Luftschadstoffe an stark frequentierten Bundesautobahnen

Feinstaubbelastung und ihre Einflussgrößen



Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

im

Fachbereich D – Architektur, Bauingenieurwesen, Maschinenbau, Sicherheitstechnik

an der

Bergischen Universität Wuppertal

vorgelegt im Februar 2014 von

Anja Baum

aus Köln (geb. in Düsseldorf)

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Eberhard Schmidt
2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Joachim Marzinkowski

Tag der mündlichen Prüfung: 1. Juli 2014

Wuppertaler Reihe zur Umweltsicherheit

Anja Baum

Luftschadstoffe an stark frequentierten Bundesautobahnen

Feinstaubbelastung und ihre Einflussgrößen

Shaker Verlag
Aachen 2014

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Zugl.: Wuppertal, Univ., Diss., 2014

Copyright Shaker Verlag 2014
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-2931-4
ISSN 1861-1001

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist neben meiner Tätigkeit in der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) entstanden. Dabei war es mir möglich, auf den hier erworbenen Erfahrungsschatz zurückgreifen zu können und viele Ideen, die bei der täglichen Arbeit anfallen, einfließen zu lassen. Dafür möchte ich meinem Arbeitgeber und allen Kollegen innerhalb und außerhalb der BASt danken.

Für die Betreuung meiner Dissertation und die damit verbundenen Diskussionen und Anregungen danke ich Prof. Eberhard Schmidt. Die Freiheit, die er mir gewährt hat, war immer von der richtigen Dosis Vorantreiben eingerahmt.

Den Kollegen des Fachgebietes Sicherheitstechnik / Umweltschutz möchte ich für die nette Aufnahme in Ihre Reihen und die jederzeit entgegengebrachte Unterstützung danken.

Dem Zweitgutachter Prof. Joachim Marzinkowski, dem Vorsitzenden der Prüfungskommission Prof. Ralf Pieper und dem Beisitzer Prof. Bernhard Steinauer möchte ich für ihre Bereitschaft danken, in der Prüfungskommission mitzuwirken.

Für die zumeist aufwändigen Arbeiten, die bei der Erhebung der zur Verfügung gestellten Daten angefallen sind, möchte ich mich bei meinen Kollegen Arnd Fitschen, Hakki Hasskelo, Sergej Metzger, Jan Sauer, Bertil Surkus und Wilfried Weidner bedanken. Für die anregenden Diskussionen über statistische Problemstellungen danke ich meinem Kollegen Dr. Ingo Koßmann.

Meine Eltern haben meine akademische Laufbahn immer unterstützt. Dafür möchte ich ihnen danken. Ohne dies wäre ich nicht so weit gekommen.

Meinem Mann Dr. Harald Creutznacher möchte ich dafür danken, dass er mir jede Art der Unterstützung und Ermutigung gegeben hat, die ich für diese Arbeit benötigt habe.

Abschließend möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die hier nicht erwähnt wurden und die mir in dieser Zeit mit ihrer Freundschaft beiseite gestanden haben.

Köln, Juli 2014
Anja Baum

Kurzfassung

Die Verkehrsinfrastruktur des Landes ist einer seiner wichtigsten Standortfaktoren. Andererseits sind mit zunehmendem Verkehr eine Reihe negativer Folgen für Mensch und Umwelt verbunden. Daher müssen zukunftsfähige Lösungen entwickelt werden, die unsere Mobilität langfristig sichern, wirtschaftlich tragfähig und sozial ausgewogen sind und gleichzeitig die Umwelt schonen. Um diese Ziele zu erreichen, wurden mehrere Luftschadstoffe durch die Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa limitiert und die Grenzwerte durch die 39. Bundesimmissionsschutzverordnung (39. BImSchV) in nationales Recht umgesetzt.

