

# Bedienungsanleitung

(Stand: 03.12.2008)

## Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Grundlegendes.....	1
1.2	Vorbereitung der Simulation .....	2
2	Schnellstart / Quickstart.....	3
3	Bedienung des Administrators.....	4
3.1	Registerkarte Environment .....	4
3.2	Registerkarte Simulation / Analysis.....	6
3.3	Registerkarte Traffic.....	8
3.4	Registerkarte Grid configuration .....	10
4	Bedienungsfunktionalität innerhalb der Animation.....	12
5	Ausblick .....	13
6	Kontakt .....	13

## 1 Einleitung

### 1.1 Grundlegendes

Die vorliegende Version von iSim ermöglicht die parallele Simulation von bis zu maximal 4 Verkehrsknotenpunkten. Ein Verkehrsknotenpunkt kann aus einer Kreuzung (Bild 1.1) oder einem Kreisverkehr (Bild 1.2) bestehen.

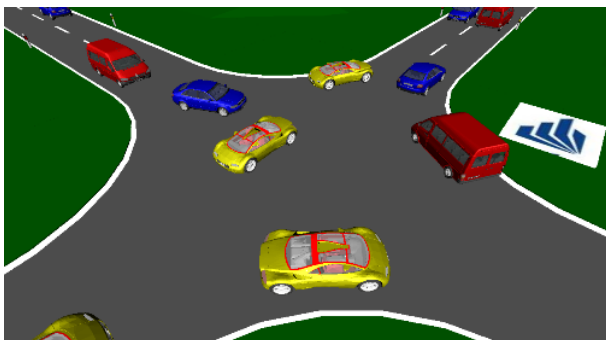


Bild 1.1: Kreuzung



Bild 1.2: Kreisverkehr

Charakteristisch für die betrachteten Verkehrsknotenpunkte ist, dass sie jeweils 4 Einfahrts- und Ausfahrtsspuren besitzen. Im Falle der Kreuzung wird von einer Mischnutzung gesprochen, da sowohl Geradeausfahrer als auch Links- und Rechtsabbieger sich eine Einfahrtsspur teilen. In den Simulationen werden weder LKW noch Fußgänger berücksichtigt. Für die  $4 \cdot 3 = 12$  Fahrspuren, über die ein Verkehrsknotenpunkt passiert werden kann, werden mit einem Zufallsgenerator Fahrzeuge gleichverteilt erzeugt. Die fahrdynamischen Charakteristika der Fahrzeuge (Parametrierung der Fahrzeugmodelle) sowie die Wunschfahrprofile werden ebenfalls mit dem Zufallsgenerator erzeugt.

Im Rahmen von parallel ablaufenden Simulationen (Multi-Simulation) werden sämtliche Verkehrsknotenpunkte mit demselben Verkehrsaufkommen beaufschlagt. Die Kreuzungsgeometrie ist fest vorgegeben und kann in dieser Version von **iSim** nicht geändert werden. Bei dem Kreisverkehr hingegen kann der Radius der Fahrspurmitte, die um die "Insel" im Inneren des Kreisverkehrs führt, vorgegeben werden ( $r_i$  in Bild 7).

In einer Multi-Simulation können bis zu 5 unterschiedliche Rechner eingebunden werden. Jede der 4 möglichen Simulationen kann auf einem separaten Rechner ausgeführt werden, genauso wie die Administration (und Analyse) der Gesamtsimulation. Auf jedem der beteiligten Rechner muss sich eine Kopie des Verzeichnisses befinden, in dem sich auch diese Anleitung befindet.

## 1.2 Vorbereitung der Simulation

Auf den Rechnern, die in einer Gesamtsimulation eingebunden werden sollen und auf denen jeweils die Simulation eines Verkehrsknotenpunktes ausgeführt werden soll, muss im Vorfeld die Datei **simulator.exe** gestartet werden. Von diesen Rechnern wird im Weiteren auch deren IP-Adresse benötigt. Die IP-Adresse eines Rechners erhält man, wenn man in der Konsole bzw. Eingabeaufforderung den Befehl **ipconfig** eingibt. Auf dem Rechner, der die Benutzerschnittstelle zu der Gesamtsimulation bilden bzw. deren Administration übernehmen soll, muss die Datei **Administrator.exe** gestartet werden. Der Administrator kommuniziert via TCP/IP (z.B. Ethernet oder WLAN) mit den Simulatoren. Über ihn wird die Gesamtsimulation konfiguriert, administriert und analysiert. Einen Überblick über die Kommunikationsstruktur der Gesamtsimulation gibt Bild 2.

