

Entwicklung eines Ansatzes zur multi-agentenbasierten Modellierung von Luftschadstoffemissionen in urbanen Regionen

Friederike Hülsmann,
Regine Gerike

Research Centre Mobility &
Transport – mobil.TUM,
TU München

Benjamin Kickhöfer,
Kai Nagel

FG Verkehrssystemplanung und
Verkehrstelematik ,TU Berlin

Raphael Luz

Institut für Verbrennungskraftmaschinen
und Thermodynamik, TU Graz

Übersicht

- Einführung
- MATSim – Multi-Agenten Verkehrssimulation
- Methodik der Emissionsberechnung
- Testszenario – Modellierung von Reisezeiten und Emissionen
- Potenziale des Emissionsberechnungstools
- Herausforderungen und Möglichkeiten eines großräumigen Szenarios

Einführung

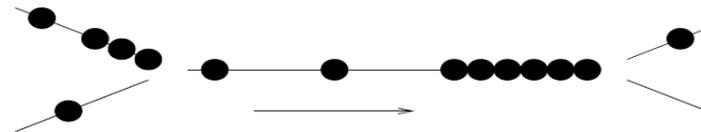
- Verkehrs- und Emissionsmodellierung für urbane Regionen, um
 - Emissionen straßenfein zu bestimmen
 - Verursacher und Betroffene zu erkennen
 - verkehrspolitische Maßnahmen zu analysieren
 - externe Effekte zu internalisieren

- Detaillierte Emissionsberechnung (Verkehrssituationen, straßenfein, personenfein)
 - Anwendung auf großräumige Szenarien (maßnahmensensitiv, regionale und sozio-ökonomische Unterschiede aufzeigen)

- Ziel: Optimierung der Emissionsberechnung anhand eines Testszenarios, um diese auf ein Szenario für eine ganze Region zu übertragen

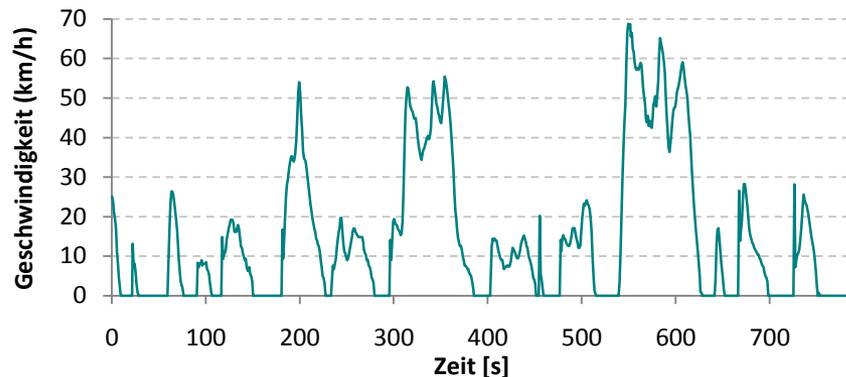
Multi-Agenten Verkehrssimulation - MATSim

- vollständige Tagespläne (Wegekettten) werden modelliert
- die Identität der Verkehrsteilnehmer / Agenten bleibt den kompletten Simulationsprozess hindurch erhalten
- Iterativer Prozess
 - simultane Ausführung der Pläne im physischen System
 - Bewertung der Pläne
 - Lernmechanismen
- Verkehrsflusssimulation:
Warteschlangenmodell, FIFO (first-in-first-out)



Methodik der Emissionsberechnung

- Grundlage der Emissionsmodellierung: Identifikation der typischen Fahrmuster → Verkehrssituationen
 - Emissionen nach gefahrener Distanz → Warme Emissionen
 - Fahrzeugcharakteristika
 - Mittlere Geschwindigkeit
 - Beschleunigung
 - Haltezeit
- } **Geschwindigkeit - Zeit - Profile**

