Beeinflussung von Verkehrsverhalten durch städtisches Verkehrsmanagement – Anwendung digitaler Daten im Projekt SCHOOL

Influencing Traffic Behaviour by Municipal Traffic Management – Digital Data in the Project SCHOOL

Irina Weißbeck[1], Thorsten Miltner[1], Stefan Krampe[2], Wido Hamel[3]

[1]Stadt Kassel, Straßenverkehrs- und Tiefbauamt · irina.weissbeck@kassel.de
[2]Trafficon GmbH, München
[3]Bauhaus Universität, Weimar

Zusammenfassung: Das Projekt SCHOOL – Strategiewechsel durch Open-Data-orientierte Lösungen – ist ein Forschungsvorhaben zum Verkehrsmanagement in Ballungsgebieten. Wachsende Verkehrsmengen sind die Ursache für Staus und zähfließenden Verkehr. Weitere Folgen sind Umweltbelastungen vor allem durch Feinstaub und Stickoxide. Im Projekt werden Ansätze erarbeitet, um den Verkehrsablauf auf der Grundlage von georeferenzierten Daten umweltverträglicher zu gestalten und dadurch die Beeinträchtigungen für Stadtbewohner und Verkehrsteilnehmer gering zu halten. In den beteiligten Kommunen werden auf diesen Daten basierende Verkehrsmanagementstrategien entwickelt und prototypisch umgesetzt. Mithilfe von spezifischen Maßnahmen im Verkehrsmanagement werden die negativen Auswirkungen des städtischen Verkehrs vermindert.

Schlüsselwörter: Verkehrsmanagement, dynamische Daten, Georeferenzierung

Abstract: *The SCHOOL project – Strategy shift through open data orientated solutions – is a research project addressing traffic management in agglomerations. Increasing traffic volume causes congestions and slow-moving traffic. Further consequences are environmental pollution principally due to particulates and nitrous oxides. Based on georeferenced data approaches towards an environmentally compatible traffic management with less negative impact on inhabitants are designed. By means of these data, traffic management strategies are developed and prototypically implemented in the municipalities involved. Specific traffic management measures enable to lessen the negative effects of urban traffic.*

Keywords*: Traffic management, dynamic data, georeferencing*

1 Das Projekt SCHOOL

Ziel des Projektes ist es, mit modernen Methoden und unter Nutzung zeitgemäßer Technik Verkehrsteilnehmer so zu beeinflussen, dass die Auswirkungen des Verkehrs minimiert werden. Zu den Methoden gehört der Einsatz von Verkehrs- und Umweltwirkungsmodellen, Maßnahmen im Verkehrsmanagement sowie Anwendungen aus dem Bereich smarter Mobilitätsbeeinflussung wie Incentivierung und Gamification (vgl. Lubrich et al., 2020). Im Folgenden werden im Wesentlichen die Aktivitäten im Bereich der Stadt Kassel adressiert.

Zu den Projektpartnern zählen die Städte Dortmund, Frankfurt am Main und Kassel, die IVM Region Frankfurt RheinMain GmbH, die Bauhaus Universität Weimar, die Technische Hoch-

AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 6-2020, S. 296-304. © Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach. ISBN 978-3-87907-698-7, ISSN 2364-9283, eISSN 2509-713X, doi:10.14627/537698029.
Dieser Beitrag ist ein Open-Access-Beitrag, der unter den Bedingungen und unter den Auflagen der Creative Commons Attribution Lizenz verbreitet wird (http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

schule Mittelhessen (Projektkoordination) sowie die Unternehmen Trafficon GmbH, die pwp-systems GmbH und die Zeitmeilen AG.

Das Projekt wird in der Laufzeit vom 01.11.2017 bis 31.10.2020 aus Mitteln der Forschungsinitiative mFUND des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert.

