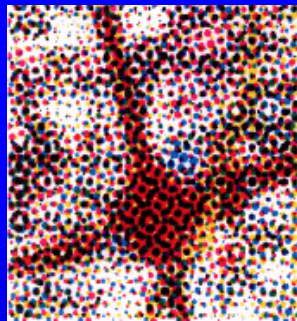


Mikroskopische Verkehrssimulationen für den Online-Betrieb

ETH Zürich, 5. Februar 2001



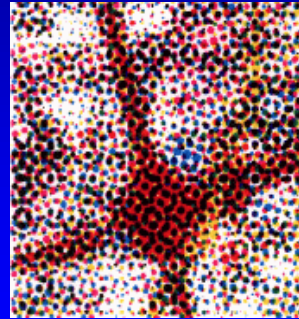
Physik von Transport und Verkehr

Gerhard-Mercator-Universität Duisburg

Michael Schreckenberg



Physik von Transport und Verkehr



Seit 1997 an der Gerhard-Mercator-Universität

17 Mitarbeiter

Studienrichtung: „Physik von Transport und Verkehr“

Schwerpunkt: Analyse, Modellierung, Simulation
und Optimierung von Transportsystemen



Mitarbeiter

- J. Wahle
- H. Klüpfel
- B. Dahm
- R. Barlovic
- W. Knospe
- A. Stebens
- T. Huisinga
- R. Chrobok
- A. Pottmeier
- T. Pitz
- T. Meyer-König
- L. Lemke
- K. Nassab
- A. Keßel
- T. Grunewald
- M. Klocke
- P. Wetterling
- A.L.C. Bazzan
- R. Selten
- B. Kerner
- A. Schadschneider



Zwei verschiedene Anwendungsfelder

Stadtverkehr:

- Simulation des Innenstadtverkehrs Duisburg
ca. 750 Zählschleifen online
- Ruhrgebiet („Ruhrpilot“)

Autobahnverkehr:

- Simulation des BAB-Netzwerks
Nordrhein-Westfalen (& Rheinland-Pfalz)
ca. 3.000 Zählschleifen online



Mobilitätsentwicklung

Prognosen des Verkehrswachstums:

- bis 2020 (Shellstudie) Zuwachs $> 40\%$
(Güterverkehr in 1999 $+5\%$)
- Individualverkehr (Shell) Zuwachs $> 20\%$
- 42.3 \rightarrow 51.2 Mio. PKW

Ansätze:

- \Rightarrow Telematik (Effizientere Nutzung der Infrastruktur)
- \Rightarrow Logistik (Erhaltung der Verfügbarkeit)
- \Rightarrow E-Commerce/Telearbeit (Verkehrsvermeidung)



Datenerfassung im Straßenverkehr

- „Verkehrszählung“ (stationär, lokal) (ca. alle 2 Jahre!)
- Induktionsschleifen (stationär, lokal)
(BAB NRW: 2.500, Innenstädte ca. 150 - 1.000)
- Bilderkennung (Video, stationär, ausgedehnt)
- Infrarotsensoren (stationär, lokal) (BRD: 3.600 total)
- Handymelder („dynamisch“, lokal) (ADAC: ca. 15.000)
- Polizei (dynamisch, „ausgedehnt“)
- Floating Car Data (FCD, dynamisch, lokal)
(benötigt BAB BRD: > 100.00, Städte: ca. 1 Million)
- Luftbildanalyse (stationär, ausgedehnt)

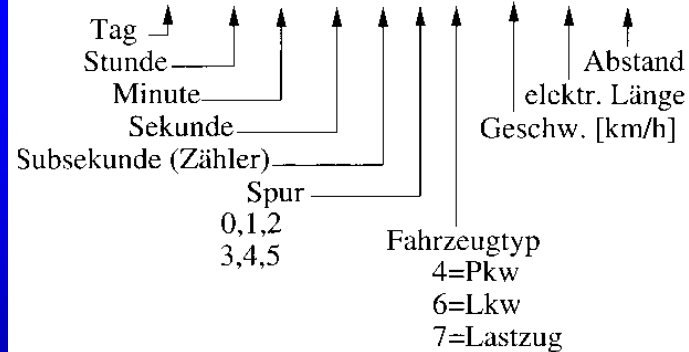


BAB Einzelfahrzeugdaten

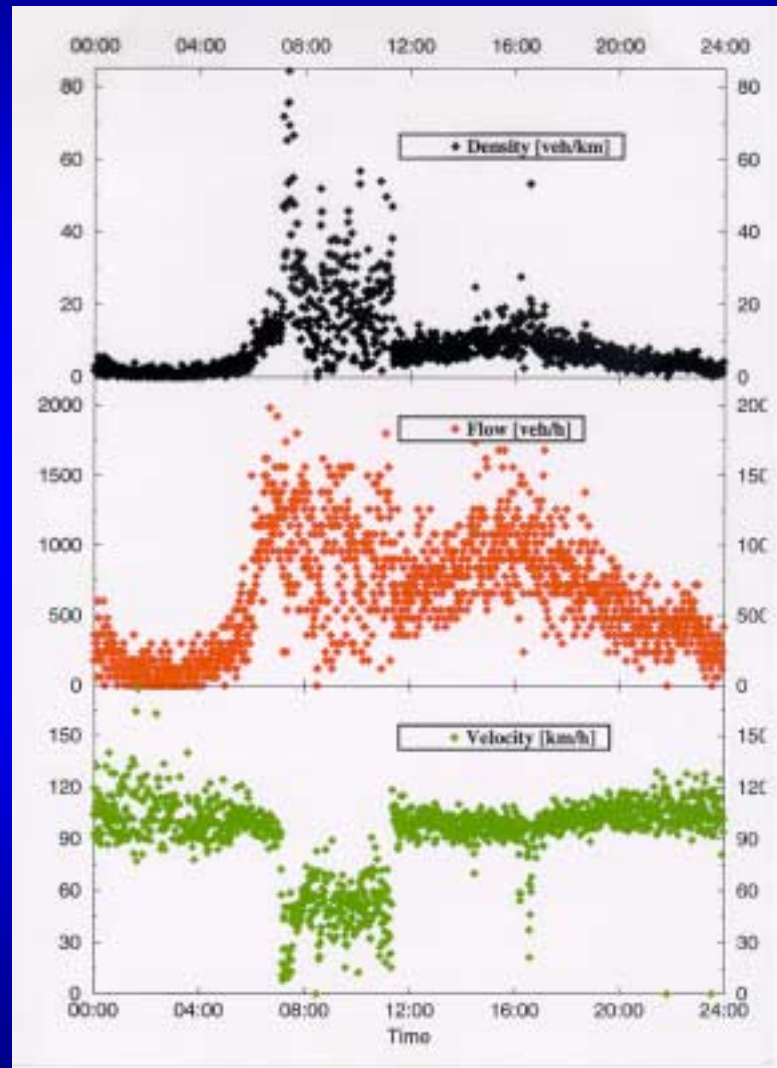
Beispiel gemessener Einzelfahrzeugdaten

Zeitliche Auflösung: 1 sec

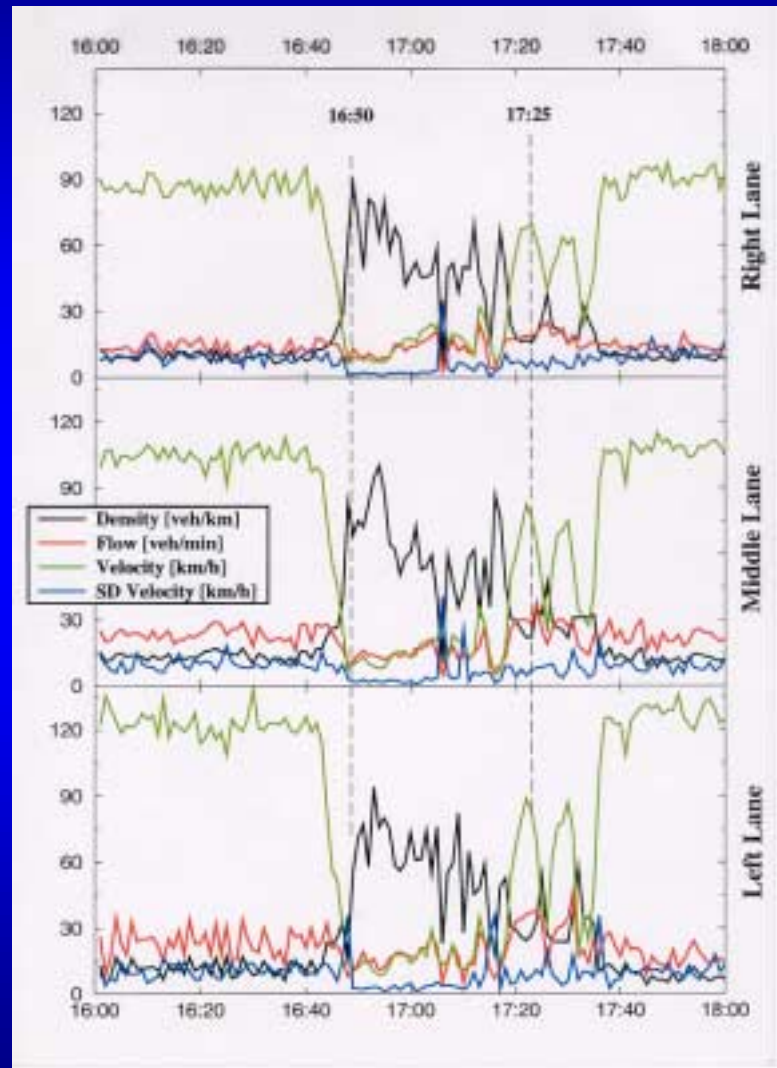
```
6.06.1996 8 13 55 0 1 4 106 3 46
6.06.1996 8 13 55 1 1 4 112 3 14
6.06.1996 8 13 56 0 2 4 132 3 866
6.06.1996 8 13 56 0 4 6 92 3 73
6.06.1996 8 13 57 0 3 7 94 3 132
6.06.1996 8 13 57 0 5 4 93 3 224
6.06.1996 8 14 1 0 4 4 115 3 122
```