In den letzten Jahren haben In-situ-Messungen im gesamten Bundesgebiet gezeigt, dass der seit 2005 geltende Tagesmittelgrenzwert der 39. BImSchV für partikelförmige Luftverunreinigungen in Ballungsräumen zum Teil stark überschritten wird. Dabei kann der Verkehr einen großen Einfluss auf die Luftschadstoffbelastung nehmen. So erzeugen schon die Schwankungen der Verkehrsmenge im Tagesverlauf durch Berufspendler typische Verläufe bei den Schadstoffkonzentrationen. Aber auch außergewöhnliche Ereignisse wie Staus und damit einhergehende Änderungen des Verkehrsflusses und der mittleren Fahrzeuggeschwindigkeit können sich auf die Schadstoffkonzentrationen in der näheren Umgebung von Straßen auswirken. Neben diesen durch den motorisierten Verkehr hervorgerufenen Einflüssen kann auch das Wetter für Zu- oder Abnahmen der Partikelbelastung in der Umgebungsluft verantwortlich sein.

Im Rahmen dieser Arbeit sollten daher Daten von mehrjährigen Luftqualitätsmessungen an zwei Standorten der Bundesanstalt für Straßenwesen an den Bundesautobahnen A4 und A61 in Bezug auf Art und Höhe des Einflusses verkehrlicher und auch meteorologischer Parameter untersucht werden.

Es konnten neben den typischerweise mit dem täglichen Berufspendlerverkehr variierenden Tagesgängen der Partikelkonzentrationen weitere Effekte festgestellt werden. So wurden z.B. deutliche jahreszeitliche Schwankungen aufgezeigt. Trotz der sehr umfangreichen Datenmenge zeigten sich jedoch bei einigen der betrachteten Einflussparameter keine eindeutigen Ergebnisse. Dies weist darauf hin, dass die Partikelbelastung im Gegensatz zu anderen Luftschadstoffen insgesamt eher durch überregionale und weniger durch lokale Wirkmechanismen beeinflusst wird.

Abstract

The transport infrastructure of a country is one of the fundamental location factors. On the other hand increasing traffic volume is associated with many negative effects for mankind and environment. Therefore sustainable solutions have to be developed for assuring a long-term mobility being affordable, social balanced, and environmentally friendly. To achieve these goals several air pollutants were limited by Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe. The limit values were implemented in national law by 39th Federal Immission Control Ordinance. In-situ-measurements have shown exceedances of the daily mean limit value of particulate matter over the whole federal territory for the last years.

Many air pollutants are traffic related and so the daily variability of commuting traffic causes typically run of the pollution curves. Also extraordinary events like congestion and change of traffic flow could have an effect on the pollutant concentration in the near of roads. In addition to this caused motorized traffic influences weather could induce increasing or decreasing of particulate matter in ambient air too.

Within the scope of this study data of multi-annual air quality measurements on the two motorways A4 and A61 of the Federal Highway Research Institute were analyzed as a function of meteorological and traffic related parameters.

In addition to typical daily variations of particle concentration by commuting traffic further effects could be detected – for instance seasonal fluctuations. For several influencing parameters no unique results could be observed, although the quantity of data was high. This indicates, that interregional effects of particulate matter have a bigger influence than local ones.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis _____ *IV*

Tabellenverzeichnis _____ *IX*

1 Einleitung _____ *1*

2 Rechtlicher Kontext _____ *4*

2.1 Allgemein _____ *4*

2.2 Art. 174 – 176 EG-Vertrag (Umweltpolitik der Gemeinschaft) _____ *6*

2.3 RL 96/62/EG (alte Rahmenrichtlinie – außer Kraft) _____ *6*

2.4 RL 1999/30/EG (alte 1. Tochterrichtlinie – außer Kraft) und RL 2000/69/EG (alte 2. Tochterrichtlinie – außer Kraft) _____ *7*

2.5 RL 2002/3/EG (alte 3. Tochterrichtlinie – außer Kraft) _____ *8*

2.6 RL 2004/107/EG (4. Tochterrichtlinie) _____ *8*

2.7 Neue RL 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa _____ *8*

2.8 RL 2001/81/EG (NEC-Richtlinie) _____ *9*

2.9 Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) _____ *9*

2.10 22. BImSchV (alte Umsetzung von RL 1999/30/EG und RL 2000/69/EG – außer Kraft) ___ *10*

