

# „Simulation of Urban MObility“ - SUMO

## Eine freie Verkehrssimulation

*Michael Behrisch, Daniel Krajewicz*

Institut für Verkehrssystemtechnik



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

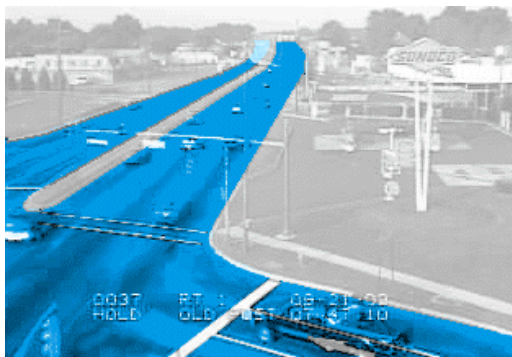


# Verkehrssimulation als Open Source

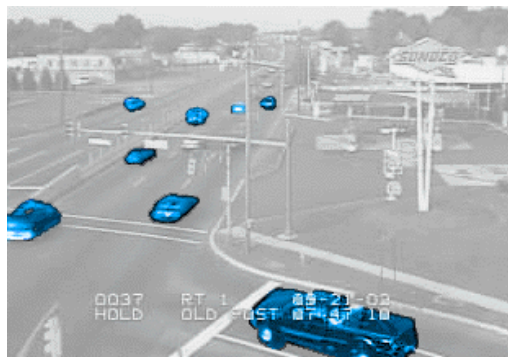
## Anwendungen für eine Verkehrssimulation

- Reproduzierbare Untersuchungen von
  - realen, existierenden Straßennetzen
  - Neuen Konzepten für
    - Signalschaltungen
    - Lageerfassung
    - Verkehrsprognose
    - Verkehrsmanagement
    - dynamische Routenwahl
    - Fahrzeug-Fahrzeug und Fahrzeug-Infrastruktur - Kommunikation
- Planung

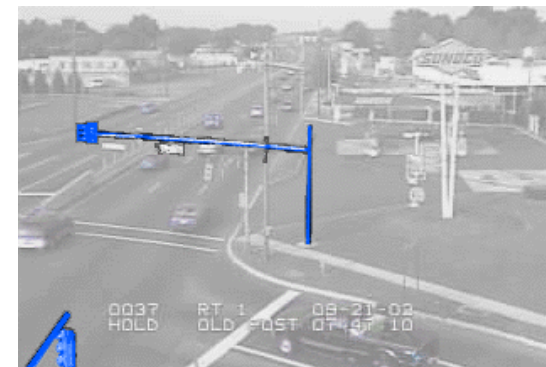
# Verkehrssimulation als Open Source Komponenten



**Straßennetz**



**Fahrzeuge / Fluss**



**Lichtsignalanlagen**







# Verkehrssimulation als Open Source

Warum eine freie (open source) Simulation?

## Normales Vorgehen

- Eine (akademische) Institution entwickelt ein neues Verfahren und möchte es testen
- Erstellt eine eigene Verkehrssimulation und braucht:
  - Eine Repräsentation des Straßennetzes (Anzahl Spuren, Vorfahrtsbeziehungen, etc.)
  - Eine Repräsentation der Fahrzeuge (ihre Routen, Parameter, etc.)
  - Eine Repräsentation der Leitsysteme (Ampeln z. B.)

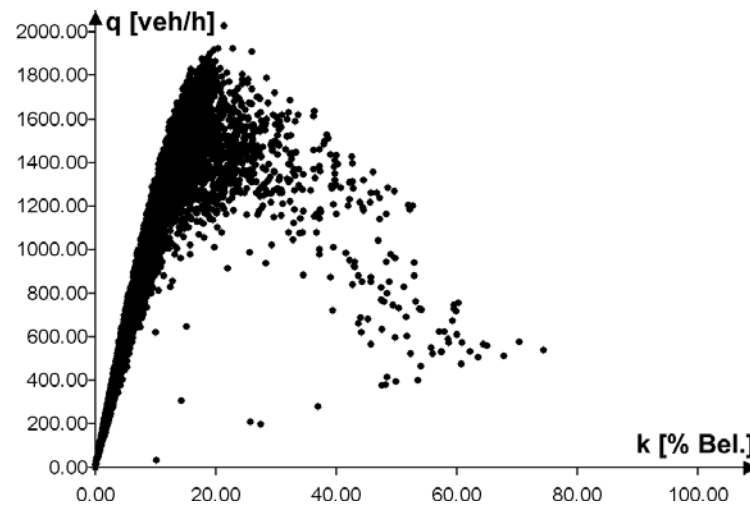
... führt zu

Vielen (unvollständigen) Simulationen, die nicht vergleichbar sind

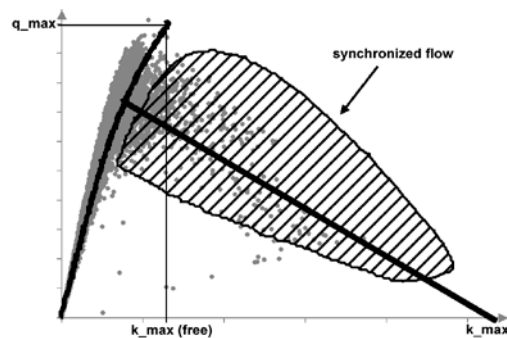
→ **Lösung:** eine erweiterbare Simulation als Basis für eigene Entwicklungen

# Verkehrssimulationen

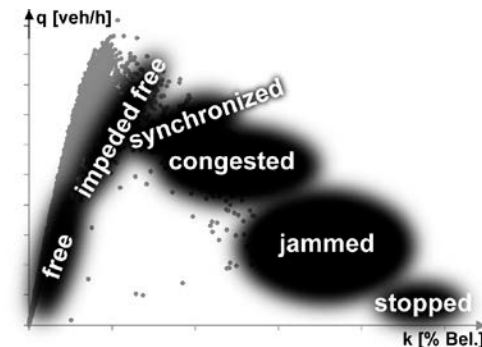
## Dynamik des Verkehrs (eine von)