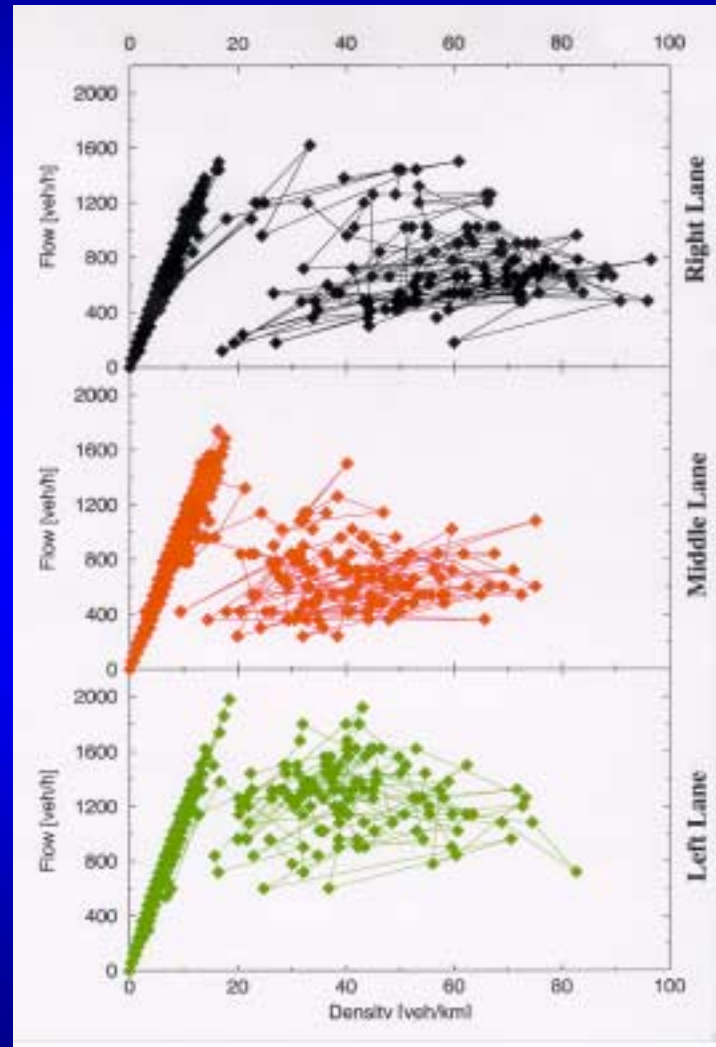
Dichte/Fluss/Geschwindigkeit



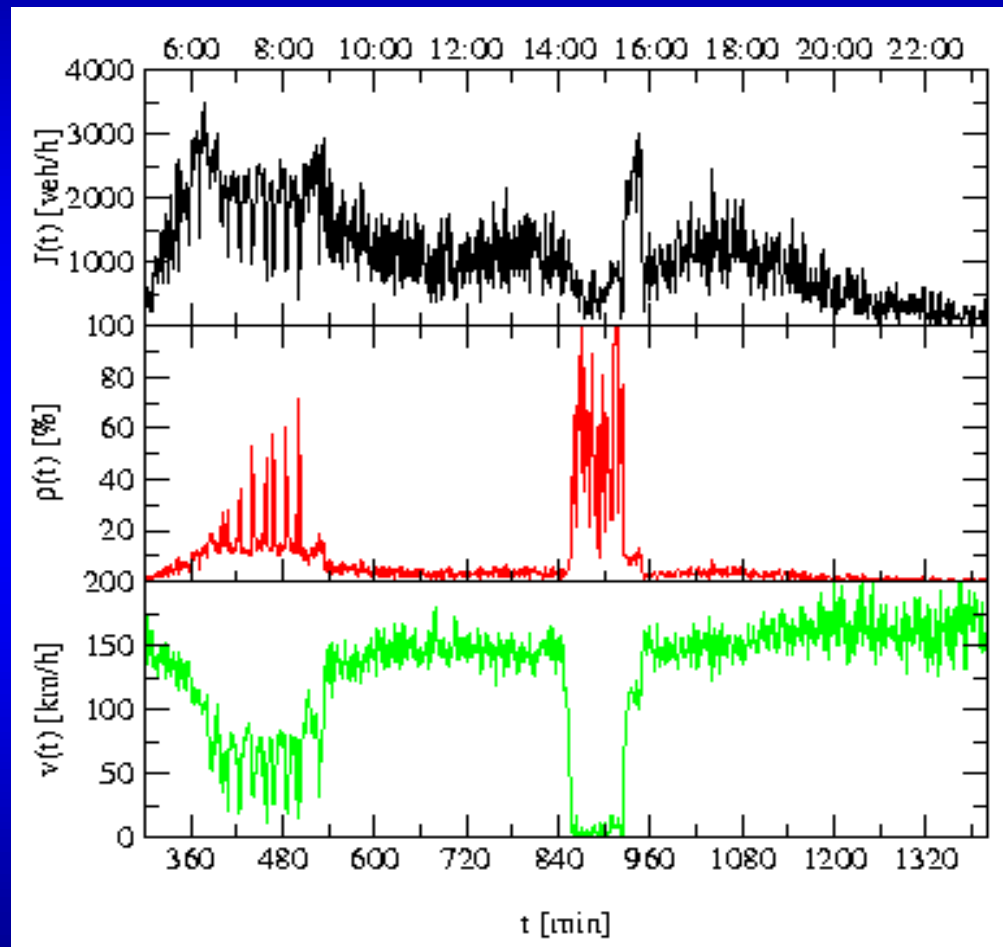
Spurauflösung



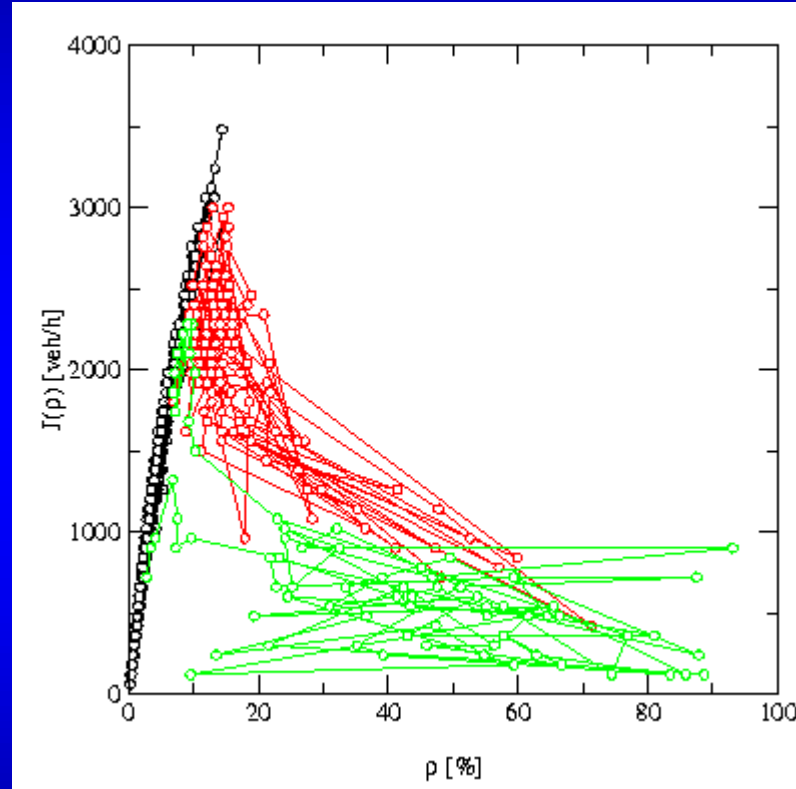
Fundamentaldiagramme



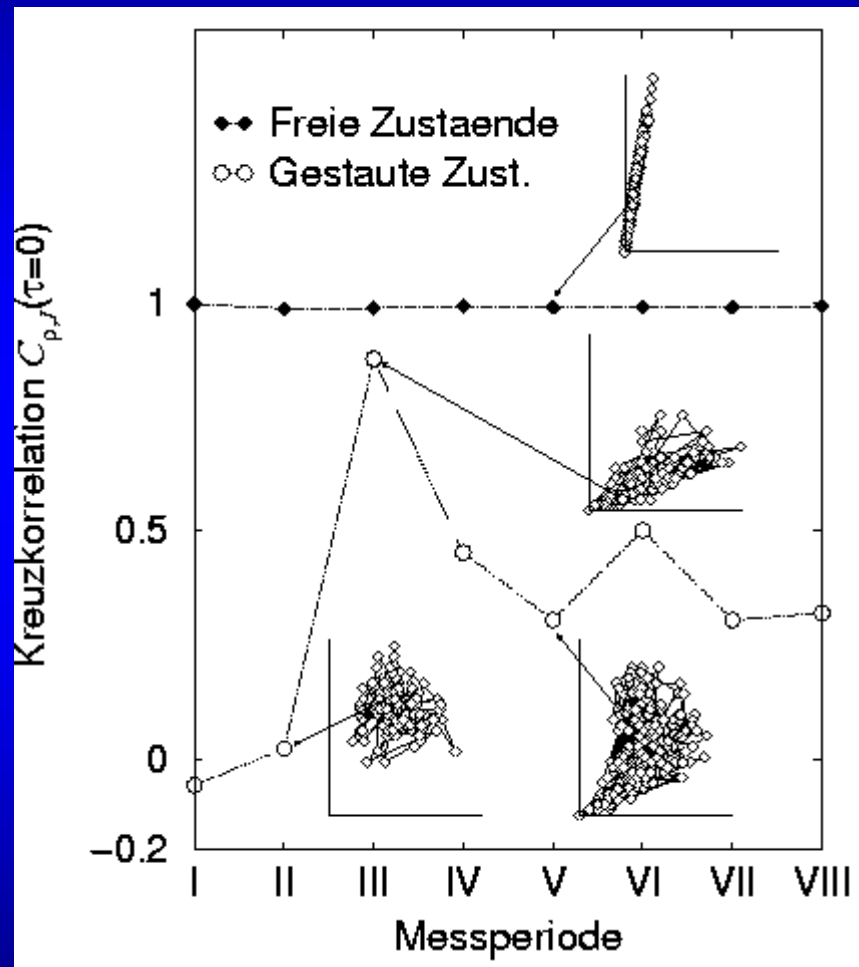
Freie Strecke



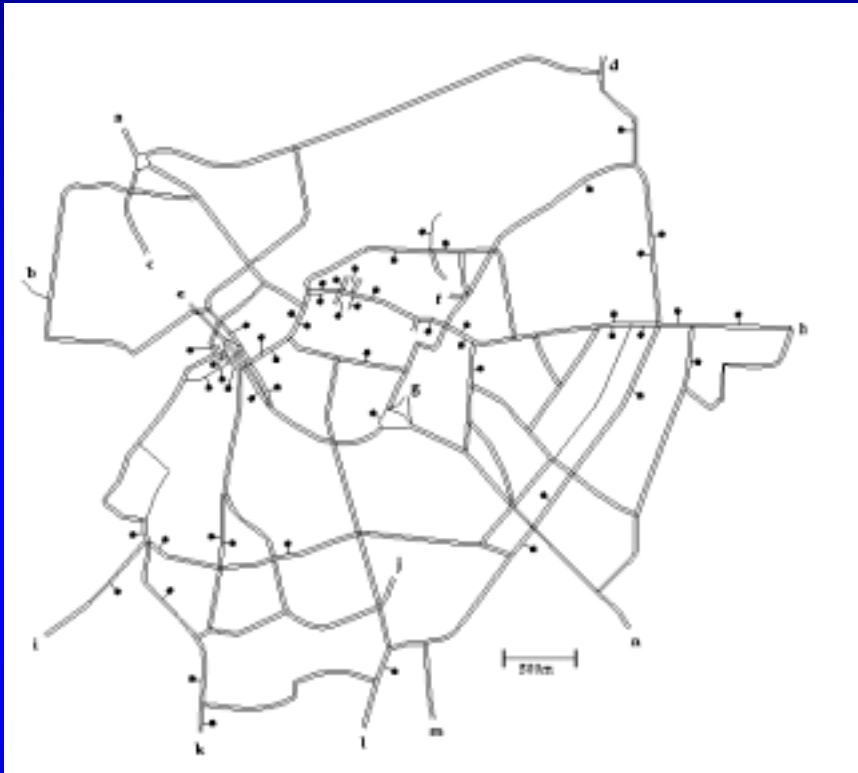
Frei – synchronisiert – stop and go



Korrelationsfunktionen



Innenstadt von Duisburg (OLSIM)



- Länge 165 km
- Fläche 30 km²
- 750 Induktionsschleifen

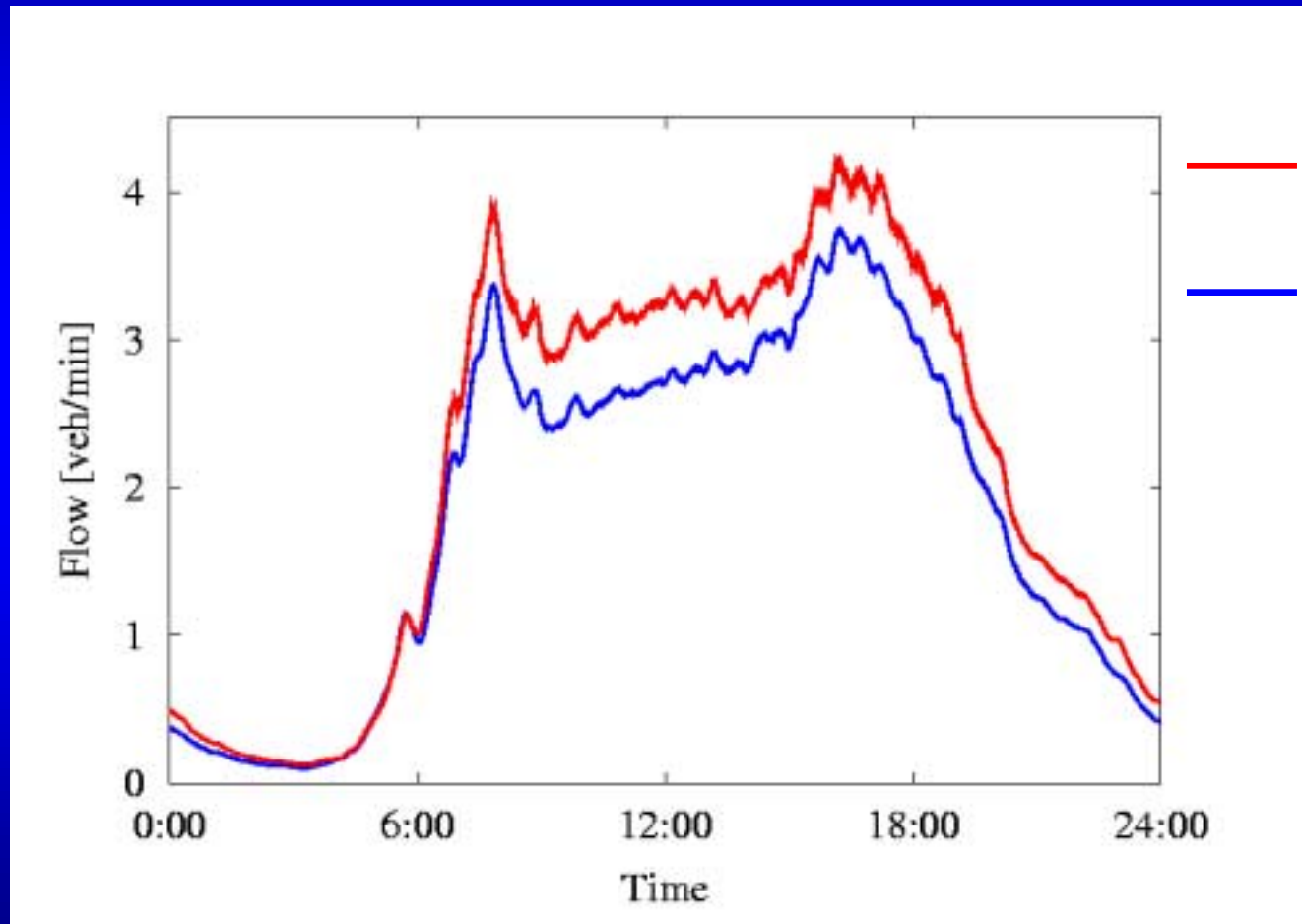
Schematische Darstellung der Lage der Induktionsschleifen

<http://www.traffic.uni-duisburg.de/OLSIM>



Montag bis Donnerstag

Täglicher Verkehrsfluss



— 1998 (96 Tage)

— 1999 (66 Tage)

Mittelwert aller Ind.
Schleifen in der
Duisburger
Innenstadt

Datenaufkommen aus Zählschleifen

Stadt Duisburg:

730 Zählschleifen minütlich

$730 \times 4 \times 5 \text{ Bytes} \times 1440 = 21 \text{ MB} \approx 25 \text{ MB}$

jährlich ca. **9 GB**

Autobahnnetzwerk NRW:

