

UFZ-Bericht

UFZ-Bericht • UFZ-Bericht • UFZ-Bericht • UFZ-Bericht

Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

Nr. 18/1996

Modellierung der Ausbreitung kfz-bedingter Schadstoffe in der Stadt Leipzig

Dietrich Wagler

Universität Leipzig
Interdisziplinäres Institut für Natur-
und Umweltschutz

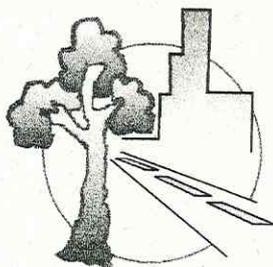
Das diesem Bericht zugrundeliegende Forschungs-
vorhaben wurde mit Mitteln des UFZ-Umwelt-
forschungszentrums Leipzig-Halle GmbH und des
Wissenschaftler-Integrations-Programms gefördert.

Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben

Modellierung der Ausbreitung kfz-bedingter Schadstoffe in der Stadt Leipzig

D. Wagler

Universität Leipzig,
Interdisziplinäres Institut für Natur- und Umweltschutz



Projektbereich Urbane Landschaften

Das diesem Bericht zugrundeliegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des
Wissenschaftler-Integrations-Programmes (WIP) und Mitteln des UFZ gefördert.
Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Modellierung der Ausbreitung kfz-bedingter Schadstoffe in der Stadt Leipzig

Inhalt	Seite
0. Vorbemerkung	
1. Einführung	3
2. Ergebnisse	6
2.1 Auswertung von Verkehrszählungen	6
2.1.1 Verkehrszählungen an einer Modellkreuzung	6
2.1.2 Verkehrszählungen im Hauptstraßennetz Leipzigs	19
2.2 Modellierung zur Emissionsberechnung aus dem Kfz-Verkehr	26
2.2.1 Modelle zur Berechnung von Verkehrsgeschwindigkeiten	27
2.2.2 Modelle der Geschwindigkeitsabhängigkeit von Emissionsfaktoren	31
2.2.3 Modelle der Beschleunigungsabhängigkeit von Emissionsfaktoren	47
2.2.4 Emissionsberechnung an Kreuzungen	48
2.2.5 Emissionsberechnung im Stadtgebiet	60
2.3 Ergebnisse von Immissionsmessungen	72
2.4 Modellierung der Schadstoffausbreitung	77
2.4.1 Modelle zur Schadstoffausbreitung an einer Modellkreuzung	78
2.4.2 Modelle zur Schadstoffausbreitung im Stadtgebiet	98
3. Zusammenfassung	116
4. Literatur	119
5. Anhang	

0. Vorbemerkung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben (Laufzeit 1992 - 1996) wurde im Rahmen eines WIP-Projektes gefördert und zusätzlich mit Mitteln des UFZ unterstützt.

1. Einführung

Der Kfz-Verkehr ist eine wesentliche Quelle der Luftverschmutzung. Der Anteil des Kraftfahrzeugverkehrs an der Luftverschmutzung beträgt in Deutschland weit mehr als 50 %. Für Kohlenmonoxid (CO) wurde 1990 ein Anteil von 67,9 %, für Stickoxide (NO_x) ein Anteil von 58,4 % und für Kohlenwasserstoffe (NMHC) ein Anteil von 44,4 % ermittelt (Enquete-Kommission, 1994).

In den Neuen Bundesländern und insbesondere in den Großstädten vollzieht sich gegenwärtig ein Strukturwandel :

Durch beginnende Umstellung von Heizungs- und Energieerzeugungsanlagen auf umweltfreundliche Energieträger und Abschaltung oder Drosselung genehmigungspflichtiger Anlagen sinkt der Schadstoffausstoß aus Hausbrand sowie Industrie und gewerblichen Anlagen. Die Trends in der Entwicklung der Emissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr sind dagegen unterschiedlich. Sinkenden spezifischen Emissionen (Emissionsfaktoren g/km/Kfz) durch stetig verschärfte Abgasnormen und ständig verbesserte Abgasreinigungskonzepte (z.B. WALZER, 1995; ZAHN et al. 1995) stehen erhöhte Emissionen, bedingt durch steigende Zulassungszahlen und mehr gefahrene Kilometer gegenüber (GORIBEN, 1992). Es gibt vielfältige Ursachen für zusätzliche Fahrtkilometer. Zu unterscheiden sind dabei der Wirtschaftsverkehr und der Individualverkehr. Am augenscheinlichsten ist insbesondere in den Neuen Bundesländern für den Individualverkehr die Veränderung der "modal-split"-Werte, d.h. Rückgang des Anteils der mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegten Fahrten zugunsten des Anteils der Pkw-Fahrten (Enquete-Kommission, 1994). Aber auch eine absolute Erhöhung der Mobilität ist durch neue Fahrtziele zu beobachten, die durch eine räumliche Ausdehnung der Regionen (urbane Lebensräume) bedingt sind.

Während in den Alten Bundesländern die kontinuierliche Überwachung der Immissions-situation sowohl regional (Meßnetze, Luftreinhaltepläne, Emissions- und Immissionskataster, z.B. KROPP, 1978 oder Landesanstalt für Immissionsschutz NRW, 1990, 1991) als auch an Verkehrsschwerpunkten (z.B. JOST, D., 1978, 1980; BAUMÜLLER, 1987; PFEFFER, 1991; DRÖSEMEIER, 1992; BAUMÜLLER & REUTER 1995) bereits seit Jahren einen hohen Stand erreicht hat, besteht in den Neuen Bundesländern (für dieses Projekt speziell das Untersuchungsgebiet Leipzig) noch ein großes Informationsdefizit an umweltrelevanten Daten (das Problem der Erarbeitung von Schadstoffbelastungskarten war aber sehr wohl erkannt, z.B. MOHRY & RIEDEL 1979). Kontinuierliche Immissionsmessungen (zum Zeitpunkt der Erhebung

nicht veröffentlicht !) wurden hier nur dem Gewicht der Emissionen entsprechend für SO₂, nicht aber für die kraftfahrzeugtypischen Schadstoffe Kohlenmonoxid, Stickoxide und Kohlenwasserstoffe im Meßnetz des Meteorologischen Dienstes und von den Bezirkshygieneinstituten vorgenommen (WERNER, 1992; WERNER & BERGER, 1992).

Die Modellierung der kfz-bedingten Schadstoffemissionen und -immissionen erfordert u.a. eine Modellierung des Verkehrsablaufs, vorwiegend die Bestimmung einer mittleren Geschwindigkeit aus Verkehrsströmen und Parametern des Straßennetzes bzw. Modellierung von Stausituationen. Umfangreiche Arbeiten dazu sind z.B. in der Schriftenreihe "Straßenforschung" des Österreichischen Bundesministeriums für Bauten und Technik (z.B. FIOLIC, 1973; STEINER, 1978; GABRIEL, 1980), in "Forschung Straßenbau und Verkehrstechnik" (BMV, 1982, 1986) oder in MANIER, 1995 und BRANNOLTE, 1995 enthalten.

Die Emissionsmodellierung setzt die Kenntnis der spezifischen Emissionen von Kraftfahrzeugklassen (Emissionsfaktoren der Kfz-Klassen, g Schadstoff/km/Kfz) voraus. Von wenigen Ausnahmen abgesehen (z.B. EBERAN-EBERHORST, 1975; RUDELSTORFER et.al. 1978) wurden die umfangreichsten Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes vom TÜV Rheinland vorgenommen (HASSEL et.al., 1978-1995), liegen in tabellarischer Form vor und gelten i.a. als Standarddaten.

Die Immissionsmodellierung kann man grob in zwei Phasen einteilen. In der ersten Phase standen einfache statistische Modelle im Vordergrund, die die Abhängigkeit der Immissionskonzentration von Verkehrsstärke und meteorologischen Parametern, vorwiegend in Straßenschluchten oder im Nahbereich von Linienquellen beschreiben. Zahlreiche Arbeiten dazu erschienen in den veröffentlichten Kolloquiumsberichten des BMFT, TÜV Rheinland und Umweltbundesamtes zur Ausbreitung von Kfz-Emissionen (BMFT & TÜV, 1978, 1982; UBA, 1980, 1988), der VDI-Gesellschaft für Fahrzeug- und Verkehrstechnik (1995), der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL 1992, 1994, 1995) und in den Merkblättern der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1982, 1992).

Anspruchsvollere Modellierungen, die auf strömungsmechanischen Berechnungen von Windfeldern und unterschiedlichen Lösungsansätzen der Diffusionsgleichung basieren, folgten in der zweiten Phase. Ein theoretischer Überblick über Lösungsmöglichkeiten der Navier-Stokes-Gleichung für spezielle Anwendungsfälle und unter verschiedenen Randbedingungen wird z.B. von MOHRY & RIEDEL 1979; LLEWELYN, 1983 oder SCHULTZ, 1986 gegeben. Numerische Lösungsmöglichkeiten und -programme auf der Basis von Wind- und Turbulenzfeldern erfordern einen viel größeren Aufwand sowohl bei der Bereitstellung von Basisdaten als auch bei der Rechnung selbst als die einfachen statistischen Modelle. Mit zunehmender Steigerung der Leistungsfähigkeit der Computer nimmt die Zahl der vorgeschlagenen Modelle, die die Schadstoffausbreitung in einem dreidimensionalen Feld ermöglichen, rasch zu. Eine Reihe solcher Modelle wird in Kolloquiumsbeiträgen der VDI-Kommission Reinhaltung der Luft

(KRdL, 1994, 1995) vorgestellt. Vergleiche verschiedener Verfahren findet man z.B. bei LOHMEYER, 1994.

