

---

## Kurzfassung der Diplomarbeit

---

Name: Holger Meyer

**Thema: Entwicklung einer praxistauglichen Methodik zur kombinierten Auswertung von Luftschadstoff- und Verkehrsbeobachtungen**

Betreuer: Prof. Dr. Ing. Manfred Boltze  
Dipl. Ing. Sven Kohoutek

---

Die natürliche Zusammensetzung der Luft wird durch zusätzliche Schadstoffe verändert. Durch steigende Verkehrsmengen nehmen Belastungen an gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen in Städten zu. Im Straßenverkehr spielen die Luftschadstoffe Feinstaub und Stickoxide eine wesentliche Rolle, da diese Schadstoffe für Menschen und die Umwelt sehr schädlich sind und deren Konzentrationen die geforderten Grenzwerte überschreiten.

Feinstaub wird unterteilt in unterschiedliche Größenfraktionen. Diese Unterteilung ist abhängig von dem aerodynamischen Durchmesser der jeweiligen Teilchen. Partikel, die einen Durchmesser von bis zu 10 µm aufweisen, werden als PM<sub>10</sub> bezeichnet. Bei einem Durchmesser von bis zu 2,5 µm werden die Teilchen als PM<sub>2,5</sub> angegeben.

Die Feinstaubbelastung in deutschen Städten resultiert aus Hausbrand, Verkehr, Industrie und Heizkraftwerke, wobei der Verkehr die maßgebende Quelle mit einem Anteil von ca. 45 Prozent darstellt. Beim Straßenverkehr wiederum resultieren die Feinstaubemissionen aus Verbrennung, Abrieb und Aufwirbelung.

Stickoxide entstehen bei der Verbrennung von Treibstoff in einem Automotor. Auch hier ist der Straßenverkehr die maßgebende Quelle.

Beide Luftschadstoffe sind für den Menschen gefährlich, da sie Atemwegs- sowie Herz- und Kreislauferkrankungen hervorrufen können.

Um die Bürger zu schützen, wird auf politischer Ebene entgegengewirkt. Durch die 22. BIMSCHV, die aus der RICHTLINIE 1999/30/EG resultiert, werden Städte und Gemeinden verpflichtet, vorgegebene Luftschadstoffgrenzwerte einzuhalten.

Diese Luftschadstoffe gilt es zu untersuchen und mittels Modellierung oder Messungen zu erfassen, wobei der Inhalt dieser Arbeit sich auf die Erfassung durch Messungen konzentriert.

Mittels verschiedenen Messsystemen und Messverfahren können Luftschadstoffe erfasst werden. Zu den unterschiedlichen Messsystemen zählen das automatische Luftgütemessnetz, stationäre Pegelmessungen und Rastermessungen mit Messfahrzeugen. Feinstaub kann mit dem Verfahren der gravimetrischen oder optischen Messung, Stickoxide mittels dem Chemolumineszenzverfahren gemessen werden.

Das Ausbreitungsverhalten dieser beiden Luftschadstoffe ist geprägt von vielen unterschiedlichen statischen und dynamischen Einflussfaktoren. Hierzu gehören:

- Vorhandene Vorbelastung,
- Verkehrsstärke und -Zusammensetzung
- Verkehrssituation

- 
- Meteorologische Parameter
  - Vorhandene Bebauung und Nutzung des Umfelds

Anhand dieser Einflussfaktoren können Messungen sehr stark variieren. Beispielsweise erhöhen staubbeladene Straßen, Längssteigungen und ein hoher Schwerverkehrsanteil die gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen, während durch Niederschlag, wenig Halte- und Anfahrvorgänge der Fahrzeuge und bei hohen Windgeschwindigkeiten weniger Luftschadstoffkonzentrationen gemessen werden.

Diese unterschiedlichen Einflussfaktoren sind mittels verschiedener Möglichkeiten zu erfassen. Statische Parameter werden durch Begehungen und mit Kartenmaterial dokumentiert, meteorologische Parameter sind mittels einer Wetterstation zu erfassen und verkehrsspezifische Daten werden durch Erhebungen oder Videoüberwachung ermittelt.

Um die geforderte Aufgabenstellung dieser Arbeit zu erfüllen, werden Zielkriterien festgelegt, nach welchen Aspekten die neue Messmethode erstellt werden soll. Hierbei gilt es eine möglichst hohe Aussagekraft der Ergebnisse bei möglichst wenig Aufwand zu erreichen. Zusätzlich wird dargestellt, welche Fehler bei Messungen gemacht werden können, wodurch die Qualität der Ergebnisse reduziert wird und der Arbeitsaufwand unnötig erhöht werden muss. Typische Fehler die in dieser Beziehung gemacht werden sind beispielsweise:

- Nichtberücksichtigung relevanter Einflussgrößen
- Einbezug zu vieler, nichtrelevanter Einflussgrößen; dadurch unnötiger Arbeitsaufwand
- Fehlverhalten des Eingabepersonals
- Technische Fehler des Gerätes (Nichtaufzeichnung der Daten)

In diesem Zusammenhang werden drei Projekte vorgestellt, bei denen bereits Luftschadstoffe in Bezug zum Straßenverkehr erfasst und ausgewertet worden sind. Hierbei handelt es sich um zwei kontinuierliche Langzeitmessungen bei Autobahnen und eine Kurzzeitmessung in Berlin, bei der eine videobasierte Betrachtung des Verkehrs stattfindet, während Luftschadstoffmessungen durchgeführt werden. Diese Projekte werden detailliert nach folgenden Kriterien beschrieben:

1. Umgebung und Randbedingungen
2. Messungsvorbereitung und Messungsdurchführung
3. Methode der Datenauswertung und Darstellungsmöglichkeiten der Ergebnisse
4. Bewertung der Methode

Bei Punkt eins wird das nähere Umfeld der Messstation erläutert. Es wird beschrieben, wie die Straße beschaffen ist und wie die Umgebung genutzt wird.

