



Simulative Untersuchungen abstrakter und realer Verkehrsmanagementansätze zur Emissionsreduktion

20.03.2013, Kolloquium „Luftqualität an Straßen“

Daniel Krajzewicz, Yun-Pang Flötteröd

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt



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

Kontext

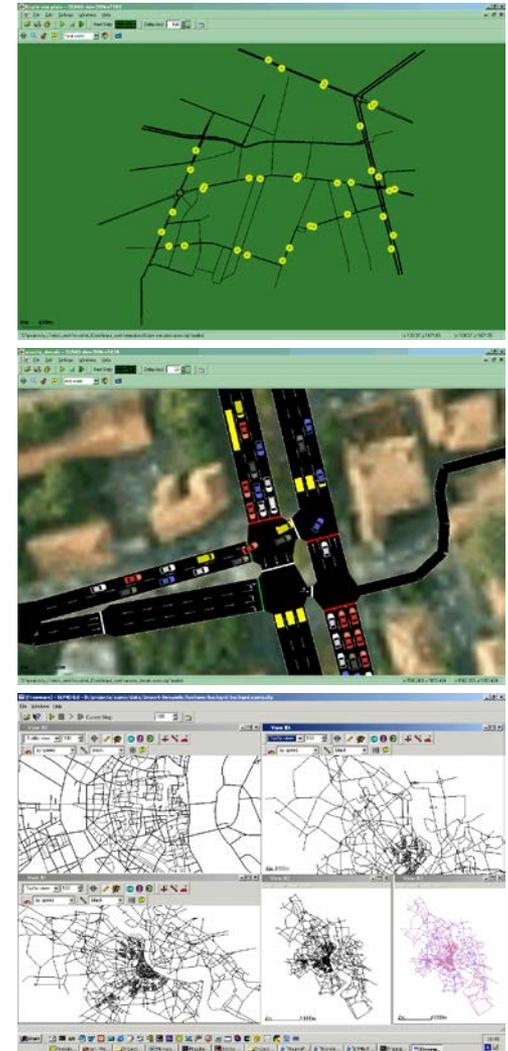
Simulation am ITS/DLR

Simulation von Verkehrsmanagementmaßnahmen

- Meistens großflächig (Stadtgebiete)
- Ansätze zur Navigation, Lichtsignalanlagen, Verkehrserfassung

Zunehmendes Interesse an Lösungen zur Schadstoffreduktion

- Politische Vorgaben
- Erhöhtes Bewusstsein in der Bevölkerung



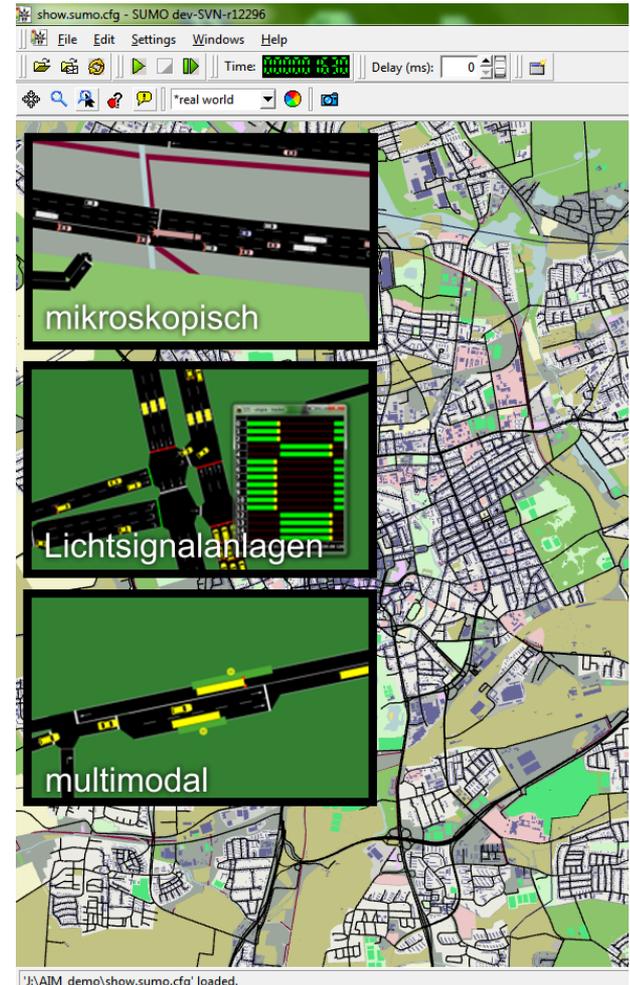
Kontext

Simulation „SUMO“

Verkehrsflusssimulation „SUMO“(*)