2 Pilot Stadt Kassel

Die Luftverschmutzung hat einen großen Einfluss auf unsere Gesundheit. Für den menschlichen Organismus sind Konzentration der Schadstoffe und Dauer der Aussetzung von entscheidender Bedeutung (WHO, 1999). Als wichtiger Indikator und Grenzwert gilt gemäß 39. Bundes-Immissionsschutzverordnungen (BImSchV) die NO_2-Konzentration von 40 µg/m³ im Jahresmittel, die nicht überschritten werden darf. Noch vor Industrie und Energieerzeugung ist Verkehr der größte Emittent an Luftschadstoffen. Die größten Schadstoffbelastungen treten dort auf, wo hohe Verkehrsbelastung in Verbindung mit schlechten Luft-Austauschbedingungen vorherrschen. Da die Austauschbedingungen nicht oder nur mit größtem Aufwand verbessert werden können, konzentrieren sich die Vorschläge zur Verbesserung der Luftqualität auf Maßnahmen des motorisierten Verkehrs.

Deshalb werden in der Stadt Kassel Ansätze erarbeitet, um den Verkehrsablauf auf der Grundlage von georeferenzierten Daten umweltverträglicher zu gestalten und dadurch die Beeinträchtigungen für Stadtbewohner und Verkehrsteilnehmer gering zu halten.

In Kassel wird die Pilotanwendung der Verkehrsverlagerung durch eine Alternativroutensteuerung getestet. Im Fall von ungeplanten Verkehrsstörungen auf Bundesautobahnen (BAB) in Stadtnähe soll der dadurch resultierende Umfahrungs-Durchgangsverkehr aus dem Stadtzentrum auf eine alternative Route verlagert werden. Die Alternativroutensteuerung kann daneben im Fall einer erhöhten Luftschadstoffbelastung im Stadtzentrum angewendet werden.

Daneben soll in der Stadt Dortmund das Verkehrsmanagement bei Großveranstaltungen im Bereich des Westfalenstadions verbessert werden. In Frankfurt a. M. soll der Verkehr nach Umweltgesichtspunkten, wie der aktuellen und prognostizierten Stickstoffdioxid- und Feinstaubbelastung, gesteuert werden. In der Region Rhein-Main soll ein Informations-Service verbessert und die Wirkung von Anreizsystemen untersucht werden. Das Verkehrsmanagement der Städte muss dafür durch die Schaffung von Daten- und Systemvoraussetzungen mit der Ableitung von passgenauen Strategien ausgestattet werden.

Unter diesem Gesichtspunkt werden in der Stadt Kassel, genauso wie in den beteiligten Städten Dortmund und Frankfurt a. M., strategierelevante Daten in einem Bestandssystem gebündelt. Ähnlich wie in Kassel geschieht dies in der Stadt Frankfurt a. M. im Verkehrsmanagementsystem (VMS); in der Stadt Dortmund im Verkehrsrechnersystem. Die Systemumgebungen der drei beteiligten Städte enthalten bereits zahlreiche Bestandssysteme. Für die Initiierung von Strategien wird innerhalb der Systemumgebungen der Städte jeweils ein Daten- und Strategiemanagementsystem neu integriert, welches strategierelevante Daten u. a. mit dem jeweiligen Bestandssystem austauscht.

3 Verkehrsmanagementstrategien im Projekt

Die Stadt Kassel hat insgesamt 23 spezielle Szenarien und Strategien zur Verkehrsbeeinflussung entwickelt. Dazu zählt u. a. das Verkehrsmanagement bei Veranstaltungen mit hohen Besucherzahlen auf dem Messeareal oder im UNESCO Weltkulturerbe Bergpark Wilhelmshöhe aber auch bei Beschränkungen aufgrund von Hochwasser.

Für die pilothafte Umsetzung einer Alternativroutensteuerung im SCHOOL-Anwendungsfall sind Strategien für das

- Szenario einer Verkehrsstörung auf der BAB 7 in Fahrtrichtung Nord (und Süd) sowie das
- Szenario einer erhöhten Luftschadstoffbelastung in der Stadt Kassel

formuliert.