## Fundamentaldiagramm des Verkehrs (mit Induktionsschleifen gemessen)



Interpretation nach Kerner

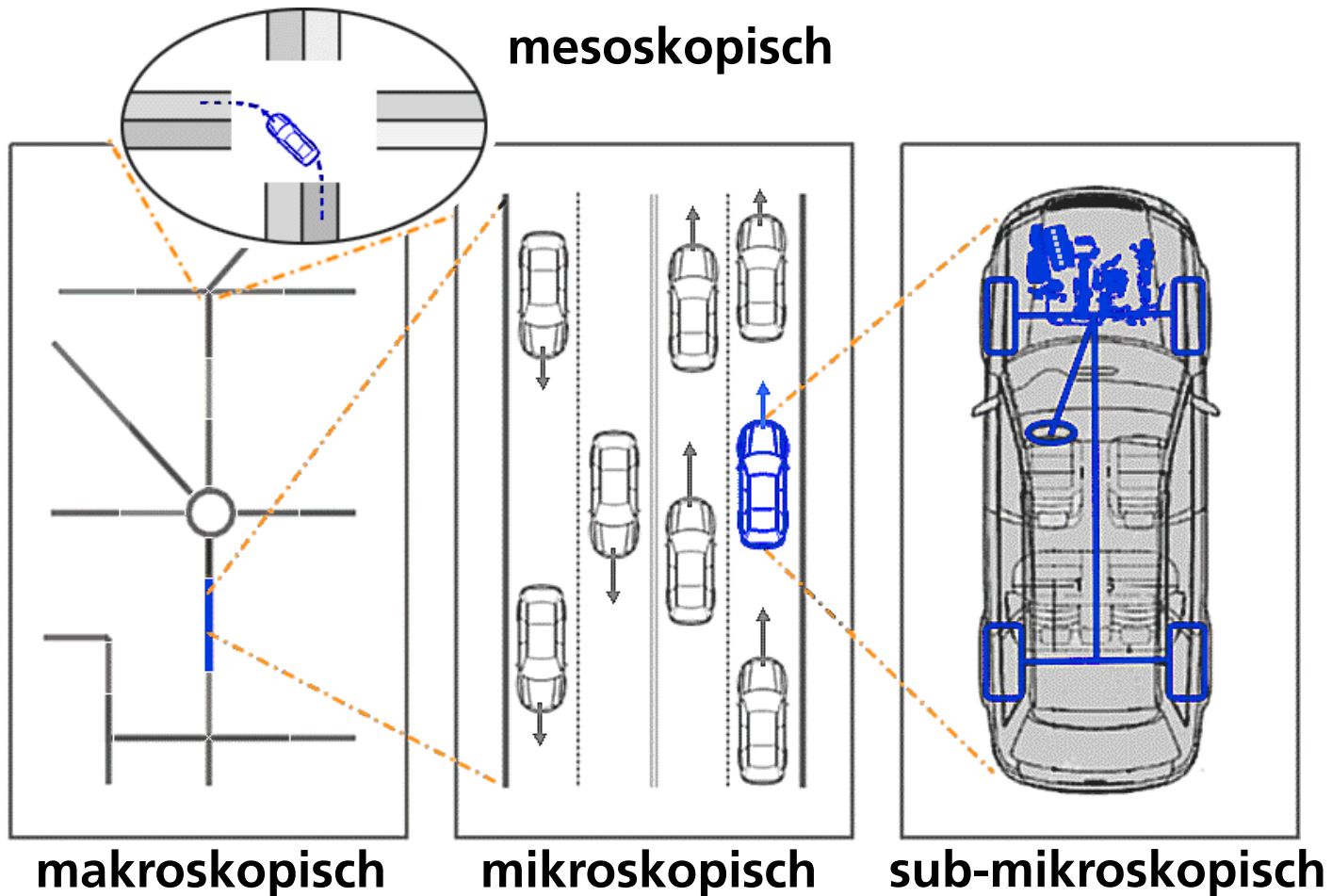


Interpretation nach Kim und Keller



# Verkehrssimulationen

## Klassen



# Verkehrssimulationen – Mikroskopische Modelle

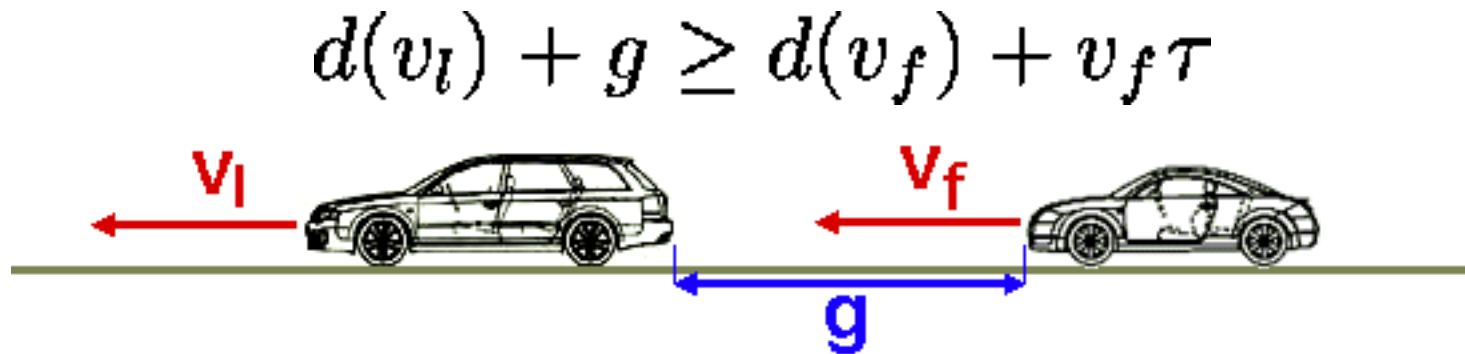
## Einleitung

Zumeist:

➤ zeitdiskret

➤ “*Fahrzeugfolgemodelle*”:

die Geschwindigkeit des simulierten Fahrzeugs hängt von der Geschwindigkeit des voraus fahrenden und dem Abstand zwischen beiden ab



# Verkehrssimulationen – Mikroskopische Modelle

## Das Krauß - Fahrzeugfolgemodell\* in SUMO

### Features:

- Ortskontinuierlich
- Zeitdiskret
- Unfallfrei
- Stochastische Komp.

