

Hohe verkehrsinduzierte Luftbelastung in der Mainzer Rheinstraße

Dipl. Ing. Allmendinger

Prof.Dr. Axel Zenger

Aufbaustudiengang Umweltschutz im Bauwesen

FH Mainz

Nachfolgend sind die Ergebnisse einer Untersuchung dargestellt, die im Rahmen des Aufbaustudiengangs Umweltschutz im Bauwesen im WS 1998/99 durchgeführt wurde. Zielsetzung war es, eine Prognose der luftseitigen Belastungen durch die Schadstoffe **Stickstoffdioxid**, **Benzol** und **Ruß** für einen ausgewiesenen Teil der Rheinstraße durchzuführen und zu prüfen ob die Beurteilungswerte nach der 23. Bundes-Immissionsschutzverordnung erreicht werden. Eine Überschreitung könnte weitreichende Folgen haben, da dann gegebenenfalls verkehrslenkende Maßnahmen zu ergreifen wären.

Einleitung

Der Wunsch der Bevölkerung nach größerer Mobilität hat in den letzten Jahrzehnten das Verkehrsaufkommen in starkem Maße ansteigen lassen. Als Folge dieser Entwicklung hat sich der Kraftfahrzeugverkehr als Schadstoffquelle auf einen der vordersten Plätze in der atmosphärischen Umweltbelastung geschoben. Im Vergleich zu anderen hochindustrialisierten Ländern ist die Verkehrsdichte in der Bundesrepublik Deutschland besonders hoch. Es sind hier schätzungsweise 10% aller Kraftfahrzeuge auf der Welt zugelassen (Dauderer, 1995). Die Leitkomponenten der Kfz-induzierten Immissionen sind Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe mit der Komponente Benzol, und Ruß. Die beiden zuletzt genannten Stoffe Benzol und Ruß sind als kanzerogen eingestuft. Maßgeblich stellen die Kraftfahrzeugabgase auch ein Ausgangspotential für Folgereaktionen dar, die für eine globale Erwärmung durch den Treibhauseffekt (CO₂), sowie den während des Sommersmogs auftretenden bodennahen Ozonmaxima (durch NO_x und VOX), verantwortlich sind.

Einer besonderen Bedeutung kommt den innerstädtischen Straßen zu. Vor allem in Hauptverkehrsstraßen mit Straßenschluchtcharakter (Verhältnis von Gebäudehöhe zu Straßenbreite größer/ gleich eins) können aufgrund des dort zu beobachtenden geringen Luftaustauschs hohe Schadstoffkonzentrationen auftreten. Das steigende Krebsrisiko in der Bevölkerung und chronischen Atemwegserkrankungen lassen sich zumindest teilweise auf Auswirkungen der Kraftfahrzeugabgase zurückführen. Eine Maßnahme zur Begrenzung der kraftfahrzeugbedingten Schadstoffimmissionen war die Einführung des § 40 Abs. 2 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes i.V. mit der 23 BImSchV. Danach sind verkehrslenkende Maßnahmen zu prüfen, wenn die nachfolgend aufgeführten Prüfwerte überschritten sind.

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Stickstoffdioxid: 160 µg/m³ (98-Perzentilwert aller Halbstundenmittelwerte eines Jahres)• Ruß: 8 µg/m³ (arithmetischer Jahresmittelwert)• Benzol: 10 µg/m³ (arithmetischer Jahresmittelwert) |
|--|

Stickstoffdioxid (NO₂)

Die bei Verbrennungsprozessen entstehenden Stickstoffoxide sind Produkte, die aus der Reaktion von Sauerstoff und Luftstickstoff entstehen und später durch Oxidation das toxische Gas Stickstoffdioxid bilden. Dieses nitrose Gas ist ein Reizgift, dessen Aufnahme über die Atemwege zu Schleimhautreizungen und Bronchitis führen kann. In Verbindung mit anderen Schadstoffen können kummulative Effekte auftreten.

Benzol (C₆H₆)

Benzol ist ein Bestandteil des Vergaserkraftstoffs. Es entsteht jedoch auch teilweise neu bei der unvollständigen Verbrennung aus anderen Kohlenwasserstoffverbindungen. Als weitere Emissionsquellen sind die Verdunstung im Vergaser und die Tankatmung anzusehen. Die Kanzerogenität von Benzol ist erwiesen. Eine Einschätzung durch den Länderausschußes für Immissionsschutz (LAI, 1991, 1993) besagt, daß 80% aller durch kraftfahrzeugbedingten Luftschadstoffe hervorgerufenen Krebsfälle bei Menschen auf Benzol und Dieselruß zurückzuführen sind (Dauderer, 1995).

