
Kurzfassung

Name: Dominik Buchholz

Thema: Quantitative Analyse von Luftschadstoffbelastungen in Abhängigkeit stadt- und verkehrsplanerischer Einflüsse

Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze

M.Eng. Karin Menges

Diverse Studien zeigen auf, dass die weltweite, luftschadstoffbedingte Todeszahl jährlich ungefähr 4,5 Millionen Menschen beträgt. Das bedeutet, dass im Schnitt alle 6 Sekunden ein Mensch vorzeitig an den Krankheitsfolgen von verschmutzter Außenluft stirbt.

Auch aus diesem Grund wird weltweit an einer emissionsarmen Fahrzeugtechnik geforscht und die Einführung der Elektromobilität wird immer mehr zum Gegenstand einer Mobilitätsalternative. Nicht nur bei Autobauern, sondern auch im Rahmen der Stadt- und Verkehrsplanung ist das Bewusstsein für die Probleme der Luftqualität und die Bereitschaft, diese zu steuern, immer mehr vorhanden. So werden in deutschen Großstädten erste flächenhafte Maßnahmen eingeleitet, wie zum Beispiel die Einführung einer Umweltzone oder das aktuell politisch umstrittene Dieselfahrverbot.

Da trotz politischer Bemühungen in naher Zukunft der Anteil emissionsfreier Fahrzeuge sehr gering bleiben wird und auch deshalb damit zu rechnen ist, dass die Luftschadstoffkonzentration weiter gesundheitsschädigend bleibt, müssen umweltorientierte Ansätze der Stadt- und Verkehrsplanung höchste Priorität haben und sowohl in Forschung als auch in Praxis weiterhin luftschadstoffreduzierende Maßnahmen entwickelt werden.

Die Masterarbeit greift diese Punkte auf und hat das Ziel, sowohl meteorologische als auch stadt- und verkehrsplanerische Einflüsse auf die Luftschadstoffkonzentration zunächst zu identifizieren, anschließend statistisch zu untersuchen und darauf aufbauend mögliche Handlungsansätze für Stadt- und Verkehrsplanung in Form eines Maßnahmenkatalogs zu formulieren.

In einem ersten Schritt werden theoretische Grundlagen, wie die rechtliche Situation oder physikalische Hintergründe vorgestellt, um darauffolgende Ausführungen verständlicher zu machen. Anschließend werden prinzipiell denkbare Einflussmöglichkeiten aus einer Literaturanalyse und aktuellen Pilotprojekten erarbeitet. Nach jeder vorgestellten Einflussmöglichkeit werden in einer Graphik die jeweiligen Wirkungsverkettungen und dabei mögliche Zielkonflikte und Synergieeffekte zusammengefasst dargestellt. Dieser Arbeitsschritt bildet den Grundstein für die statistische Analyse, bei der durch Statistikprogramme Daten von Luftmessstationen ausgewertet werden. Durch Nachweis entsprechender Korrelationen kann somit aufgezeigt werden, welche vorher herausgearbeiteten Einflussmöglichkeiten signifikant luftschadstoffmindernd wirken.

Die vorliegende Kurzfassung gibt einen Überblick über die Vorgehensweise und die grundlegenden Erkenntnisse der Arbeit durch Beantwortung folgender Fragestellungen:

- I. Welche theoretischen Zusammenhänge existieren zwischen Stadt-, Verkehrsplanung und der luftschadstoffbedingten Gesundheit des Menschen?
- II. Welche Rolle spielen dabei meteorologische Einflussmöglichkeiten?
- III. Welche statistische Analyseverfahren eignen sich zur Wirkungsabschätzung der Einflussmöglichkeiten auf die Luftschadstoffbelastung? Bei welchen Einfluss-

möglichkeiten ist eine Korrelation feststellbar bzw. welche Einflussmöglichkeiten weisen ein vergleichsweise hohes Reduktionspotential auf?