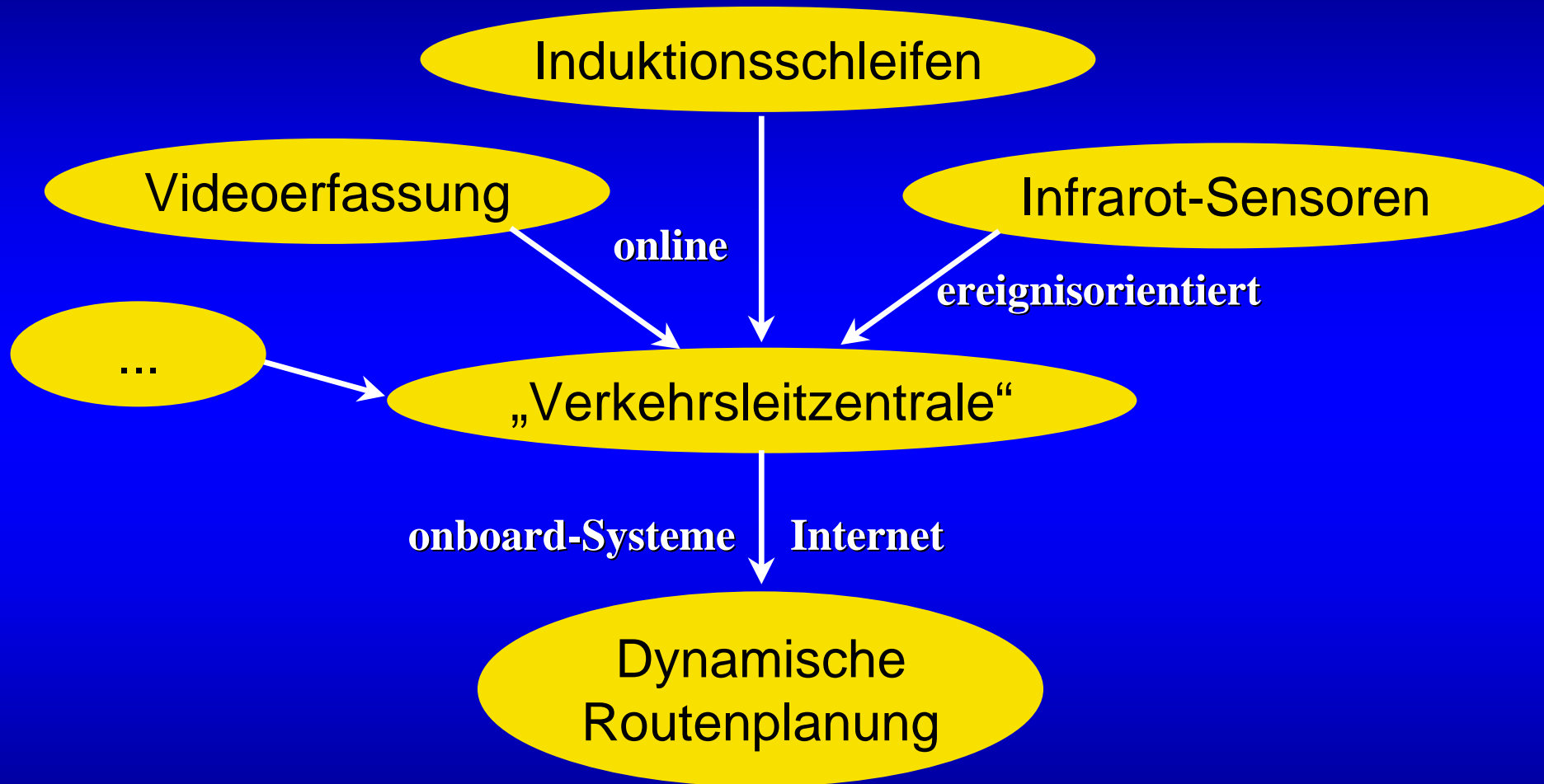
400 Meßpunkte minütlich

$400 \times 200 \text{ Bytes} \times 1440 = 110 \text{ MB} \approx 100 \text{ MB}$

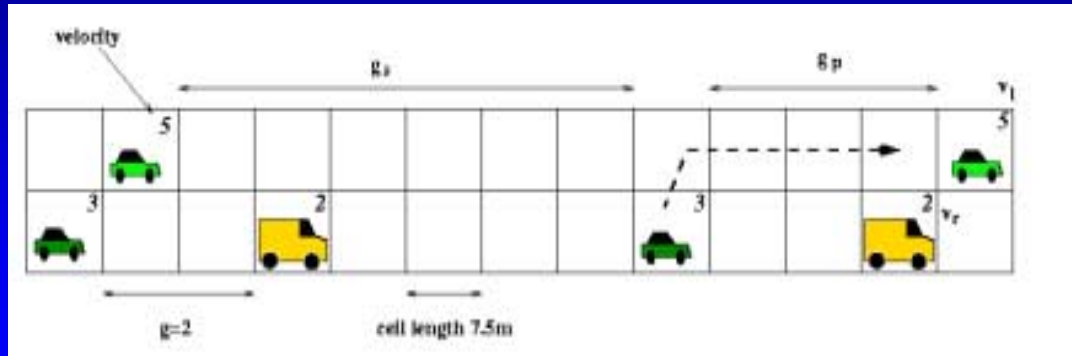
jährlich ca. **36 GB**



Informationen in Transportsystemen



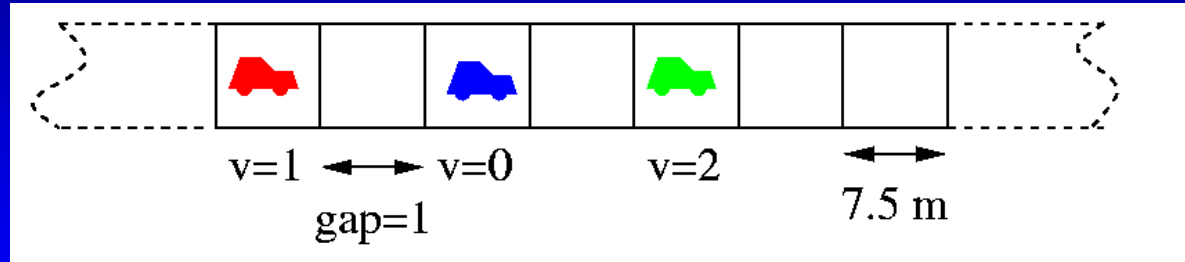
Mathematische Modelle



Zellularautomat:

- Diskret in Zeit und Raum
- Dynamik durch Update-Regeln (parallel)
- Effiziente Algorithmen
- Untersuchung dynamischer Phasen:
Freier, Synchronisierter und Stop-and-Go Verkehr

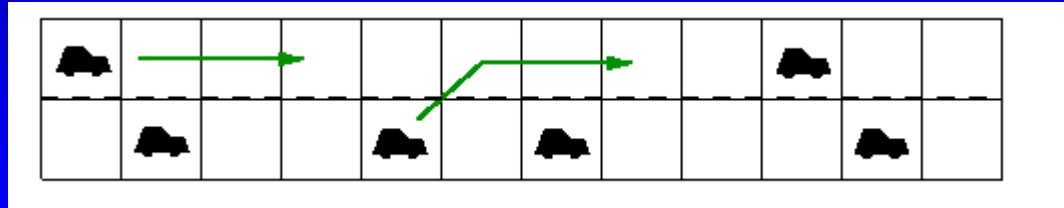
Zellularautomaten-Modell



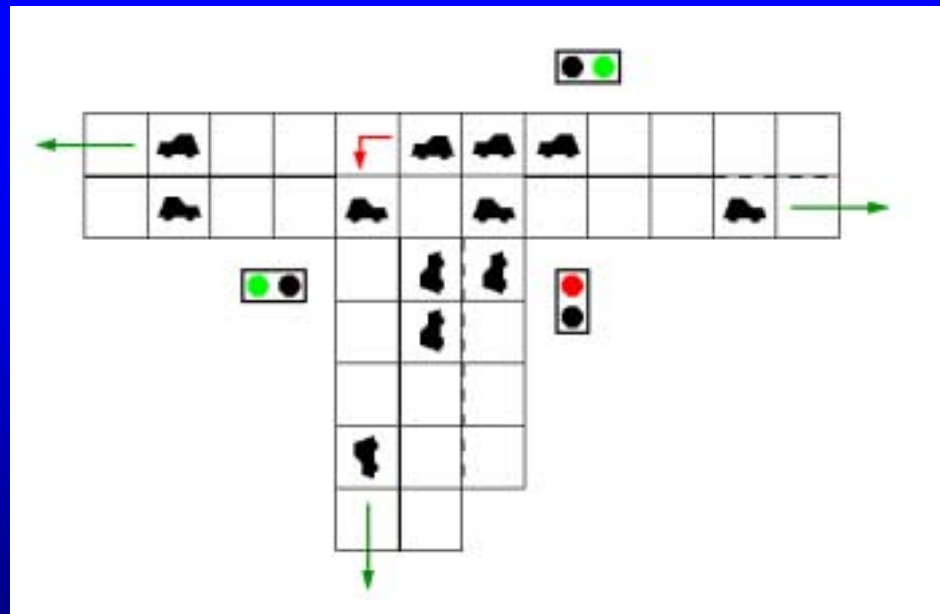
- Beschleunigen: $v' \leftarrow \min(v+1, v_{\max})$
- Abbremsen: $v'' \leftarrow \min(v', \text{gap})$
- “Trödeln”:
mit Wahrscheinlichkeit p $v''' \leftarrow \max(v''-1, 0)$
- Bewegen: $x \leftarrow x + v'''$