Oft werden Modellierung und Windkanalsimulation gekoppelt. Arbeiten dazu sind ebenfalls in den Kolloquiumsberichten des BMFT, TÜV Rheinland und Umweltbundesamtes zur Ausbreitung von Kfz-Emissionen (z.B. LEISEN, 1982; ROMBERG & NIEMANN 1988) enthalten.

Alle bisher angeführten Methoden zur Einschätzung der Immissionssituation haben ihre Vor- und Nachteile, da sich immer Aufwand und erzielbare Genauigkeit gegenüberstehen und ein sinnvoller Kompromiß gefunden werden muß. Deshalb gilt als wahrscheinlich, daß auch in Zukunft alle Methoden parallel je nach Einsatzgebiet bzw. Anwendungsfall ihre Berechtigung haben werden.

Die Aufgabenstellung des Projektes leitete sich aus der Notwendigkeit der Reduktion der kfz-bedingten Schadstoffbelastung der Luft ab. Das Ziel bestand in der Entwicklung von Modellen, die grundsätzlich für Simulationsanalysen und umweltverbessernde Maßnahmen geeignet sind. Dabei sollten diese Modelle sowohl den Nachweis des Effektes technischer Maßnahmen zur Schadstoffminderung im Kfz-Verkehr (z.B. GORIBEN, 1991, 1992; STEVEN, 1995) als auch den Effekt verkehrsbeeinflussender Maßnahmen (MOHRY & RIEDEL 1979; WALDEYER & LEISEN, 1985; AHRENS, 1991; AHRENS et.al. 1991; Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung, 1991; GORIBEN, 1992; JOST, P. et.al. 1992; PETERSEN, 1992) simulieren können.

Mit dem Projekt sollten Emissions- und Immissionsmodelle geschaffen werden, die sowohl

- die Beschreibung der Immissionssituation zu repräsentativen Zeitpunkten an einer Modellkreuzung als auch
- die Darstellung der mittleren jährlichen Verteilung der kfz-bedingten Schadstoffe Kohlenmonoxid, Stickoxide und Benzol im Stadtgebiet auf der Basis der Windrichtungsstatistik Leipzigs ermöglichen.

Außerdem sollten mit den Modellen Immissionsprognosen bei bestimmten meteorologischen Situationen für vorbeugende Maßnahmen und Prognosen des Effektes geplanter umweltverbessernder Maßnahmen (Umstellung von Energieträgern, Maßnahmen der Verkehrsplanung unter Berücksichtigung des Kfz-Bestandes und der Entwicklung der Fahrzeugflotte) als Entscheidungsgrundlagen für eine umweltschonende Verkehrsabwicklung und eine umweltgerechte Verkehrsplanung insbes. von Kommunen möglich sein.

2. Ergebnisse

2.1 Auswertung von Verkehrszählungen

Verkehrszählungen können nach verschiedenen Methoden vorgenommen werden (FIOLIC, 1974). Die einfachste, aber aufwendigste Methode ist die Datenerfassung durch Zählpersonen. Automatische Verkehrszählungen verwenden in die Fahrbahn eingelassene Induktionsschleifen oder Radardetektoren (KRUSE, 1995) oder basieren auf einer Video- oder Geräuschanalyse (KÄMPF et.al. 1995). Bei den automatischen Verkehrszählungen wird die Anzahl der Fahrzeuge sicher erfaßt, eine Unterscheidung ausgewählter Fahrzeugklassen bereitet dagegen Probleme.

Die jeweils angewandte Methode richtet sich nach dem Ziel der Erhebung und der Weiterverwendung der Daten und nach den verfügbaren Ausrüstungen und Möglichkeiten.

Für Verkehrszählungen in Netzen genügen i.d.R. Werte des durchschnittlichen täglichen Verkehrs (DTV-Werte), wobei allenfalls der Lkw-Anteil noch separat erfaßt wird. Meist werden die Anteile von ausgewählten Fahrzeugklassen aus den Zulassungszahlen geschätzt (BLÜMEL & LIWICKI 1995). Für die Berechnung von Emissionen als Inputdaten für mikroskalige Ausbreitungsmodelle ist eine möglichst genaue Erfassung des Tagesganges der Verkehrsstärken aller für die Emissionsberechnung relevanten Kraftfahrzeugklassen erforderlich.

2.1.1 Verkehrszählungen an einer Modellkreuzung

Als Untersuchungsort mit enger Bebauung und hoher Verkehrsdichte ist die Kreuzung Eisenbahn-/Hermann-Liebmann-Str. ausgewählt worden.

Die Modellkreuzung liegt in einem Wohnviertel mit gründerzeitlicher Blockbebauung. Die Gebäudehöhen betragen i.d.R. 5 Stockwerke. In Abb. 1 ist das Untersuchungsgebiet dargestellt. Die Blöcke wurden mit I - VI durchnummeriert. Der Block IV zwischen Eisenbahn-, Hermann-Liebmann-, Konrad- und Thümmelstr. ist als solcher durch Kriegseinwirkungen kaum noch erkennbar. Die Innenhöfe der Blöcke sind teilweise auch bebaut (Stockwerkshöhen 1-5). Zwischen den Blöcken findet man typische enge Straßenschluchten vor (Breite der Eisenbahnstr. einschließlich der Fußwege ca. 20 m, Breite der Hermann-Liebmann-Str. einschließlich der Fußwege ca. 18 m), die nur durch querende Straßen unterbrochen werden. Auf der Eisenbahnstr. und auf der Hermann-Liebmann-Str. verkehren zusätzlich zum Kfz-Verkehr noch Straßenbahnen.

In Abb. 2 ist diese Kreuzung mit ihren Fahrspuren schematisch dargestellt.

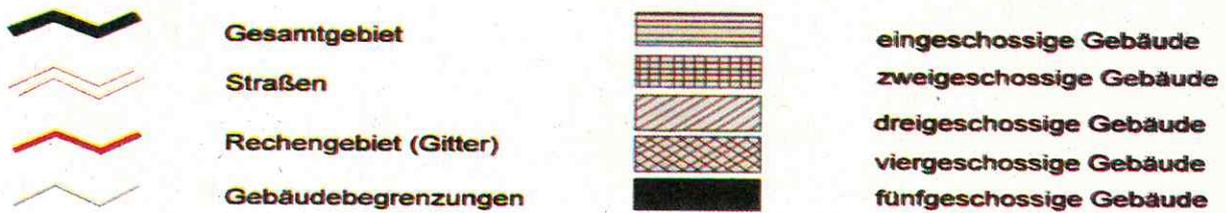
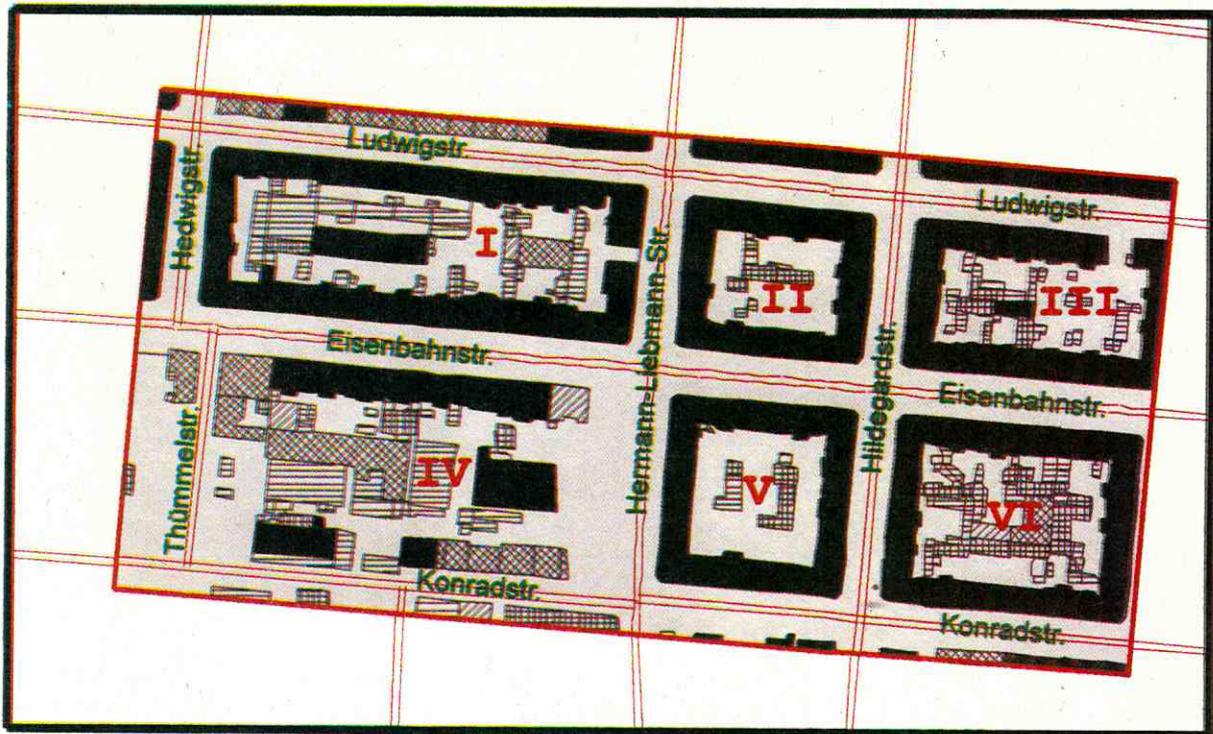


Abb. 1 : Blockstrukturen im Bereich Eisenbahn-/Hermann-Liebmann-Str.