IV. Welche Maßnahmen der Stadt- und Verkehrsplanung und dabei mögliche Zuständigkeiten lassen sich aus den Erkenntnissen der theoretischen und statistischen Untersuchung der Einflussmöglichkeiten definieren?

I. Welche theoretischen Zusammenhänge existieren zwischen Stadt-, Verkehrsplanung und der luftschadstoffbedingten Gesundheit des Menschen?

Seitens der Stadt- und Verkehrsplanung gibt es zahlreiche Einflussmöglichkeiten die Luftschadstoffbelastung und damit die negativen Wirkungen auf die menschliche Gesundheit zu mindern. Stadtplanerische Einflussmöglichkeiten basieren auf der Idee der besseren Durchlüftungswirkung von Straßenzügen, wodurch ein Abtransport der Luftschadstoffe gefördert wird. Die verkehrsplanerischen Einflussmöglichkeiten hingegen erreichen eine Luftschadstoffminderung durch geschickte Verkehrsvermeidung, Verkehrsverlagerung und Verkehrslenkung.

Durch Ausrichtung der Straßenzüge in Abhängigkeit häufig auftretender Windrichtungen, geschickter ein- oder beidseitiger Randbebauung oder aber auch durch die geeignete Wahl entsprechender Dachformen stehen der Stadtplanung zahlreiche Variationsmöglichkeiten zur Verfügung, um die Durchlüftungswirkung von Innenstädten und damit die Luftschadstoffbelastung zu verbessern. Im Rahmen der Stadtplanung wird in der Arbeit zudem der Ansatz einer kompakten Stadtstruktur beschrieben, durch die eine geringe Weghäufigkeit mit dem emissionsintensiven motorisierten Individualverkehr und eine Nutzung des Umweltverbunds erzeugt und damit der Ausstoß gesundheitsschädigender Luftschadstoffe vermieden werden soll.

Bei verkehrsplanerischen Einflussmöglichkeiten werden insbesondere regulatorische Einflüsse beschrieben. So werden in der Arbeit sowohl Verbote, wie das LKW-Durchfahrtsverbot oder die Einführung der Umweltplakette, als auch bislang nicht flächendeckend umgesetzte Konzepte, wie City-Maut-Systeme oder Dieselfahrverbote, hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Luftschadstoffbelastung beleuchtet. Zudem kann die Verkehrsplanung durch Mobilitätsmanagement sowie durch bauliche und technische Maßnahmen zur Förderung emissionsarmer Verkehrsmittel Einfluss auf die verkehrsbedingte Luftschadstoffbelastung nehmen.

Durch die in der Arbeit graphisch dargestellten Wirkungsverkettungen wird zudem deutlich, dass bei gleichzeitiger Verwendung von zwei oder mehreren Einflussmöglichkeiten Zielkonflikte auftreten können und dass durch die dadurch geminderte oder aufgehobene Wirkung der Einflussmöglichkeit sogar eine Erhöhung der Luftschadstoffkonzentration denkbar ist. Für eine wirkungsvolle Anwendung der Einflussmöglichkeiten sollten deshalb die komplexen Wirkungsverkettungen betrachtet werden.

II. Welche Rolle spielen dabei meteorologische Einflussmöglichkeiten?

Witterungsbedingungen können starken Einfluss auf die lokale Luftschadstoffbelastung ausüben und die Luftschadstoffkonzentration sowohl positiv als auch negativ beeinflussen. Sowohl Windrichtung als auch Windstärke beeinflussen die Durchlüftungswirkung und damit den Abtransport der Luftschadstoffe. Der Einfluss der Temperatur ist zwar Gegenstand zahlreicher Untersuchungen, allerdings besteht über die Ausprägung des Einflusses Uneinigkeit. Niederschlagsereignisse haben grundsätzlich das Potential Luftschadstoffe kurzfristig zu senken, indem Oberflächen von Partikeln abgewaschen und Stickoxide aus der

Atmosphäre ausgewaschen werden können. Der Einfluss des Luftdrucks und der Luftfeuchte auf die Luftschadstoffkonzentration ist bislang lückenhaft erforscht.