Beim zweiten Punkt wird darauf eingegangen, welche luftschadstoffbezogenen, meteorologischen und verkehrsspezifische Daten erfasst werden. Hierbei wird beschrieben, welche Messinstrumente verwendet und in welcher Position aufgestellt werden.

Bei Punkt drei wird erläutert, wie die Rohdaten der Messung weiter verarbeitet werden. Hierbei werden die unterschiedlichen mathematischen Arbeitsschritte beschrieben, die notwendig sind, die Aussagekraft der Ergebnisse zu optimieren. Anschließend wird erläutert, nach welchen Methoden die fertigen Ergebnisse dargestellt werden. Diesbezüglich werden Grafiken gezeigt, mit denen die Ergebnisse der Luftschadstoffmessung in Abhängigkeit von meteorologischen oder verkehrsspezifischen Daten gezeigt werden.

---

Bei dem letzten Punkt wird das jeweilige Projekt auf seine Tauglichkeit bewertet, inwiefern es für die geforderte Aufgabenstellung der Diplomarbeit zu verwenden ist. Jeder einzelne Arbeitsschritt wird separat betrachtet. Das jeweilige Projekt wird sowohl im Ganzen, als auch abschnittsweise auf dessen Eignung bewertet. Eine Auswertung der Ergebnisse findet nicht statt.

Im Anschluss wird ein Praxisbeispiel des FGVV der TU - Darmstadt vorgestellt. Diesbezüglich werden analog zu den vorherigen Messungen die Umgebung und die Randbedingungen sowie die Messungsvorbereitung und die Messungsdurchführung beschrieben. Feinstaubmessungen werden im sechs Sekundenintervall durchgeführt, meteorologische Daten mittels einer Wetterstation gemessen und der Verkehr durch eine Kamera aufgenommen. Im dritten Arbeitsschritt werden die gemessenen Luftschadstoffdaten in ein spezielles Auswertungsformular eingetragen. Das Video der Kamera wird am Computer ausgewertet, wobei der Verkehr unterteilt nach verschiedenen Rubriken ebenfalls in den identischen Zeitintervallen parallel zu den Feinstaubwerten notiert wird. Die Feinstaubdaten werden statistischen Berechnungen unterzogen. Hierbei werden mittels einer Standardabweichung Grenzwerte festgelegt, und Messdaten die nicht innerhalb dieser Grenzwerte liegen, als Ausreißerwerte ausgesondert. Die übrig gebliebenen Feinstaubwerte werden zusammen mit den verkehrsspezifischen Daten als zweidimensionale Grafiken zusammengefasst und dargestellt. Innerhalb dieser Grafiken werden lineare und polynomische Trendlinien sowie deren Korrelationskoeffizienten eingefügt. Letztlich werden die gewonnenen Ergebnisse stichpunktartig dargestellt. Aufgrund technischer Probleme gab es keine Aufzeichnung von meteorologischen Daten.

Der vierte Arbeitsschritt bezieht sich zum Einen darauf, analog zu den anderen Projekten die Methode auf ihre Tauglichkeit im Hinblick auf die geforderte Aufgabenstellung zu bewerten. Zusätzlich wird hier beschrieben, welche Probleme bei der Auswertung der Daten auftreten und wie der Arbeitsaufwand und die Aussagekraft der Ergebnisse zu beurteilen sind.

Anhand der gewonnenen Erkenntnisse durch die Projekte und durch Literatur wird schließlich eine Methode entwickelt, mit der es einfach, schnell und aussagekräftig ist, Luftschadstoffe in Zusammenhang mit dem Straßenverkehr zeitnah zu erfassen. Es wird beschrieben, wie die Umgebung und die Randbedingungen zu dokumentieren, welche Messungsvorbereitungen und Messungsdurchführungen auszuführen und nach welcher Methode die Datenauswertung und die Darstellungsmöglichkeiten der Ergebnisse durchzuführen sind.

Es wird erklärt, welche Daten relevant sind und erfasst werden müssen und an welcher Position die Mess- und Wetterstation aufzustellen sind. Zusätzlich werden Empfehlungen gegeben, nach welchen Kriterien der Messort zu wählen ist, welche Vorbereitungen im Vorfeld durchzuführen sind, wie der Ablauf der Messung vonstatten gehen kann und welche verkehrsspezifischen Daten zu erfassen sind. Letztlich wird erklärt, wie die gewonnenen Daten weiter zu verarbeiten sind und welche Methoden es gibt, die gewonnenen Ergebnisse übersichtlich darzustellen. Es wird beschrieben, wie möglichst aussagekräftige Ergebnisse mit möglichst wenig Aufwand erreicht werden können.

**Holger Meyer**

Dezember 2007