- mikroskopisch
- multi- und intermodal
- entwickelt seit 2001 - stabil
- portabel (Windows/Linux/MacOS)
- hohe Ausführungsgeschwindigkeit
- keine Einschränkungen der Netzgröße
- frei (open source)

(*) <http://sumo.sf.net>



Kontext

Schadstoffemission in „SUMO“

Entwickelt im Rahmen des EU-Projektes „iTETRIS“

- Gewünscht: Ausgabe von CO, CO₂, HC, PM_x, NO_x, Kraftstoffverbrauch, kontinuierlich über Geschwindigkeit und Beschleunigung
- 15 Emissionsmodelle wurden evaluiert, HBEFA wurde als umfassendste Quelle ausgewählt
- Daten der HBEFA sind an eine kontinuierliche, vereinfachte Formel für die Berechnung der für die Fahrt aufzuwendenden Kraft (*) angepasst worden

$$EF_p(v, \alpha) = c_0 + c_{va_1} v a + c_{va_2} v a^2 + c_1 v + c_2 v^2 + c_3 v^3$$

(*) TREIBER, M.; KESTING, A.; THIEMANN, C. (2008). How Much does Traffic Congestion Increase Fuel Consumption and Emissions? Applying a Fuel Consumption Model to the NGSIM Trajectory Data. Presentation No. 08-2715 at the Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 13-17, 2008, Washington, DC.

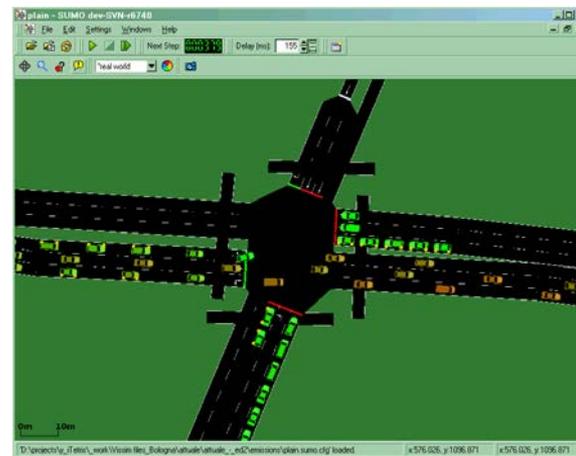
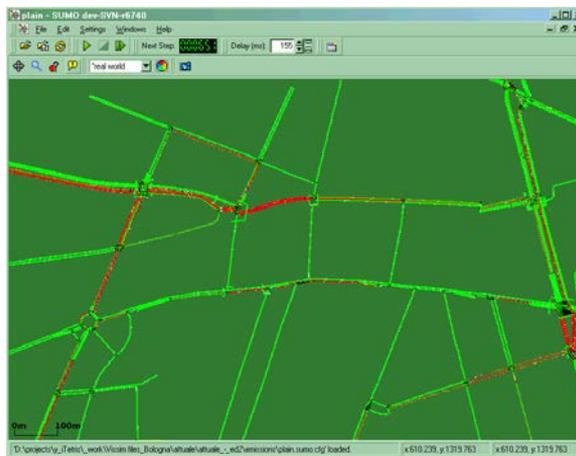


Kontext

Schadstoffemission in „SUMO“

Simulationsausgaben

- pro Fahrzeug: Emission/Verbrauch über die gesamte Fahrt
- pro Spur: Emission/Verbrauch über variable Zeitspannen
- pro Kante (~Straße): Emission/Verbrauch über variable Zeitspannen
- Visualisierung



Routing über Schadstoffausstoß

Idee

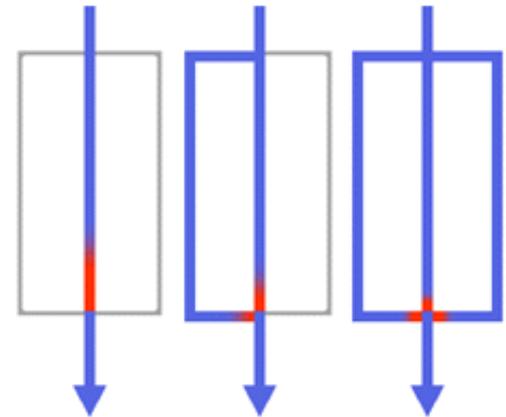
Grundlagen

- Fahrer wählen die schnellste Route durch ein Netz
- Für komplexe Straßennetze wird ein sog. „Benutzergleichgewicht“ errechnet



Fragestellung

- Was würde passieren, wenn Routen nicht anhand ihrer Dauer oder Länge, sondern anhand des Ausstoßes eines bestimmten Schadstoffes bewertet werden würden?