### Parameter:

- Beschleunigung  $a$
- Bremsvermögen  $b$
- max. Geschw.  $v_{max}$
- Fahrerunvermögen  $\epsilon$

$$v_{safe}(t) = v_l(t) + \frac{g(t) - v_l(t)\tau}{\frac{\bar{v}}{b(\bar{v})} + \tau}$$

$$v_{des}(t) = \min\{v_{safe}(t), v(t-1) + a, v_{max}\}$$

$$v(t) = \max\{0, rand[v_{des}(t) - \epsilon a, v_{des}(t)]\}$$

[\*] “Microscopic Modelling of Traffic Flow: Investigation of Collision Free Vehicle Dynamics”, S. Krauß,

DLR (Hauptabteilung Mobilität und Systemtechnik), 1998, ISSN 1434-8454

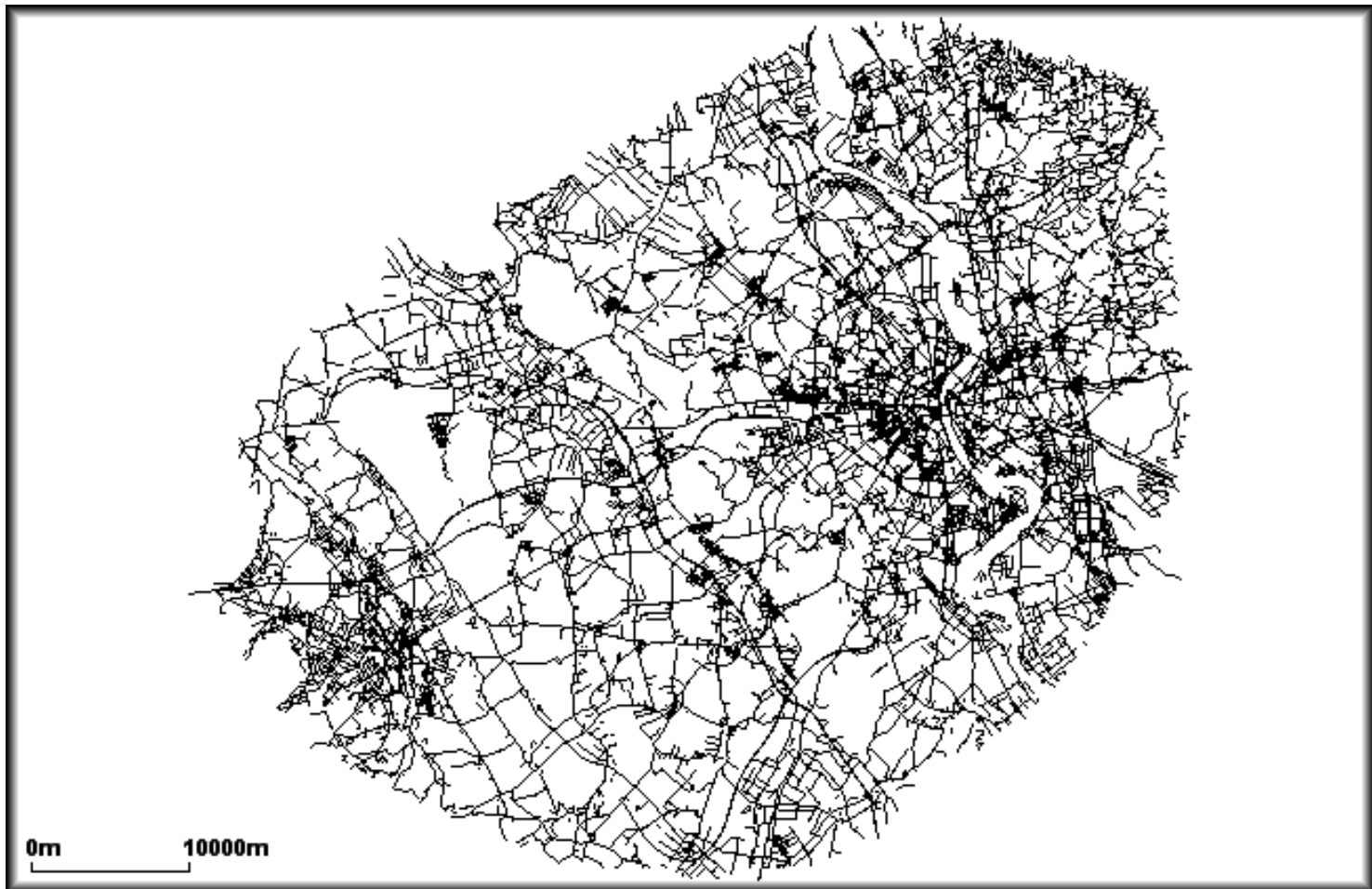


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Verkehrssimulationen – Straßennetze

