

Ausschreibung einer Masterarbeit

Verkehrsfluss, Verkehrsdichte und Schadstoffemissionen

Empirische Erfassung und modellgestützte Auswertung

BERGISCHE UNIVERSITÄT WUPPERTAL

Studiengänge: *M.Sc. Sicherheitstechnik*

M.Sc. Qualitätsingenieurwesen

M.Sc. Qualitäts- und Zuverlässigkeitsingenieurwesen

Hintergrund und Motivation

Der Straßenverkehr ist eine der zentralen Quellen lokaler Luftschadstoffe. Wie stark Fahrzeuge Schadstoffe emittieren, hängt nicht nur von der Anzahl der Fahrzeuge ab, sondern entscheidend vom *Verkehrszustand*: Ein freier, gleichmäßig fließender Verkehr erzeugt ein anderes Emissionsprofil als ein stockender, durch häufiges Bremsen und Beschleunigen geprägter Kolonnenverkehr. Die Verkehrsflusstheorie beschreibt diesen Zusammenhang über das *Fundamentaldiagramm* (Beziehung zwischen Verkehrsdichte k , Fluss/Verkehrsstärke q und Geschwindigkeit v), z. B. nach den Modellen von Greenshields, Newell oder Underwood. Parallel dazu existieren Emissionsmodelle (z. B. vom Typ COPERT), die Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Fahrzustand, Geschwindigkeit und Fahrzeugflotte angeben. Eine *gleichzeitige*, feldbasierte Erhebung beider Größenklassen – Verkehrskenngrößen und Emissionsfaktoren – unter realen, variablen Randbedingungen (Tageszeit, Wetter, Stauzustand) ist in der Literatur vergleichsweise selten und bietet daher ein innovatives Untersuchungsfeld für eine Masterarbeit mit Bezug zu Sicherheits-, Mess- und Qualitätstechnik.

Zielsetzung der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, an einem geeigneten Messstandort (z. B. Fußgängerbrücke über eine stark befahrene Straße) simultan:

1. videobasierte Verkehrskenngrößen – Verkehrsdichte k (Fahrzeuge pro km), Fluss q (Fahrzeuge pro Zeitintervall) und mittlere Geschwindigkeit v – in Aggregationsintervallen von 30 s bis 1 min, sowie
2. Schadstoffkonzentrationen (u. a. PM_{2.5}, PM₁₀, CO₂, Partikelgrößenverteilung, ggf. Partikelanzahl) mittels eines mobilen Luftqualitätssensors (Temtop M2000) und einem tragbaren Aerosolspektrometer (GRIMM 1.100)

unter verschiedenen Verkehrszuständen (freier Verkehr, dichter/stockender Verkehr, Stop-and-Go) und Wetterungsbedingungen (Wind, Temperatur) zu erfassen. Die Daten sollen anschließend genutzt werden, um:

- den empirischen Zusammenhang zwischen Verkehrskenngrößen und gemessenen Schadstoffkonzentrationen statistisch zu charakterisieren,
- die erhobenen k - q - v -Daten mit klassischen Fundamentaldiagramm-Modellen (Greenshields, Newell, Underwood u. a.) zu vergleichen und deren Parameter statistisch zu kalibrieren,
- die beobachteten Emissionen mit Größenordnungen aus etablierten Emissionsfaktor-Modellen (COPERT-Typ) abzugleichen,
- die kalibrierten Modellparameter im Hinblick auf ihre physikalische/verkehrstechnische Plausibilität zu interpretieren (z. B. kritische Dichte, Kapazität, Free-Flow-Geschwindigkeit).

Methodisches Vorgehen

Datenerhebung

- Videobasierte Verkehrszählung von einer erhöhten Position (Brücke o. ä.); Auszählung bzw. (teil-) automatisierte Detektion von Fahrzeugen je Zeitintervall zur Bestimmung von q , k und v .

- Parallele Messung der Luftschadstoffe mit dem Temtop M2000 in unmittelbarer Nähe der Verkehrszählung (PM2.5/PM10/CO₂, Temperatur, Luftfeuchte als Kovariaten).
- Wiederholte Messkampagnen zu unterschiedlichen Tageszeiten, Wochentagen und Wetterungsbedingungen, um eine möglichst breite Streuung der Verkehrszustände (frei bis gestaut) abzudecken.
- Dokumentation meteorologischer Begleitdaten (z. B. über DWD-Daten oder lokale Wetterstation) als zusätzliche erklärende Variablen.

Datenauswertung

- Aufbereitung und Synchronisation der Zeitreihen (Verkehrsdaten und Sensordaten) auf einheitlichen 30 s/1 min-Intervallen.
- Explorative und korrelationsstatistische Analyse des Zusammenhangs Verkehrsdichte/Fluss ↔ Schadstoffkonzentration.
- Nichtlineare Regression/Kalibrierung der Fundamentaldiagramm-Modelle (Greenshields, Newell, Underwood) an die k - q - v -Daten; Modellvergleich (Gütemaße, Residuenanalyse).
- Abgleich der gemessenen Emissionsraten mit Emissionsfaktoren nach der COPERT-Methodik; Diskussion von Abweichungen.

Anforderungen an die Kandidatin/den Kandidaten

- Interesse an empirischer Feldmesstechnik und Bereitschaft zu Außeneinsätzen (Verkehrsbeobachtung, ggf. zu unterschiedlichen Tages-/Nachtzeiten).
- Grundkenntnisse in Statistik (Regression, Modellanpassung) sowie sicherer Umgang mit einer Auswertungsumgebung (Python oder R).
- Selbstständige, sorgfältige Arbeitsweise bei der Datenerhebung und -dokumentation.

Rahmenbedingungen

- Geeignet für *M.Sc. Sicherheitstechnik* und *M.Sc. Zuverlässigkeit und Qualität*.
- Messequipment (Videokamera, Temtop M2000, GRIMM 1.100) wird gestellt; Messstandort wird gemeinsam festgelegt.
- Betreuung erfolgt durchgehend; regelmäßige Zwischentreffen zur Besprechung von Methodik und Zwischenergebnissen.

Kontakt: *Tim Julitz (julitz@uni-wuppertal.de) und Felix Belter (belter@uni-wuppertal.de)*