

Und wenn die Ampel länger grün ist?

VERKEHRSPLANUNG MIT HILFE EINES

MIKROSKOPISCHEN ABGAS-SIMULATIONSMODELLS

Verkehr ist einer der Hauptverursacher von Luftverschmutzung. Strenger werdende Richtlinien und niedrigere Grenzwerte erhöhen den Druck, für weniger Emissionen zu sorgen. Welche Rolle hierbei die Verkehrsplanung spielen kann und welche Folgen die unterschiedlichen Eingriffe in den Straßenverkehr haben, haben Wissenschaftler am Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau und in der Konzernforschung der Volkswagen AG mit Hilfe eines Computerprogramms simuliert.

Problemstellung und Zielsetzung

Die Entwicklung des Wohlstands in den Industrieländern ging in den vergangenen Jahrzehnten mit einer starken Verkehrszunahme einher. Diese Zunahme verdeutlicht einerseits die große Bedeutung des Verkehrs für Wirtschaft und Gesellschaft, verursacht aber andererseits erhebliche Umweltprobleme. In der Folge werden heute die Konflikte zwischen Raumnutzung, Verkehr und Umwelt von der Bevölkerung zu den vorrangigsten Problemen unserer Gesellschaft gezählt.

Eine verstärkte Vorsorge für die menschliche Gesundheit sowie besorgniserregende Vegetations- und Materialschäden lenkt das Augenmerk auf Möglichkeiten der Emissionsminderung in innerstädtischen Bereichen. Besonders in Ballungsräumen sind Abgase von Fahrzeugen, Fabriken und Haushalten eine spürbare Umweltbelastung und führen zu einer allgemeinen Minderung der Lebensqualität.

Mit den wachsenden Bemühungen der Europäischen Union, eine Verbesserung der Luftqualität zu erzielen und in Verbindung dazu die zulässigen Grenzwerte immer weiter herabzusetzen, wird es immer bedeutsamer, die Entwicklung entstehender Emissionen gerade im Straßenverkehr zu simulieren.

Durch Simulationen wird es möglich, Veränderungen aller Art, die Einfluss auf die Verkehrssituation haben können (bauliche Maßnahmen, Veränderung in der Verkehrszusammensetzung u.ä.), bereits im Vorfeld rechnergestützt zu bestimmen und gegebenenfalls erforderliche Maßnahmen zu planen und zu verwirklichen. Im Hinblick auf die Umsetzung der EG-Luftqualitätsrahmenrichtlinie in deutsches Recht gerät das Thema Emissionen wieder stärker in den Vordergrund, da die zuständigen Behörden in den Ballungsräumen zukünftig Aktionspläne bei Grenzwertüberschreitungen aufstellen müssen.

Um Auswirkungen etwaiger Änderungen auf die Luftqualität zu ermitteln, hat die VOLKSWAGEN AG in Zusammenarbeit mit der PTV AG die Software ADVANCE entwickelt. Mit ADVANCE kann das gesamte Verkehrsgeschehen von der Verkehrsnachfrage bis hin zur Entstehung der Emissionen nachvollzogen werden.

Die Simulationssoftware wurde am Institut für Verkehrswirtschaft im Rahmen mehrerer Diplomarbeiten mitentwickelt, validiert und an einer konkreten Untersuchungsstrecke getestet. Weitere Diplomarbeiten zu diesem Thema wurden von Studierenden der TU Braunschweig und der FH Braunschweig/Wolfenbüttel bearbeitet.

1 Emissionsermittlung

Um die Einhaltung der jeweiligen gültigen Emissionsgrenzwerte vor der Zulassung neu entwickelter Fahrzeuge zu überprüfen, werden die fahrzeugspezifischen Emissionen durch das Nachfahren von Fahrzyklen auf einem Rollenprüfstand bestimmt (Abbildung 1).

Während der Prüfung fährt der Fahrzeugführer einen vorgeschriebenen Fahrzyklus ab. Aus den entstehenden Abgasen wird ein gleichmäßiges Luft-Abgas-Gemisch über ein Hauptgebläse unabhängig von der Menge des ausgestoßenen Abgases angesaugt. Die Sammlung der Proben erfolgt in einem oder mehreren Sammelbeutel, aus denen dann die Entnahme zur eigentlichen Messung erfolgt. Auf der Basis der während des Tests zurückgelegten Strecke können die Emissionen umgerechnet werden.

Die Fahrzyklen wurden jeweils länderspezifisch entwickelt. In Europa bedient man sich des »New European Driving Cycle« (NEDC).