Mehrspurverkehr und Kreuzungen

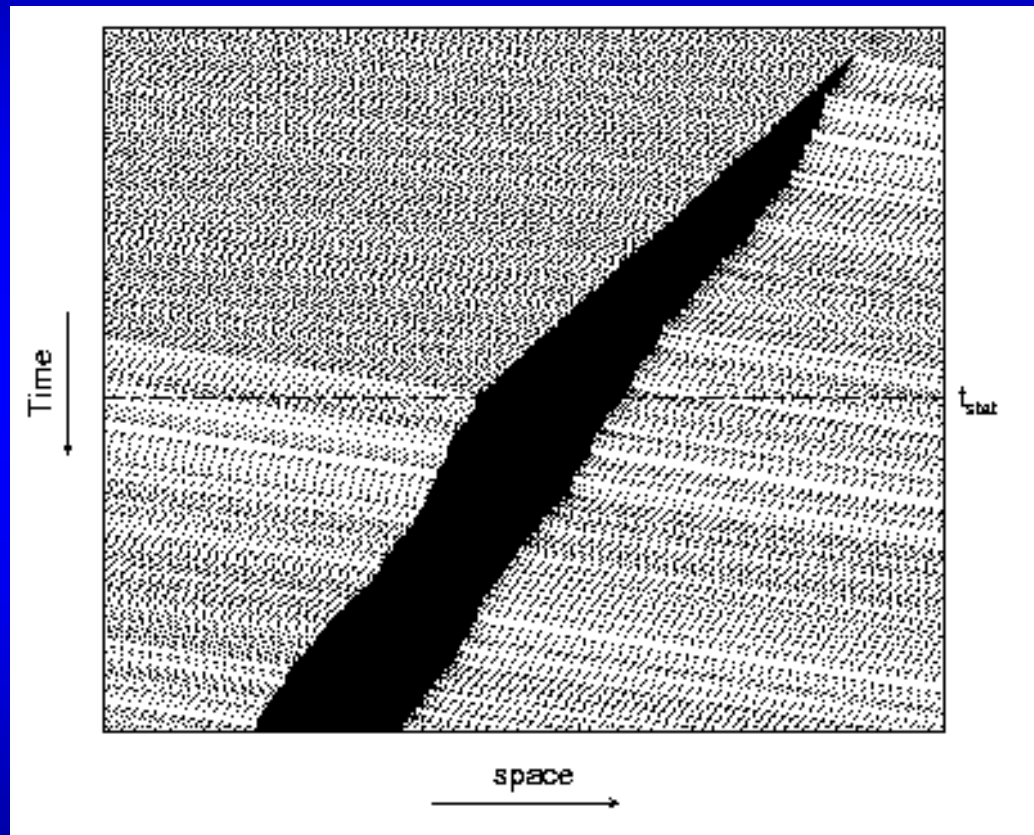
Überholvorgänge



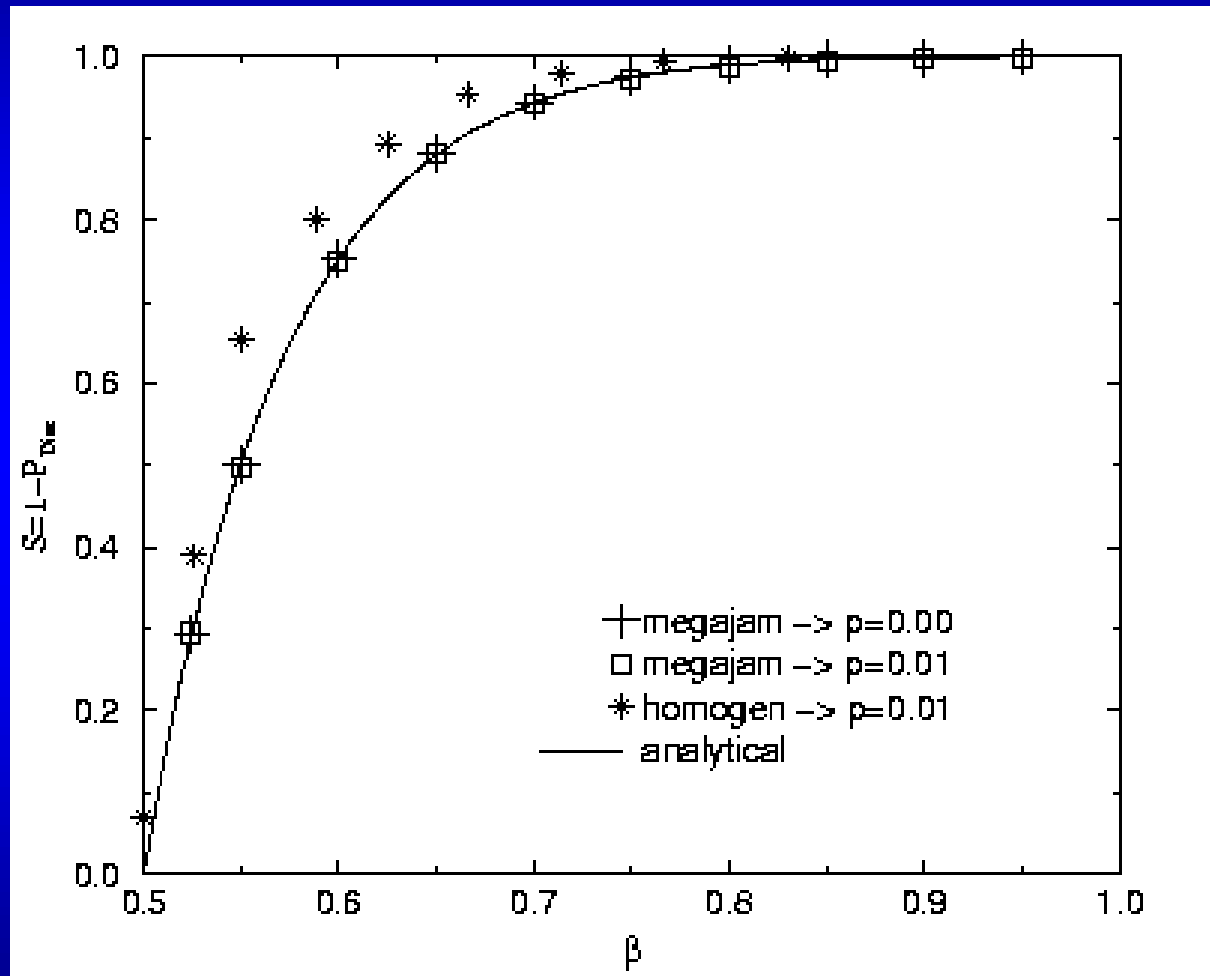
Vorfahrtsregeln und Lichtsignalanlagen



Stautentstehung



Stauwahrscheinlichkeit



Dynamische Daten aus Simulationen

- Reisezeiten(Staulängen)
- Verkehrsstärken
- Ganglinien

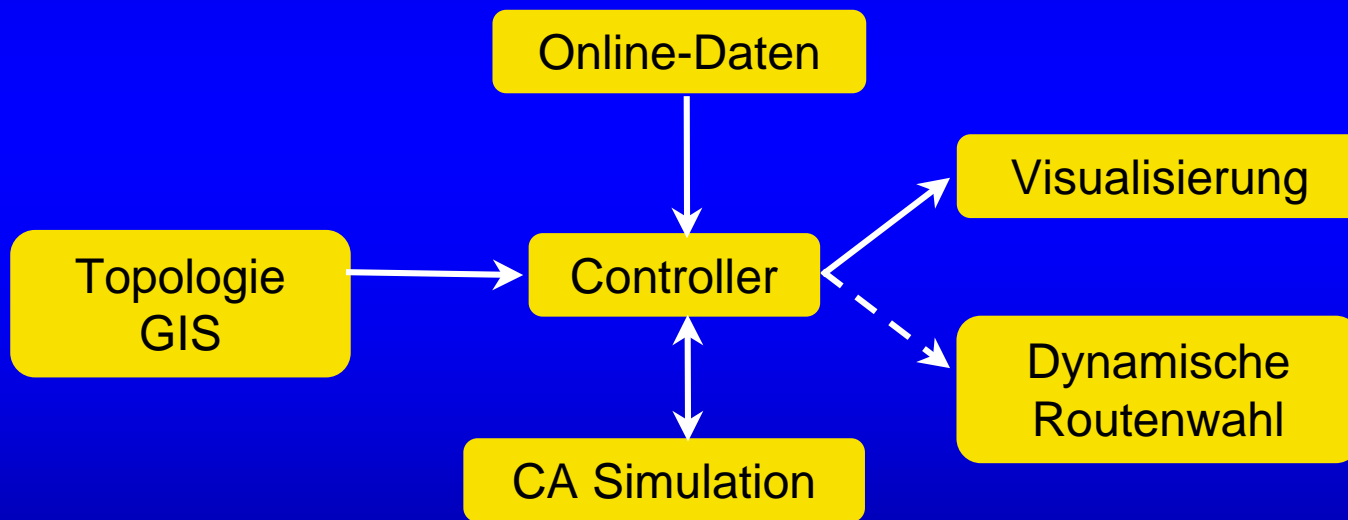


- Verkehrsleitzentralen
- Verkehrsnachrichten (DAB, RDS-TMC)
- Dynamische Routenplaner