Ruß

Bei der Verbrennung von Dieselmotorkraftstoff entstehen kleinste Partikel, die mit dem Abgas in die Atmosphäre gelangen. Sie bestehen aus einem Kohlenstoffkern, der als Trägersubstanz für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dient. Die Kerne an sich sind Produkte komplexer chemischer Reaktionen. Neuere Erkenntnisse lassen vermuten, daß vor allem vom Kohlenstoffkern das krebserzeugende Potential ausgeht. Dahingehend wird in dem § 40.2 des BImSchG i.V. mit der 23 BImSchV auch nur der elementare Kohlenstoff (EC), d. h. der Kohlenstoffkern, als Ruß bezeichnet.

Methoden zur Vorhersage von Immissionen in bebauten Gebieten

Die sicherste Methode zur Überprüfung einer bestehenden Luftbelastung sind Schadstoffmessungen. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß es in Stadtgebieten zu großen räumlichen Inhomogenitäten kommen kann. Unterschiede der Immissionen von einem Faktor 2 und mehr auf kleinsten Bereichen sind möglich. Es stellt sich somit die Frage welchen Untersuchungspunkt man wählt, um ein konservatives Ergebnis zu erhalten. Hierbei können numerische Modelle helfen. Mit ihnen ist es möglich, eine flächendeckende Information über die Jahresmittel- und 98-Perzentilwerte der Luftbelastung zu erhalten. Werden Überschreitungen der Prüfwerte prognostiziert, so können zur Absicherung punktuelle Messungen durchgeführt werden. Bestätigt sich die Überschreitung, so können die Auswirkungen unterschiedlicher verkehrslenkender Maßnahmen mit Hilfe des Modells abgeschätzt werden. Aber auch im Vorfeld können derartige Modelle helfen zu klären, ob kostenintensive und lanwierige (1 Jahr) Messungen an einer betrachteten Straße überhaupt nötig sind.

Im Rahmen der hier dargestellten Untersuchung wurde das Programmsystem MISKAM angewendet. Das Modell MISKAM (**M**ikroskaliges **K**lima- und **A**usbreitungs**m**odell; Eichhorn, 1989) ist ein dreidimensionales nicht hydrostatisches Strömungs- und Ausbreitungsmodell, welches von an der Universität Mainz entwickelt wurde. Die Struktur des Programms ist in der Abb.1 vereinfacht dargestellt. Nähere Informationen zu den Möglichkeiten und auch Grenzen von numerischen Ausbreitungsmodellen findet sich z.B. in Zenger (1998).

Untersuchungsgebiet

Das für die Untersuchung ausgewählte Gebiet liegt am südöstlichen Rand des Innenstadtbereichs von Mainz. Das Areal hat eine Ausdehnung von 220 m auf 300 m und erstreckt sich, ausgehend von Höhe des Holzturmes (Punkt 3 in Abb.2), entlang der Rheinstraße in südlicher Richtung bis zum Ende des Geschäftszentrums "Fort-Malakoff-Park" (Punkt 2 in Abb. 2). In der Abb. 2 ist das Untersuchungsgebiet zusammen mit den dort bestehenden Gebäuden dargestellt.