2 Verkehrssimulationen

Bei einer Simulation handelt es sich um eine modellhafte Nachbildung eines Systems mit Hilfe eines Ersatzsystems, wobei die gewonnenen Ergebnisse mit denen des ursprünglichen Systems übereinstimmen sollen.

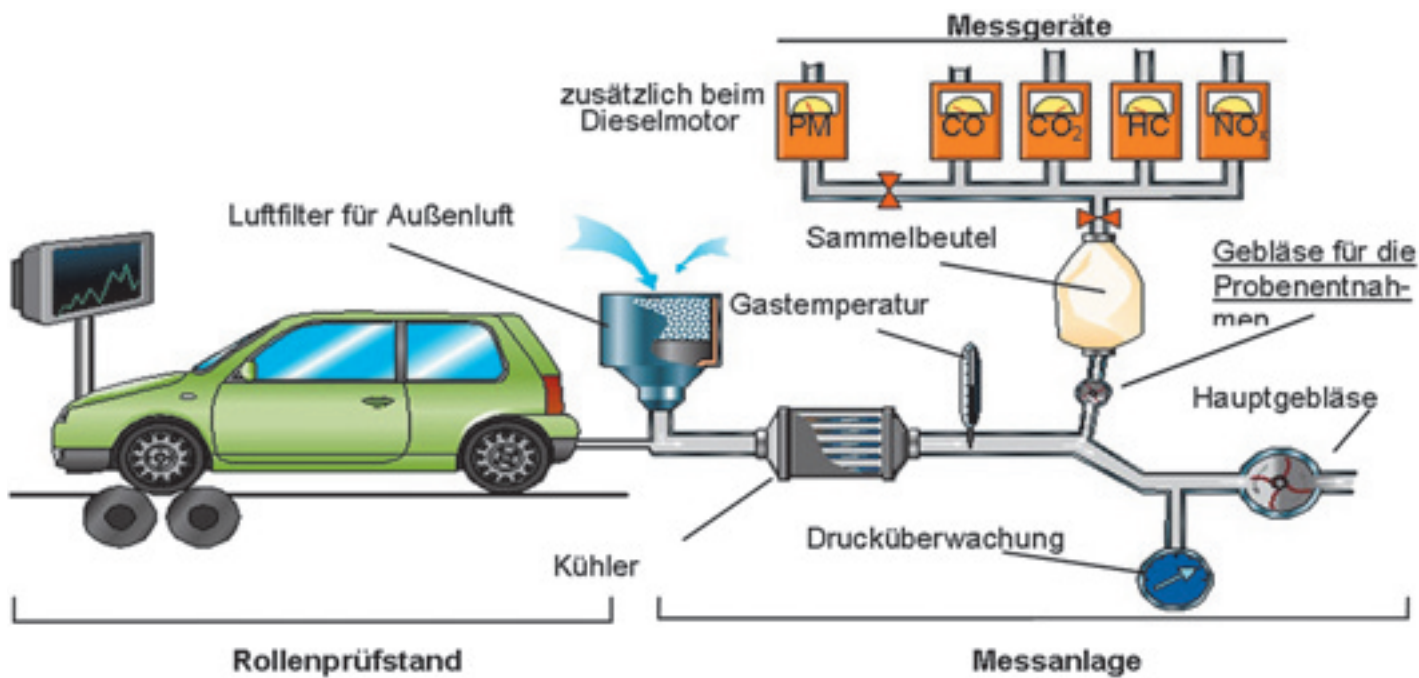


Abbildung 1 Pkw-Rollenprüfstand mit nachgeschalteter Messanlage.

Mit Hilfe von Simulationen können Änderungen am realen System und die daraus resultierenden Auswirkungen modelliert werden. Solche Modifikationen am bestehenden Objekt in der Realität durchzuführen, gestaltet sich oft schwierig oder unmöglich (hoher Aufwand, hohe Kosten, starke Beeinflussung des Ist-Zustands u.a.). Das Vorgehen bei Simulationen kann in die Teilbereiche Systemanalyse, Modellaufbau, Modellexperimente und Anwendung der Ergebnisse unterteilt werden.

emissionen werden mit Emissionsmodellen ermittelt oder berechnet.

- Durch Strömungs- und Ausbreitungsberechnungen können die berechneten Ergebnisse in resultierende Luftqualitäten (Immissionen) umgerechnet werden.

Auf diese Weise kann die gesamte Kausalkette von der Entstehung der Mobilität bis zur Luftqualität abgebildet werden. Im Normalfall werden alle vier beschriebenen Teilmodelle unabhängig von-

Aufgrund der Aggregationen beim Übergang zwischen den einzelnen Modellen können Informationsverluste Probleme verursachen. Auch ist bei der Abbildung von Zustandsänderungen eine Rückkopplung über mehrere Modelle nur bedingt möglich.