Das Strategieziel ist es die Nutzung und Attraktivität der Alternativroute zu steigern und den Durchgangsverkehr durch das Stadtzentrum zu begrenzen. Zusätzlich wird ein Anreizkonzept entwickelt, welches eine Incentivierung der Befolgung von Verhaltensempfehlungen ermöglicht.

a. Pilotgebiet Stadt Kassel

Das betrachtete Streckennetz umfasst die östlich der Stadt verlaufende BAB 7 zwischen den Anbindungen KS-Nord und KS-Mitte, die südlich der Stadt verlaufende BAB 49 zwischen der Anschlussstelle KS-Auestadion und dem Autobahnkreuz KS-Mitte, die Bedarfsumleitung L3460/L3237 Dresdener Straße zwischen der BAB 49 an der Ausfahrt KS-Waldau und der BAB 7 an der Auffahrt KS-Nord sowie die vom Durchgangsverkehr zu entlastende häufig genutzte innenstadtnahe Route über die B3/Frankfurter Straße bis zum Anschluss an die BAB an der Dresdener Straße (siehe Abb. 1).

b. Umsetzung der Alternativroutensteuerung

Bei der Umsetzung der Verkehrsmanagementstrategien werden die folgenden Maßnahmen ergriffen:

- Verkehrssteuerung an LSA: an der Stadteinfahrt (LSA Am Auestadion/Damaschkestraße) wird durch eine Reduzierung der Freigabezeit die Verkehrsstärke begrenzt, sodass nur kleinere Fahrzeugpulks ins Stadtzentrum gelangen; an den Knotenpunkten entlang der Alternativroute (L3460/L3237 Dresdener Straße) werden die Signalprogramme der LSA jeweils so aufeinander abgestimmt, dass ein koordinierter Verkehrsfluss entlang des Streckenabschnittes erfolgen kann.
- Verkehrsinformation an bestehenden (bzw. geplanten) physischen sowie virtuellen Verkehrsinformationstafeln: mit kollektiven und individuellen Verkehrsinformationen werden die Verkehrsteilnehmer in den stadteinwärtigen Fahrtrichtungen über die aktuelle Verkehrs- und Umweltsituation sowie mögliche Handlungsalternativen informiert; die Anzeige erfolgt vor Entscheidungspunkten, um die Wahl einer Alternativroute (z. B. L3460/L3237 Dresdener Straße) zu ermöglichen.
- Verkehrslenkung mit Smartphone Applikation: informiert über empfohlene Routen; beinhaltet virtuelle Schilder und die jeweils zugehörigen strategiekonformen Alternativrouten.