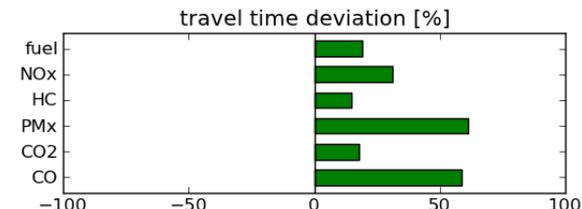
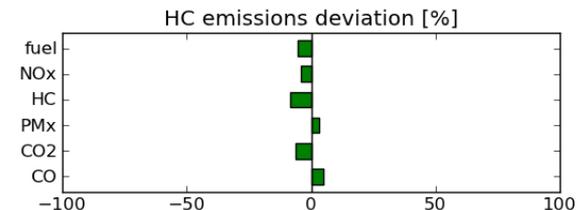
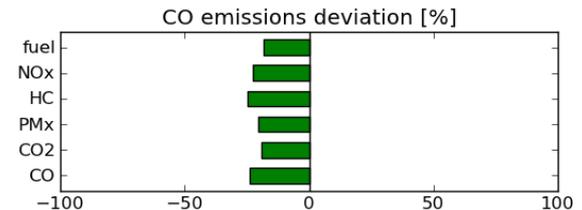
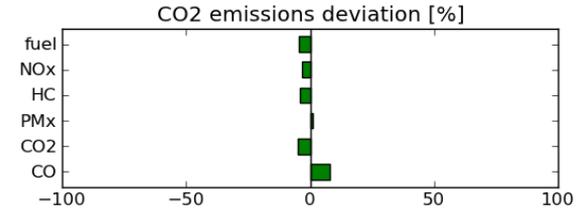
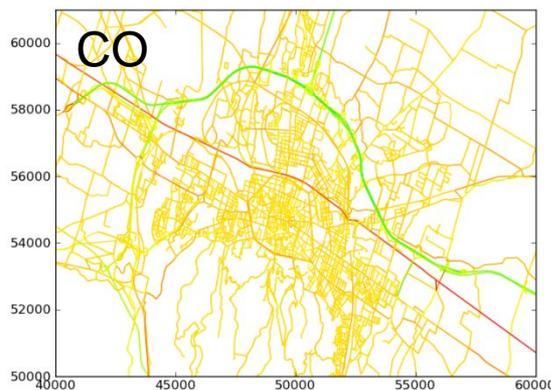


http://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop06005/chap_5.htm

Routing über Schadstoffausstoß

Initial Simuliertes Benutzergleichgewicht

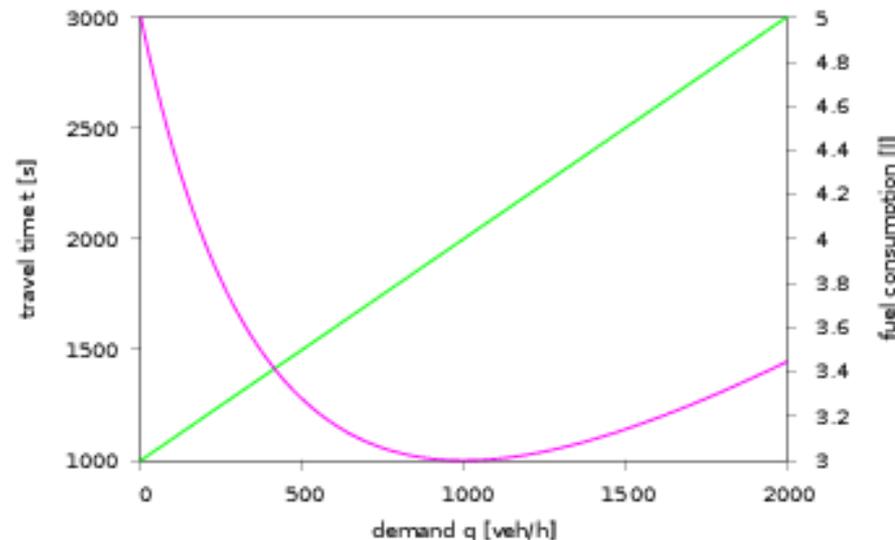
- Großflächige Nachfrageumlegung über Schadstoffe (CO, CO₂, HC, PM_x, NO_x) und Kraftstoffverbrauch
- Die Ergebnisse erwiesen sich als unstabil, schwer zu verstehen und daher als vage



