße), ampelgeregelte Kreuzung, Kreisverkehr sowie Dekorationsmöglichkeiten wie etwa Bäume, Gebäude in Form von Shapes zur Verfügung stehen.

Der korrekte und sinnvolle Aufbau des Straßennetzes bleibt dem Benutzer überlassen; es erfolgt keinerlei Überprüfung, ob das Straßennetz oder Teile davon überhaupt befahrbar sind.

###### Simulation mit einem bestehenden Straßennetz

Im Zuge des Projekts werden einige Beispielverkehrsnetze erstellt werden, die dem Benutzer einen Einblick in die Simulation geben sollen. Beispielsweise kann er anhand von bestimmten Szenarien erkennen, bei welchen Verkehrsmengen eine bestimmte Verkehrsregelungsform Vorteile gegenüber einer anderen gebracht hat. Die Beispielszenarien können selbstverständlich adaptiert und unter anderem Namen wieder abgespeichert werden.

##### (b) Verhalten der Verkehrsteilnehmer

###### Fahrzeuggruppen (in Beispielszenarien)

Es werden bestimmte Fahrzeuggruppen erstellt, die von Startpunkt A nach Endpunkt B gelangen wollen. Hierbei wird für jede Fahrzeuggruppe eine Route erstellt. Die einzelnen Fahrzeuggruppen sind unterschiedlich gekennzeichnet. Parametrisierbar sind die Anzahl der Fahrzeuge je Gruppe.

###### Zufälliges Verhalten (in individuellen Straßennetzen)

Jeder Verkehrsteilnehmer wählt eine zufällige Route. Die Fahrtrichtung sowie das Fahrtziel sind für das Individuum nicht vorherbestimmbar. Parametrisierbar ist die Gesamtanzahl der Fahrzeuge.

#### 3. Auswertung

Gemessen wird der Durchsatz von Fahrzeugen je Zeit. Unter dem Durchsatz versteht man die Anzahl der Fahrzeuge, die das Straßennetz bis zum augenblicklichen Zeitpunkt verlassen haben. In den Beispielszenarien wird es ferner die Möglichkeit geben, sich die durchschnittliche Fahrzeit je Autogruppe anzeigen zu lassen.

# Realisierung

## **Projektbeschreibung**

Realisiert wurde eine Kreisverkehrssimulation mit Starlogo, deren Fokus auf dem Verkehrsverhalten individueller Fahrzeuge liegt, die sich – von ihrer Fahrtroute und der Verkehrsdichte beeinflusst – von einem Startpunkt über den Kreisverkehr zu einem Endpunkt gelangen. Es wurden zwei Starlogo-Projekte, die die Verkehrsbewegung simulieren entworfen, die sich durch unterschiedliche Vorrangregeln unterscheiden: a) Fahrzeuge, die bereits im Kreisverkehr sind, haben Vorrang gegenüber Zufahrenden. b) Fahrzeuge, die in den Kreisverkehr zufahren, haben Vorrang gegenüber Fahrzeugen im Kreisverkehr. Die Simulationen können entweder als Starlogo-Projekte geöffnet werden oder als Java-Applets online durchgeführt werden. Unter dem Link:

[www.edu.uni-klu.ac.at/~kstark/trafficSimulation.html](http://www.edu.uni-klu.ac.at/~kstark/trafficSimulation.html)

befinden sich die Online-Simulationen sowie die Starlogo Projektdateien.

## **Verkehrsbewegung allgemein**

Eine Verkehrsbewegung entsteht grundsätzlich dadurch, dass sich Fahrzeuge über bestimmte Routen über ein Verkehrsnetz bewegen. Jedes Fahrzeug hat einen Ausgangspunkt und einen Zielpunkt und ihre Route wird durch das vorhandene Verkehrsnetz bzw. dessen Verfügbarkeit (Staus, Baustellen, schlechte Straßenverfassung können die individuelle Fahrtroute selbstverständlich noch verändern). Verkehrsnetze bestehen aus Straßen und Kreuzungen (geregelt, ungeregelt sowie Kreisverkehre) und werden von den Fahrzeugen befahren. Fahrzeuge gelangen über bestimmte Punkte ins Verkehrsnetz und verlassen dieses wieder (Eintritts- und Austrittspunkte). Für Simulationszwecke werden nämlich meist Teilausschnitte des Gesamtverkehrsnetzes betrachtet, da das gesamte Verkehrsnetz zu umfassend und komplex ist.