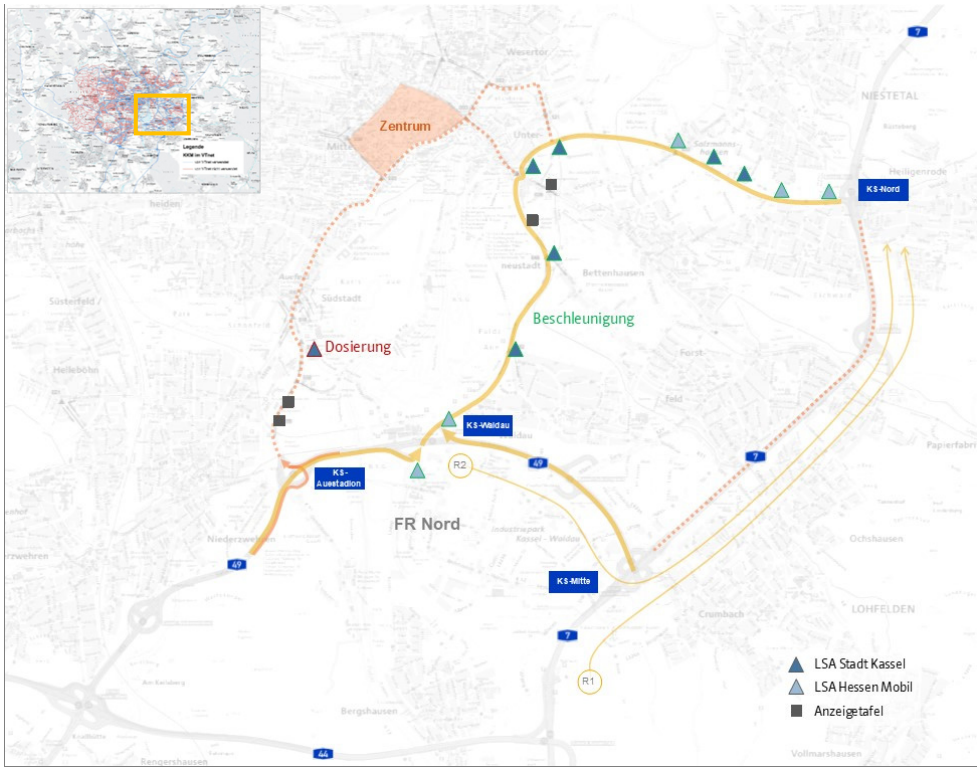

Abb. 1: Alternativroutensteuerung – SCHOOL Strategie 01 in Fahrtrichtung Nord

c. Datenbereitstellung über Mobilitäts Daten Marktplatz

Die Bereitstellung von u. a. Verkehrsinformationen sowie Empfehlungen der Verkehrslenkungen erfolgen jeweils georeferenziert über eine Schnittstelle zum Mobilitäts Daten Marktplatz (MDM) der Bundesanstalt für Straßenwesen (vgl. Miltner, 2018).

Das Straßenverkehrs- und Tiefbauamt der Stadt Kassel hat dazu wesentliche technische Grundlagen in seinem VMS aufgebaut.

Neben den o. g. Daten bietet die Stadt Kassel statische und dynamische Verkehrs- und Parkdaten sowie Verkehrsmeldung in Form von Publikationen an, u. a. an Serviceprovider, wie z. B. TomTom. Die Daten können so in eine Navigationslösung eingebunden und Nutzern zur Verfügung gestellt werden (vgl. Miltner, 2018).

4 Voraussetzungen und technische Komponenten

Um die vorgesehenen Strategien umzusetzen, ist eine Erweiterung des VMS und der weiteren Systemumgebung um neue Funktionen erforderlich.

a. Systemumgebung und Geobasis

Auf einer Georeferenzierung basierend, werden in der Stadt Kassel Strategiemanagement-Anwendungen und eine Umfelddatenerfassung implementiert (siehe Abb. 2).

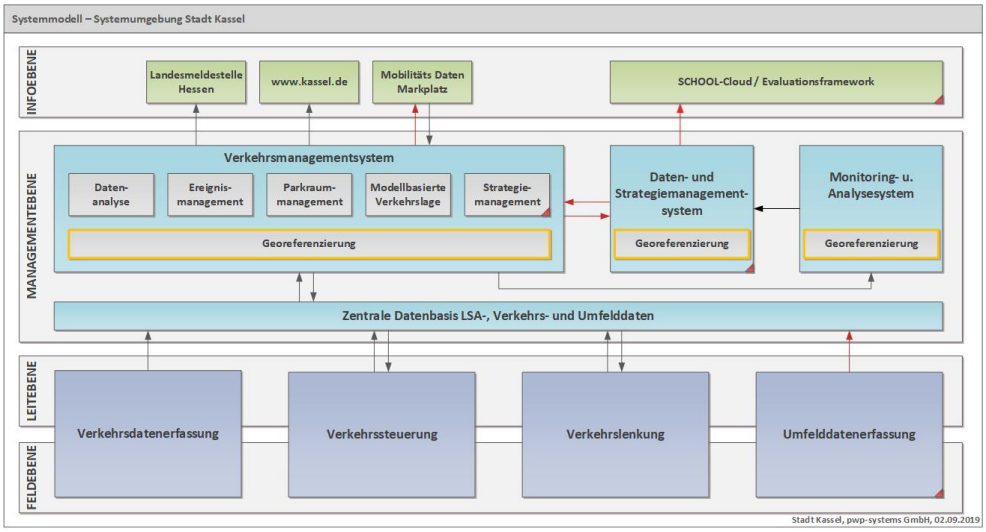

Abb. 2: Systemmodell – Systemumgebung Stadt Kassel, Erweiterung im Projekt rot gekennzeichnet

b. Geoinformationen im Verkehrsmanagement

Um zunächst strategieauslösende Verkehrsereignisse auf bestimmten Strecken (Standort) beziehungsweise die Verkehrslage (Situation) auf ausgewählten Routen bestimmen zu können, sind umfassende und konsistente geobasierte Verkehrsdaten erforderlich. Dafür ist ein kontinuierliches Monitoring von Verkehrs- und Ereignissituationen im Verkehrsnetz unter der Berücksichtigung von geplanten (Baustellen, Veranstaltungen) und ungeplanten (Verkehrsstörungen) Ereignissen notwendig. Die Situationsermittlung erfolgt in kurzen Zeitintervallen. Die Übertragung aller definierten Strategieparameter erfolgt in Zeitintervallen von 1 Minute als komplette Datenpakete.