Um diese Probleme zu umgehen, wurde unter Federführung der VOLKSWAGEN AG das Simulationsprogramm ADVANCE entwickelt, in dem alle vier genannten Einzelmodelle integriert wurden (Abbildung 2). Das Modell

Die Modellierung des Verkehrsgeschehens und die Berechnung der Auswirkungen (zum Beispiel der Berechnung von Emissionen) erfolgt in vier aufeinander folgenden Stufen (Teilmodellen):

- Ortsveränderungswünsche einzelner Personen können mit Hilfe von disaggregierten Verkehrsnachfragemodellen beschrieben werden (dynamisches Wegewahlmodell).
- Anschließend wird der daraus resultierende Straßenverkehr mittels mikroskopischer Verkehrsflussmodelle dargestellt.
- Die durch den Verkehrsfluss entstandenen Abgas-



Abbildung 2 Datenfluss zwischen den in ADVANCE verwendeten Teilmodellen.

einander angewandt und die Ergebnisse in das jeweils folgende als Eingangsgrößen eingesetzt.

wurde im Rahmen von mehreren Diplomarbeiten unter anderem am Institut für Verkehrswirtschaft eingesetzt und

einer umfangreichen Validierungsphase unterzogen. Die Programmtauglichkeit wurde abschließend in einem Untersuchungsgebiet in Hannover (Göttinger Straße) getestet.

3 Emissionsberechnungen für die Göttinger Straße

Zur Überprüfung der mit ADVANCE berechneten Emissionen wurde im Rahmen des BMBF-Projekts VALIUM (Entwicklung und Validierung von Instrumenten zur Umsetzung der Europäischen Luftqualitätspolitik) ein Teilstück der Göttinger Straße in Hannover im Stadtteil Hannover-Linden/Süd (Abbildung 3) ausgewählt. Dieses Teilstück ist rund 220 Meter lang und besitzt zwei Fahrstreifen je Richtung. Die Verkehrsbelastung beträgt im Querschnitt rund 30.000 Fahrzeuge in 24 Stunden. Die 15 bis 20 Meter hohe Bebauung steht direkt an der Straße. Der Untersuchungsabschnitt wird im Norden durch den Deisterplatz und im Süden durch die Ritter-Brüning-Straße begrenzt.

Innerhalb des Untersuchungsgebiets stehen fünf der sechs vom Lufthygienischen Überwachungssystem Niedersachsen in diesem Stadtteil betriebenen Messstationen. Die Messwerte dieser Stationen können zu einer Beurteilung der in ADVANCE berechneten Emissionen, die über eine integrierte Schnittstelle an das Ausbreitungsmodell MISKAM

zur Umrechnung in Immissionen übergeben wurden, genutzt werden.

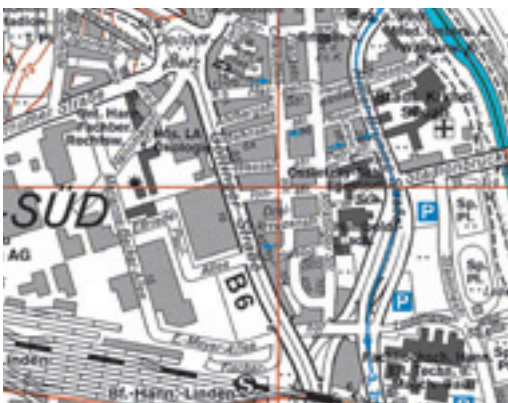


Abbildung 3
Untersuchungsabschnitt auf der Göttinger Straße.

zur Umrechnung in Immissionen übergeben wurden, genutzt werden.

Eine Station befindet sich in rund 35 Metern Höhe auf dem Dach des Gebäudes des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie. Sie liefert die Werte der im Gebiet auftretenden Grundbelastung an Schadstoffen aus Hausbrand, Industrie und Gewerbe. Die gemessenen Komponenten umfassen neben den Schadstoffen SO_2 , NO , NO_2 , CO , O_3 und Schwebstaub auch meteorologische Größen wie die Windrichtung und die Windgeschwindigkeit, die bei späteren Immissionsberechnungen von Bedeutung sind. Die anderen vier Stationen befinden sich an der Göttinger Straße in einer Höhe von 1,5 Metern über dem Straßenniveau. Gemessen werden hier die Schadstoffe NO , NO_2 , CO , Benzol, Toluol und Xylol. Unter Berücksichtigung der Messwerte der Station zur Ermittlung der Grundbelastung kann auf die durch den Kfz-Verkehr emittierten Schadstoffkonzentrationen geschlossen werden.