2.11 33. BImSchV (alte Umsetzung von RL 2002/3/EG und RL 2001/81/EG - außer Kraft) ____ *11*

2.12 35. BImSchV _____ *12*

2.13 39. BImSchV _____ *12*

2.14 TA Luft (1. BImSchVwV) _____ *12*

2.15 VwV-StV-ImSch _____ *14*

2.16 Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) _____ *14*

2.17 Urteil des EuGH vom 25.07.2008 _____ *15*

2.18 Rechtliche Zusammenfassung und Bedeutung für den Verkehr _____ *15*

3 Grundlagen des Schadstoffverhaltens von Partikeln PM_{10} _____ *18*

3.1 Allgemein _____ *18*

3.2 Partikelquellen _____ *18*

3.3 Verkehrsbedingte Partikeln _____ *19*

3.4 Partikelgrößen _____ *20*

3.5 Lebensdauer von Partikeln _____ *23*

3.6 Auswirkungen von Partikeln auf die menschliche Gesundheit _____ *25*

4 Annahmen ____ 31

4.1 Allgemein ____ 31

4.2 Partikeln und Verkehrsmenge ____ 31

4.3 Partikeln und Fahrtzweckgruppen ____ 33

4.4 Partikeln und Fahrzeuggeschwindigkeiten ____ 33

4.5 Partikeln und meteorologische Parameter ____ 36

4.5.1 Allgemein ____ 36
4.5.2 Strahlung / Temperatur ____ 36
4.5.3 Jahreszeit ____ 38
4.5.4 Luftfeuchtigkeit ____ 40
4.5.5 Niederschlag ____ 41
4.5.6 Wind ____ 42

4.6 Zusammenfassung der Annahmen ____ 43

5 Messungen ____ 45

5.1 Anforderungen ____ 45

5.2 Messstandorte ____ 46

5.2.1 Allgemein ____ 46
5.2.2 Bundesautobahn A4 ____ 46
5.2.3 Bundesautobahn A61 ____ 47
5.2.4 Bundesautobahn A1 ____ 48

5.3 Messmethoden ____ 49

5.3.1 Verkehrliche Parameter ____ 49
5.3.2 Meteorologische Parameter ____ 51
5.3.3 Partikeln ____ 55

5.4 Messdaten ____ 59

5.4.1 Datenquellen ____ 59
5.4.2 Aufnahmezeitraum ____ 59
5.4.3 Datenaufbereitung und Datenverarbeitung ____ 60

6 Ergebnisse und Interpretation ____ 68

6.1 Einleitende Betrachtungen ____ 68

6.2 Partikeln und Windparameter ____ 69

6.3 Partikeln und relative Luftfeuchtigkeit ____ 77

6.4 Partikeln und Niederschlag ____ 80

6.5 Partikeln und Strahlung ____ 83

6.6 Partikeln und Temperatur ____ 87

6.7 Partikeln und Verkehrsmenge ____ 93

6.8 Partikeln und Fahrtzweckgruppen ____ 98

6.9 Partikeln und Fahrzeuggeschwindigkeit ____ 105

6.10 Partikeln und Jahreszeit ____ 106

7 Sonderfallbetrachtungen ____ 112

7.1 Einleitende Betrachtungen ____ 112

7.2 Hohe Fahrzeuggeschwindigkeiten bei niedriger Verkehrsmenge ____ 112

7.3 Extremwerte der Verkehrsmenge ____ 125

7.4 Starkregenereignisse ____ 131

7.5 Agrar- und Saharastaub ____ 132

7.6 Silvester / Feuerwerk / Lager- und Brauchtumsfeuer ____ 134

7.7 Inversionswetterlagen ____ 138

8 Zusammenfassung und Diskussion ____ 140

8.1 Zusammenfassung ____ 140

8.2 Stärken und Grenzen dieser Studie ____ 146

8.3 Folgerungen für die Praxis und Ausblick ____ 147

Glossar ____ 150

Literatur ____ 156