Die wesentliche operative Grundlage für die Georeferenzierung der strategierelevanten Daten hat die Stadt Kassel im Rahmen des Projektes UR:BAN (Webseite: www.urban-online.org) mit dem Aufbau des VMS ermöglicht. Damit können die erforderlichen Daten vorgehalten und verarbeitet werden. Das VMS ist über geeignete Schnittstellen mit dem Verkehrssteuer- und -regelsystem (VSRS) der Stadt Kassel und nach außen mit dem Stadtportal Kassel, dem MDM und der Landesmeldestelle Hessen verbunden. Über das VSRS werden Lichtsignalprogramme beeinflusst und die erforderlichen Prozessdaten vom Knoten an die Zentrale geschickt.

Ein elementarer Baustein zur Georeferenzierung von Verkehrsdaten ist das Verkehrsnetz (Netzgraph); hier als sog. Knoten-Kanten-Modell (KKM) mit Zwischenpunkten. Zu den Eigenschaften eines KKM gehören Routingfähigkeit, fahrstreifenfeine Modellierung, (insb. an Knotenpunkten), Verortung von Haltelinien an Knotenpunkten mit Zuordnungen von LSA, Kennzeichnung von Abbiegegeboten und -verboten sowie die Zuordnung der zulässigen Höchstgeschwindigkeiten.

In der Systemumgebung der Stadt Kassel steht das Verkehrsnetz als bestehende Datenquelle zur Verfügung. Georeferenziert sind hier die Lage der Kanten (Straßenmittelachsen) und die Lage der Knoten (Schnittpunkte von sich schneidenden Straßenmittelachsen) von Hauptverkehrsstraßen, Nebenstraßen sowie weitere relevante Kanten. Den Knoten und Kanten sind Fahrstreifen und die Position von Haltlinien und Detektoren zugeordnet. Das KKM ist durchgängig fahrstreifenfein modelliert und für das gesamte Straßennetz der Stadt Kassel verfügbar. Sämtliche Verkehrsdetektion kann im Verkehrsnetz verortet werden. Es wird (z. B. bei der Erschließung von Neubaugebieten) kontinuierlich erweitert; im VMS abgebildet werden lediglich die relevanten Verkehrsstraßen (siehe Abb. 3).