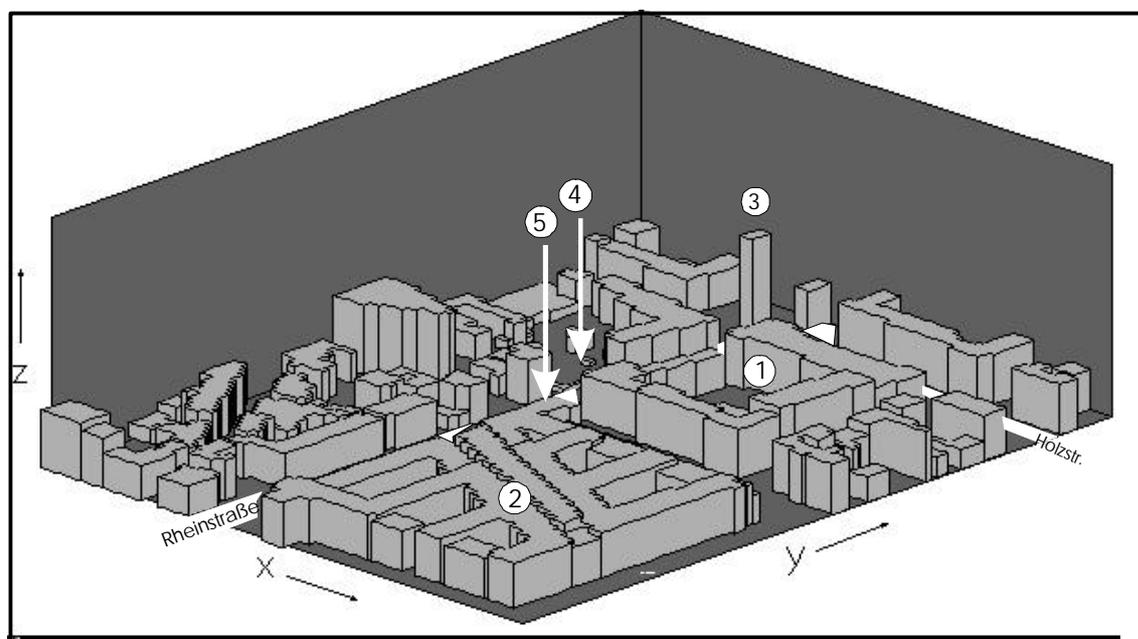


Abb. 2: Untersuchungsgebiet sowie Lage einiger markanter bzw. sensibler Punkte

Sensitive Punkte sind ein Kindergarten (4), zwei Bushaltestellen (bei und gegenüber von Punkt 4) und ein Bistro (5), die direkt an der Rheinstraße liegen. Die Spielfläche des Kindergartens ist nur durch eine ca. 2,5 m hohe Mauer von der Straße abgetrennt. Vor der Mauer liegt eine Bushaltestelle, die zweite befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite vor der Fachhochschule. Das Bistro befindet sich an der Rheinstraße Ecke Templerstraße, im Geschäftszentrum "Fort-Malakoff-Park", welches in den Sommermonaten die Möglichkeit bietet, außen im Gehwegbereich zu sitzen. Die Struktur östlich der Rheinstraße ist durch karreeförmige Anordnung von Reihenhäusern bestimmt. Südlich davon steht das Geschäftszentrum "Fort-Malakoff-Park" mit seinem ca. 20.000m² großen Areal. Die gegenüberliegende Seite der Rheinstraße, die teilweise von Gassen und einzelnen Seitenstraßen unterbrochen wird, ist vorwiegend mit Reihenhäusern bebaut.

Meteorologie

Die Ausbreitung und Verdünnung von luftgetragenen Stoffen wird wesentlich durch die Windverhältnisse und die meteorologischen Besonderheiten, die im Untersuchungsareal herrschen bestimmt. Soll eine Prognose des Jahresmittelwertes der Immissionskonzentration erstellt werden, ist es notwendig, eine für das Untersuchungsgebiet repräsentative Windstatistik zugrunde zu legen. Im konkreten Fall wurde die Ausbreitungsklassenstatistik der Station Mainz-Hechtsheim zur Auswertung herangezogen. Die zugehörige Windrichtungsverteilung ist in der Abb. 3 dargestellt.

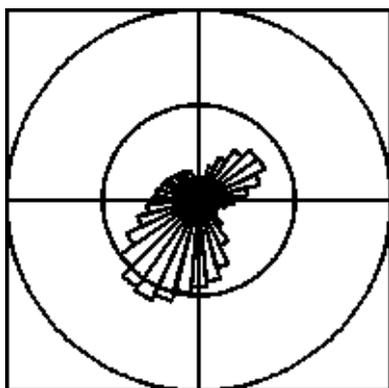


Abb. 3: Windrichtungsverteilung am Untersuchungsstandort. Der innerer Kreis entspricht einer Häufigkeit von 5%, der äußere von 10%.