Die Fahrzeuge beeinflussen ihr Verkehrsverhalten wechselseitig. Fahrzeuge bewegen sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten vorwärts und verhalten sich in bestimmten Situationen unterschiedlich. So gibt es Fahrzeuge, die schnelle Anfahrtzeiten nach einer Rotphase einer Ampel haben und es gibt welche, die langsam beschleunigen. Ebenso unterscheiden sich die Abstände, die von den Fahrzeugen untereinander eingehalten werden, voneinander. Eine Aggregation von Fahrzeugen in einem bestimmten Teil eines Verkehrsnetzes kann zu Staus führen, die wiederum Auswirkung auf die individuellen Fahrzeiten haben. Für die implementierte Simulationen wurden die Aspekte der unterschiedlichen Fortbewegungsgeschwindigkeit sowie der unterschiedlichen Beschleunigung nicht berücksichtigt.

## **Routenmodellierung**

### **Zufällige Route**

Eine zufällige Route bedeutet, dass jedes Fahrzeug an jeder Kreuzung zufällig eine bestimmte Richtung wählt. Der Vorteil dieser Modellierung besteht in der einfachen Implementierung dieses Konzepts. Doch insgesamt simuliert dieser Ansatz ein realitätsfremdes Verhalten von Verkehrsteilnehmern, da diese meist das Straßennetz kennen und meist identische Routen wählen. Ausnahmen stellen Fahrzeuge da, die sich verfahren haben. Durch zufällige Routen kann es außerdem passieren, dass Fahrzeuge das Straßennetz nicht wieder verlassen, sondern sich unentwegt im Kreis bewegen.