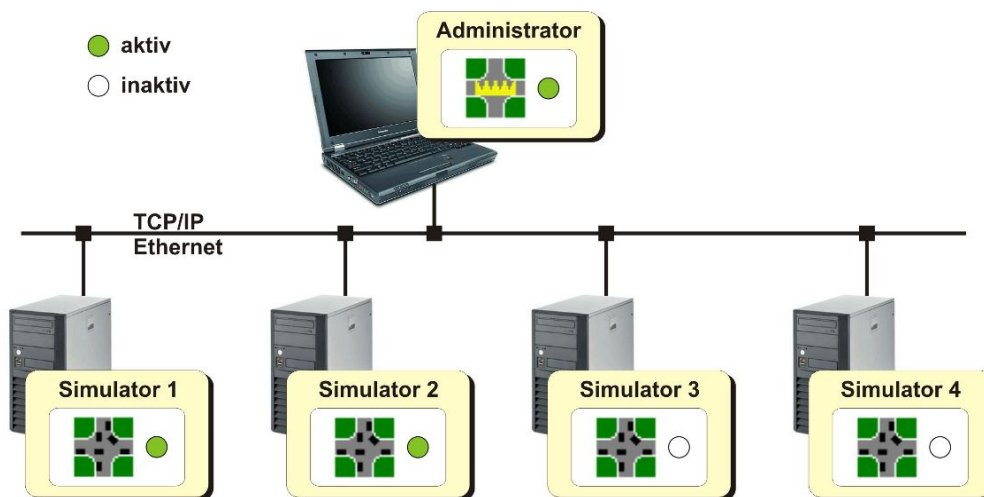


Bild 2: Kommunikationsstruktur am Bsp. des Ethernet

In dem Fall, dass die Gesamtsimulation lediglich auf einem Rechner laufen soll, muss auf diesem Rechner die Datei `Simulator.exe` sofort gestartet werden, wie es parallele Simulationen geben soll. Im Anschluss ist dann die Datei `Administrator.exe` zu starten.

Nachdem eine Instanz von `Simulator.exe` gestartet wurde, wird überprüft, ob `Port 12100` für die Kommunikation via TCP/IP verfügbar ist. Falls ja, so wird auf diesem Port auf die Verbindungsaufnahme durch den Administrator gewartet. Falls der Port besetzt ist, so wird ausgehend von `12100` der nächst höhere, freie Port gesucht und auf ihm gehorcht. Der letztendlich "eingerastete" Port wird auf der Konsole der Simulator-Instanz ausgegeben und muss später beim Verbindungsaufbau über den Administrator angesprochen werden (vgl. Abschnitt 3.1).

## 2 Schnellstart / Quickstart

- In das Verzeichnis wechseln, in dem sich auch dieses Dokument befindet
- Datei `Simulator.exe` ausführen
- Datei `Administrator.exe` ausführen
- Registerkarte `Environment` (Administrator): `Connect` drücken, falls Port-Auswahl korrekt
- Registerkarte `Simulation/Analysis` (Administrator): `Start` drücken