## Beispiele für komplexe Straßennetze





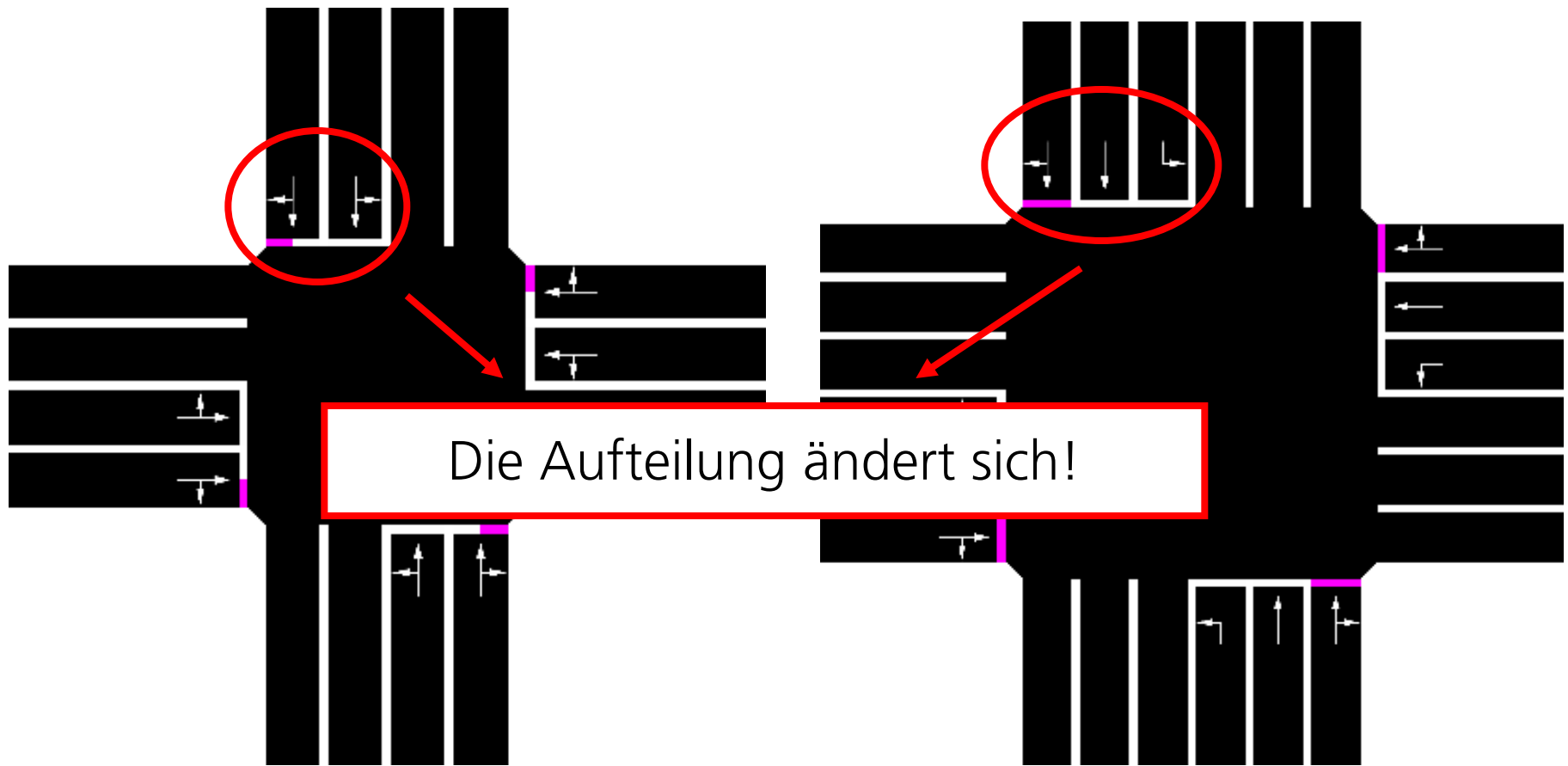
# Verkehrssimulationen – Straßennetze

## Einleitung

- Wünsche:
  - Benutzung realer Straßennetze beliebiger Städte oder Landstriche
  - Möglichst einfache und schnelle Umsetzung in die Simulation
- Quellen:
  - Digitale Straßennetze, z.B. von NavTeq
- Probleme:
  - Straßennetze können sehr komplex sein
  - Viele benötigte Informationen sind nicht verfügbar
    - Beziehungen zwischen Spuren
    - Positionen von Lichtsignalanlagen

# Verkehrssimulationen – Straßennetze

## Umsetzung in SUMO



# Verkehrssimulationen – Nachfrage

## Benötigte Informationen

### Jedes Fahrzeug wird explizit modelliert

benötigte Attribute:

- ID (Name)
- Fahrzeugtyp (referenziert Krauß-Parameter)
- Die komplette Route durch das Netz
- Losfahrzeit

optionale Attribute:

- Halte

```
<vehicle id="bus100_west_0d" type="BUS" depart="0" color="1,0,1">  
  <route>-572658025 -572658026 -572658027 -572658024 ...</route>  
  <stop bus_stop="west1" duration="20"/>  
  <stop bus_stop="west2" duration="20"/>  
</vehicle>
```





# Verkehrssimulationen – Nachfrage

## Mögliche Datenquellen

- Messungen an Induktionsschleifen
  - Genau, aber nur selten verfügbar
  - Keine Information über die Route, nur wie viele Fahrzeuge einen Punkt passiert haben
- Handzählungen an Kreuzungen
  - Ungenauer als Induktionsschleifen und ebenfalls nur für einige Stellen (Hauptkreuzungen) vorhanden
  - Information über Abbiegeanteile
- (Geschätzte) O/D-Matrizen
  - Noch ungenauer, aber ein ganzes Gebiet beschreibend