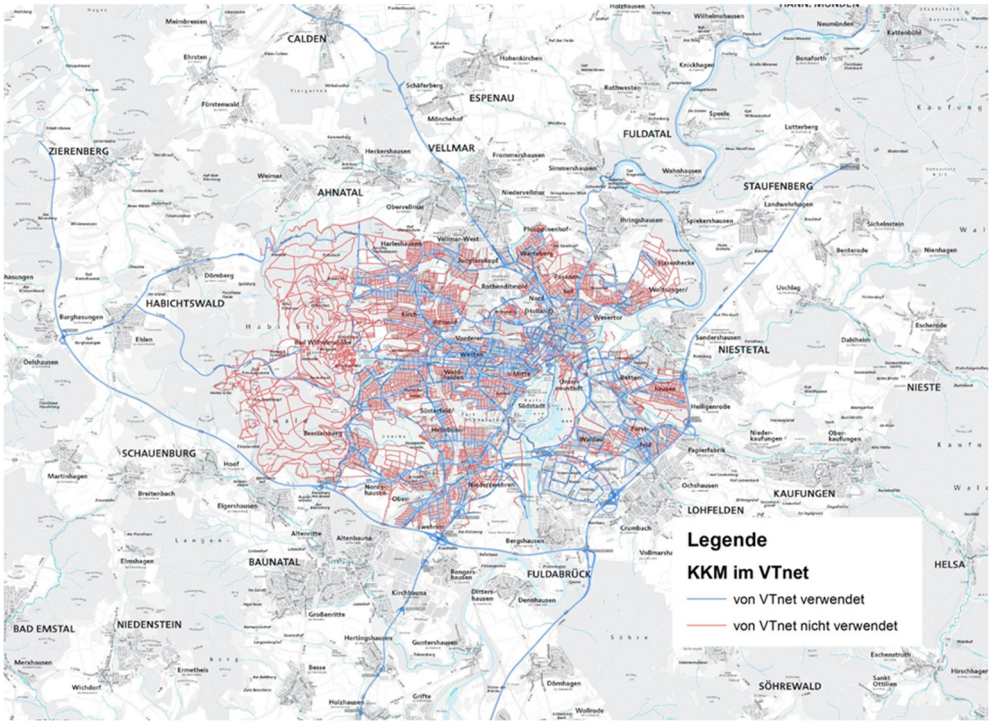

Abb. 3: Verkehrsnetz Stadt Kassel

Die georeferenzierten Daten werden im VMS der Stadt Kassel zusammengeführt. Dabei wird ein Teil der Daten im System selbst gepflegt. Ein weiterer Teil wird über technische Schnittstellen aus anderen Systemen automatisiert bezogen. Ein Beispiel ist das Bau-stellen- und Eventmanagementsystem. Mithilfe der Systemanwendung werden durch die Straßenver-

kehrsbehörde der Stadt Kassel Anträge für die Straßennutzung im Rahmen von Baustellen und Veranstaltungen bearbeitet. Die dort bereits georeferenzierten Daten werden dem VMS zur Verfügung gestellt (vgl. Miltner, 2018).

c. Empfehlungsmanager – Routenberechnung unter Berücksichtigung öffentlicher Strategien

Aufbauend auf den geplanten Steuerungsstrategien der Stadt Kassel werden im Projekt SCHOOL technologische Grundlagen für einen intermodalen Mobilitätsassistenten gelegt. Bei den meisten Routingdiensten bleiben die Strategien des Verkehrsmanagements buchstäblich auf der Strecke. Die im Projekt SCHOOL entwickelte Mobilitäts-API vereint alle verfügbaren Verkehrsmodi und -kombinationen mit lokalen Meldungen, Steuerungsstrategien, der aktuellen Verkehrslage und einer Prognose. Anbieter lokaler und (inter-)nationaler Mobilitätsservices haben damit die Möglichkeit, ihren Kunden optimierte Reiseinformationen bereitzustellen. Verkehrsmanagementstrategien, wie z. B. die Alternativrouten der Stadt Kassel, werden als DATEXII-Meldung modelliert und über den MDM für den Empfehlungsmanager eingebunden.

Hauptaufgabe des Empfehlungsmanagers ist es, basierend auf

- den verkehrlichen Grundlagendaten und örtlichen Gegebenheiten (POIs, ÖPNV-Fahrplan) und
- den Anforderungsparametern der Routenanfrage
- die geeignete Routenkombination in Verbindung mit öffentlich gewünschten Routen (Strategien) zu finden und diese
- zum einen dem Incentivemanager zur Berechnung von Bonuspunkten zur Verfügung zu stellen
- zum anderen die Datenquellen und Mobilitätsangebote zusammenzuführen und diese über einen einheitlichen Web-Service (Mobilitäts-API) für Dritte zugänglich zu machen.

Aus den städtischen georeferenzierten Daten und Verkehrsmanagementstrategien werden auf den Verkehrsnetzen Streckenwiderstände modelliert, die die Grundlage für das modale und intermodale Routing sind. Hierzu wird mit der Technologie „DynamicTrafficBox“ der Fa. Trafficon ein Prozesselement eingesetzt, in der die Verkehrslage situationsabhängig berechnet und prognostiziert wird.

Die modalen Routen (Pkw-Router und Fahrrad-Router) errechnen abschließend die optimale Route zwischen zwei Orten unter Berücksichtigung der segmentspezifischen Attribute und Widerstandsparameter, die in der Optimierungszielfunktion mit zu berücksichtigen sind.

5 Evaluation Verkehrsmanagementstrategien

Die Bauhaus-Universität Weimar evaluiert die verkehrliche und umweltseitige Wirkung der Verkehrsmanagementstrategien in Kassel. Im dafür realisierten Evaluationsframework sind hochwertige Geoinformationen integrale Bestandteile. Die Verkehrsmanagementstrategien werden mittels mikroskopischer Verkehrsflusssimulation getestet (vgl. Fellendorf 1994). Die Simulationen setzten hochgenaue Kalibrierung mit realen Verkehrsstärken an korrekt referenzierten Zählschleifen bzw. Floating Car Data (FCD) voraus (vgl. Jie et al., 2013).