### 3 Bedienung des Administrators

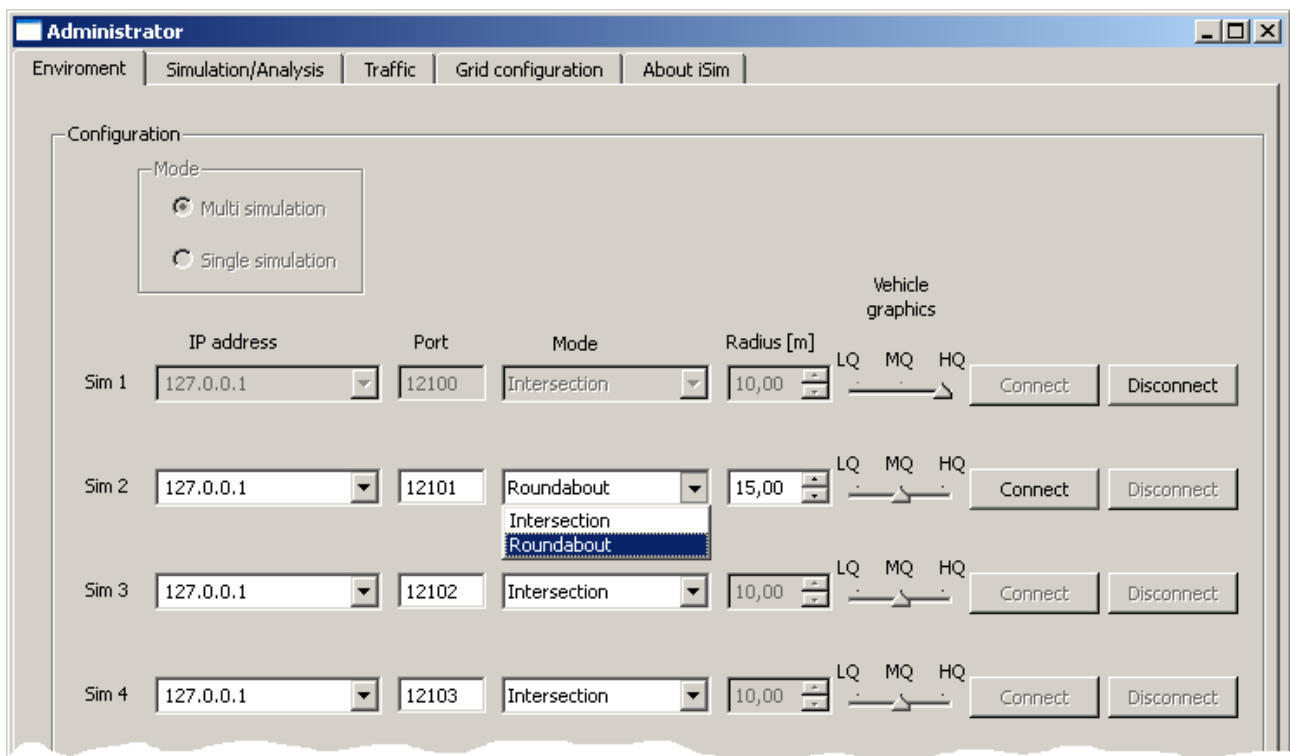
#### 3.1 Registerkarte Environment

Im Feld **IP address** (Bild 3) ist die IP-Adresse des Rechners einzugeben, auf dem die jeweilige Simulation erfolgen soll. Auf diesem Rechner muss zuvor eine Instanz von **simulator.exe** gestartet worden sein. Falls die Simulation auf demselben Rechner ausgeführt werden soll, auf dem auch der Administrator läuft, so muss die IP-Adresse **127.0.0.1** (localhost) gewählt werden.

Der **Port** für die Kommunikation via TCP/IP, welcher der jeweiligen Simulation zugeordnet ist, muss dem Port entsprechen, auf dem die zugehörige Simulator-Instanz "eingerastet" ist bzw. horcht. Die Port-Nummer wird in der Konsole der jeweiligen Simulator-Instanz ausgegeben (vgl. Abschnitt 1.2).

Im Feld **Mode** kann ausgewählt werden, ob der zu simulierende Verkehrsknotenpunkt eine Kreuzung (**Intersection**) oder ein Kreisverkehr (**Roundabout**) sein soll. Im Falle eines Kreisverkehrs kann weiterhin dessen Radius  $r_i$  [m] vorgegeben werden (vgl. Bild 7).

Unter **Vehicle graphics** kann die Komplexität der 3D-Fahrzeugmodelle für die Animation eingestellt werden. Es gibt die Optionen **LQ** (Low Quality), **MQ** (Medium Quality) und **HQ** (High Quality). Bei der Wahl der letzten Option sollten die Simulationsrechner über eine leistungsstarke Graphikkarte verfügen, damit die Animation nicht zu sehr ruckelt.