# Verkehrssimulationen – Nachfrage

## Import unterschiedlicher Quellen der Verkehrsnachfrage

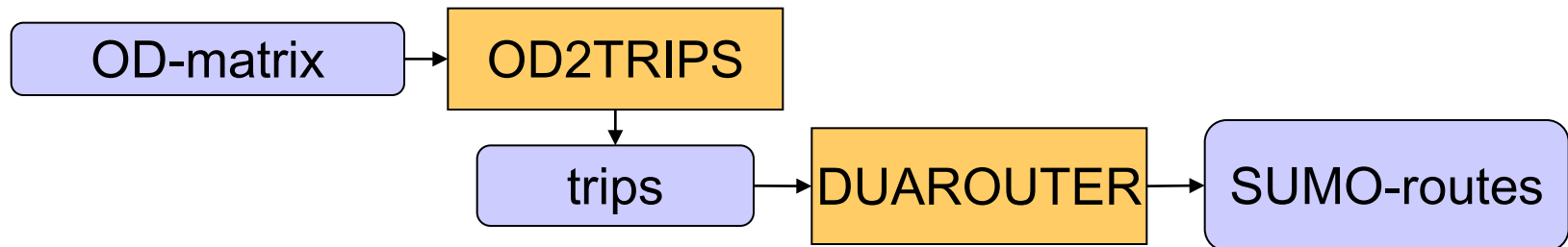
- Messungen an Induktionsschleifen



- Handzählungen an Kreuzungen

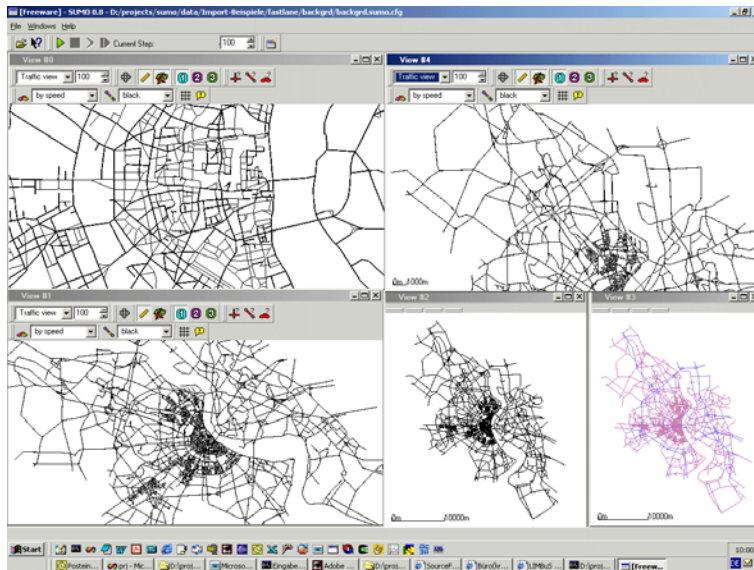


- (Geschätzte) O/D-Matrizen



# SUMO – Simulation of Urban MObility

## Enthaltene Applikationen



- **SUMO**: Simulation ohne grafische Ausgabe
- **GUISIM**: Simulation mit einer grafischen Oberfläche
- **NETCONVERT**: Importer für Straßennetze
- **OD2TRIPS**: Importer für O/D-Matrizen
- **JTRROUTER**: Router anhand von Abbiegebeziehungen
- **DUAROUTER**: Router zur Errechnung des Benutzergleichgewichts
- **DFROUTER**: Router anhand von Induktionsschleifendaten



# SUMO

## Umsetzungsziele und -methoden

### ➤ Portabilität

- Standard C++ (STL)
- portable Bibliotheken
  - Xerces für XML-Verarbeitung
  - FOX-Toolkit und OpenGL für die grafische Oberfläche
  - GDAL und PROJ für Konvertierung von Geokoordinaten

### ➤ Hohe Ausführungsgeschwindigkeit

### ➤ Keine programmgebundenen Einschränkungen der Kanten-, Knoten- und Fahrzeuganzahl

### ➤ Open Source (GPL-Lizenz)

- Quellen, Binaries, Bug-Tracker, Wiki auf <http://sumo.sourceforge.net>





# SUMO-Projekte am DLR

2002-2006

## ➤ INVENT

Implementation und Verifikation von Verkehrsmanagementstrategien für großstädtische Ballungsräume

## ➤ OIS

Verifikation der Vorteile neuer optischer Sensoren

## ➤ Traffic Tower

Virtuelle Verkehrsmanagementumgebung

## ➤ WJT2005 / Soccer2006

Integration von Induktionsschleifen- und Luftbilddaten in ein Verkehrsportal mit Vorhersagefunktionalität