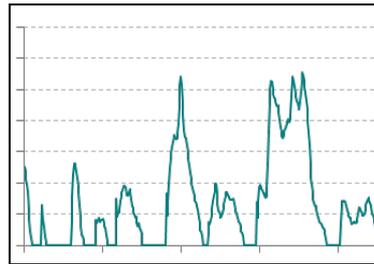


Kopplung von Emissionen und Verkehrssimulation

z.B. Mittlere Geschwindigkeit des Fahrzeuges auf einem bestimmten Straßenabschnitt



MATSim →
kinematische Größen
per Straßenabschnitt
und Agent / Fahrzeug



Fahrzyklus →
Verkehrssituationen:
Freier Verkehrsfluss,
Stau, etc.
für diverse
Straßenkategorien



**HBEFA 3.1 -
Emissionsfaktoren**

→
Straßenkategorie,
Verkehrssituation

→ Zwei Ansätze zur Kopplung von Fahrverhalten und Emissionsfaktoren

Ansatz 1 – basiert auf mittleren Geschwindigkeiten

Tatsächliche mittlere
Geschwindigkeit, die ein
Fahrzeug auf einem Link
im MATSim Netz fährt

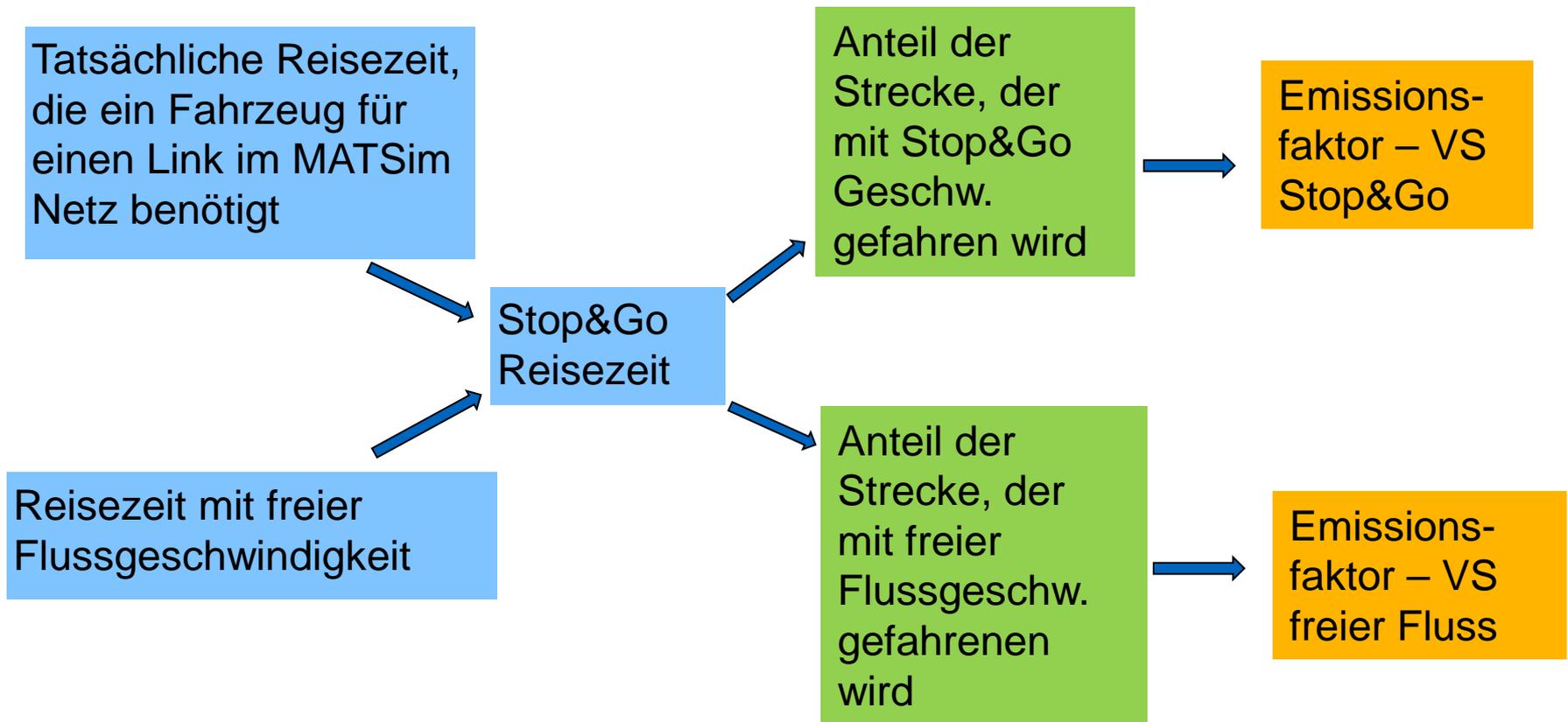


mittlere Geschwindig-
keiten der vier typischen
Verkehrssituationen (VS)
freier,
dichter,
gesättigter Fluss,
Stop&Go
(HBEFA 3.1)

Gewichteter
Emissionsfaktor



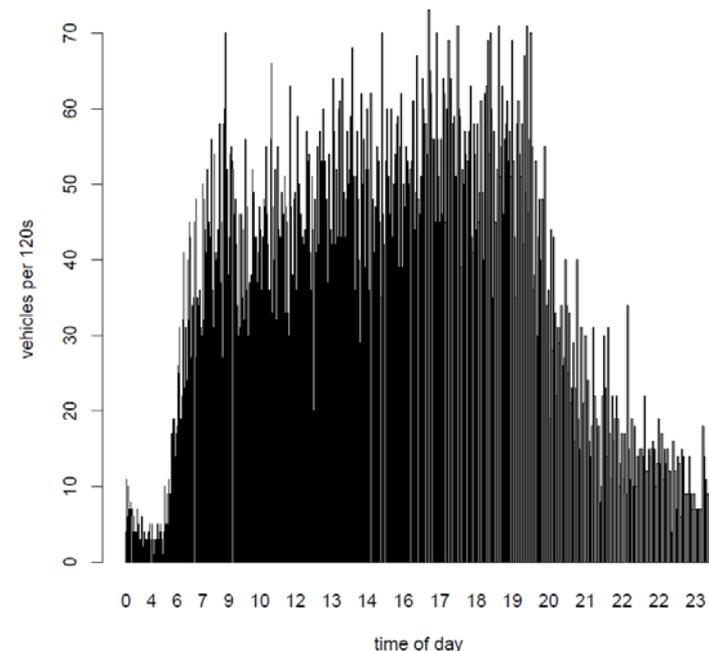
Ansatz 2 – basiert auf den Verkehrssituationen freier Fluss und Stop&Go



Testszenario - Modellierung von Reisezeiten und Emissionen

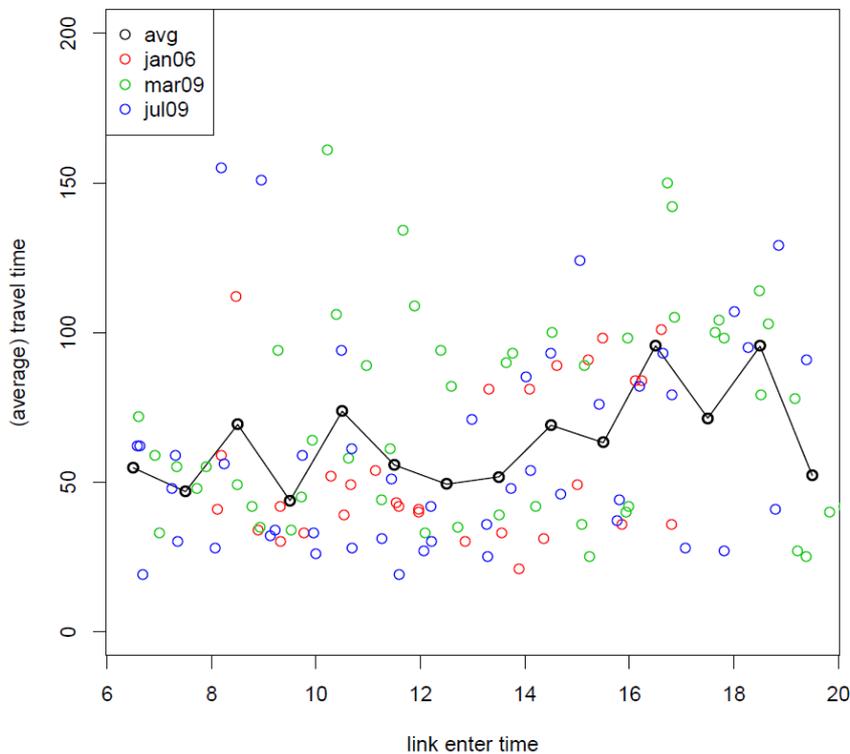
- Straßenabschnitt: Frankfurter Ring, München (ca. 300m) – begrenzt von zwei Zählstellen
- Zählstelle 2 befindet sich an der Kreuzung Schleißheimerstr /Frankfurter Ring
- Kapazität 36000 Fahrzeug pro Tag,
- maximale Geschwindigkeit 60 km/h