III. Welche statistische Analyseverfahren eignen sich zur Wirkungsabschätzung der Einflussmöglichkeiten auf die Luftschadstoffbelastung? Bei welchen Einflussmöglichkeiten ist eine Korrelation feststellbar bzw. welche Einflussmöglichkeiten weisen ein vergleichsweise hohes Reduktionspotential auf?

Für den Nachweis bestehender Zusammenhänge zwischen den Einflussmöglichkeiten und der Luftschadstoffkonzentration werden statistische Analysen verwendet. Da jeder statistische Testtyp unterschiedliche Testvoraussetzungen, wie z.B. Mindestskalenniveau des Datensatzes oder Verteilung des Stichprobenumfangs, erfüllen muss, werden für die Untersuchung der Einflussmöglichkeiten unterschiedliche Testtypen verwendet. Für die meisten Untersuchungen genügt die Rangkorrelationsanalyse nach Spearman oder – falls die Datenpaare aus mehr als zwei unabhängigen Variablen bestehen – die multiple Korrelationsanalyse. Für eine Vielzahl von Einflussmöglichkeiten kann dadurch eine moderate bis starke Korrelation nachgewiesen werden, wobei aufgrund der hohen Datenverfügbarkeit und des vergleichsweise einfachen Entstehungsprozesses Zusammenhänge zwischen dem Luftschadstoff PM10 häufiger nachgewiesen werden können als für die Luftschadstoffe Stickstoffdioxid und PM2,5.

Für bestimmte verkehrsplanerische Einflussmöglichkeiten können durch die Bildung von Differenzen zwischen Daten der untersuchten Messstationen und Referenzgruppen und anschließender Auswertung durch den Wilcoxon-Test zusätzlich zu dem statistischen Nachweis eines Zusammenhangs Reduktionspotentiale bestimmt werden. Dabei fällt auf, dass regulatorische Einflussmöglichkeiten, wie Umweltplaketten oder die Einführung von City-Maut-Systemen nur einen geringen Beitrag zur Luftschadstoffminderung leisten können.

Die statistische Analyse zeigt auch, dass nicht für alle Einflussmöglichkeiten signifikante Ergebnisse festzustellen sind. Das liegt unter anderem daran, dass insbesondere Einflussmöglichkeiten, die eine bessere Durchlüftung und damit einen besseren Abtransport von Luftschadstoffen bewirken sollen, nur schwer statistisch erfassbar sind. Die Strömungsverhältnisse sind aufgrund der Vielzahl von geometrischen und witterungsbedingten Variationsmöglichkeiten so komplex, dass eine statistische Kennzahl nicht ausreicht, um die jeweilige Einflussmöglichkeit zu beschreiben. Allgemeingültige Aussagen sind deshalb mit einer statistischen Analyse nicht immer möglich.

IV. Welche Maßnahmen der Stadt- und Verkehrsplanung und dabei mögliche Zuständigkeiten lassen sich aus den Erkenntnissen der theoretischen und statistischen Untersuchung der Einflussmöglichkeiten definieren?

Durch die Konkretisierung der Einflussmöglichkeiten in Form eines Maßnahmenkatalogs zeigt die Arbeit zahlreiche Maßnahmen der Stadt- und Verkehrsplanung auf, durch die ein Beitrag zur Luftschadstoffminderung geleistet werden kann. Stadtplanerische Einflussmöglichkeiten können durch frühzeitige Festsetzungen in Bauleitplänen umgesetzt werden, für die Anwendung verkehrsplanerischer Einflussmöglichkeiten sind sowohl bauliche als auch technische Maßnahmen definiert. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die aufgelisteten Maßnahmen als Anregungen zu verstehen sind und die Verhältnismäßig- und Umsetzbarkeit im Einzelfall zu prüfen ist.