Routing über Schadstoffausstoß

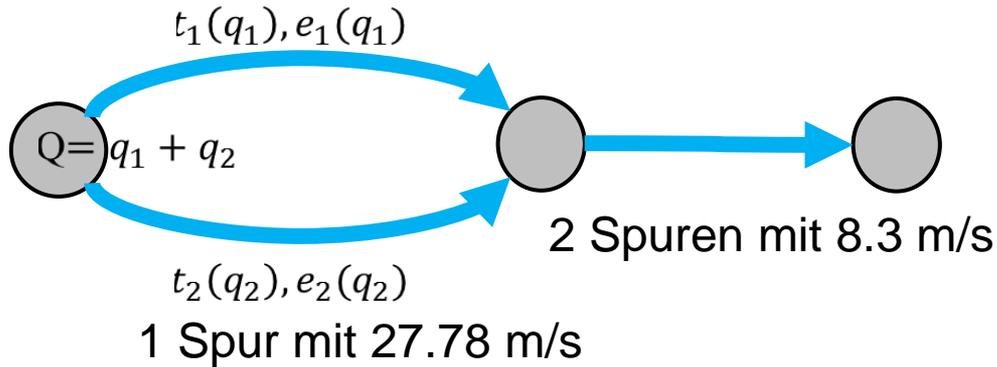
Analytische Herangehensweise

- Fahrzeit steigt kontinuierlich mit wachsender Anzahl von Fahrzeugen auf der Straße
- Schadstoffemission (hier: Kraftstoffausstoß) nicht; das Optimum liegt bei einer bestimmten, fahrzeugtypabhängigen Geschwindigkeit

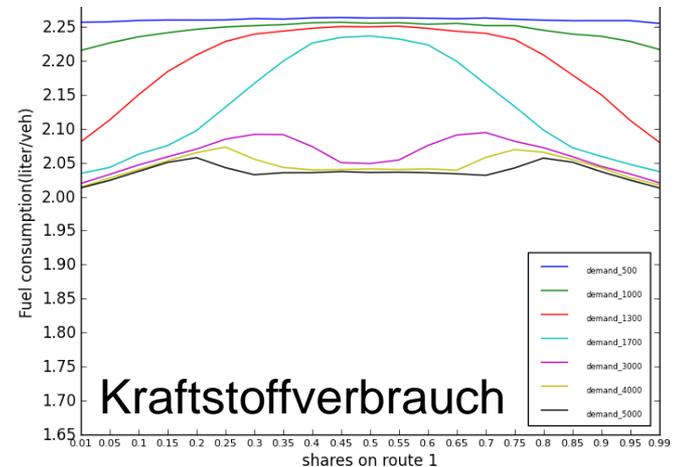
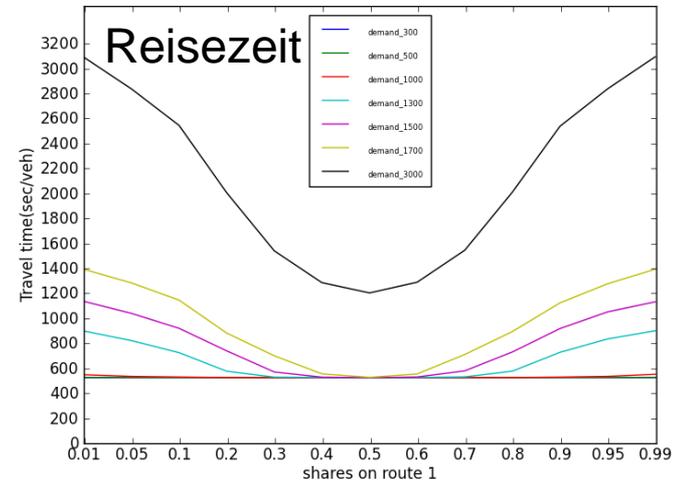


Routing über Schadstoffausstoß (Wiederholte) Prüfung in der Simulation

➤ Ausschluss von Brems- oder Beschleunigungsvorgängen



➔ Mehrere Optima!