Grafik: Zählstelle 1: Anzahl der Fahrzeuge
(Zählstelle misst in 120s Intervallen,
07. Juli 2009):

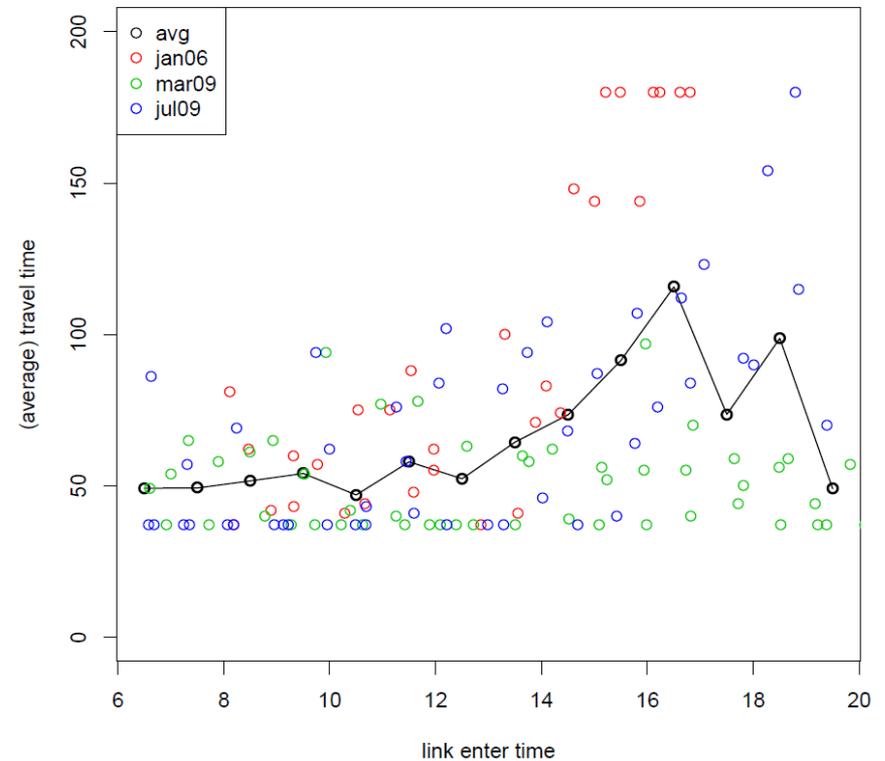


Gemessene und modellierte Reisezeiten

GPS Messungen an 8 Wochentagen von ca. 06:00 – 20:00; ein bis zwei Messfahrten pro Stunde