Bild 3: Registerkarte **Environment**

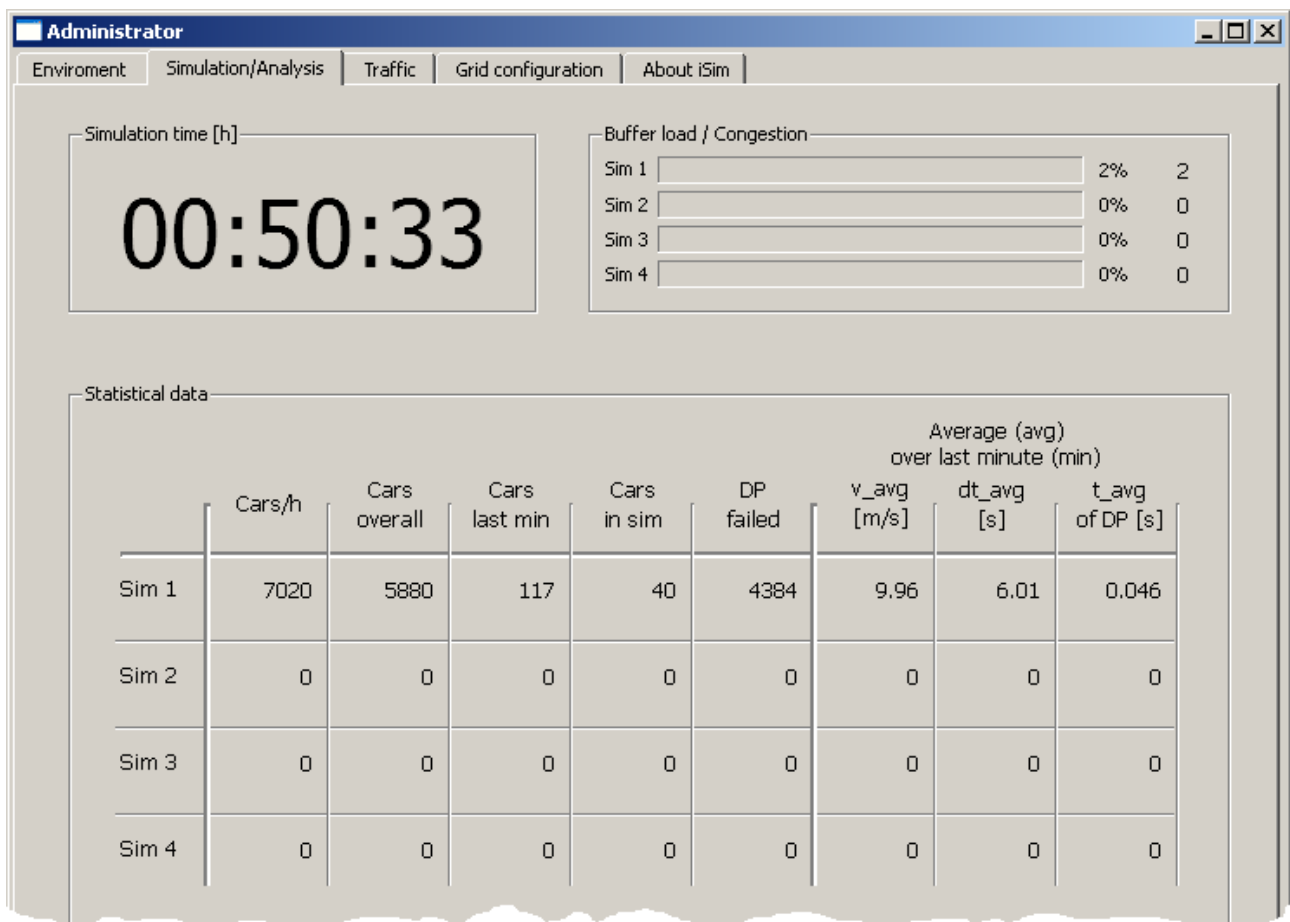
Nachdem die obigen Punkte gegebenenfalls modifiziert wurden, kann nun mittels **connect** eine Verbindung zur Simulation aufgebaut werden. Sobald eine Verbindung besteht, können auf der Registerkarte **Grid configuration** keine Modifikationen mehr vorgenommen werden, was auch prinzipiell nicht notwendig ist, da die dort zur Verfügung gestellte Funktionalität fortgeschrittenen Anwendern vorbehalten ist.

### 3.2 Registerkarte Simulation / Analysis

Die Registerkarte **Simulation/Analysis** (Bild 4) fasst die Ergebnisse der Simulationen zusammen, nachdem diese mit **Start** gestartet wurden. Voraussetzung dafür ist, dass zuvor TCP/IP-Verbindungen zu den Simulationsrechnern hergestellt worden sind (siehe oben).