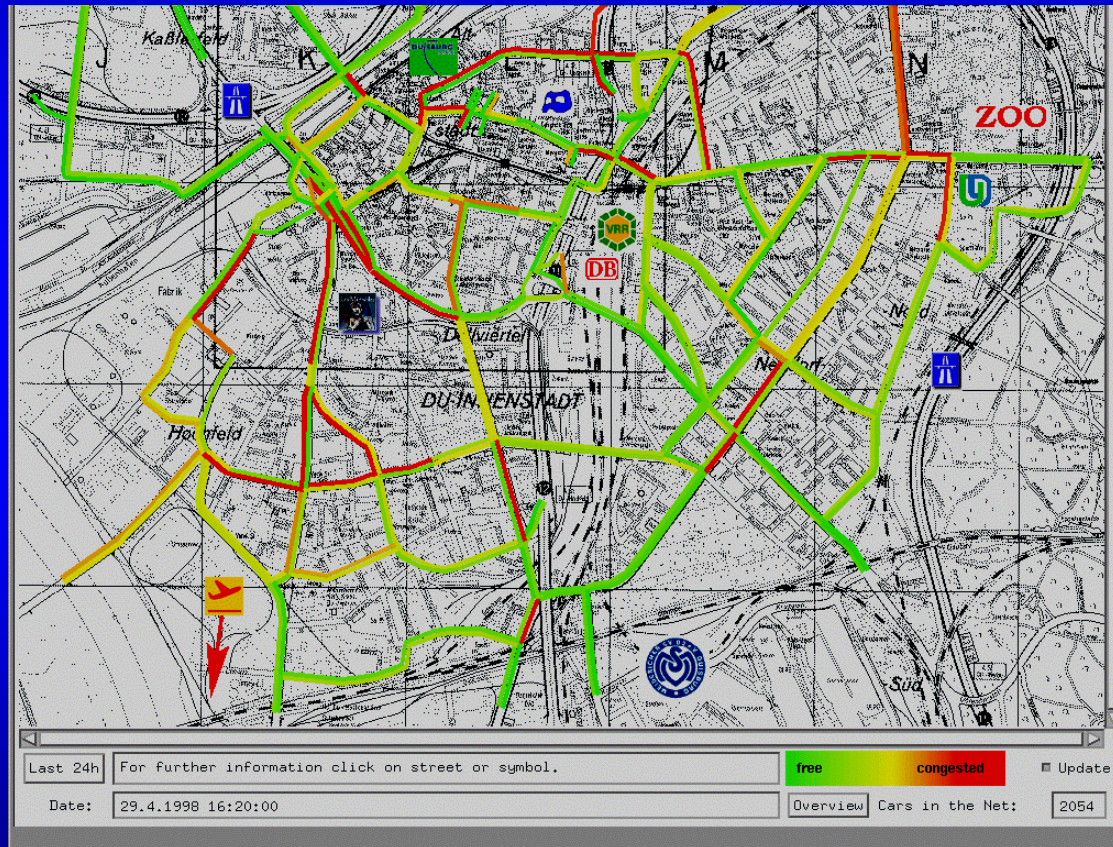
Verkehrs-Analyse mit Online Daten

Online Daten + Simulation =
Netzwerkweite Dynamische Daten (link travel times)



Online-Simulation von Duisburg

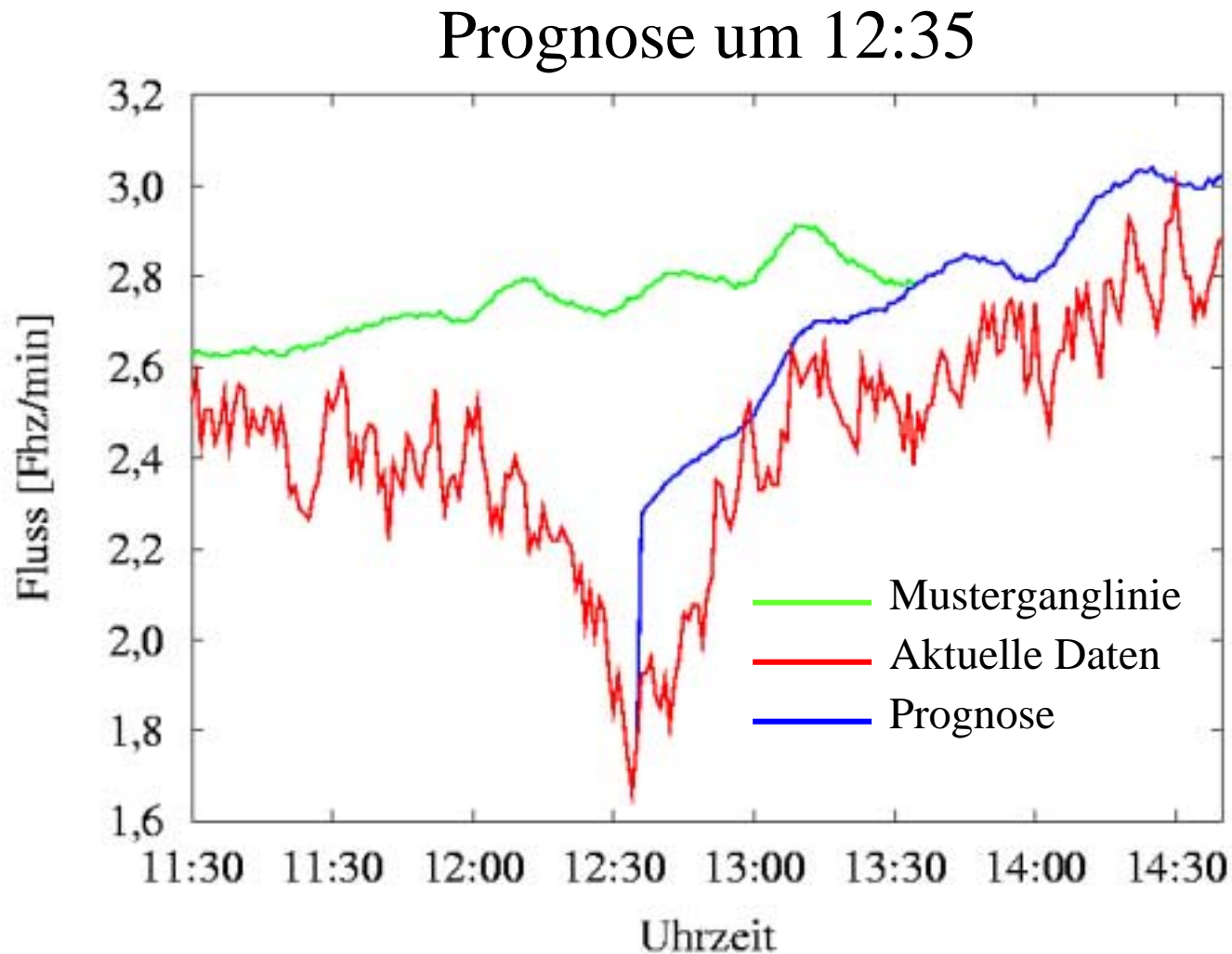
Effizienter Algorithmus: Simulation in vielfacher Echtzeit
⇒ Voraussetzung für Prognose