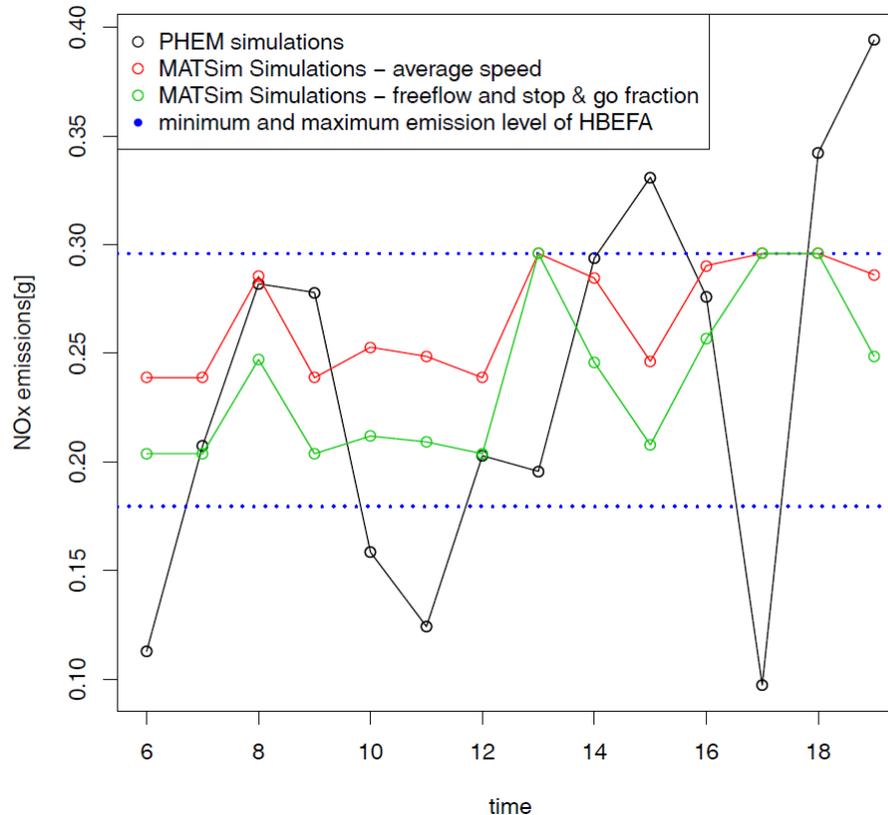


(a) Reisezeiten auf Basis der GPS Daten



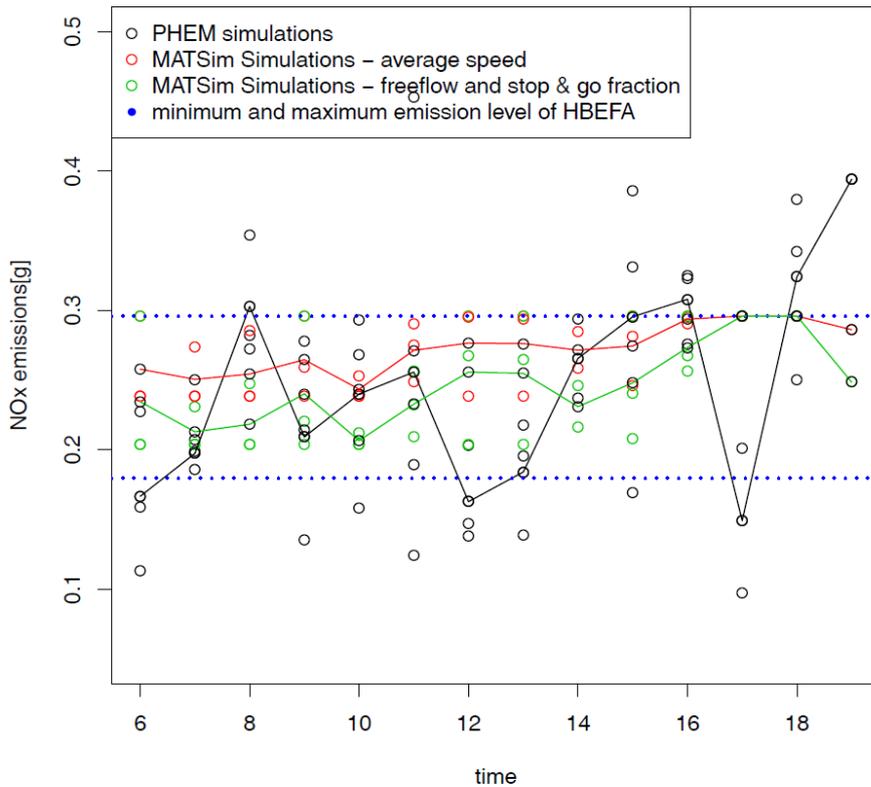
(b) Simulierte Reisezeiten für das Testszenario