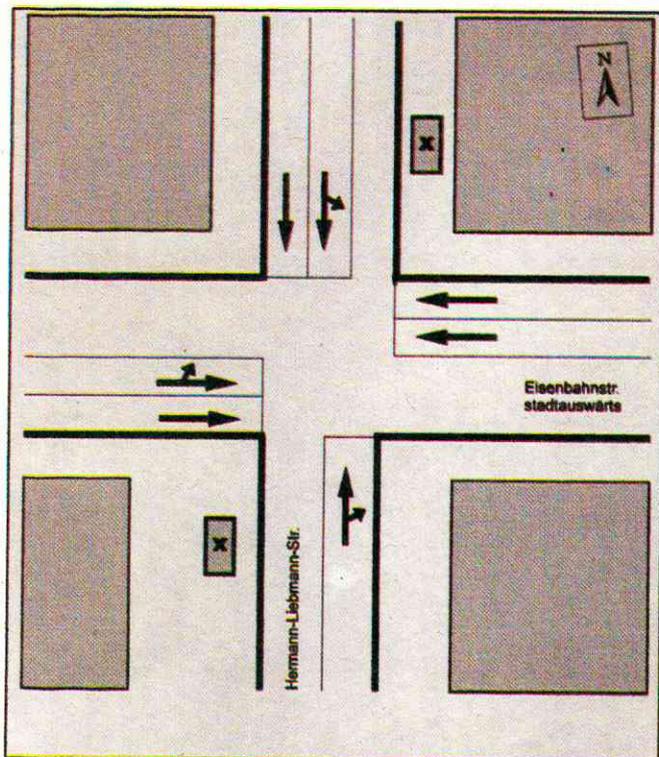


Abb. 2 :
Schematische Darstellung der Kreuzung
Eisenbahn-/Hermann-Liebmann-Str.
(x : Standorte des Meßwagens)

Da keine Induktionsschleifen oder andere automatische Erfassungsmöglichkeiten (z.B. Videoüberwachung) vorhanden waren, erfaßten die Zählpersonen die Fahrzeugströme in 15-min-Intervallen in den vier Richtungen, getrennt nach den optisch unterscheidbaren Fahrzeugklassen 2-Takt-, 4-Taktfahrzeuge (damit sind im folgenden alle Pkw außer 2-Taktfahrzeugen gemeint, also auch Fahrzeuge mit Dieselmotoren) und Lkw.

In zusätzlichen Zählungen wurden die Verteilung auf die Fahrspuren und die Häufigkeit von Richtungsänderungen ermittelt. Damit ist die Verkehrssituation im Kreuzungsbereich für jedes Zeitintervall vollständig durch insgesamt 98 Fahrzeugströme und Kenngrößen beschreibbar.

Der hohe Aufwand hatte außerdem das Ziel, verallgemeinerbare Faktoren und Trends für Tagesgang, Anteile der Fahrzeugklassen, Anteile der Richtungsänderungen und Anteile der Spuren zu bestimmen, um bei späteren Untersuchungen mit einem geringeren Zählaufwand auszukommen oder auf eine Zählung ganz verzichten zu können.

Zählungen erfolgten an den Tagen

15.07.92	7:00 - 17:30	(mit kurzen Unterbrechungen)
23.09.93	7:00 - 17:00	
29.09.93	7:00 - 17:00	
01.10.93	6:00 - 16:00	
07.10.93	10:00 - 20:00	

Die Ergebnisse werden grafisch und tabellarisch dargestellt.

Die Abb. 3 - 7 enthalten den Gesamtverkehr (4 Richtungen zur Kreuzung hin) und die Fahrzeugströme der 3 Klassen.

Für alle Zähltag ist charakteristisch, daß ein typischer Tagesgang mit 2 ausgeprägten Maxima (wie z.B. in DORFWIRTH et.al. 1980) **nicht** auftritt. Die Verkehrsströme sind fast gleichmäßig über den Tag verteilt bzw. ergeben nur ein einziges breites, wenig differenziertes Maximum in den Tagesstunden, wie in anderen Großstädten bereits beobachtet (DEIMEL, 1978; STEVEN, 1995). Unsere Verkehrszählungen setzten erst ein, wenn bereits eine hohe Verkehrsstärke erreicht war und endeten vor einem deutlichen Abklingen. Wenn überhaupt von einer Verkehrsspitze gesprochen werden kann, dann ist diese in Abb. 7 zwischen 16:00 und 17:00 Uhr nachweisbar, weil an diesem Tag noch bis 20:00 Uhr gezählt wurde.

An allen Zähltagen wird vorher (1 - 2 Stunden) ein entsprechender Anstieg der Verkehrsstärke um etwa 30 % verzeichnet.

Dieser Anstieg geht vor allem auf die 4-Takt-Pkw zurück (Abb. 3 - 7). Während 1992 auch die Anzahl der 2-Takt-Pkw nach 14:00 Uhr noch deutlich anstieg (Abb. 3), ist für die Zähltag 1993 typisch, daß die Summe aus Lkw und 2-Takt-Pkw etwa konstant ist (Abb. 4, 5) bzw. nach 15:00 Uhr sogar leicht sinkt (Abb. 7).