Bei idealer Umsetzung aller in der Arbeit aufgeführten Maßnahmen ist damit zu rechnen, dass zwar die Problematik der Luftschadstoffbelastung gemindert wird, dass aber dennoch die Luftqualität weiter als gesundheitsschädigend einzustufen ist.

Insofern bleibt zu hoffen, dass auch in Zukunft durch zielorientiertes Handeln sowohl auf politischer als auch auf wissenschaftlicher Ebene der Problemstellung der verkehrsbedingten Luftschadstoffkonzentration volle Aufmerksamkeit gewidmet wird- denn der Preis, den wir aktuell für unsere Mobilität zahlen, ist in Anbetracht der gesundheitlichen Auswirkungen inakzeptabel.

Abstract

Name: Dominik Buchholz

Theme: Quantitative Analysis of Air Pollution in Dependence of Urban and Traffic Influences

Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze and M.Eng. Karin Menges

Various studies demonstrate that the worldwide death toll resulting from air pollutants amounts to approximately 4,5 million people. This means that on average, every six seconds one human being dies prematurely as a result of illness caused by polluted air.

It is also for this reasons that research is done on low emission automotive technology and that electric mobility is becoming more and more important as an alternative form of mobility. The willingness to control air quality problems is not only in the awareness of car manufacturer, but also becomes more relevant in the scope of urban and transport planning. It can already be seen with regard to the major German cities, that first measures have been taken to control air quality problems, as for example the implementation of environmental zones as well as the still controversial political discussed prohibition of diesel-powered cars.

Despite such political efforts, it can be expected that the current number of emission-free vehicles however will remain very low in near future, which is also a reason why the concentration of air pollutants will continue being harmful. It is therefore of high importance to initiate environmentally sound approaches in the urban and transport planning and to develop measures in research and practice aiming in achieving a reduction of air pollutants.

The master thesis takes up these aspects mentioned and has the aim to identify meteorological as well as urban- and transport planning influences on concentrations of air pollutants, to investigate them statistically afterwards and finally to formulate a catalogue of measures based on these identifications and investigations.

In the first step, theoretical principles, as the legal situation or the physical background are presented, to make the following statements more comprehensive. Afterwards, generally potential influences are compiled out of literature analysis and current pilot-projects. After presenting each of the potential influences, the cause-effect linkage as possible trade-offs and synergy effects are displayed in a chart. This work step constitutes the basis for the statistical analysis, which evaluates data from individual air quality measuring machines by the use of statistical programs. Through the proof of correlations, it can be shown, which of the presented potential influences has an impact on the reduction of air pollutants.

In the following a short summary regarding the approach taken as well as the fundamental findings shall be given by answering the following questions:

I. Which theoretical relationships exist between urban and transport planning and human beings health triggered by air pollutants.

II. What is hereby the role of meteorological potential influences?

III. Which statistical analytical methods are suitable to estimate the impact of potential influences on the level of air pollutants? For which potential influences a correlation can be identified or rather which potential influences show a comparatively high reduction potential?

IV. Which measures by urban and transport planning and which responsibilities can be defined out of the results gained through theoretical and statistical investigations?

I. Which theoretical relationships exist between urban and transport planning and human beings health triggered by air pollutants?

On the part of urban and transport planning, there are numerous ways of influencing air pollution and thus reducing the negative effects on human health. Urban planning influence possibilities are based on the idea of better ventilation of streets, which promotes the removal of air pollutants. The traffic planning influence possibilities, on the other hand, achieve a reduction in air pollutants through skilful traffic avoidance, modal shift and traffic control.

By aligning the streets as a function of frequently occurring wind directions, skilful one-sided or two-sided edge construction or also by the suitable choice of appropriate roof shapes, numerous variation possibilities are available to urban planning in order to improve the ventilation effect of inner cities and thus the air pollution load. In the context of urban planning, the work also describes the approach of a compact urban structure, through which a low frequency of traffic with the emission-intensive motorised individual traffic and the use of the environmental network is to be generated, thus avoiding the emission of harmful air pollutants.