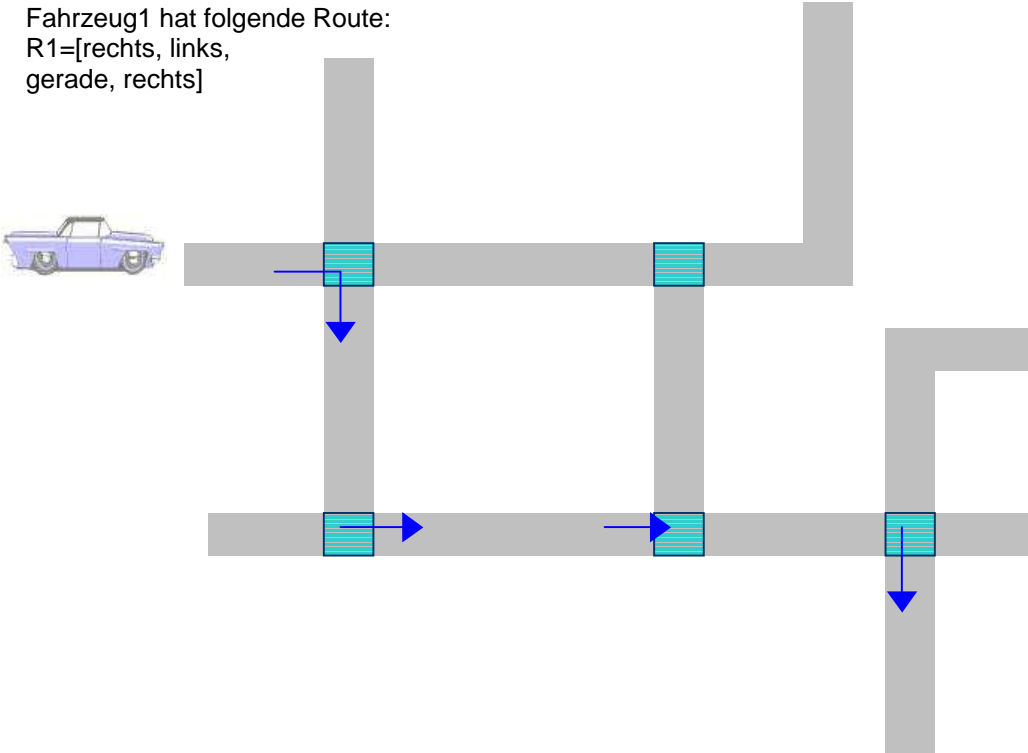
### **Festgelegte Route**

Jedes Fahrzeug hat eine definierte Route, die es durch ein Straßenverkehrsnetz führt. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass die Übertragung des Verkehrsverhalten von Ampelkreuzung auf Kreisverkehr möglich ist. Fahrzeuge, die dieselbe Route haben, können so zu Gruppen zusammengefasst werden, da sie sich über die gleichen Straßen und Kreuzungen fortbewegen. Diese Betrachtung ist leider nicht immer empirisch belegbar, da Verkehrsteilnehmer nicht immer dieselben Routen nehmen.

## ***Routenkonzept***

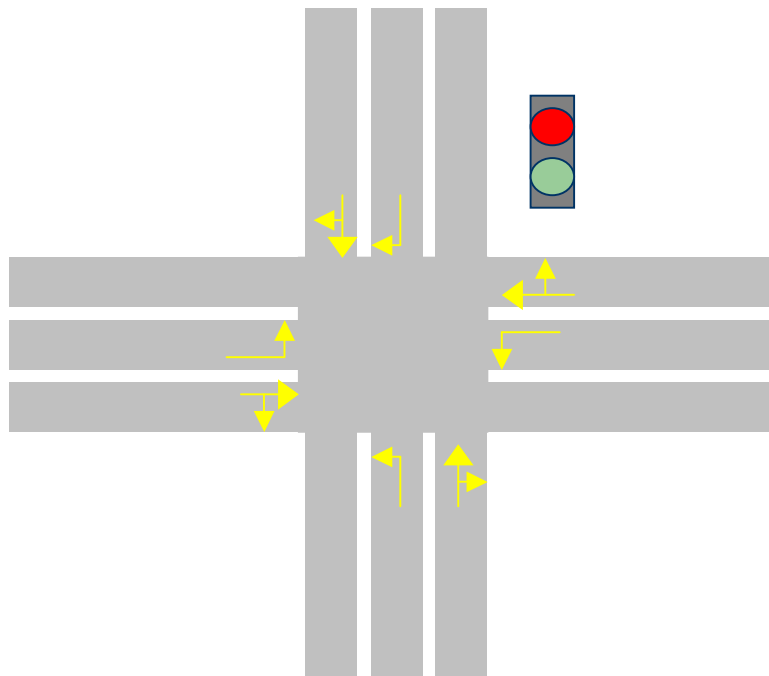
Für die Simulation wurde ein eigenes Routenkonzept eingeführt, das die Navigation der Fahrzeuge durch ein Verkehrsnetz festlegt. Das unten angeführte Beispiel beschreibt das Prinzip der individuellen Route. Jedes Fahrzeug trägt für sich alle notwendigen Navigationsinformationen mit sich.

Fahrzeug1 hat folgende Route:  
R1=[rechts, links,  
gerade, rechts]