3.1

Untersuchte Szenarien

Im Folgenden werden die Ergebnisse ausgewählter Modellrechnungen beschrieben. Am bereits bestehenden Netz der Göttinger Straße wurden Modifikationen vorgenommen und ihr Einfluss auf die NO_x -, CO - und PM -Emissionen simuliert. Auf diese Weise konnte eine Beurteilung des Wirkungsgrads der betreffenden Maßnahme erfolgen.

Simuliert wurden die folgenden Varianten:

- Sperrung der Göttinger Straße für den gesamten Schwerlastverkehr.
- Sperrung für schwere Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 14 Tonnen über den gesamten Simulationszeitraum.
- Änderung des Signalzeitplans einer Lichtsignalanlage (Verlängerung der Grünphase für Kfz um acht Sekunden).

- Wegfall einer Lichtsignalanlage (Ersatz durch eine Fußgängerbrücke).
- Erhöhung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 60 km/h.
- Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 40 km/h.
- Sperrung eines Fahrstreifens (Linienbaustelle) in einer Richtung verbunden mit einer Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h.

Die Ermittlung der Schadstoffkomponenten erfolgte nur für den beschriebenen Streckenabschnitt.

Da zunächst keine Umrechnung der Ergebnisse in Immissionen, sondern lediglich eine Beurteilung des Einflusses der Maßnahmen erfolgte, wurde vorerst auf die Berechnung der Emissionen auf den angrenzenden Zufahrt- und Verbindungsstrecken verzichtet.

3.2

Zusammenfassende Bewertung

Die Simulation der einzelnen Varianten erfolgte nach Validierung des Ist-beziehungsweise des Referenzzustands (Vergleich der berechneten Emissionen und umgerechneten Immissionen mit den entlang des Untersuchungsabschnitts vorhandenen Messstationen).

Die Szenarien, bei denen die Durchfahrt durch die Göttinger Straße für die schweren Nutzfahrzeuge ganz oder nur teilweise untersagt wurde, zeigten den sehr hohen Anteil, den der Schwerlastverkehr an den Gesamtemissionen der NO_x hat. Der Schwerverkehr in der Göttinger Straße (etwa acht Prozent) stellt einen Anteil von rund 75 Prozent an den entstehenden Gesamtemissionen der Stickstoffoxide dar.

Die Änderungen der Lichtsignalsteuerungen zeigten, dass diese einen erheblichen Einfluss auf die Entstehung von Emissionen hat. Durch eine Verlängerung der Grünzeiten zur »Vergleichmäßigung« und »Verflüssigung« des Verkehrs kommt es zu einer deutlichen Abnahme der entstehenden Emissionen. Je mehr bewusste Unterbrechungen jedoch für den Kfz-Verkehr entstehen (etwa durch eine Priorisierung des schienengebundenen Öffentlichen Verkehrs), desto mehr Emissionen entstehen.

Bei der Herabsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in der Göttinger Straße kam es vereinzelt zu deutlich höheren Emissionskonzentrationen. Für die Göttinger Straße lag das »Emissionsoptimum« für Abgasemissionen anscheinend über einer zuläs-

sigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h, woraus sich ein Zielkonflikt mit den entstehenden Lärmemissionen ergibt. Eine umfassende Betrachtung dieser Problematik ergibt sich aus der Kopplung von ROTRANOMO (Road Traffic Noise Model) und ADVANCE, die zusammen eine uniforme Modellierungsplattform bilden (siehe www.rotranomo.com und www.mobilitaet-und-nachhaltigkeit.de/_content/wissen_21101.asp).

4 Fazit

Die Berechnungen der oben aufgeführten Szenarien mit ADVANCE bestätigten in allen Fällen die erwarteten Ergebnisse. Eine Bewertung der Qualität dieser Ergebnisse konnte nicht erfolgen, da für die gewählten Szenarien keine



Dr.-Ing. Stephan Hoffmann

Jahrgang 1967, ist wissenschaftlicher Assistent am Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau.



Dipl.-Ing. Henning Ernst

Jahrgang 1978, Konzernforschung Mobilität, K-EF/M, Volkswagen AG Wolfsburg.

Messwerte aus der Göttinger Straße vorlagen. In der Zusammenarbeit des Instituts für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau und der VOLKSWAGEN AG wurde ein Mittel entwickelt, das Ver-

kehringenieuren bei der Entscheidungsfindung, welche Maßnahmen angeordnet werden sollen und wie deren Auswirkungen im Verkehrsbereich abgeschätzt werden können, hilft.