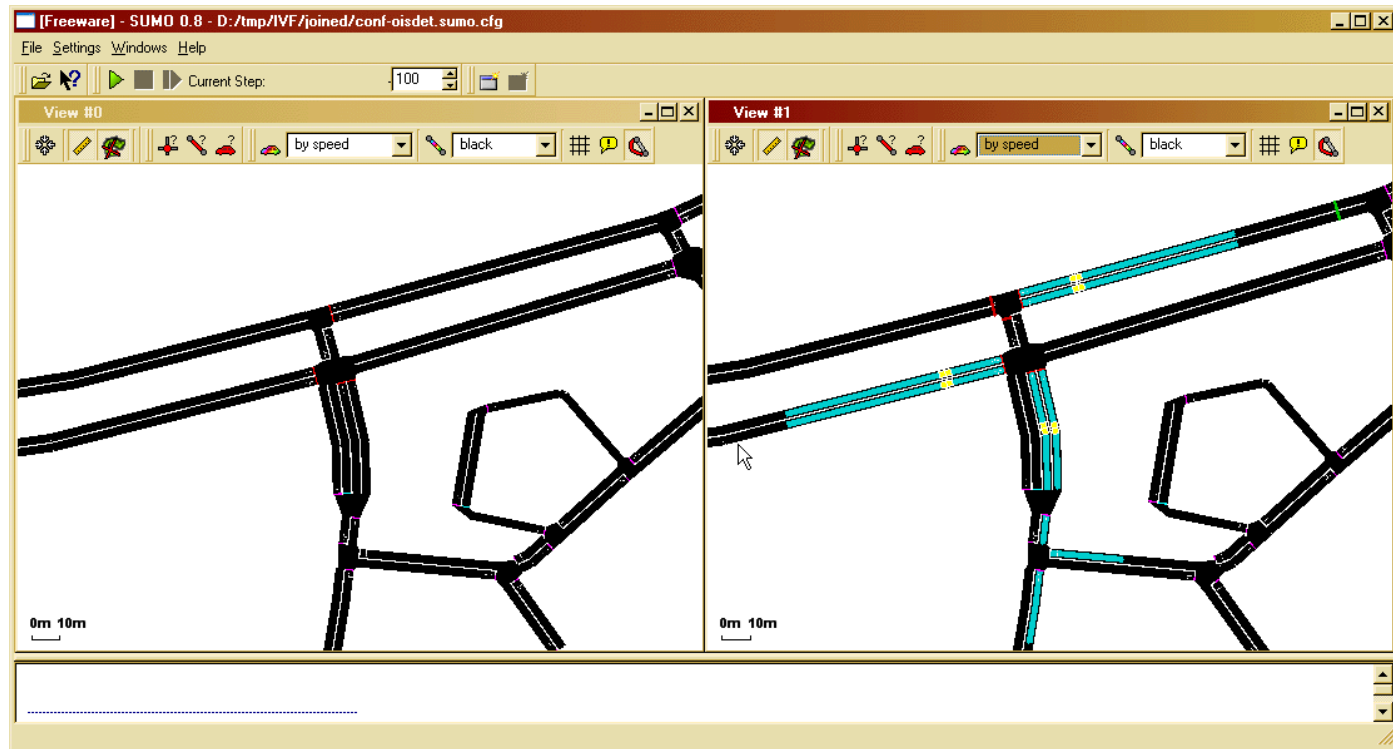
## ➤ TrafficOnline

Verkehrsüberwachung mittels mitgeführter GSM Mobiltelefone



# Projekte – OIS

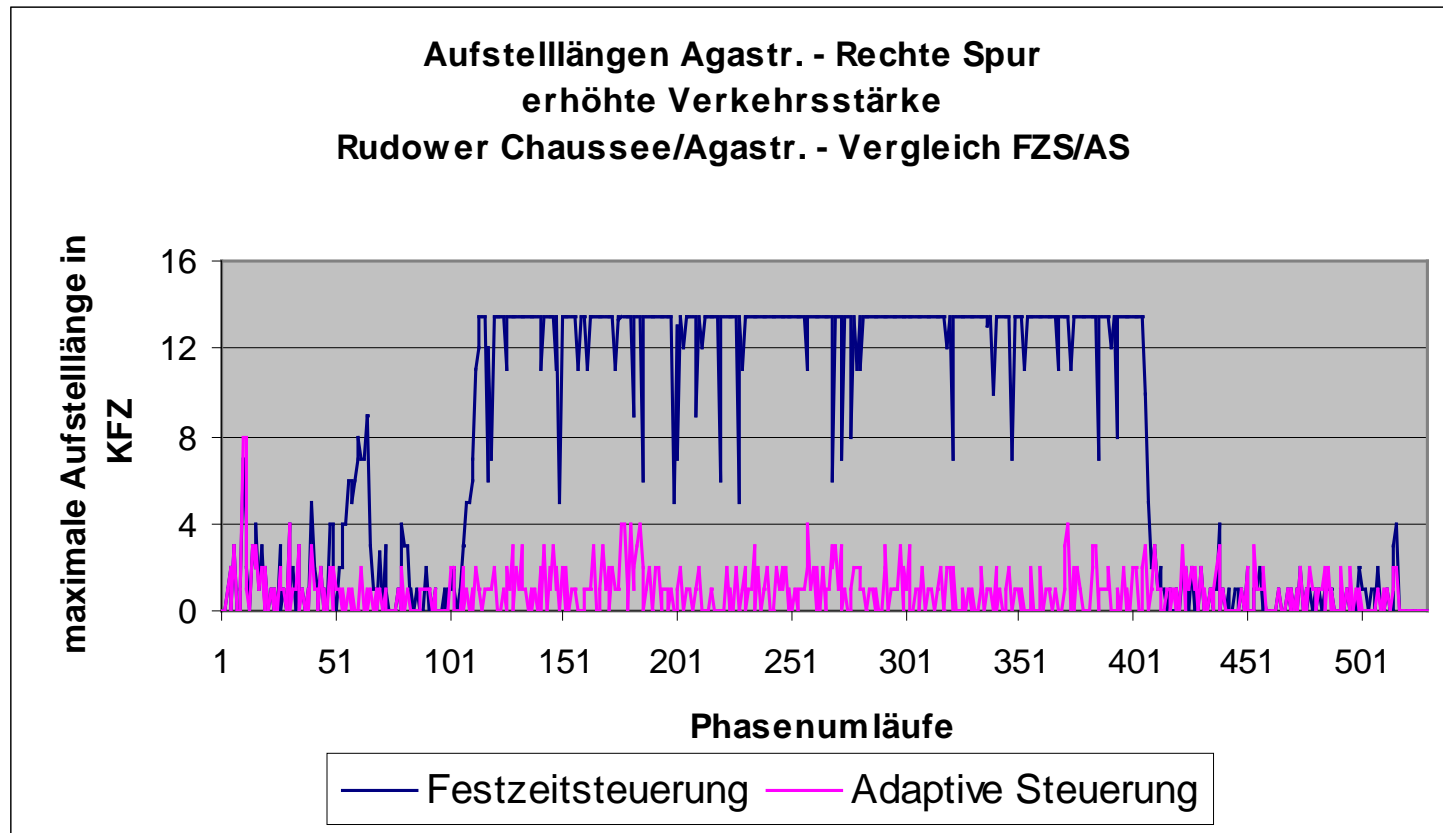
## Das Szenario



**Vergleich des Verkehrsflusses innerhalb eines Netzes  
ohne (links) und mit (rechts) OIS**

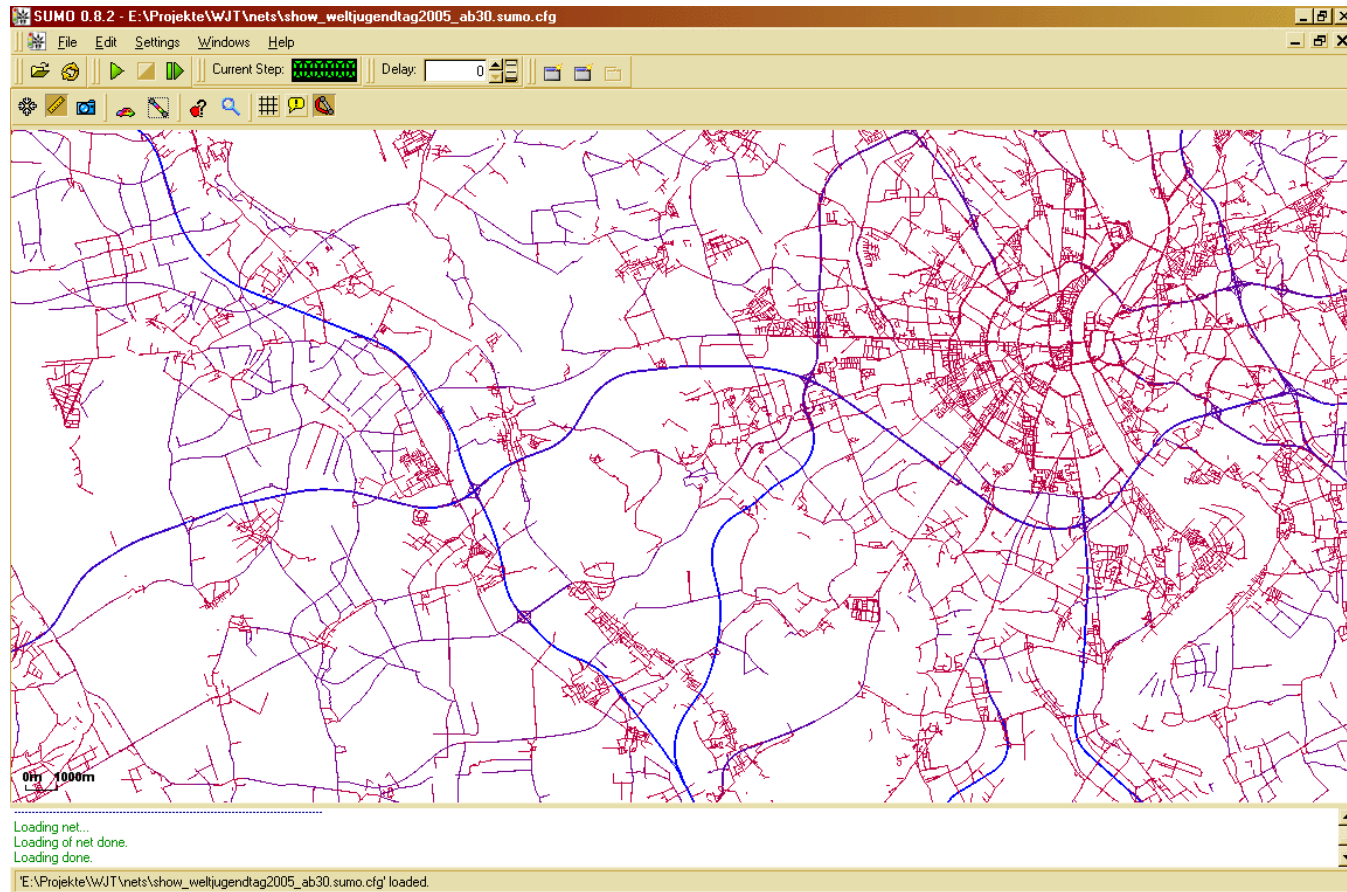
# Projekte – OIS

## Ergebnisse



# Projekte – Weltjugendtag 2005

## Das Szenario





# WJT2005 / Soccer2006 → DELPHI

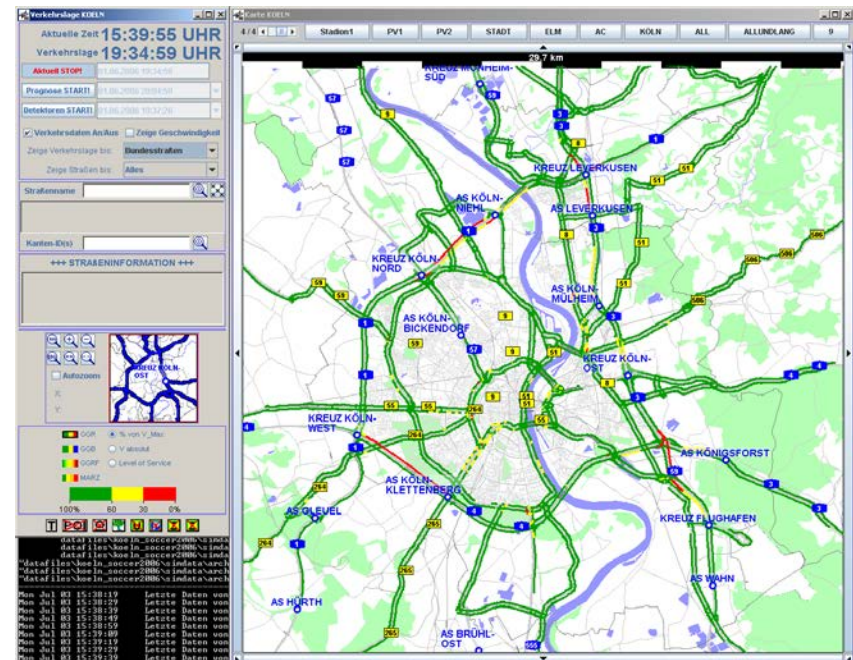
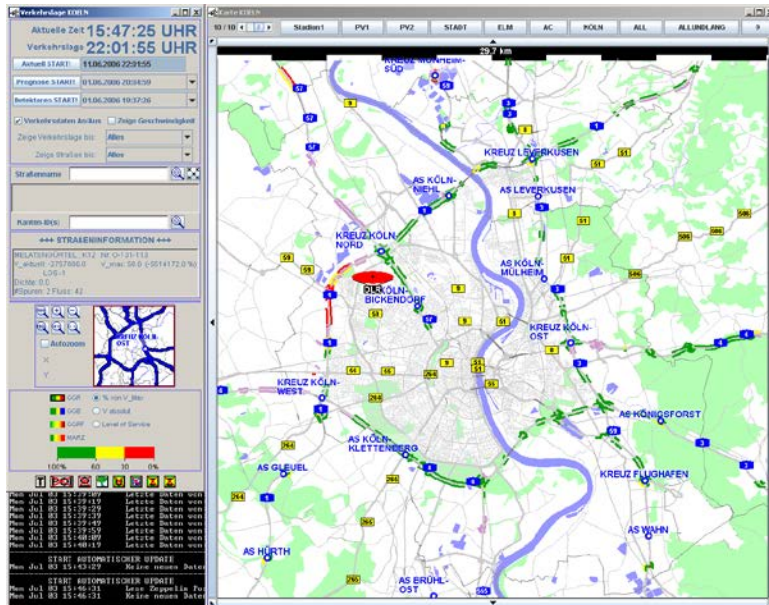
## Beschreibung

- Eingesetzt in Köln während
  - Des Papstbesuches (Weltjugendtag 2005)
  - Der FIFA-Fußballweltmeisterschaft (2006)
- Verkehrserfassung mittels
  - Induktionsschleifen auf den Autobahnen
  - Induktionsschleifen der Stadt
  - Eines luftgestützten Erfassungssystems (an einem Zeppelin)
- Verkehrslagedarstellung
  - Integration und Darstellung der gesammelten Daten
  - Präsentation für die Polizeieinsatzkräfte
- Vorhersage der Verkehrslage
  - Die Simulation errechnete den zukünftigen Straßenzustand in 30 min