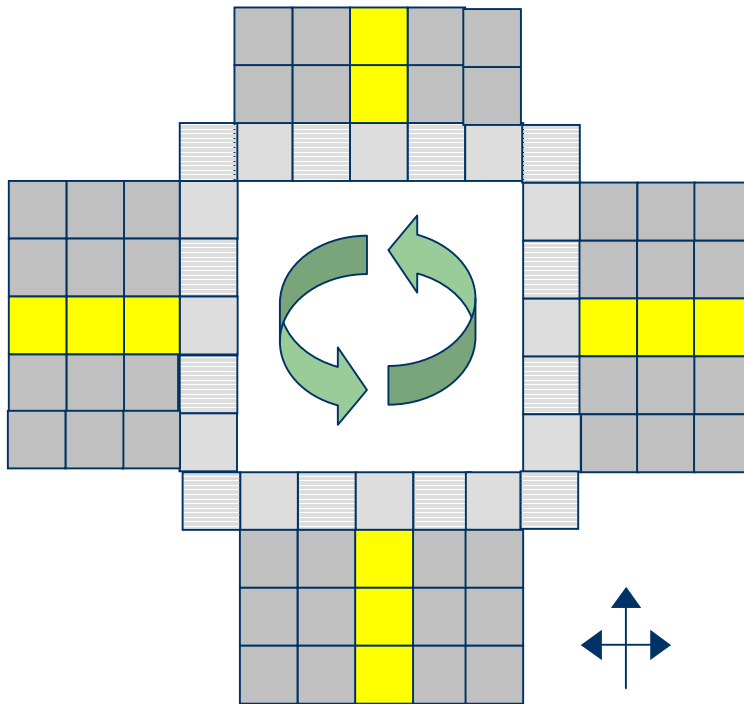
## ***Analyse - Ampelkreuzung***

Wenn eine ampelgeregelte Kreuzung betrachtet wird, gibt es grundsätzlich für jede Fahrtrichtung drei Möglichkeiten der Weiterfahrt. Diese Information kann für eine Gruppenbildung von Fahrzeugen verwendet werden, sodass alle Fahrzeuge in 12 Gruppen kategorisiert werden; für jede Fahrtrichtung existieren Geradeausfahrer, Links- und Rechtsabbieger.



## Analyse - Kreisverkehr

Ein Kreisverkehr ersetzt meist eine Ampelkreuzung. Die Fahrzeuge, die sich über einen Kreisverkehr bewegen haben grundsätzlich dieselben Einfahrts- und Ausfahrtspunkte wie bei einer Ampelkreuzung, sodass eine identische Kategorisierung möglich ist.



Wie bereits im Routenkonzept erwähnt, weiß jedes Fahrzeug, wie es sich bei den Wegpunkten verhalten muss. Wegpunkte werden in der oberen Graphik als hellgraue Quadrate dargestellt.



Bsp: [90, 270, 0, 0, 270, 90] ist die Navigationsinformation eines Fahrzeuges, das von Süden in den Kreisverkehr einfährt und diesen im Norden wieder verlässt.

## Vorrangregelungen

Defaultmäßig haben die Fahrzeuge im Kreisverkehr Vorrang gegenüber den einfahrenden Fahrzeugen, was im wesentlichen auch der österreichischen Straßenverkehrsordnung entspricht. Die Simulation zeigt, dass bei umgekehrter Vorrangregelung ein Deadlock (Verkehrsblockade) entstehen kann. Dieser Deadlock entsteht vor allem deshalb, da davon ausgegangen wird, dass sich alle Verkehrsteilnehmer rigid an die Vorrangregel halten. Denn wenn ein Kreisverkehr mit Fahrzeugen aufgefüllt ist, und alle Fahrzeuge im Kreisverkehr den Einfahrenden dennoch den Vorrang überlassen, entsteht ein unauflösbarer Stau.

## „Zufälliger“ Verkehr

Für jede Fahrtrichtung existieren drei Gruppen von Fahrzeugen (Links- und Rechtsabbieger und Geradeausfahrer). In jedem Systemschritt wird entweder zufällig ein verfügbares Fahrzeug aus irgendeiner Gruppe ausgewählt, das in die Kreuzung einfährt, oder es wird keines ausgewählt – dann entsteht Abstand zum Vorgängerauto. Die Wahrscheinlichkeit, dass im nächsten Systemschritt für eine beliebige Einfahrtrichtung ein Fahrzeug generiert wird beläuft sich auf 1:2 – d.h. durchschnittlich wird in jedem dritten Systemschritt ein Fahrzeug aus einer bestimmten Richtung einfahren.

## Maßzahlen für Kreuzungsbewertung

Maßzahlen dienen zur Evaluierung von bestimmten Kreuzungsarten (Gegenüberstellung)

### Fahrzeugdurchsatz

Der Fahrzeugdurchsatz gibt die Anzahl der Fahrzeuge pro Sekunde an, die die Kreuzung verlassen.