Routing über Schadstoffausstoß

Zusammenfassung des Zwischenthemas

- Im Gegensatz zur konventionell für die Routenwahl benutzten Größe „Reisezeit“ steigen die Kosten für die Nutzung einer Straße nicht mit wachsender Anzahl der Fahrzeuge, die die Straße nutzen
- Für kleine Netze konnte gezeigt werden, dass so mehrere Optima existieren, was zu Oszillationen bei der Routenwahl führen kann
- Schwer vermittelbar: am Anfang sinkt die Menge emittierter Schadstoffe mit steigender Nachfrage (ein/e Fahrer/in benutzt eine volle Straße um die Emissionen zu senken)



Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen

Fragestellungen

- Bewertung einer Maßnahme vor ihrer Implementierung
- Auswahl einer geeigneten Maßnahme
- Vorhersage über den Nutzen einer Maßnahme bei zukünftigen Veränderungen in der Mobilität bzw. der Fahrzeugflotte

Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen

Szenario Braunschweig (AIM)

Mikroskopische Abbildung des Straßenverkehrs in Braunschweig

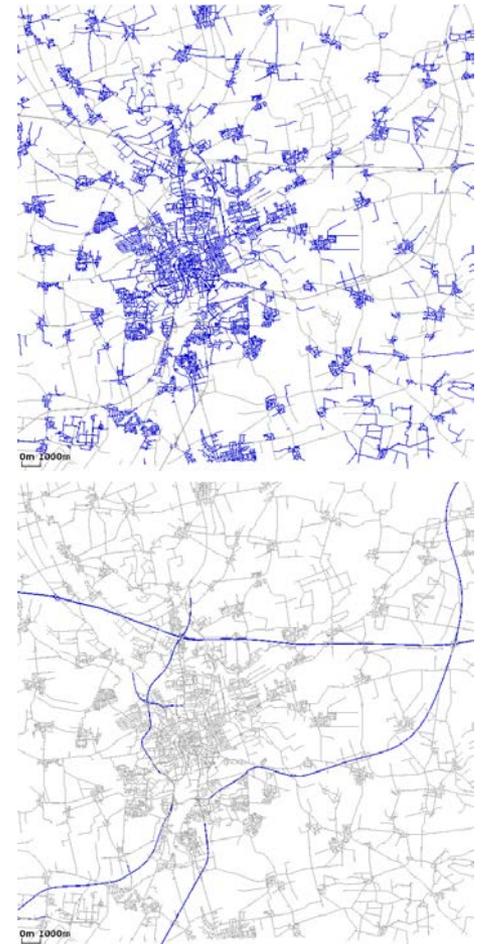
- Nachbearbeitetes (Spuranzahl, Aufweitungen, LSA-Positionen) Straßennetz der Firma Navteq
- Mikroskopische Nachfrage, abgeleitet aus der kommerziellen VALIDATE-Matrix der Firma PTV
- Zusätzliche Attribute aus OpenStreetMap
- Manuell eingepflegte ÖPNV-Linien



Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen „Machbarkeitsstudie“

Drei sehr einfache und grobe
„Maßnahmen“

- Reduktion der auf Stadtstraßen erlaubten Geschwindigkeit auf 30 km/h („Stadt30“)
- Erhöhung der auf Stadtstraßen erlaubten Geschwindigkeit auf 60 km/h („Stadt60“)
- Reduktion der auf Autobahnen erlaubten Geschwindigkeit auf 80 km/h („Autobahn80“)



Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen „Machbarkeitsstudie“

Durchführung

- Änderung der Geschwindigkeit auf Straßen
- Umlegung mittels des one-shot Algorithmus^(*)
- Vergleich gegen das Originalszenario
 - Straßennutzung (#Fahrzeuge / Straße)
 - Emissionen (Kantenweise)

(*) Behrisch, Michael und Krajzewicz, Daniel und Wang, Yun-Pang (2008) *Comparing performance and quality of traffic assignment techniques for microscopic road traffic simulations*. In: Proceedings of DTA2008. DTA2008 International Symposium on Dynamic Traffic Assignment, 2008-06-18 - 2008-06-20, Leuven (Belgien).