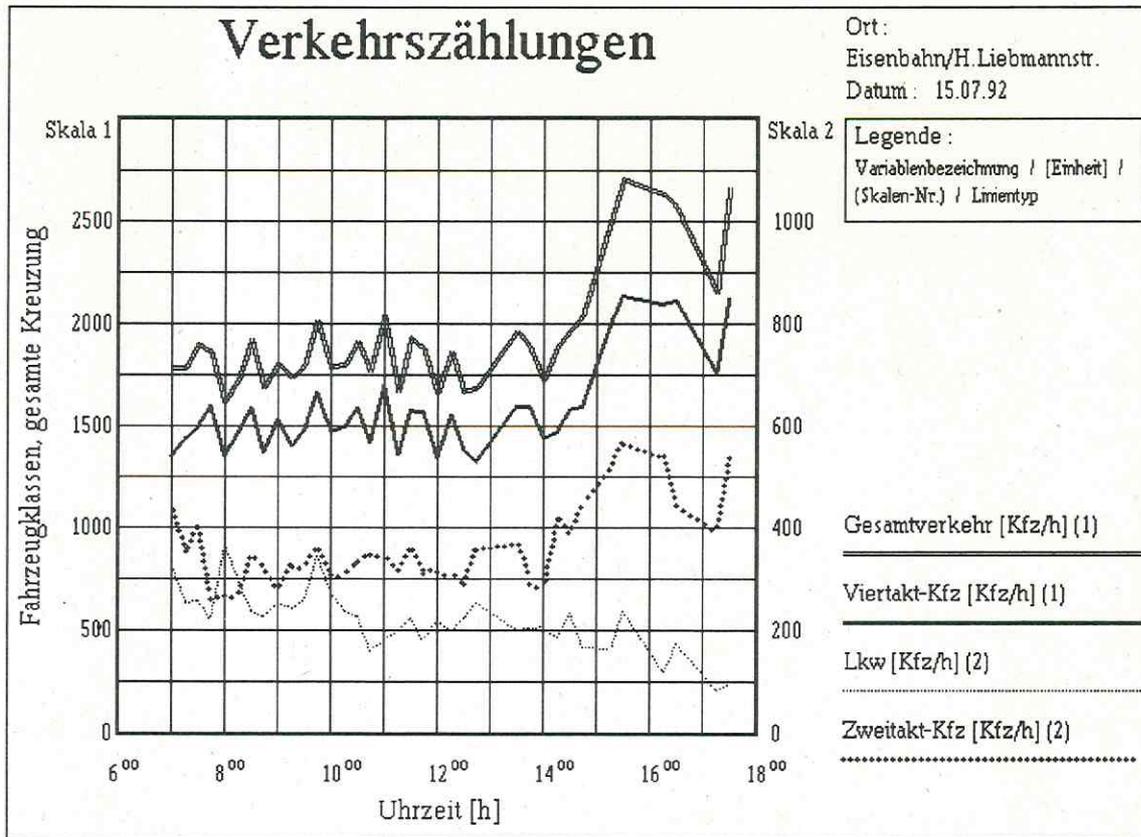


Abb. 3 : Verkehrszählungen am 15.07.92 : absolute Fahrzeugströme nach Klassen

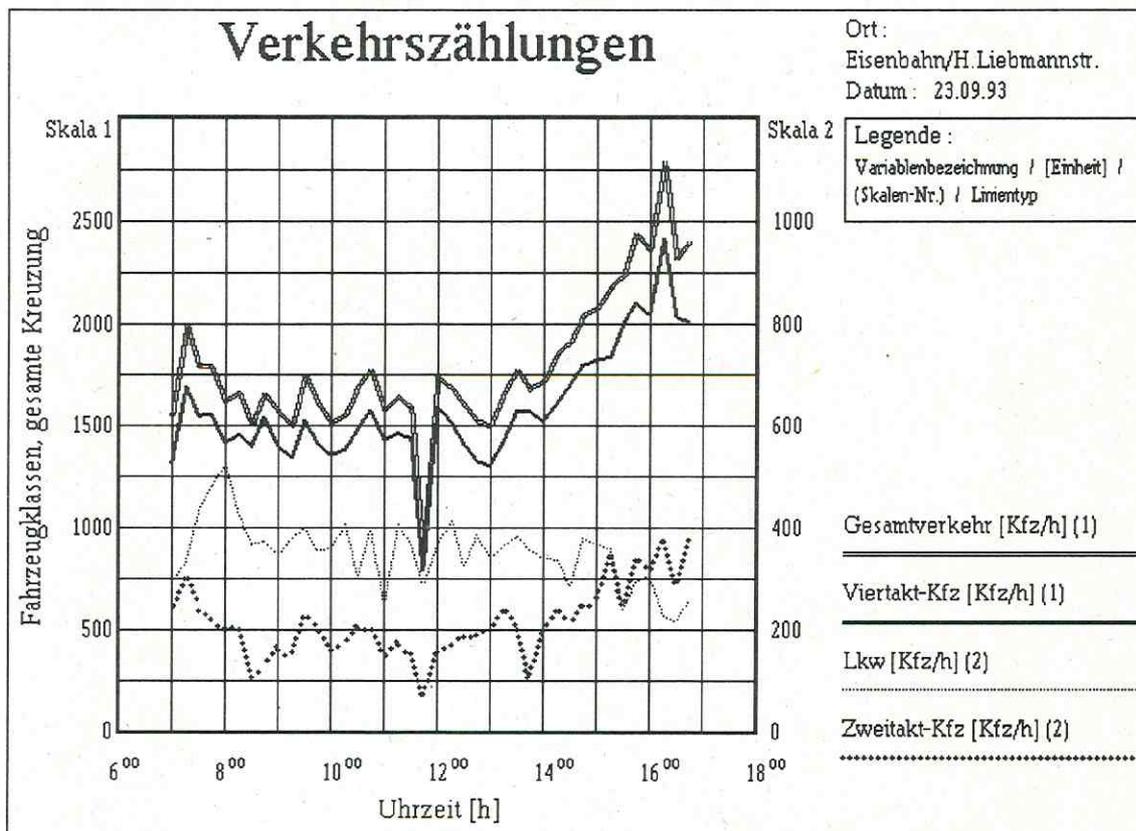


Abb. 4 : Verkehrszählungen am 23.09.93 : absolute Fahrzeugströme nach Klassen

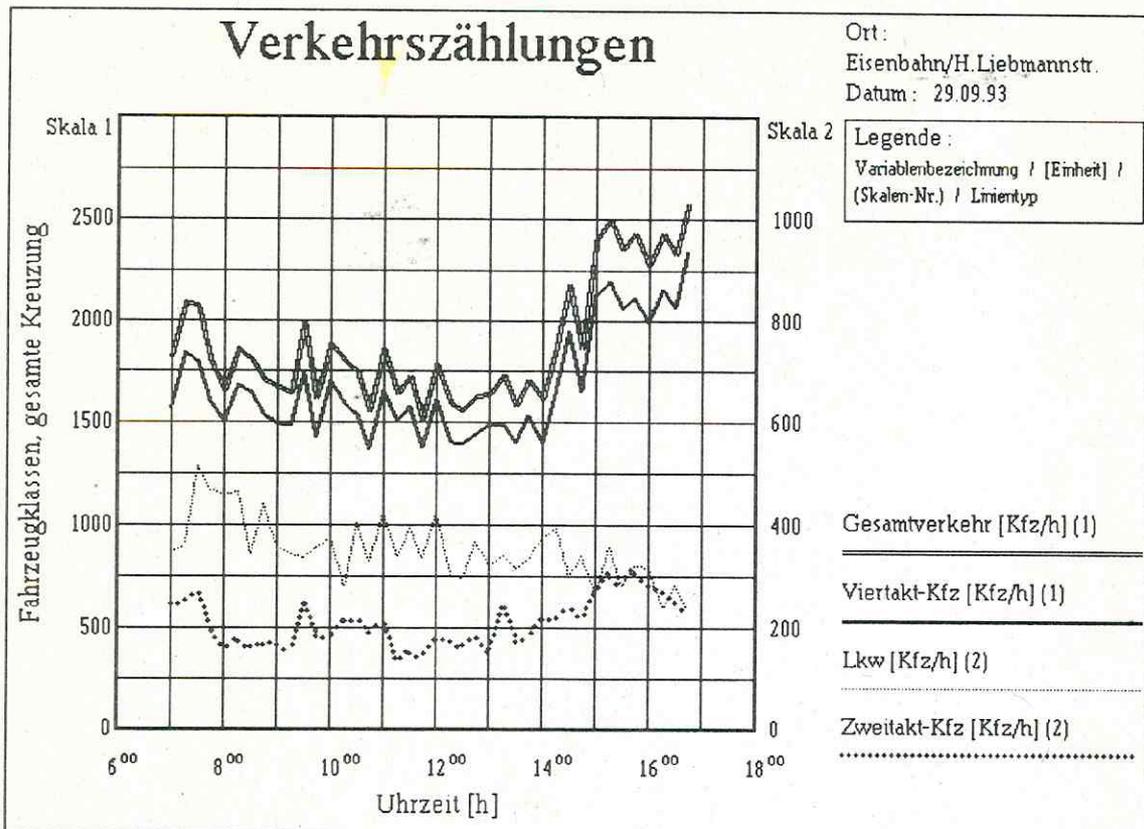


Abb. 5 : Verkehrszählungen am 29.09.93 : absolute Fahrzeugströme nach Klassen

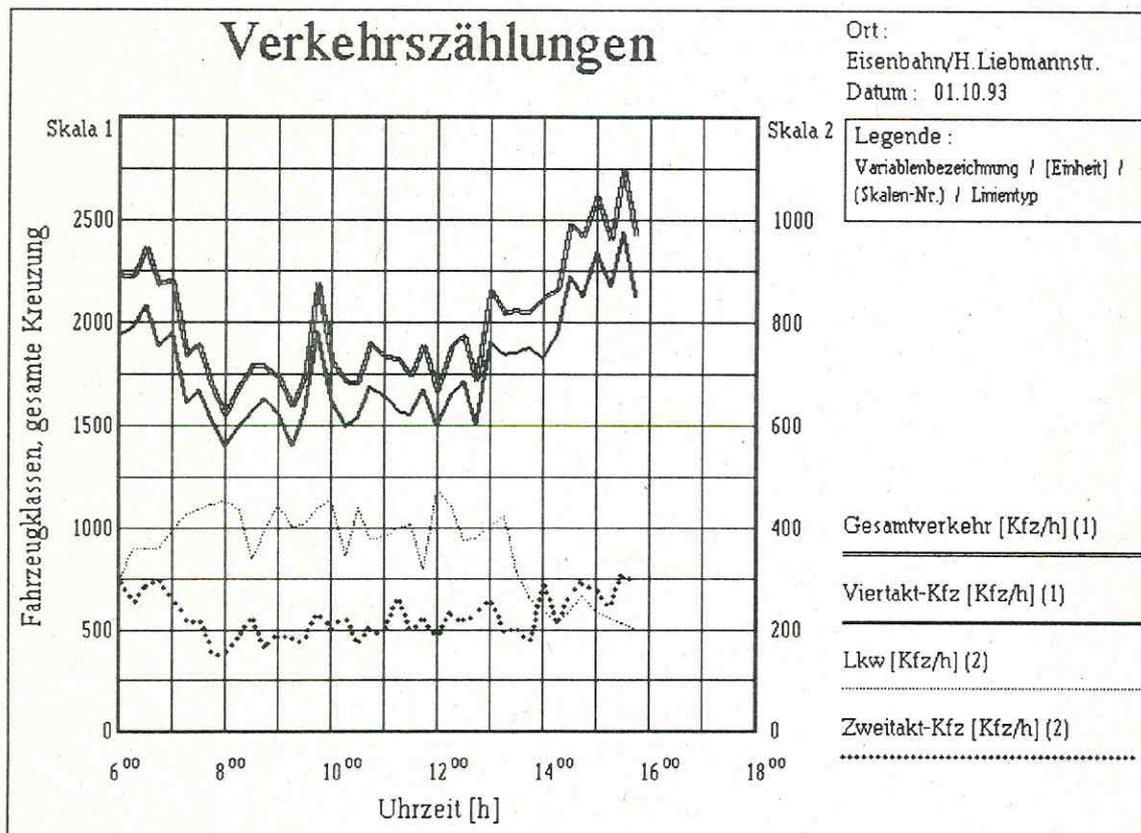


Abb. 6 : Verkehrszählungen am 01.10.93 : absolute Fahrzeugströme nach Klassen

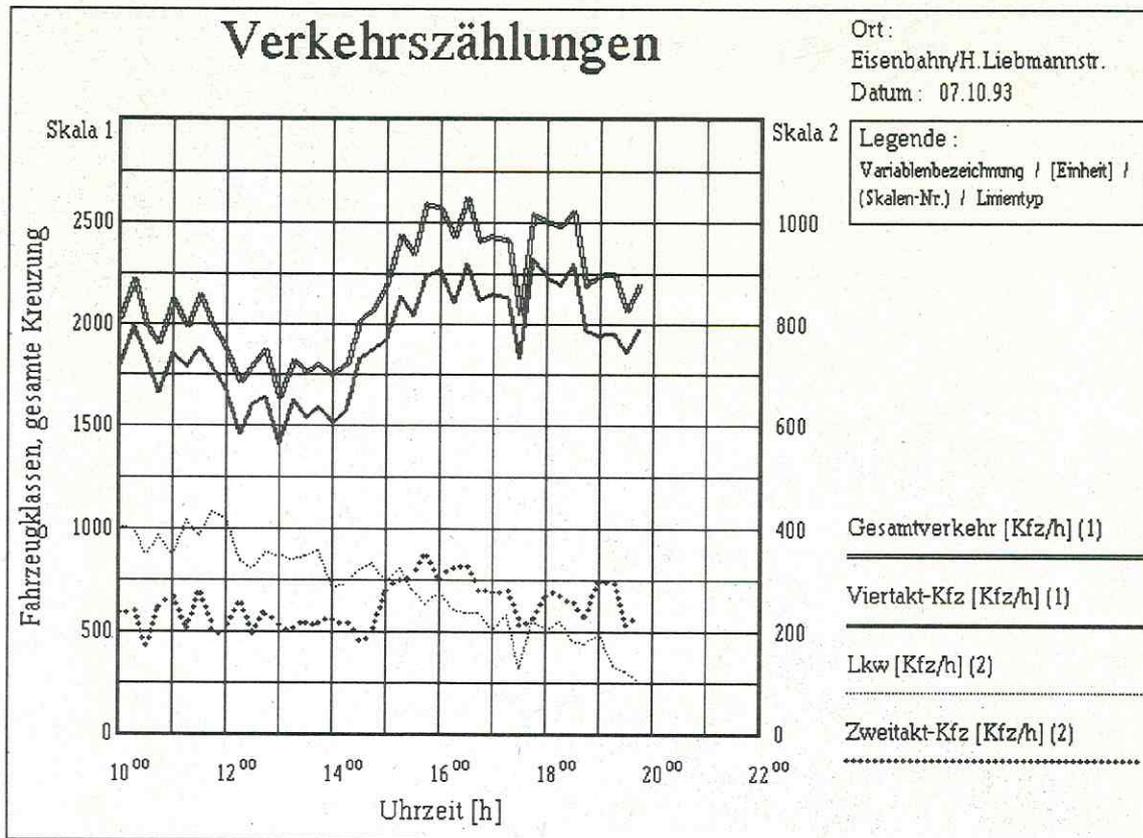


Abb. 7 : Verkehrszählungen am 07.10.93 : absolute Fahrzeugströme nach Klassen

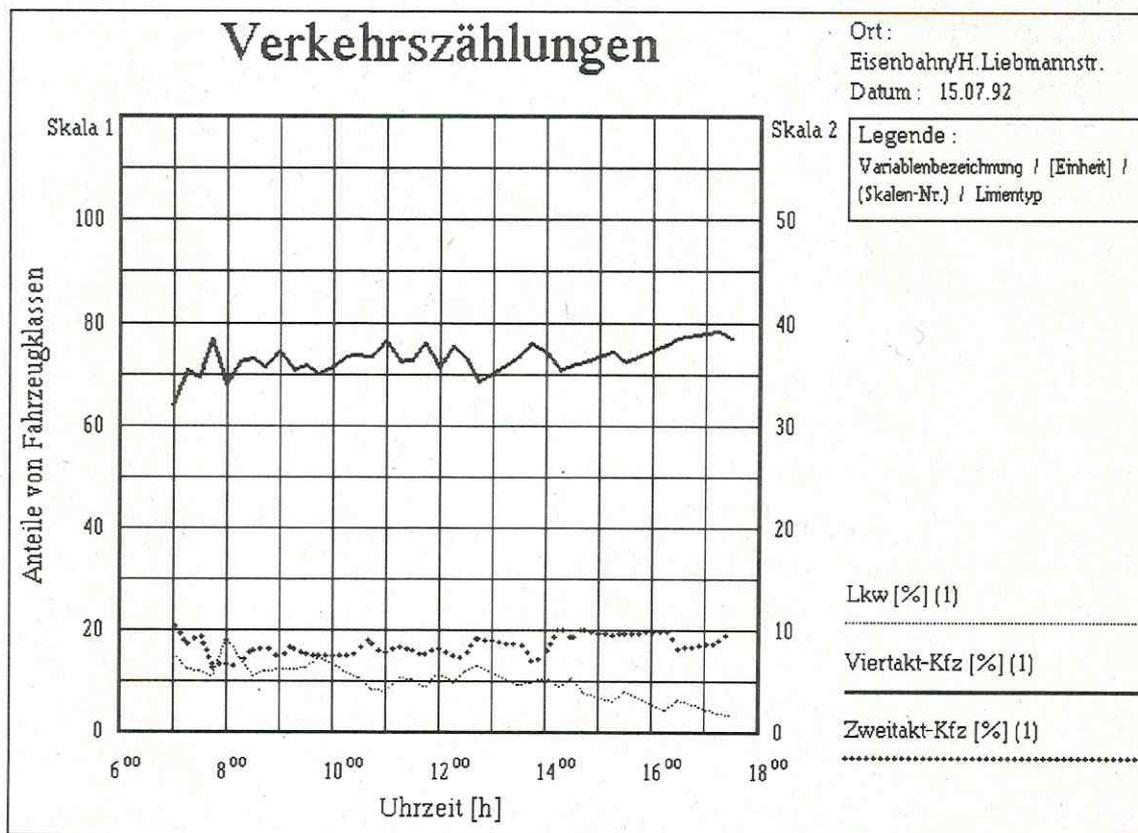


Abb. 8 : Verkehrszählungen am 15.07.92 : Anteile der Fahrzeugklassen

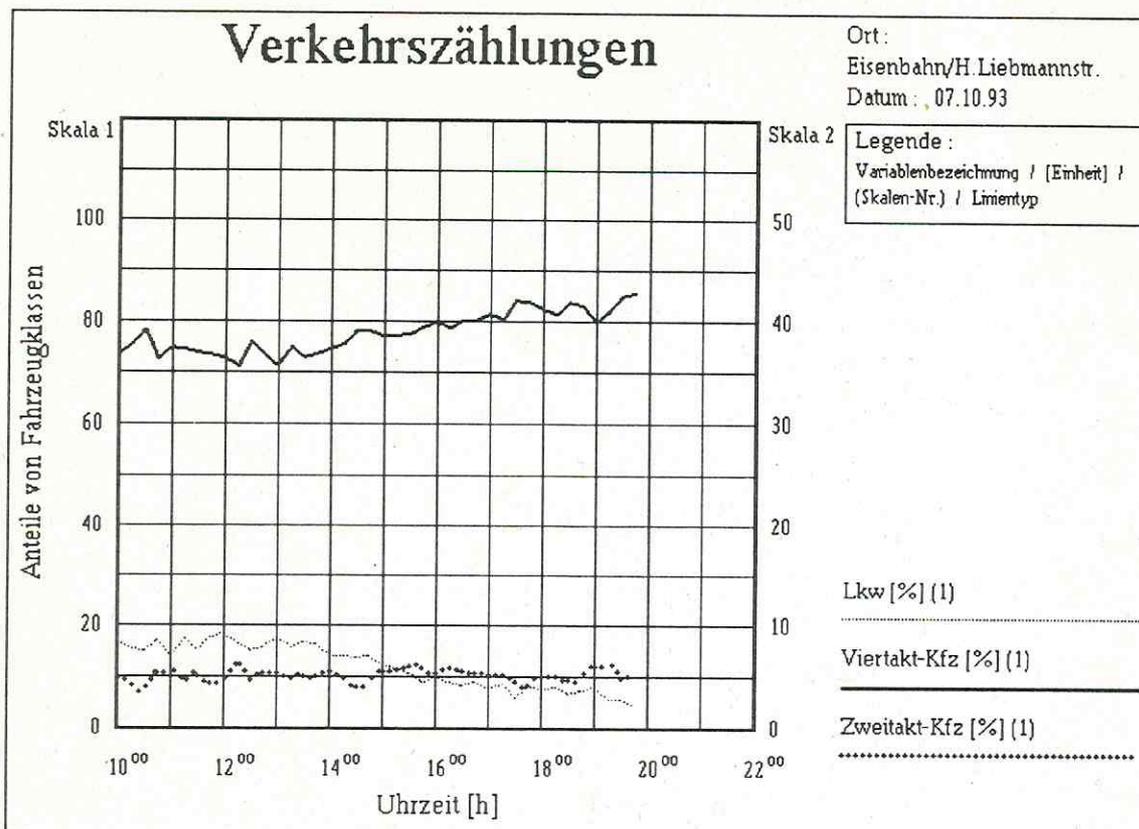


Abb. 9 : Verkehrszählungen am 07.10.93 : Anteile der Fahrzeugklassen

Deutlicher werden diese Aussagen noch in den Abb. 8 und 9, in denen die prozentualen Anteile der 3 Fahrzeugklassen dargestellt sind. Der Anteil der 4-Takt-Pkw pendelt immer zwischen 70 und 80 %. Hier ist im Vergleich von 1992 zu 1993 keine Veränderung eingetreten. Eine deutliche Verschiebung wird aber bei den 2-Takt-Pkw und Lkw beobachtet. Die Tendenz bei den 2-Takt-Pkw ist eindeutig fallend. Waren es 1992 noch bis zu 20 % (Abb. 8, im Tagesverlauf leicht steigend), so liegt der Prozentsatz 1993 fast konstant bei 10 % (Abb. 9). Der Anteil der Lkw steigt 1993 in den Morgenstunden auf maximal 20 % und beginnt ab 13:00 Uhr wieder zu fallen (bis 10 %, Abb. 9).

Die Abb. 10 und 11 zeigen Beispiele der Verkehrsstärken in den 4 Richtungen der Kreuzung. Der Verkehr in der Hauptstr. (Eisenbahnstr., "stadteinwärts", "stadtauswärts") liegt deutlich über dem der Nebenstr. (Hermann-Liebmann-Str., "aus Richtung Süd kommend", "aus Richtung Nord kommend"). Das Verhältnis beträgt etwa 3 : 2.

Ganz normal ist die Abnahme der Verkehrsstärke stadteinwärts (bzw. Zunahme des Verkehrs stadtauswärts) im Tagesgang. Dieses Phänomen wird auch in anderen Großstädten an radial verlaufenden Straßen beobachtet (STEVEN, 1995). Insgesamt