Die Spalten der Datenmatrix im Bereich **Statistical data** haben die folgende Bedeutung:

<b>Cars/h</b>	Durchschnittliche Anzahl von Fahrzeugen, die pro Stunde den jeweiligen Verkehrsknotenpunkt überqueren.
<b>Cars overall</b>	Fahrzeuge insgesamt, die während der Simulation den Verkehrsknotenpunkt überquert haben.
<b>Cars last min</b>	Fahrzeuge insgesamt, die während der letzten Minute in der Simulation den Verkehrsknotenpunkt überquert haben.
<b>Cars in sim</b>	Fahrzeuge insgesamt, die sich zum aktuellen Zeitpunkt in der Simulation befinden.
<b>DP failed</b>	Anzahl der fehlgeschlagenen Optimierungen. Die Dynamische Programmierung (DP) konnte keine zulässige Trajektorie berechnen und ein erneuter Optimierungslauf muss für das jeweilige Fahrzeug stattfinden (vgl. Abschnitt 3.4).
<b>v_avg [m/s]</b>	Durchschnittliche Geschwindigkeit über alle Fahrzeuge, die bisher in der Simulation den Verkehrsknotenpunkt passiert haben.
<b>dt_avg [s]</b>	Durchschnittliche zeitliche Abweichung über alle Fahrzeuge der Durchfahrtsdauer gemäß optimalem, realisiertem Fahrprofil zu der Durchfahrtsdauer gemäß Wunschfahrprofil.
<b>t_avg of DP [s]</b>	Durchschnittliche Dauer einer Optimierung bzw. der Bestimmung eines optimalen, zulässigen Fahrprofils für ein Fahrzeug mittels der Dynamischen Programmierung.

Bild 4: Registerkarte **Simulation/Analysis**

Im Bereich **Buffer load / Congestion** wird angezeigt, wie viele Fahrzeuge vor dem in der Animation sichtbaren Bereich des jeweiligen Verkehrsknotenpunktes warten. Der Inhalt der jeweiligen Warteschlange ist in Summe über alle 4 Einfahrten auf 100 Fahrzeuge beschränkt. Wächst der jeweilige Wert beständig an, so ist dies ein Zeichen dafür, dass die maximale Kapazität für den zugehörigen Verkehrsknotenpunkt und seine Konfiguration erreicht wurde.

### 3.3 Registerkarte Traffic

Im Feld **Traffic volume** (Bild 5) wird mit dem Schieberegler **vehicles/h** das Verkehrsaufkommen (Fahrzeuge je Stunde) eingestellt.

Prinzipiell werden die Fahrzeuge, die sich in einer Simulation befinden, nach ihren fahrdynamischen Fähigkeiten in 3 Kategorien eingeordnet, in schnell (**Fast**), mittelschnell (**Medium**) und langsam (**slow**) fahrende Fahrzeuge. Charakteristisch für die jeweilige Klasse sind spezielle Bandbreiten für fahrdynamisch relevante Parameter, wie maximale Antriebskraft  $F$ , Fahrzeuggewicht  $m$  und Widerstandsbeiwert  $d$ , der Widerstandsgrößen wie bspw. Luft- und Rollwiderstand zusammenfasst. Innerhalb dieser Bandbreiten werden für ein Fahrzeug die Ausprägungen dieser Parameter mittels eines Zufallsgenerators erzeugt. Die Anzahl der Fahrzeuge einer Kategorie wird mit den Schiebereglern im Feld **vehicle distribution** eingestellt. Der auch hier zugrundeliegende Zufallsgenerator ist im Beispiel von Bild 5 so konfiguriert, dass durchschnittlich 34 von 100 erzeugten Fahrzeuge in die Kategorie **Fast** entfallen und jeweils 33 in die Kategorien **Medium** und **slow**.