Kraftfahrzeug-Emissionen

Die Abgasemissionen auf einem Straßenabschnitt hängen von dem Verkehrsaufkommen, dem Fahrverhalten, der Zusammensetzung der Fahrzeugkollektivs und dem Anteil an Lkw's ab. Die Angaben über das zeitabhängige Verkehrsaufkommen für den Bereich der Rheinstraße wurden von der Stadt Mainz (Amt für Verkehrswesen) zur Verfügung gestellt. Die Rheinstraße in Mainz ist eine vierspurige Hauptverkehrsstraße mit zwei Spuren stadteinwärts und zwei stadtauswärts. Die zwei Stationen, die bei der Auswertung verwendet wurden, befinden sich am Römerschiffmuseum und im Bereich der Fachhochschule. Es ergab sich daß pro Tag xxx Fahrzeuge die Rheinstraße befahren. Der Anteil der Lastkraftwagen am täglichen durchschnittlichen Verkehrsaufkommen, beträgt stadteinwärts 9.0% und stadtauswärts 5,9%. Deutliche Verkehrsspitzen treten , wie man der Abb.4 entnimmt, morgens zwischen 8.00 Uhr und 10.00 Uhr und in den Abendstunden zwischen 16.00 Uhr und 18.00 Uhr auf.

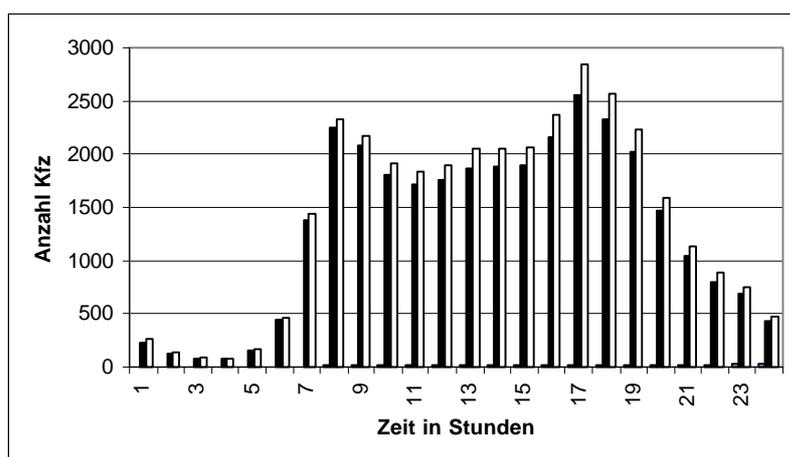


Abb.4: Verkehrstagesgang in der Rheinstraße an den beiden Meßstationen

Die Emissionsfaktoren des Fahrzeugkollektivs wurden mit Hilfe des Handbuchs für Emissionsfaktoren (UBA) bestimmt.

Ergebnisse

Die Untersuchung mit Hilfe des Strömungsmoduls von MISKAM ergab, daß im Untersuchungsgebiet ein sehr inhomogenes Windfeld vorliegt. In der Rheinstraße dominiert über weite Bereiche ein Straßenschluchtwirbel, der

jedoch in der Nähe des Kindergartens und auch an den Kreuzungspunkten unterbrochen ist. In der Rheinstraße treten hierdurch vergleichsweise nur geringe mittlere Windgeschwindigkeiten auf. Einig der Areale, in denen der Randbereich der Rheinstraße aufgelockert ist weisen eine deutlich bessere Durchlüftung auf.

Áusgehend von dem Windfeld wurde die Ausbreitung der auf der Rheinstraße freigesetzten Schadstoffe für eine Vielzahl von meteorologischen Situationen berechnet. Durch die Verknüpfung der Einzelergebnisse mit einer Häufigkeitsverteilung der unterschiedlichen meteorologischen Situationen konnten die Jahresmittel und 98-Perzentilwerte bestimmt werden. Es zeigte sich, daß im Bereich des Straßenschluchtwirbels besonders hohe Immissionen auftreten, da sich die bodennah freigesetzten Schadstoffe nur gering verdünnen. Im Bereich etwas aufgelockerter Bebauung, wie in den Kreuzungsbereichen aber auch in der Gegend des Kindergartens werden vergleichsweise niedrigere Immissionskonzentrationen prognostiziert.

Die durchgeführte Untersuchung ergab, daß

- die 98-Perzentilwerte für Stickstoffdioxid im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich unter dem Prüfwert nach der 23 BImSchV liegen.
- die Jahresmittelwerte der Benzolkonzentration in einigen Arealen im Bereich der Prüfwerte liegen. Die höchsten Konzentrationen finden sich nach den Ergebnissen der Modellierung mit $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf der Gehwegseite vor der Fachhochschule und in der Zone der Bushaltestelle. Das Areal, in dem der Jahresmittelwert von $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten ist, ist in der Abb.5 dunkelgrau unterlegt dargestellt. Die Bereiche mit vergleichsweise niedrigen Benzolkonzentrationen von weniger als $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind hellgrau unterlegt eingezeichnet. Der Konzentrationsbereich zwischen 6 und $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde der Übersichtlichkeit wegen nicht dargestellt. Der Prüfwert nach der 23 BImSchV für Benzol liegt bei $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Anbetracht der möglichen Unsicherheiten bei der Modellierung kann jedoch mit dem ermittelten Ergebnis nicht ausgeschlossen werden, daß der Prüfwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten ist.