NO_x Emissionen (Diesel) für den 07. Juli, 2009: PHEM* Daten und die MATSim-basierten Ansätze

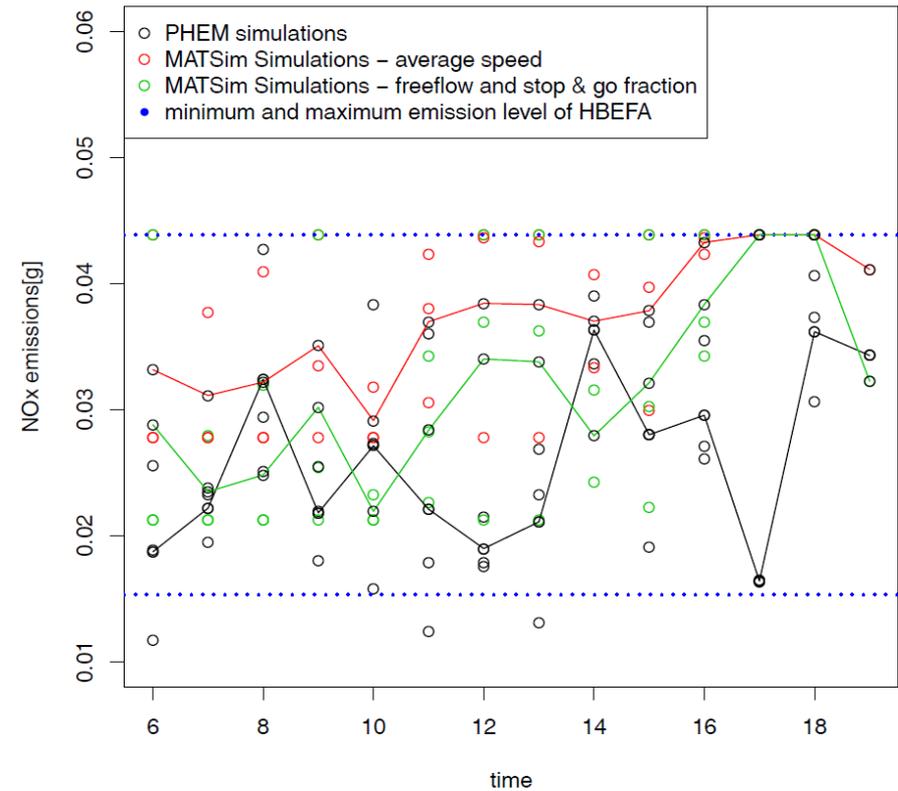


* Das Emissionsmodell PHEM berechnet für einen gegebenen Fahrzyklus (Geschwindigkeitsverlauf und Fahrbahnlängsneigung über der Zeit) die erforderliche Motorleistung in 1 Hz Frequenz aus den Fahrwiderständen und den Verlusten im Antriebsstrang (Hausberger, 2009).