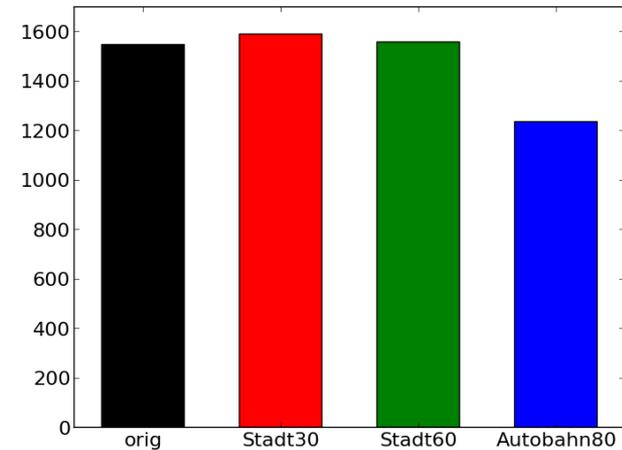
Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen

Weitere Vergleiche

Gesamtemissionen (CO₂)

- Kaum Auswirkungen bei Stadtszenarien
- Deutliche Reduktion bei einer Begrenzung der Geschwindigkeit auf Autobahnen

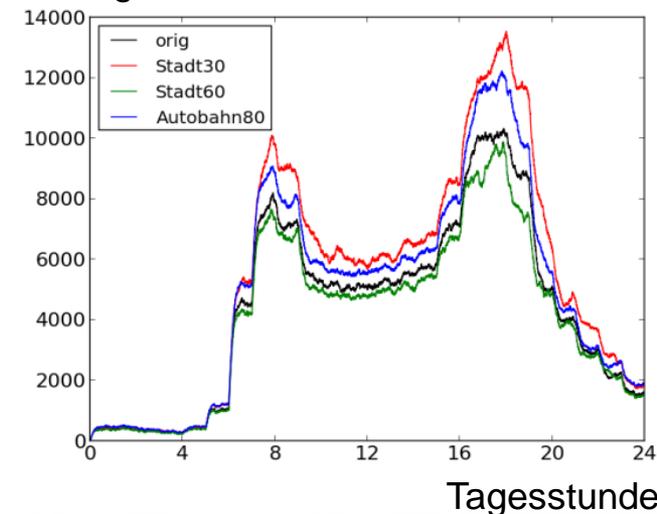
CO₂ [t]



Tagesgang

- Deutlich mehr Fahrzeuge bei beiden Szenarien in denen die Geschwindigkeit reduziert worden ist (vermutlich durch die längere Verweildauer im Netz)

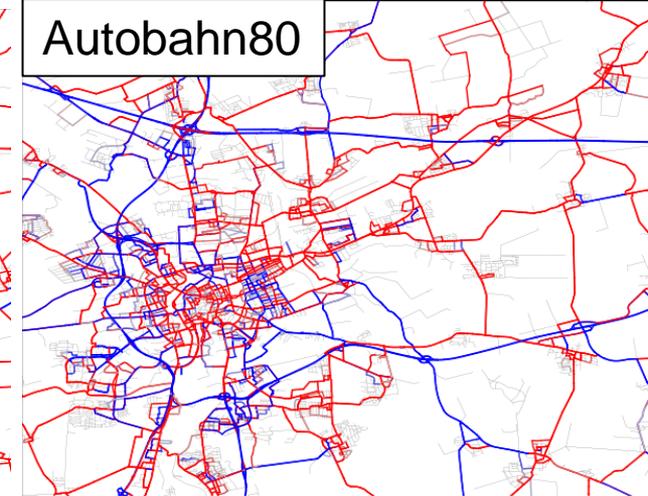
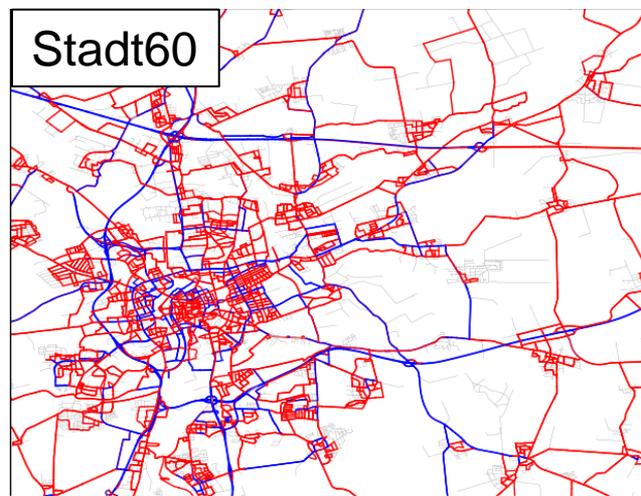
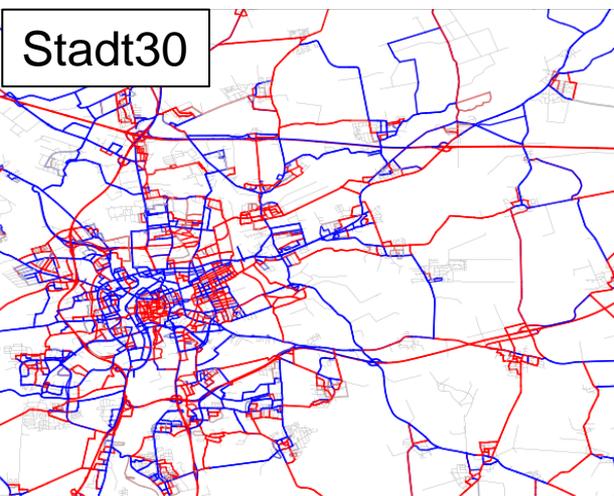
Fahrzeuge



Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen

Vergleich der Straßennutzung

blau: weniger Fahrzeuge als im Originalszenario, rot mehr Fahrzeuge

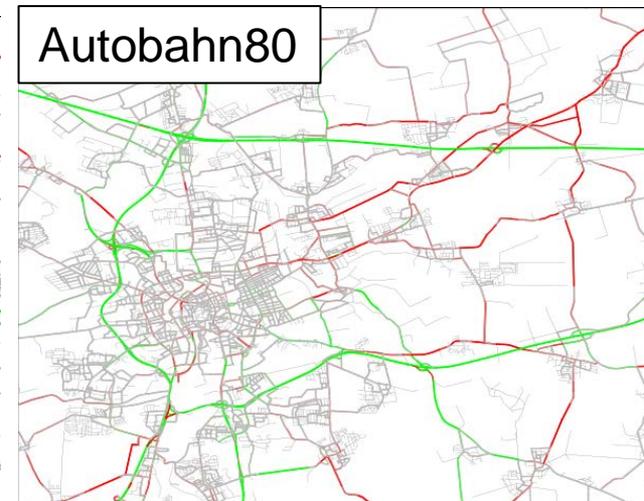
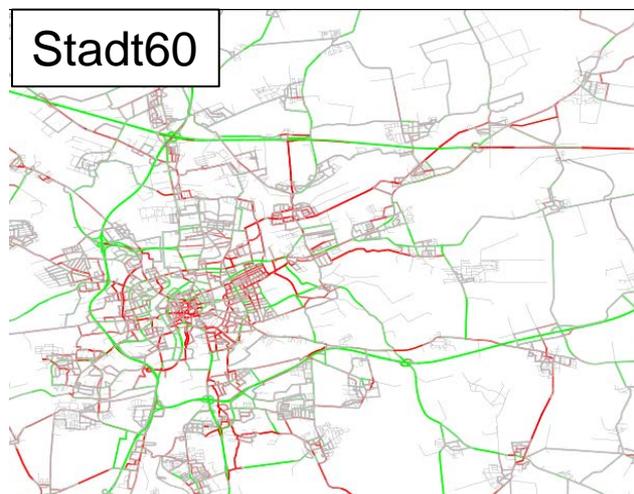
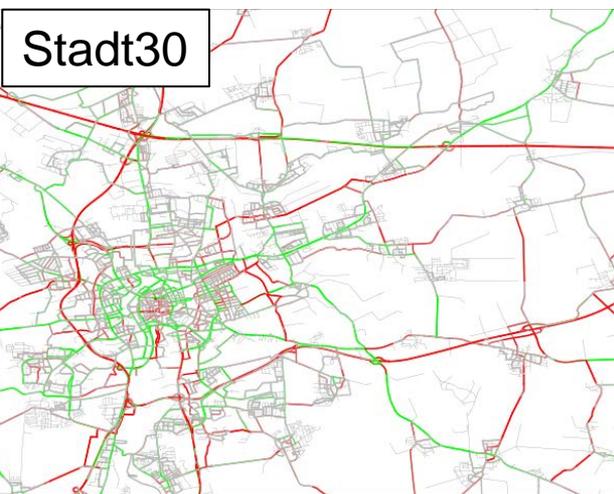


- Stadt30: Verlagerung in die Seitenstraßen und auf den Autobahnring
- Stadt60: Verlagerung von der Autobahn
- Autobahn80: Verlagerung in die Stadt

Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen

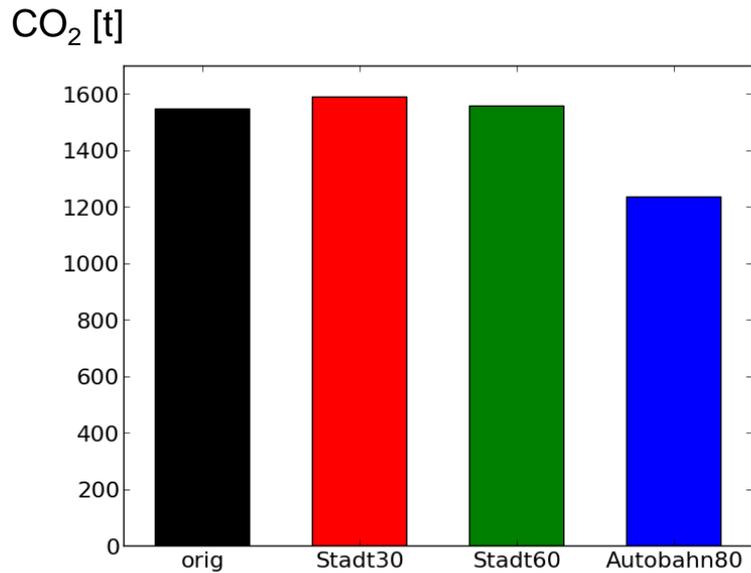
Vergleich der Straßennutzung

grün weniger CO₂-Emissionen, rot mehr



- Stadt30: mehr Emissionen auf der Autobahn, z.T. auf Seitenstraßen
- Stadt60: mehr Emissionen in der Innenstadt, weniger auf der Autobahn
- Autobahn80: mehr Emissionen auf den Landstraßen

Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen Qualität?



~1600 t / Tag

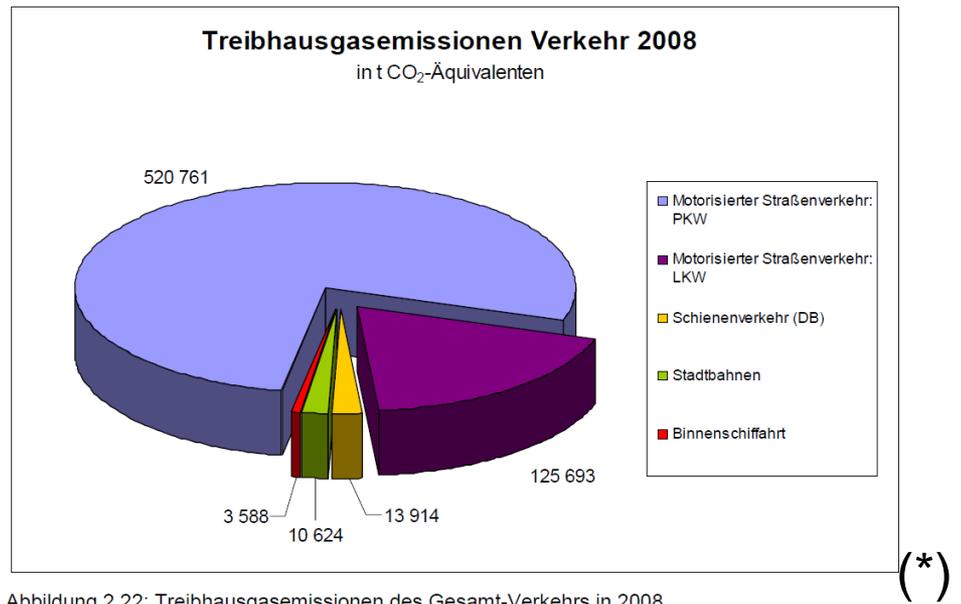


Abbildung 2.22: Treibhausgasemissionen des Gesamt-Verkehrs in 2008

~1770 t / Tag

(*) GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2010). Integriertes Klimaschutzkonzept für die Stadt Braunschweig.

Reale Verkehrsmanagementmaßnahmen

Nächste Schritte: Umsetzung MARLIS

- Im Rahmen einer Diplomarbeit
- Aktuelle Schritte: Auswahl der umzusetzenden Szenarien anhand der MARLIS-Datenbank
 - Reduktion auf Verbote (z.B. keine Änderungen in der Fahrzeugflotte, keine Baumaßnahmen, keine Änderungen im ÖPNV, kein Rad-, Fußgängerverkehr und keine Öffentlichkeitsarbeit)
- Nächste Schritte
 - Erweiterung der Werkzeuge (Verbesserung der Interpretation)
 - Annahmen zur Übertragbarkeit
 - Nutzung des Emissionsmodells PHEM (Anbindung wurde innerhalb des EU-Projektes „COLOMBO“ realisiert)