Im Feld **Arrival configuration** werden Parameter bzgl. Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug (**Safety distance**) und Eintrittsgeschwindigkeit (**Drive in speed**) für neu in den Verkehrsknotenpunkt einfahrende Fahrzeuge festgelegt. Um die in den Fahrschulen propagierte Faustformel *“Halbe Tachoanzeige gleich Sicherheitsabstand in Metern“* für den Sicherheitsabstand zu realisieren, muss bei **Safety distance** ein Wert von 1,8 eingegeben werden:

$$v \left[ \frac{\text{km}}{\text{h}} \right] \rightarrow v \cdot 1000 / 3600 \left[ \text{m} / \text{s} \right] \cdot 1,8 \left[ \text{s} \right] = \frac{1}{2} v \left[ \text{m} \right] \rightarrow \text{Abstand} \left[ \text{m} \right].$$

Der Faktor bei **Drive in speed** gibt die Höchstgrenze für die Einfahrtsgeschwindigkeit an, gemessen an der Geschwindigkeit des vorausfahrenden Fahrzeugs. Fährt das Vorausfahrende Fahrzeug 10 m/s schnell, so tritt ein folgendes Fahrzeug bei einem Faktor von 1,6 maximal mit einer Geschwindigkeit von 16 m/s in die Kreuzung oder den Kreisverkehr ein.



Im Feld **Preference velocity profile** wird letztendlich der Zufallsgenerator für die Erzeugung der Wunschfahrprofile konfiguriert. **Fast** steht für Fahrer, die möglichst schnell die Kreuzung passieren möchten, **slow** repräsentiert die komfortorientierten Fahrer und **Medium** liegt zwischen diesen beiden Fahrertypen. Die Voreinstellung gemäß Bild 5 bedeutet, dass sämtliche Fahrzeuge in der Simulation den Verkehrsknotenpunkt schnellstmöglich passieren wollen.