# WJT2005 / Soccer2006 → DELPHI

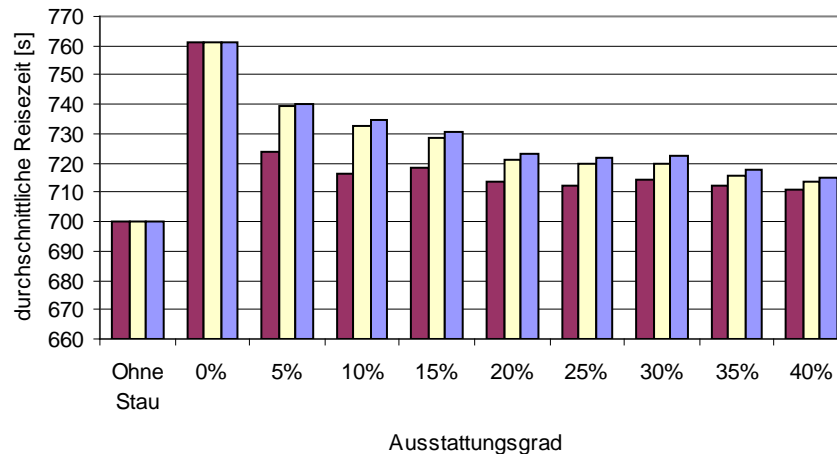
## Visualisierung



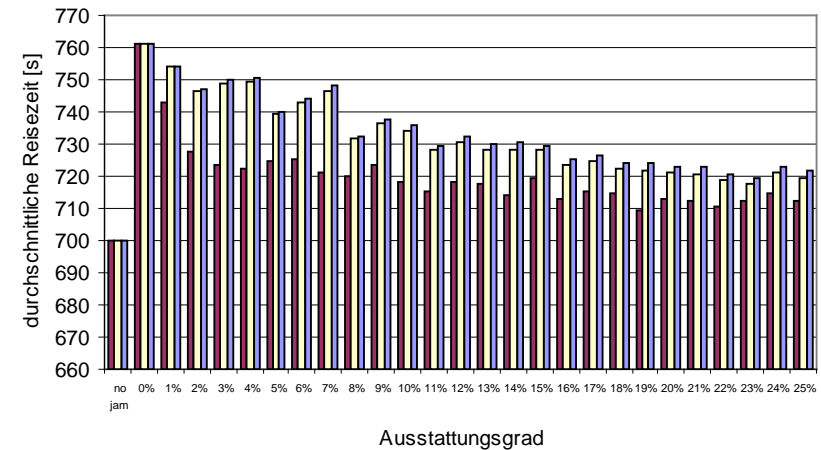
# Projekte 2007

## C2C – Diplom Danilot Tete Boyom

- Modell des Informationsaustausches zwischen Fahrzeugen sowie darauf basierendem Routing
- Schnelles Kommunikationsmodell
- Ziel: Feststellen, ob C2C-Kommunikation Staus mindert



■ ausgestattete Fahrzeuge ■ alle Fahrzeuge ■ nicht ausgestattete Fahrzeuge

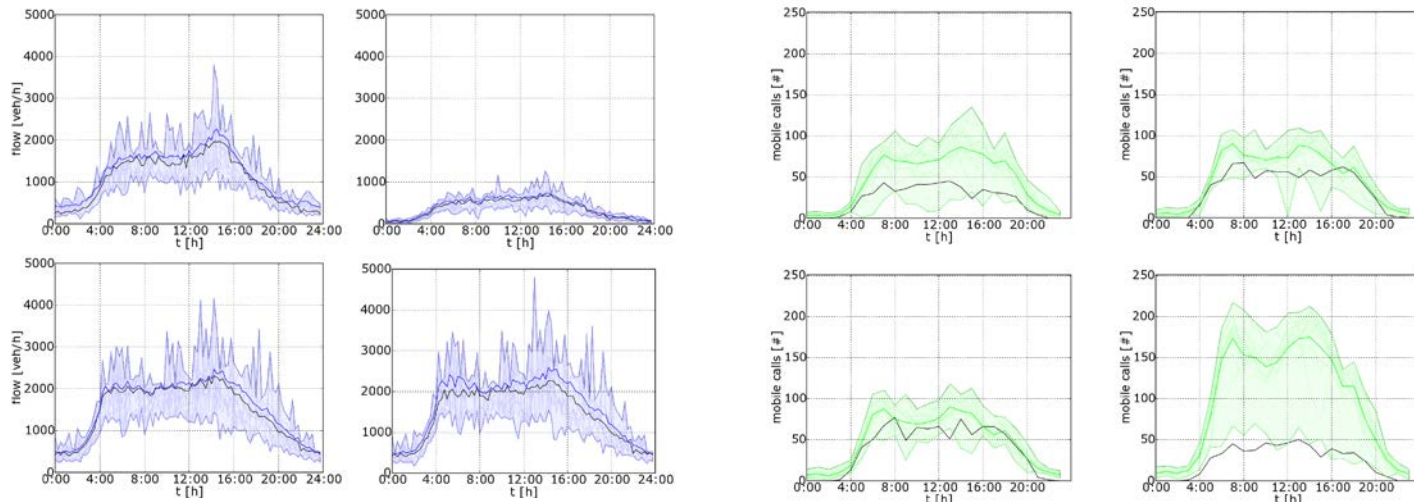


■ ausgestattete Fahrzeuge ■ alle Fahrzeuge ■ nicht ausgestattete Fahrzeuge

# Projekte und Erweiterungen

## TrafficOnline

- Modell des Telefonierens in Fahrzeugen
- Importierte GSM-Infrastruktur
- Ziel: Modell anhand dessen die Performanz eines Verfahrens zur Bestimmung der Straßenlage bemessen werden konnte







# SUMO

## Verfügbarkeit

Beteiligte:



Institut für Verkehrssystemtechnik / DLR

Aktuelle Version:	Version 0.9.8
Webseite / Download:	<a href="http://sumo.sourceforge.net">http://sumo.sourceforge.net</a>
Kontakt:	<a href="mailto:Daniel.Krajzewicz@dlr.de">Daniel.Krajzewicz@dlr.de</a> <a href="mailto:Michael.Behrisch@dlr.de">Michael.Behrisch@dlr.de</a> <a href="mailto:sumo-user@lists.sourceforge.net">sumo-user@lists.sourceforge.net</a>

Studien-/Diplomarbeiten:  
<http://sumo.sourceforge.net/wiki/index.php/DiplomStudArb>