Regulatory influences in particular are described in the case of traffic planning influence possibilities. Thus, bans, such as the ban on trucks passing through the city or the introduction of the environmental sticker, as well as concepts that have not yet been implemented nationwide, such as city toll systems or diesel driving bans, are examined with regard to their effect on air pollution. In addition, traffic planning can influence traffic-related air pollution through mobility management and through structural and technical measures to promote low-emission means of transport.

The effects of the chains of effects shown graphically in the paper also make it clear that conflicts of objectives can arise if two or more possible influences are used simultaneously and that an increase in the concentration of air pollutants is even conceivable as a result of the reduced or eliminated effect of the possible influence. For an effective application of the influence possibilities, the complex chains of effects should therefore be considered.

II. What is hereby the role of meteorological potential influences?

Weather conditions can have a strong influence on local air pollution and influence air pollutant concentrations both positively and negatively. Both wind direction and wind force influence the ventilation effect and thus the removal of air pollutants. Although the influence of temperature is the subject of numerous investigations, there is disagreement about the

extent of the influence. In principle, precipitation events have the potential to reduce air pollutants in the short term by washing off surfaces of particles and leaching nitrogen oxides from the atmosphere. The influence of air pressure and humidity on the concentration of air pollutants has so far been poorly investigated.

III. Which statistical analytical methods are suitable to estimate the impact of potential influences on the level of air pollutants? For which potential influences a correlation can be identified or rather which potential influences show a comparatively high reduction potential?

Statistical analyses are used to prove existing correlations between the influence possibilities and the air pollutant concentration. Since each statistical test type has to meet different test requirements, such as the minimum scale level of the data set or the distribution of the sample size, different test types are used to investigate the influence possibilities. For most investigations, Spearman's rank correlation analysis or, if the data pairs consist of more than two independent variables, multiple correlation analysis is sufficient. A moderate to strong correlation can thus be demonstrated for a large number of possible influences. Due to the high availability of data and the comparatively simple development process, correlations between the air pollutant PM10 can be demonstrated more frequently than for the air pollutants nitrogen dioxide and PM2.5.

For certain traffic planning influence possibilities reduction potentials can be determined by the formation of differences between data of the investigated measuring stations and reference groups and subsequent evaluation by the Wilcoxon test in addition to the statistical proof of a correlation. It is noticeable that regulatory influence, such as environmental stickers or the introduction of city toll systems, can only make a minor contribution to reducing air pollution.

The statistical analysis also shows that there are not significant results for all possible influences. One of the reasons for this is that it is very difficult to statistically record influence possibilities that are intended to improve ventilation and thus the removal of air pollutants. Due to the multitude of geometric and weather-related variation possibilities, the flow conditions are so complex that one statistical parameter is not sufficient to describe the respective possible influence. Generally valid statements are therefore not always possible with a statistical analysis.

IV. Which measures by urban and transport planning and which responsibilities can be defined out of the results gained through theoretical and statistical investigations?

By concretising the possibilities of influence in the form of a catalogue of measures, the work identifies numerous urban and traffic planning measures that can contribute to reducing air pollution. Urban planning influence possibilities can be implemented by early determination in urban land-use plans, both structural and technical measures are defined for the application of traffic planning influence possibilities. It should be pointed out that the measures listed are to be understood as suggestions and that their proportionality and feasibility must be examined on a case-by-case basis.

If all the measures listed in this paper are ideally implemented, it can be expected that the problem of air pollution will be reduced, but that air quality will nevertheless continue to be classified as harmful to health.

In this respect, it is to be hoped that in future we will be able to devote full attention to the problem of traffic-related air pollutant concentration through targeted action at both political and scientific level - because the price we are currently paying for our mobility is unacceptable in view of the health effects.