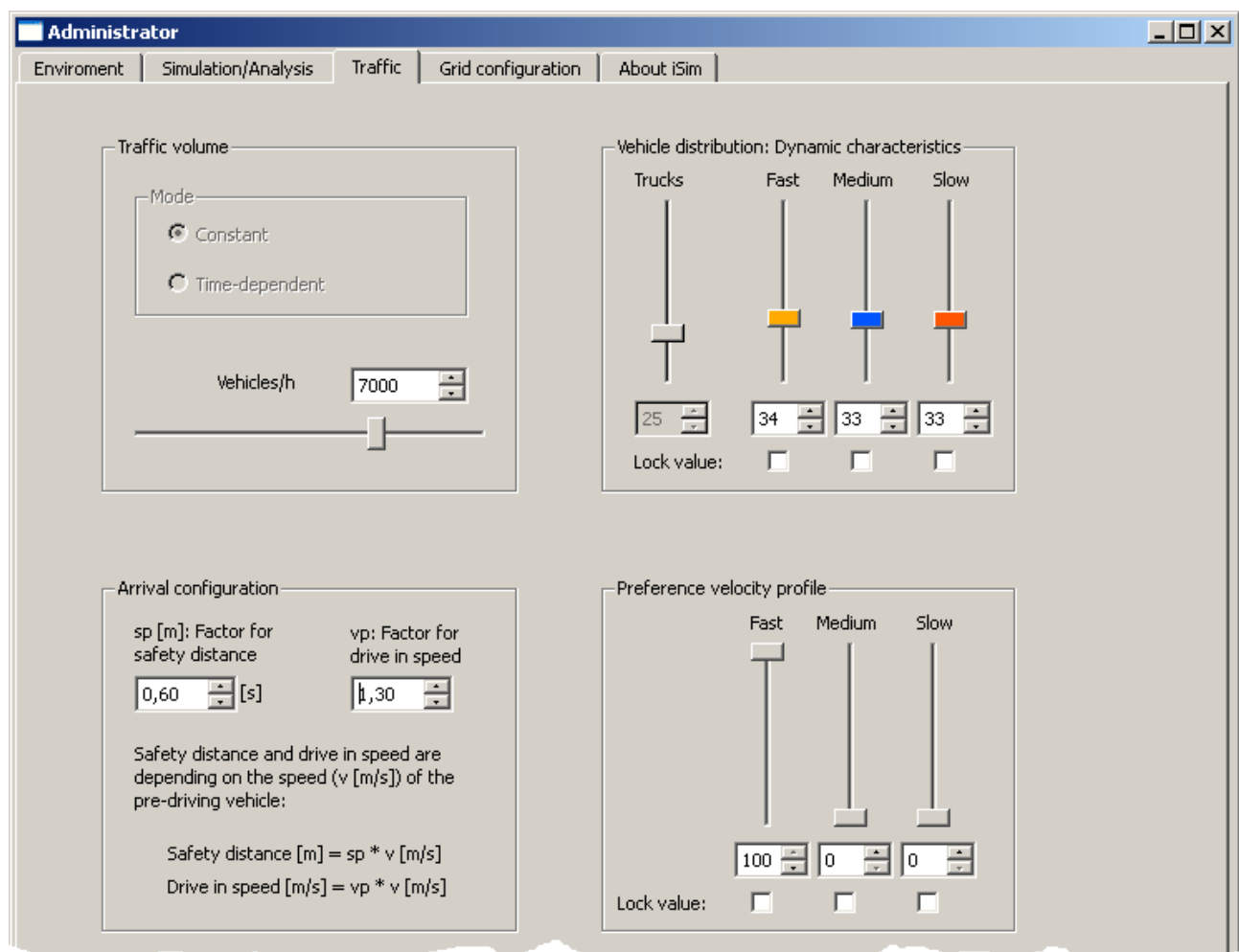


Bild 5: Registerkarte **Traffic**

### 3.4 Registerkarte Grid configuration

Die Optionen, die auf dieser Registerkarte zur Verfügung gestellt werden, sind nur für Anwender gedacht, die mit den Besonderheiten der zugrundeliegenden Algorithmen vertraut sind.

Im Feld **delta\_t [s]** (Bild 6) wird die zeitliche Diskretisierung vorgegeben. Das Feld **Max time [s]** gibt das maximale Zeitfenster an, innerhalb dessen das Fahrzeug die Kreuzung passiert haben muss. Je kleiner das Zeitfenster ist, desto geringer der Rechenaufwand und desto kürzer die Laufzeit der Dynamischen Programmierung (DP). Mit kleiner werdendem Zeitfenster steigt jedoch die Anzahl der fehlgeschlagenen Optimierungen (vgl. Bild 4, **DP failed**) ab einem gewissen Grenzwert.

Bei einem Kreisverkehr kann der Abstand der Stützstellen des Kollisionsrasters über den Administrator vorgegeben werden. Ein Kreisverkehr besteht prinzipiell aus 3 Segmentarten (vgl. Bild 7), aus Geraden (**straight**), auf der die Fahrzeuge in den Kreisverkehr hineinfahren oder auf der sie ihn verlassen, aus Außenkreissegmenten (**outer circle**, Radius  $r_A$ ) und Innenkreissegmenten (**inner circle**, Radius  $r_I$ ). Für diese drei Segmentarten kann, bisher nur im Falle des Kreisverkehrs, die örtliche Diskretisierung [m] (**Discretization [m]**) vorgegeben werden.

Über die Felder **Additional sampling points** und **Maximum distance [m]** können Anzahl und Lage der Stützstellen des Optimierungsrasters beeinflusst werden. Diese Stützstellen entsprechen prinzipiell den Entscheidungsstufen der Dynamischen Programmierung. Zusätzliche Stützstellen erhöhen den Optimierungsaufwand. In dem ersten Feld kann ein Richtwert für den Stützstellenabstand [m] auf den Geradenstücken (Außenbereich) vorgegeben werden, im zweiten Feld entsprechend für den Innenbereich der Kreuzung oder des Kreisverkehrs. Beim Kreisverkehr besteht der Innenbereich aus Segmenten von Innenkreis und Außenkreis(en) (vgl. Bild 7).

Das Feld **Enable heuristics** ermöglichen die Nutzung von Heuristiken zur Laufzeitoptimierung der Dynamischen Programmierung. Die eingesetzten heuristischen Verfahren befinden sich noch im frühen Entwicklungsstadium und werden aktuell noch modifiziert und verbessert.

The screenshot shows the 'Administrator' window with the 'Grid configuration' tab selected. The window has a menu bar with 'Enviroment', 'Simulation/Analysis', 'Traffic', 'Grid configuration', and 'About iSim'. The main content area is divided into four sections: 'Time discretization', 'Collision-grid', 'Optimization-grid', and 'Heuristics'.

**Time discretization**

delta_t [s]	Max time [s]
0.125	20

**Collision-grid**

	Inner circle	Outer circle	Straight	Comments:
Discretization [m]	2	2	2	This is the maximum distance between two successive collision points. (Only available for Roundabout.)