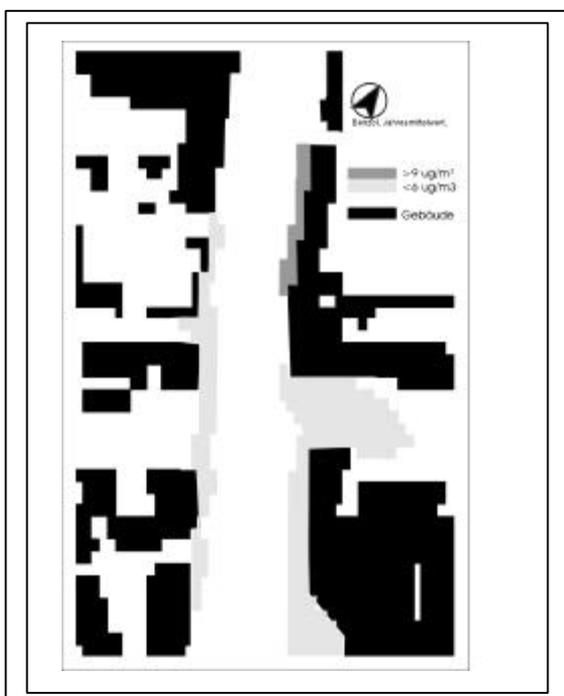


Abb. 5: Berechnete Jahresmittelwerte der Benzolkonzentration im Untersuchungsgebiet.. Dargestellt sind die Areale, in denen die Benzolkonzentration unter $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. über $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt.

- die höchste Rußimmissionen im Gehwegbereich vor der Fachhochschule bei $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Damit wäre der Prüfwert der 23 BImSchV deutlich unterschritten. Neuste Untersuchungen (Zenger et al, 1998a, 1999) lassen jedoch vermuten, daß die in Deutschland verwendeten Emissionsfaktoren für Ruß eventuell um einen Faktor 2 bis 3 zu niedrig sind. Trifft dies zu, dann liegen die maximalen Ruß-Jahresmittelwerte im Bereich der Rheinstraße bei etwa $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, das heißt im Bereich des Prüfwertes der 23 BImSchV.

Aufgrund der durchgeführten Untersuchung ist es empfehlenswert, an ausgewählten Punkten im Bereich der Rheinstraße Ruß- und Benzolmessungen durchzuführen. Damit ist es möglich die Immissionsbelastungen exakt zu quantifizieren. Würde es sich bestätigen, daß die Prüfwerte nach der 23 BImSchV erreicht oder gar überschritten sind, so müßten Vorschläge zur Realisierung von verkehrsberuhigenden oder verkehrsverlagernden Maßnahmen geprüft und durchgesetzt werden.

Literatur

LAI, 1991: Beurteilungsmaßstäbe zur Begrenzung des Krebsrisikos durch Luftverunreinigungen. Abschlußbericht der Arbeitsgruppe „Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen“ des Länderausschusses für Immissionsschutz.

LAI (1993): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen. Materialienband II. Länderausschuß für Immissionsschutz. Herausgegeben vom MURL Nordrhein- Westfalen, Düsseldorf.

Eichhorn, J. 1989: Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikro-skaligen Stadtklima-Modells. Dissertation Universität Mainz. 1989.

Zenger, A. (1998): Atmosphärische Ausbreitungsmodellierung. Grundlagen und Praxis. Springer Lehrbuch, Heidelberg 1998.

Zenger, A. und N.van der Pütten (1998a): Entwicklung eines numerischen Modells zur Prognose der Emissionen und mittleren Luftqualität in Tiefgaragen. Abschlußbericht über das Projekt 12667, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt. Oktober 1998.

Zenger, A, T. Gritsch, U. Höpfner, M. Sinn, P. Rabl, N. van der Pütten und H.Gabler (1999): Predicting emission and mean air quality in underground garages. Tagungsband „Transport and air pollution and cost 319 Final conference 1999“, TU Graz, eingereicht 02/99.