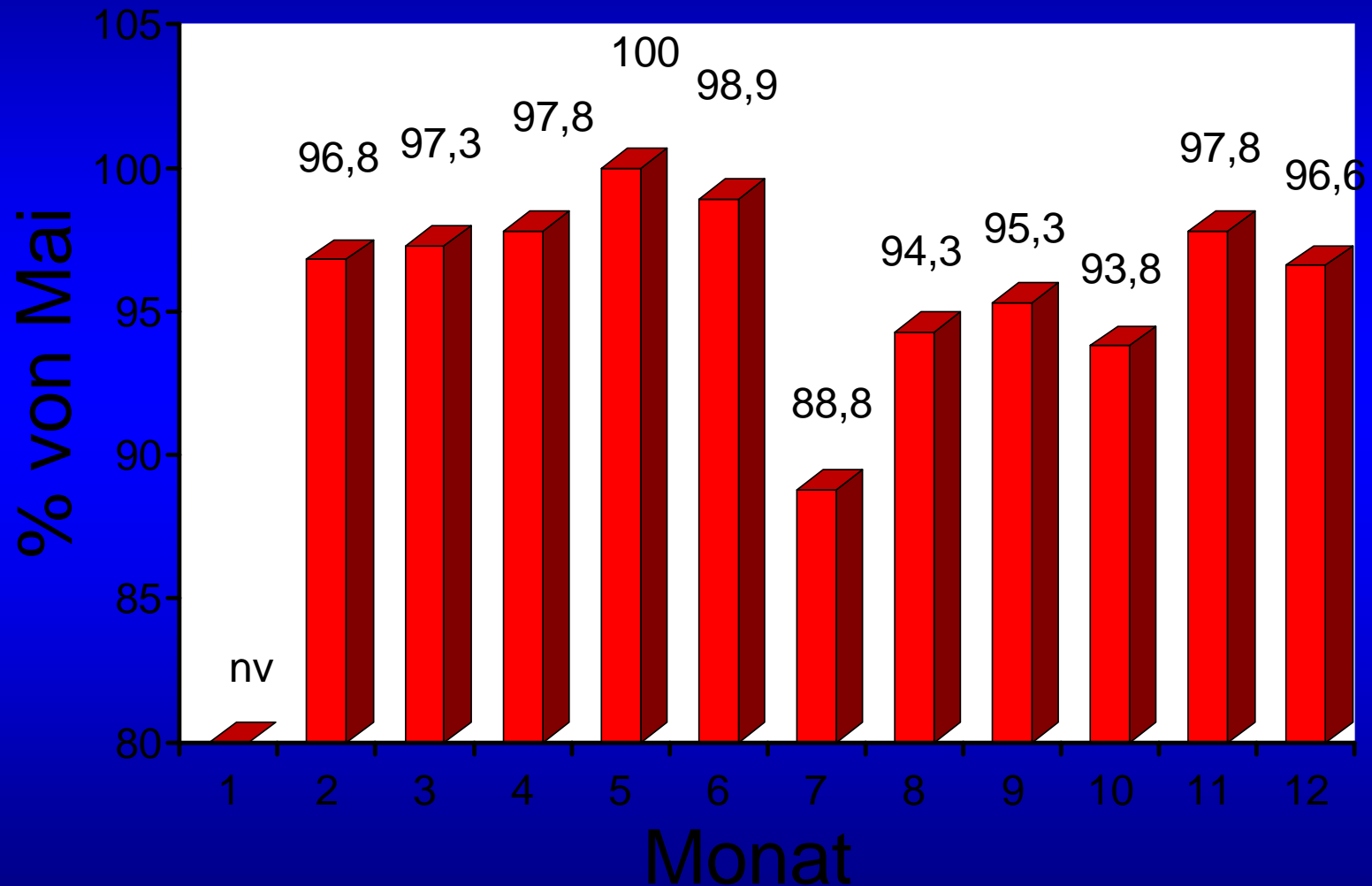
<http://www.traffic.uni-duisburg.de/OLSIM>