benutzen aber im Zählzeitraum mehr Fahrzeuge die stadtauswärtige Richtung. Die Asymmetrie in den vorliegenden Daten würde sicher verringert, wenn bereits zu einer früheren Tageszeit zu zählen begonnen worden wäre. In den Nachmittagsstunden geht die Verschiebung so weit, daß nur noch die stadtauswärtige Richtung dominiert, alle anderen 3 liegen in der gleichen Größenordnung.

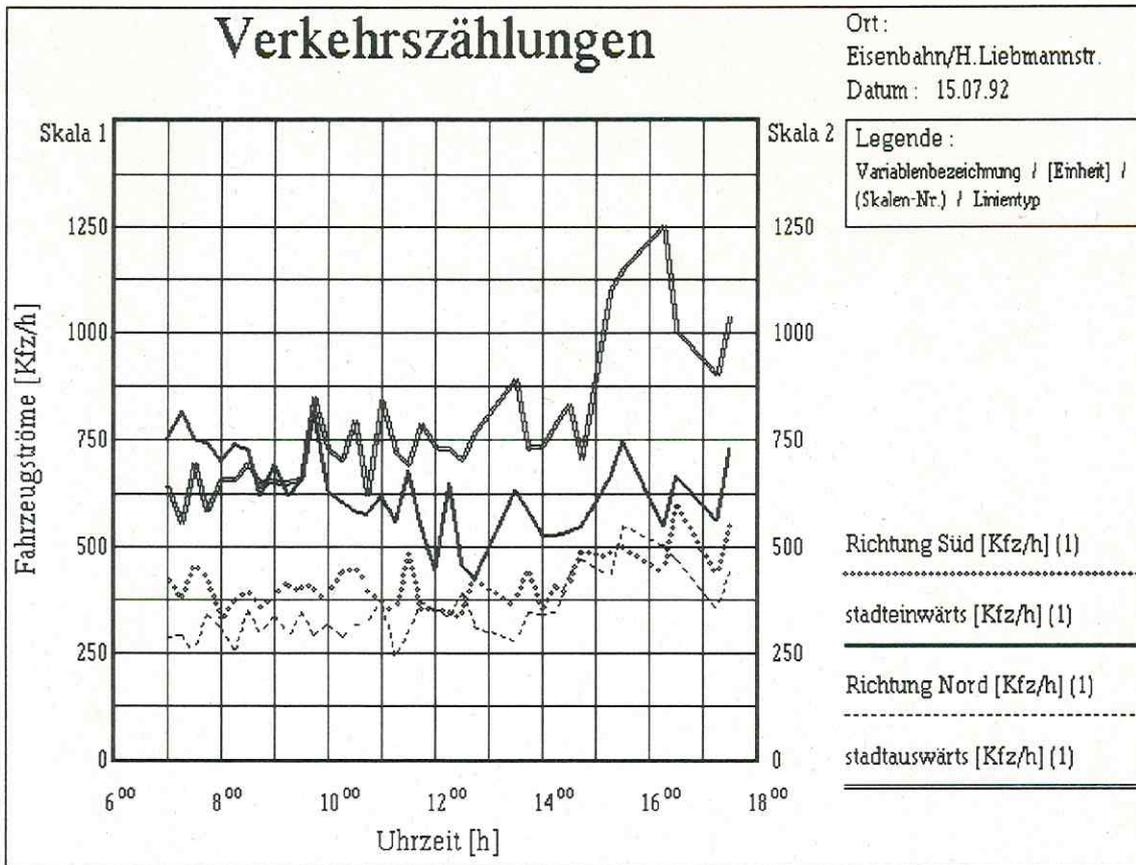


Abb. 10 : Verkehrszählungen am 15.07.92 : Fahrzeugströme in den 4 Hauptrichtungen

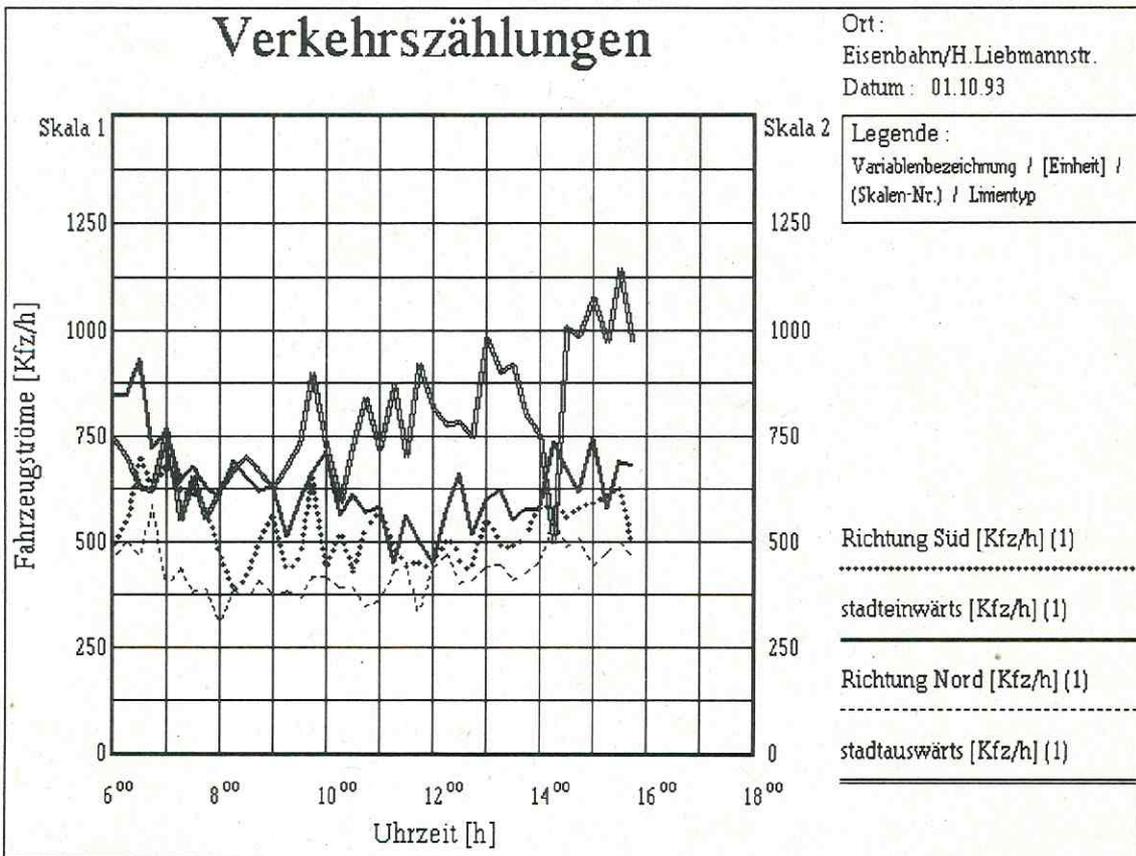


Abb. 11 : Verkehrszählungen am 01.10.93 : Fahrzeugströme in den 4 Hauptrichtungen

Die Abb. 12 und 13 stellen die prozentualen Anteile der 4 Richtungen am Gesamtverkehr an zwei ausgewählten Tagen dar. Der Anteil der stadtauswärts fahrenden Fahrzeuge steigt von etwa 30 % auf über 40 % , dagegen sinkt der Anteil der stadteinwärts fahrenden Fahrzeuge von über 35 % auf 20 - 25 % , steigt allerdings in Abb. 13 (Donnerstag, 07.10.93, längere Geschäftszeiten) wieder bis 30 % an.