**Optimization-grid**

Additional sampling points and manual settings: ☐ Activated

	Outer area	Inner area	
Maximum distance [m]	44	20	Maximum distance between successive sampling points in the optimization-grid. (The distance of the first ones in the entrance area will be chosen occasionally.)

**Heuristics**

Enable heuristics (Alpha version): ☒ Sim 1 ☐ Sim 2 ☐ Sim 3 ☐ Sim 4

Bild 6: Registerkarte Grid configuration

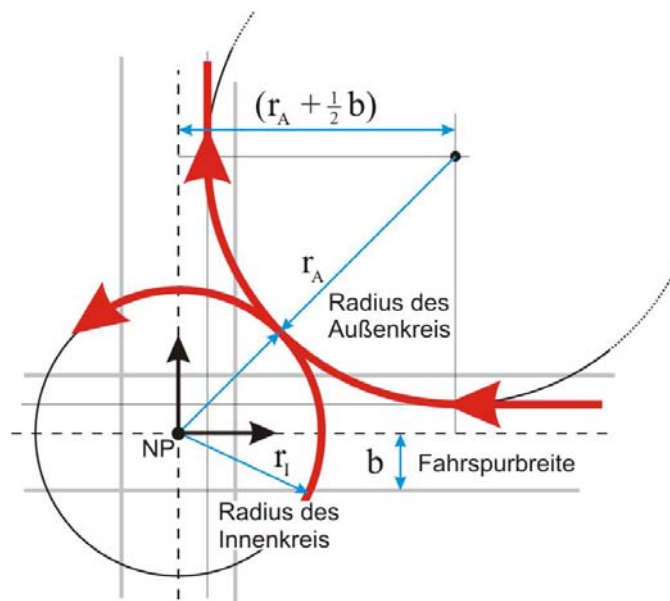


Bild 7: Systematik Kreisverkehr

#### 4 Bedienungsfunktionalität innerhalb der Animation

Die Animation der Vorgänge im Kreuzungsbereich erfolgt mit dem auf OpenGL basierenden Szenegraphen-System OpenSG (<http://opensg.vrsource.org>). Innerhalb des Animationsfensters kann man über die im Folgenden dargestellte Funktionalität den Blickwinkel auf die Szene ändern:

Linke Maustaste + Mausbewegung → **Drehen** der Szene

Rechte Maustaste + Mausbewegung → **Zoomen**

Mittlere Maustaste + Mausbewegung → **Verschieben** der Szene

Weiterhin hat man die Möglichkeit, die Simulation aus dem Inneren eines Fahrzeugs zu erleben (siehe Bild 1.2). Dazu muss man in der bzw. bei aktivierter Konsole der jeweiligen Simulation die Taste **c** drücken. Eine Rückumschaltung auf die globale Sicht ist derzeit jedoch nicht möglich.

## 5 Ausblick

Zur Zeit wird eine Erweiterung des Simulators implementiert, die eine Parallelisierung (und Verteilung auf mehrere Rechner) der Optimierung eines Fahrprofils erlaubt. Auch in diesem Fall wird zunächst eine Einbindung von bis zu 4 Rechnern für die Simulationen ermöglicht. Anders als im Fall der vorliegenden Version von **iSim** (**Multi simulation**, vgl. Bild 3), wird hier eine einzelne Simulation (**Single simulation**) eines Verkehrsknotenpunktes auf vorerst maximal 4 Teilprozesse unterteilt, von denen jeder auf einem separaten Rechenknoten laufen kann. Der erste Simulationsrechner bildet den **Master**, der mit bis zu drei **Slaves** kommuniziert.

Mit dieser Erweiterung soll geprüft werden, ob sich der Durchsatz an einem Verkehrsknotenpunkt bei gleicher Optimierungsdauer erhöhen lässt, indem man die Diskretisierung verfeinert und den dadurch entstehenden zusätzlichen Rechenaufwand durch die Aufteilung auf mehrere Rechenknoten kompensiert.

## 6 Kontakt

Ansprechpartner: Dipl.-Wirt.-Ing. Torsten Bruns  
E-Mail: [Torsten.Bruns@rtm.upb.de](mailto:Torsten.Bruns@rtm.upb.de)

Homepage: <http://www.kreuzungsmanagement.de/>

Anschrift: Universität Paderborn, Regelungstechnik und Mechatronik (RtM)  
Pohlweg 98  
D-33098 Paderborn