### Durchschnittliche Fahrzeit

Die durchschnittliche Fahrzeit berechnet sich aus dem Durchschnitt über die individuellen Fahrzeiten der Verkehrsteilnehmer. Diese Maßzahl wurde in der Simulation berücksichtigt. So verfügt jedes Fahrzeug über eine Startzeit, Endzeit und eine totale Fahrzeit, die in internen Variablen gespeichert werden.

### Schwachpunkte des Modells

Keine gleichmäßige Aufteilung von Fahrzeugen über einen bestimmten Zeitraum. Die unten angeführte Graphik soll veranschaulichen, dass eine geringe Anzahl von Fahrzeugen aus einer bestimmten Richtung nicht gleichmäßig über ein bestimmtes Zeitintervall verteilt ist, da für jede Fahrtrichtung dieselbe Einfahrtswahrscheinlichkeit eines Fahrzeuges gilt (1:2).

Sinnvoller wäre es, alle Fahrzeuge aus allen Fahrtrichtungen gleichmäßig über dasselbe Zeitintervall zu verteilen.



z.B.: aus Norden kommen insgesamt 80 FZ aus Westen 12 FZ innerhalb eines Zeitraumes; die 12 FZ aus Westen gelangen ungefähr gleich schnell in das Straßennetz wie die ersten 12 aus Norden

Alle Fahrzeuge fahren mit einheitlicher Geschwindigkeit, d.h. es gibt keine Raser oder Schleicher, was dem natürlichen Verkehrsverhalten natürlich nicht entspricht. Zudem haben alle Fahrzeuge dieselbe Größe und nehmen somit in der Simulation stets gleich viel Raum ein. LKWs würden mehr Platz im Kreisverkehr okkupieren, einspurige Fahrzeuge weniger.

#### Unrealistische Drehungen

Es gibt leider kein dezidiertes Kurvenverhalten, da Fahrzeuge sich nur um 90 Grad in beide Richtungen drehen können. Ein simuliertes Kurvenverhalten hätte zunächst in die Simulation eingebaut werden sollen. Durch fehlerhafte Starlogo-Befehle (lt 315 und rt 45), konnte eine diagonale Fortbewegung der Fahrzeuge leider nicht eingebaut werden.

### Mögliche Simulationserweiterungen

Ein Zähler, der die Anzahl der Fahrzeuge im Kreisverkehr zu einem bestimmten Zeitpunkt angibt bzw. ein Zähler, der die noch zu simulierenden bzw. schon am Ziel angekommenen Fahrzeuge zählt, wäre einfach zu implementieren.

Weiters könnte eine ampelgeregelten Kreuzung entworfen werden, deren Verkehrsteilnehmer sich nach demselben Routenkonzept fortbewegen. Anschließend könnten gleiche Verkehrsströme in beiden Kreuzungsarten simuliert werden (Kreisverkehr, Ampelkreuzung) und aufgrund von Maßzahlen miteinander verglichen werden.

## ***Kurzanleitung***

In der Kreisverkehrssimulation, kann die Anzahl der Fahrzeuge für jede Fahrtrichtung und Abbiegespur parametrisiert werden kann.

Nachdem für alle Fahrtrichtungen die gewünschten Anzahlen von Links-, Rechtsabbiegern und Geradeausfahrern eingestellt wurde, werden durch Klick auf 'Initialise' die Fahrzeuge in die Startpositionen gebracht; Geschwindigkeitsregelung ist durch eigene Speed-Komponente möglich. Anschließend 'Drive' anklicken und die Simulation beginnt. Nachdem alle Fahrzeuge ihr Ziel erreicht haben, nochmals auf 'Drive' klicken, um die Simulation anzuhalten.

Für jedes Fahrzeug wird die Fahrzeit mitprotokolliert und der Durchschnitt aller Fahrzeiten graphisch dargestellt. (Doppelklick auf die Plot-Komponente links unten zeigt eine detailliertere Ansicht).