NO_x Emissionen mit PHEM und den MATSim Simulationen über drei Tage gemittelt



Diesel



Benzin

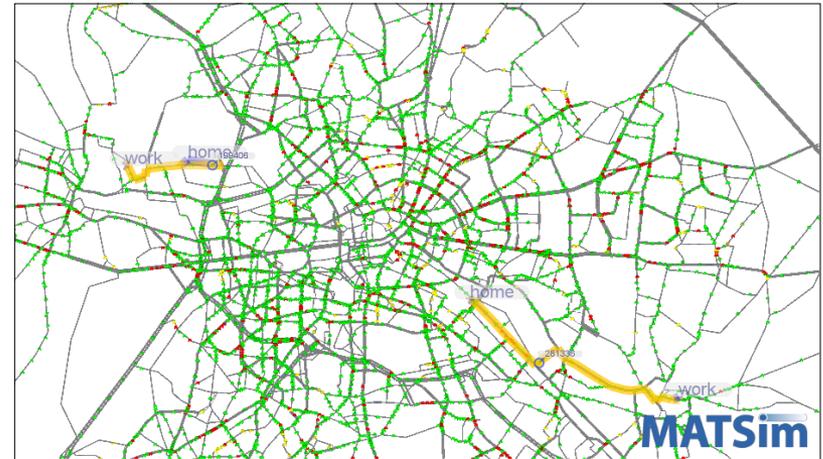
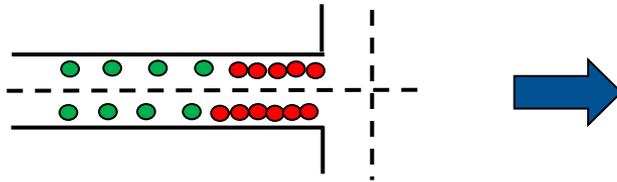
Ergebnisse der Simulation

- die Emissionen sind vor allem abhängig von den simulierten Reisezeiten
- Stärkere Variationen der Emissionen bei den PHEM Daten gegenüber der Simulation
- Tendenz ansteigender Emissionen gegen Nachmittag und Abend bei PHEM und der Simulation
- HBEFA Emissionsfaktoren sind abhängig von der Distanz → sehr lange Reisezeiten haben keinen zusätzlichen Effekt

Potenziale des Emissionsberechnungstools

- Link und agentenbasierte Analyse der Luftschadstoffemissionen möglich
- Vorteil von MATSim: die Identität des Agenten geht nicht verloren nach der Optimierung der Verkehrsnachfrage
→ Fahrzeugseitige Informationen bei der Wahl der Emissionsfaktoren einbeziehen: Fahrzeugkategorie, Antriebsart, Euro Norm, Hubraum
- Kaltstartemissionen als extra Modul separat und mit warmen Emissionen aggregiert berechnen
- Immissionsmodellierung an linkbasierte Emissionsberechnung anknüpfen

Herausforderungen und Möglichkeiten eines großräumigen Szenarios



- Ziel für ein großräumiges Szenario: möglichst genaue Annäherung an die realen Reisezeiten pro Straßenabschnitt
- Nachteil einer Teststrecke – Agenten können keine Entscheidung hinsichtlich der Abfahrtszeiten, der Route und des Verkehrsmittels treffen
→ Anpassung der Kapazitäten, maximalen Geschwindigkeiten und Abfahrtszeiten
- Aber: im urbanen Szenario wird die Verkehrsnachfrage optimiert:
 - Routen, Abfahrtszeiten und Verkehrsmittel können geändert werden
 - → das System konvergiert zu einem Nash-Gleichgewicht
 - → „korrekte Reisezeiten“(Nash, 1951) – die Probleme bei der Teststrecke werden im urbanen Szenario minimiert

Herausforderungen und Möglichkeiten eines großräumigen Szenarios

- Analyse von ökonomischen bis hin zu ordnungspolitischen Verkehrsmaßnahmen möglich
- Bestimmung der Luftschadstoffemissionen - sozio-ökonomisch bedingte und regionale Unterschiede
- Auswirkungen der Verkehrsmaßnahmen auf das Fahrverhalten → Analyse der Luftschadstoffemissionen für verschiedene Regionen und sozio-ökonomische Gruppen im Vergleich zum Status quo
- Anlastung der externen Effekte - Internalisierungsmaßnahmen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Friederike Hülsmann

Research Centre Mobility & Transport, TU München

friederike.huelsmann@mobil-tum.de