Der Verkehr gilt als Hauptemittent von Luftschadstoffen im innerstädtischen Bereich. Durch temporäre Verkehrsmaßnahmen wie Tempolimit, Fahrverbote oder Zuflussdosierung können Emission deutlich reduziert werden. In der Leipziger Straße in Erfurt konnte zum Beispiel für den Umweltsensitiven Bereich eine Emissionsreduktion von 20 % nachgewiesen werden (vgl. Plank-Wiedenbeck et al., 2017). Die Vorteile des umweltsensitiven Verkehrsmanagements gegenüber statischen Maßnahmen liegen darin, dass das Verkehrssystem nur dann beeinflusst wird, wenn es aus Umweltsicht erforderlich ist.

Die Umsetzung von Verkehrsmanagementstrategien in Kassel, im Szenario einer erhöhten Luftschadstoffbelastung zielt auf die Einhaltung der verbindlichen Grenzwerte bei minimalem Verkehrseingriff. Zur Evaluation der Wirkung der Verkehrsstrategien werden Luftschadstoffemissionen aus Verkehrssimulationen abgeleitet und durch Abgas-Emissionsmodelle bestimmt (vgl. Smit et al., 2017)

Die Emissionen sind Grundlage von GIS (geographical information systems) -basierten Berechnungen von Schadstoffausbreitungen. Dafür werden Emissionsverteilungskarten georeferenziert. Transformiert auf Knoten- und Kantenmodelle werden die Schadstoffausbreitungen unter Einbezug von Bebauungs- und Umweltdaten wie Windrichtung und Geschwindigkeit ermittelt. Ohne Einbezug von Geodaten wären keine Wirkungsabschätzungen und Prognosen der Verkehrsmanagementstrategien möglich.

Literatur

Fellendorf, M. (1994). „VISSIM: A Microscopic Simulation Tool to Evaluate Actuated Signal Control including Bus Priorityin.“ *64th Institute of Transportation Engineers Annual Meeting*, Oktober 1994 (pp. 1–9).

FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf (2014). *Wirkung von Maßnahmen zur Umweltentlastung, Teil 3 – Umweltsensitives Verkehrsmanagement.*

Jie et al. (2013). Calibration of a microscopic simulation model for emission calculation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, *31*, 172–184. https://doi.org/10.1016/j.trc.2012.04.008.

Lubrich et al. (2020). Digitale Zugangspunkte für Verkehrs- und Mobilitätsdaten. *Straßenverkehrstechnik*, (1).

Miltner, Dr. T. (2018). Präsentation *Kassel – Digitales Testfeld für vernetztes Fahren.* Anl. EY Smart City Days, Darmstadt, 23.04.2018.

OpenLR (2017). *Open, Compact and Royalty-free Dynamic Location Referencing.* Retrieved January 25, 2017, from http://www.openlr.info

Plank-Wiedenbeck et al. (2017). *Umweltorientierte Verkehrssteuerung Erfurt – Ergebnisse des mehrjährigen Feldversuchs*. Vortrag zum Kolloquium Luftqualität an Straßen 2017 am 29./30. März 2017 in der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), Bergisch-Gladbach.

Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Juli 2010 zum *Rahmen für die Einführung intelligenter Verkehrssysteme im Straßenverkehr und für deren Schnittstellen zu anderen.* Fundstelle: Amtsblatt der Europäischen Union. Retrieved from http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32010L0040.

Richtlinie 2010/40/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 31. Mai2017 zur *Einführung multimodaler Reiseinformationen.* Fundstelle: Amtsblatt der Europäischen Union. Retrieved from https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2017/DE/C-2017-3574-F1-DE-MAIN-PART-1.PDF.

Steiger, E., Jank, R., & Krampe, S. (2012). DynamicTrafficBox (DTB) – Dynamisches Verkehrs-management auf Basis einer integrierten Verkehrsdatenplattform. In: J. Strobl, T. Blaschke, & G. Griesebner, G. (Eds), *Angewandte Geoinformatik 2012* (pp. 485–490). Berlin/Offenbach: Wichmann.

Smit et al. (2007). A new modelling approach for road traffic emissions: VERSIT+. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *12*, 414–422. https://doi.org/10.1016/j.trd.2007.05.001

WHO (1999). *Urban traffic pollution.* London/New York.