In den Nord-Süd-Richtungen (Hermann-Liebmann-Str.) bleiben die Anteile fast unverändert. Parallel zu den Verkehrszählungen in den 4 Hauptrichtungen und den 3 Fahrzeugklassen wurden zur Ermittlung der genauen Verkehrsströme im Kreuzungsbereich die Anteile der Richtungsänderungen erfaßt.

Aus Richtung 1 (Eisenbahnstr., stadtauswärts) biegen durchschnittlich 21 % der Fahrzeuge nach links, 6,9 % nach rechts ab. Aus Richtung 4 (Hermann-Liebmann-Str., aus Richtung Nord) biegen durchschnittlich 21 % nach links und aus Richtung 2 (Hermann-Liebmann-Str., aus Richtung Süd) 5.8 % nach rechts ab. Für Richtung 3 (Eisenbahnstr., stadteinwärts) gilt für beide Fahrspuren ein Geradeausfahrgebot.

Die Bilanzen auf den 4 Hauptrichtungen bleiben fast unverändert :

- Eisenbahnstr. : stadteinwärts keine Veränderung möglich (s. Abb. 2)
stadtauswärts : - 21 % Linksabbieger , + 21 % (aus Richtung 4)
- H.-Liebm.-Str. : aus Nord : - 21 % Linksabbieger, + 21 % (aus Richtung 1)
aus Süd : - 5,8 % Rechtsabbieger, + 6,9 % (aus Richtung 1)