Beispiel: Sonnenfinsternis

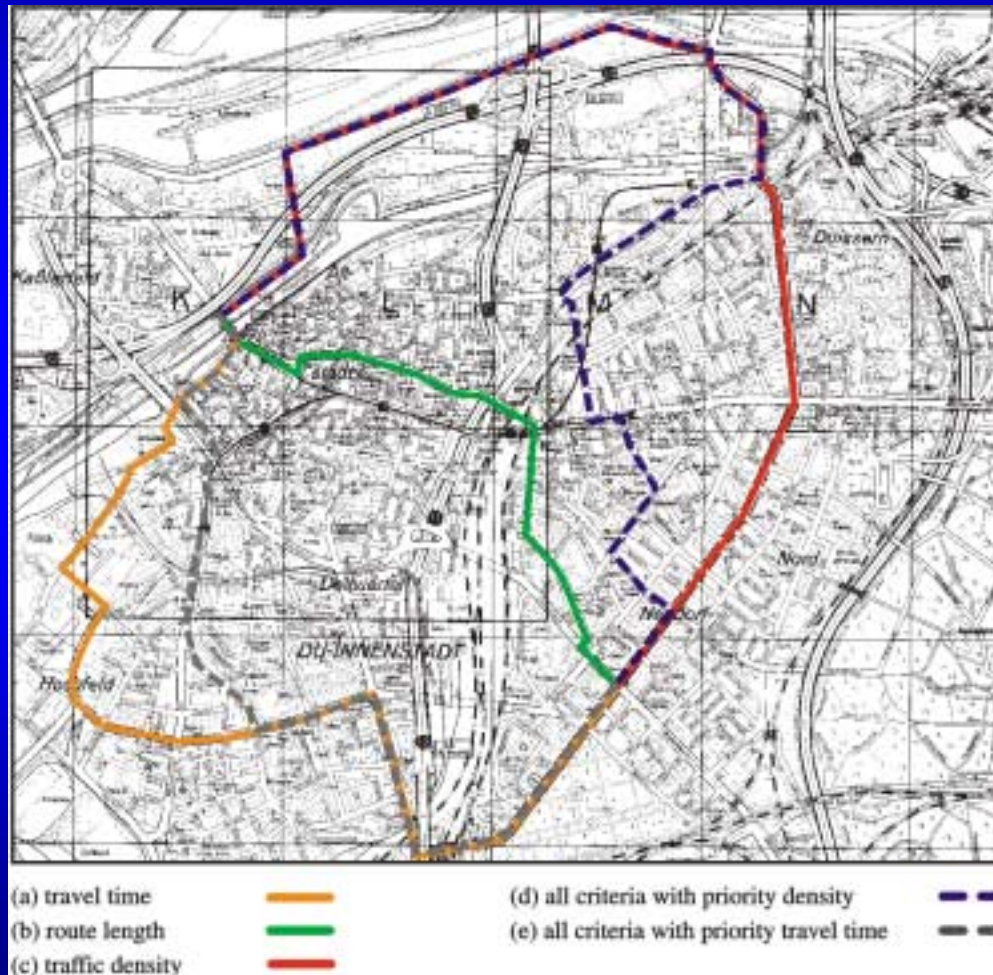


Saisonal Unterschiede



Dynamische Routenplaner

Multikriterielle Fuzzy-Logik ermöglicht individuelle Routenwahl

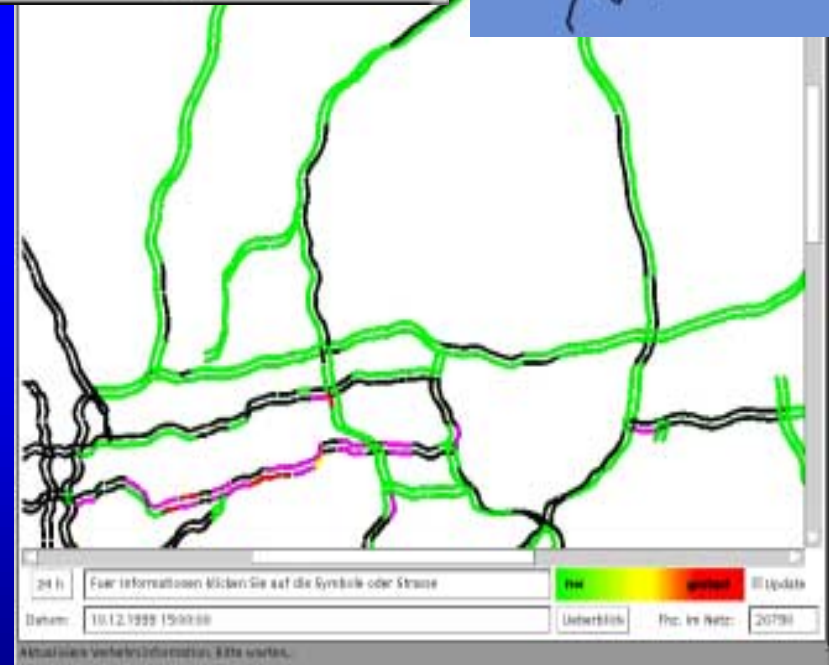


Verkehrsvorhersage BAB-NRW

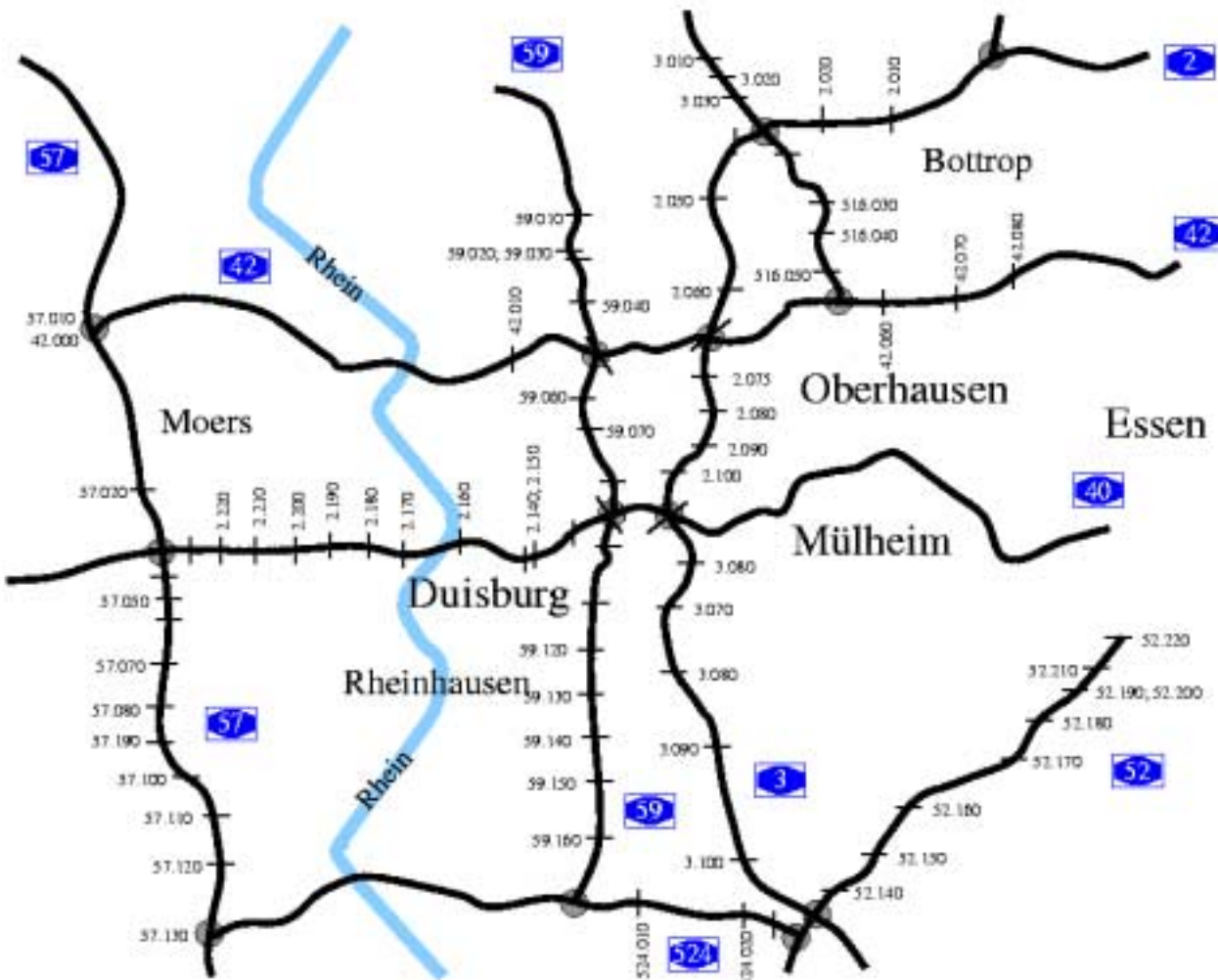
- Ermittlung von Reise-Verlustzeiten
- Kurzzeit-Prognose
- Zuflussreglung (A40)
- Analyse von Verkehrsbeeinflussungsanlagen (VBA)



Verkehrsvorhersage	
Station	A40 - A41 - A42
Laenge	1000 m
Max. Sperrn	2
Max. Fahrweg	100
Geradenlaenge	10 km
Strecke	10.04 km
Verkehrsmittel	Auto - Bus, LKW



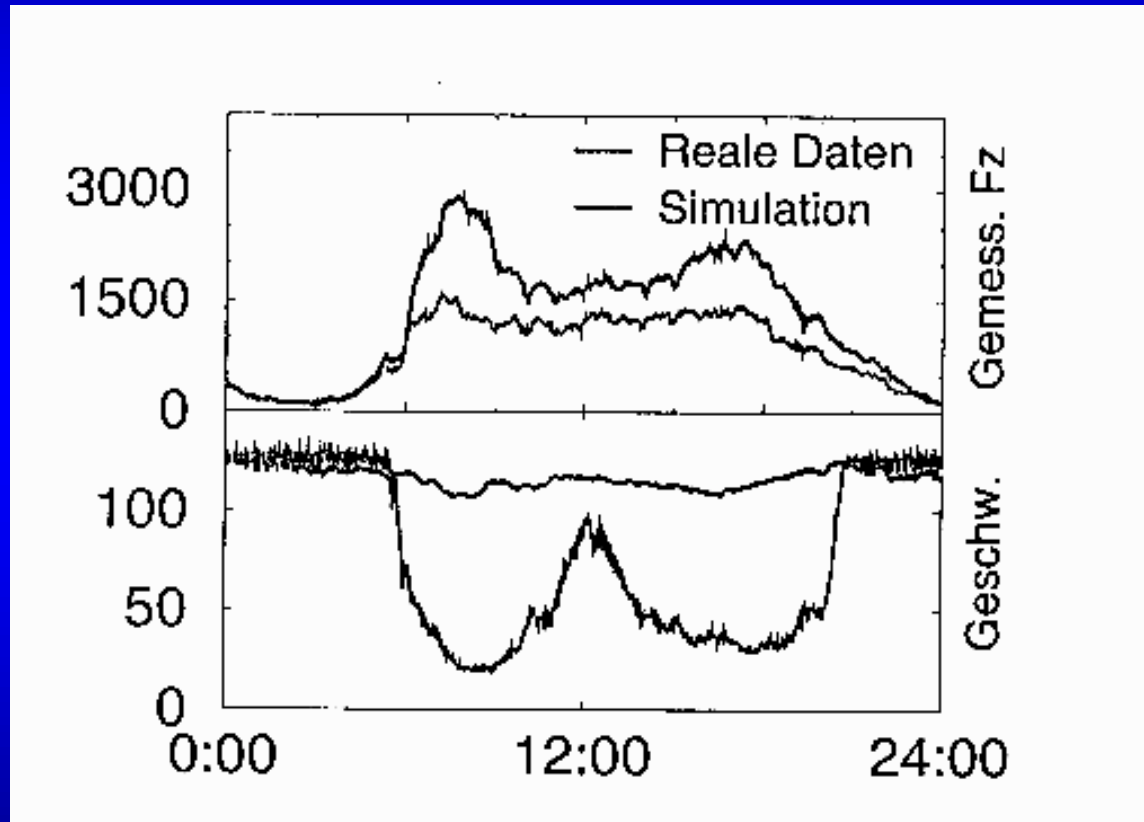
BAB-NetzwerkNRW (BABSIM)



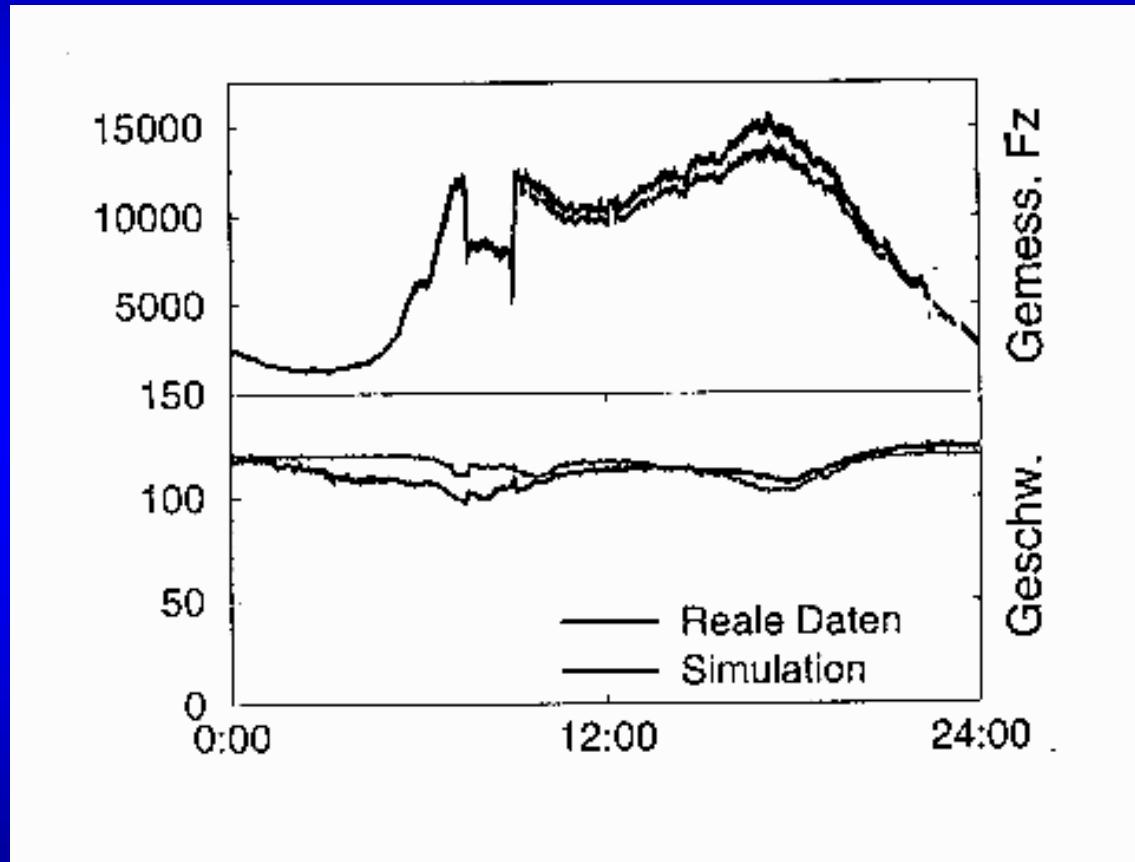
- Länge 6000 km
- Fläche 34000 km²
- 3000 Induktionsschleifen
- 67 AB Kreuze
- 830 Auf-/Abfahrten



Einfüllstrategien (I)



Einfüllstrategien (2)



Zusammenfassung

- On-line Verkehrsanalyse
 - **Schnelle Visualisierung**
 - **Zugriff dynamischer Routenplaner**
- Verkehrsprognose
 - **Dynamische Datenverwaltung (Prognosehorizont bis 1 h)**
 - **Zugriff auf historische Ganglinien**
- Bereitstellung und Auswirkungen
 - **On-board Systeme, Internet**
 - **Akzeptanz der Verkehrsteilnehmer**