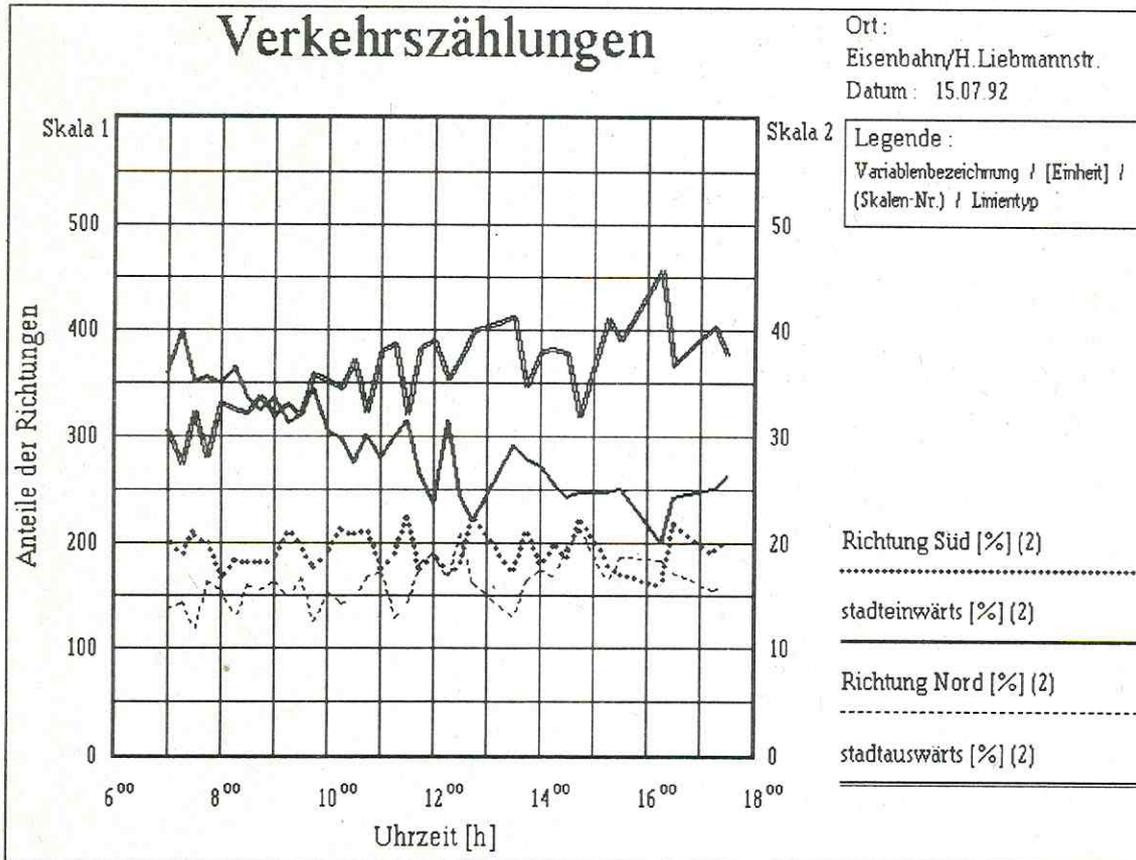


Abb. 12 : Prozentuale Anteile der Kfz-Ströme an den 4 Hauptrichtungen

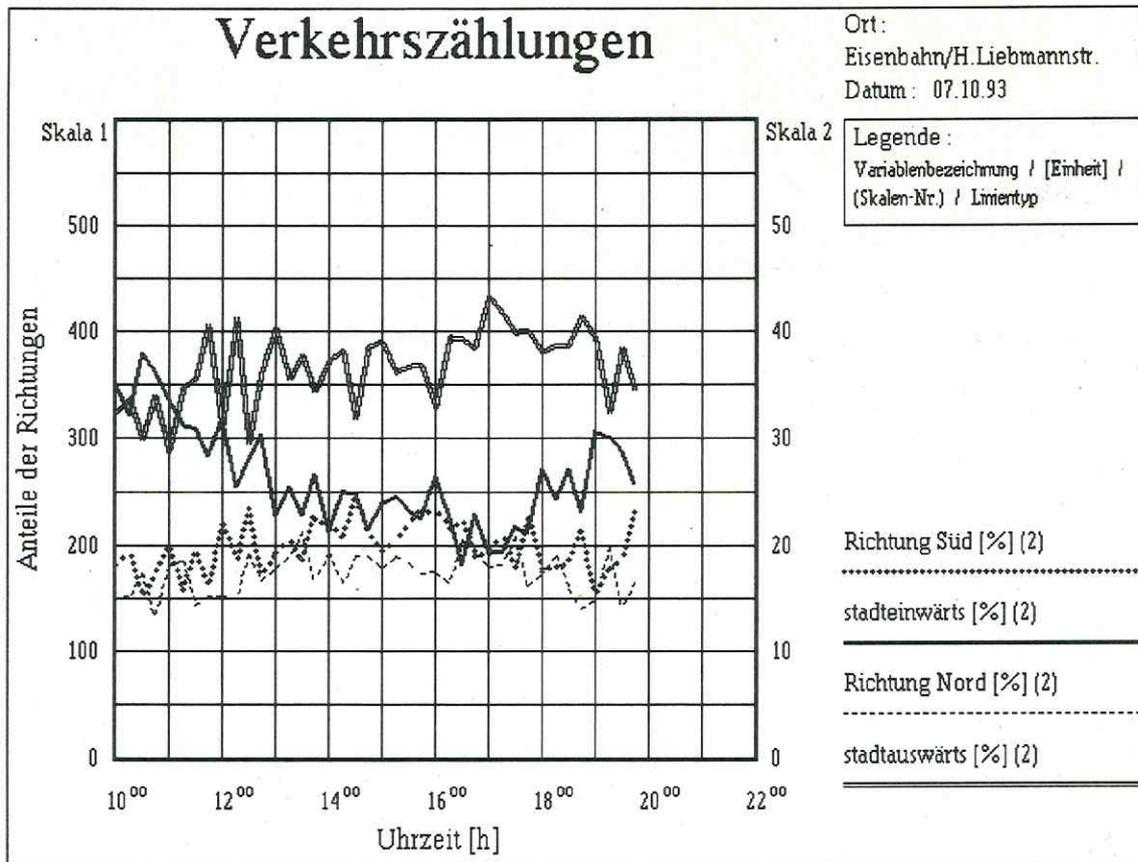


Abb. 13 : Prozentuale Anteile der Kfz-Ströme an den 4 Hauptrichtungen

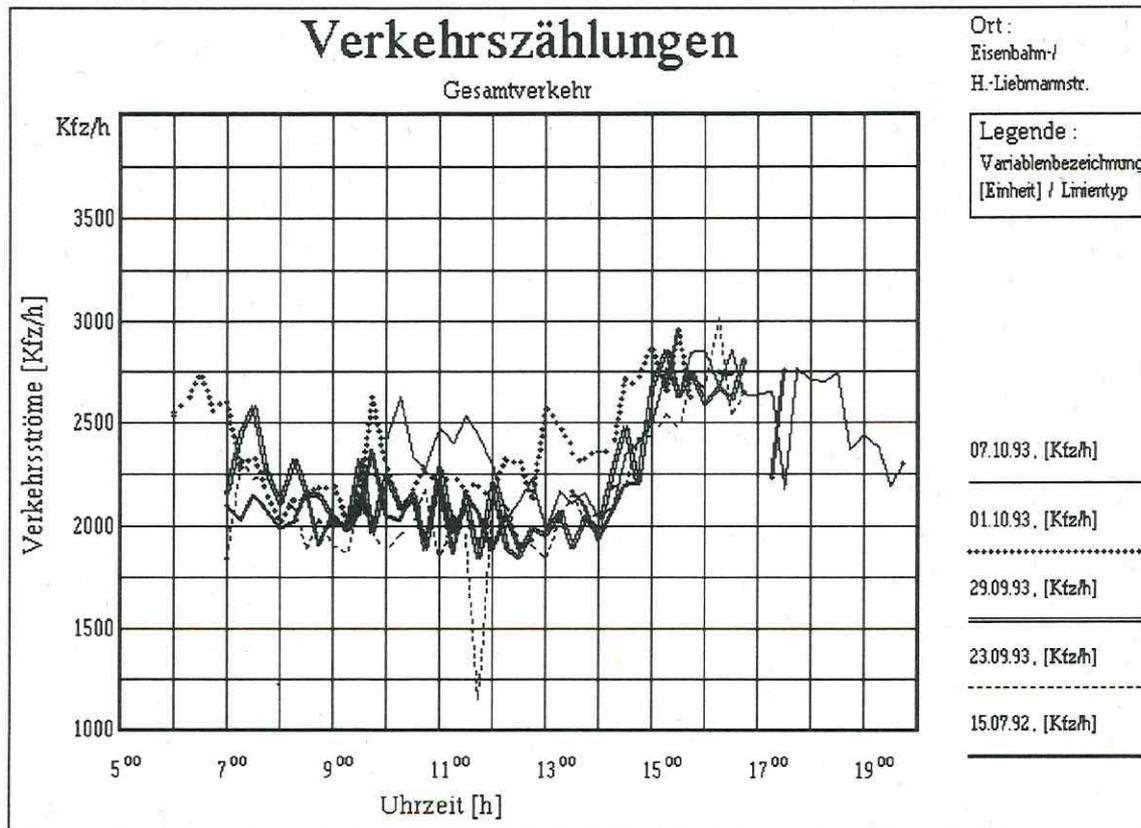


Abb. 14 : Vergleich der Tagesgänge der Kfz-Ströme an allen Zähltagen

In Abb. 14 ist der Gesamtverkehr an allen 5 Zähltagen grafisch dargestellt. Neben den unvermeidbaren Schwankungen und Ausreißern (am 23.09.93, 11:45 Uhr starker Stau in Richtung 1 durch Lieferfahrzeuge) ist ein einheitlicher Trend erkennbar :

- ähnliche Tagesgänge
- lediglich ein schwaches Maximum in den Nachmittagsstunden

Aus den Daten der 5 Zähltage konnten mittlere Tagesgänge in den 4 Richtungen und des Gesamtverkehrs an der Kreuzung bestimmt werden. Die Mittelwertbildung erfolgte zunächst für jedes Zählintervall (Viertelstunde) der 5 Tage, wobei die Werte aus 1992 aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den Werten aus 1993 mit dem Faktor 1,14 multipliziert wurden (s. Ergebnisse der statistischen Auswertung in Tabelle 1).

Eine weitere Glättung der mittleren Tagesgänge erfolgte durch gleitende arithmetische Mittelwertbildung aus 4 Viertelstundenwerten zum Stundenmittel.

Die so erhaltenen gemittelten Tagesgänge sind in Abb. 15 dargestellt und unterstreichen obige Einschätzung.

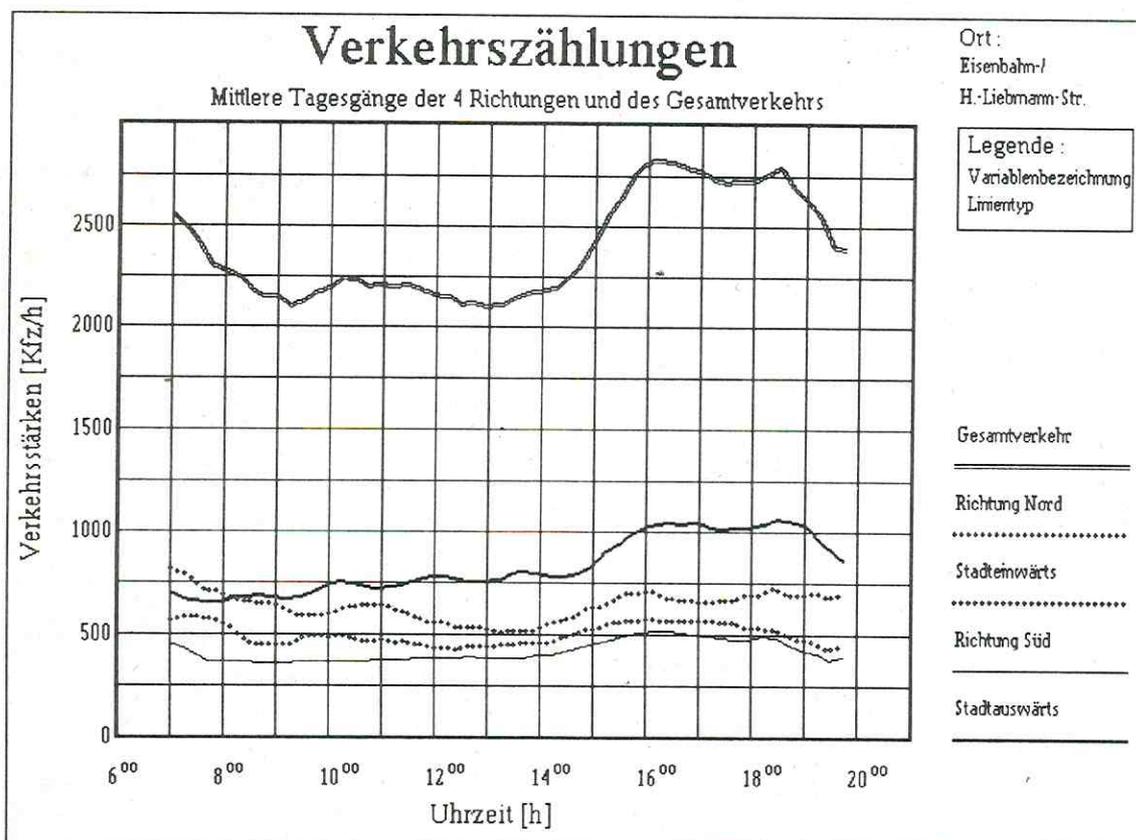
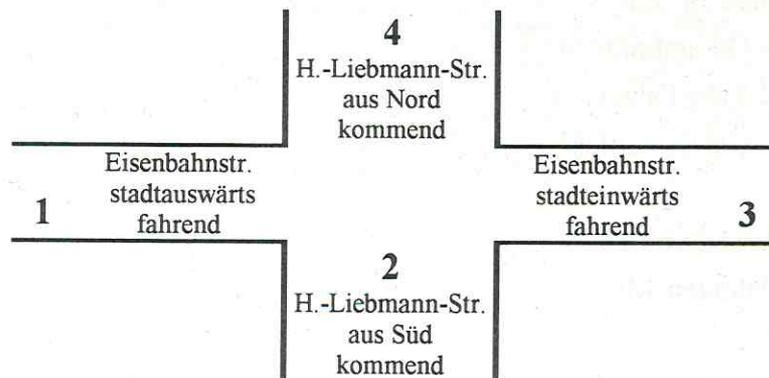


Abb. 15 : Mittlere Tagesgänge der Verkehrsströme in den 4 Hauptrichtungen und des Gesamtverkehrs

Tabelle 1 enthält die Ergebnisse einer statistischen Auswertung der durch Verkehrszählungen gewonnenen Daten (Analyse der Anteile der Richtungen und der Fahrzeugklassen).

Tabelle 1 : Statistische Auswertung der Verkehrszählungen an der Kreuzung Eisenbahn-/ Hermann-Liebmann-Str.



	Richtung 1	Richtung 2	Richtung 3	Richtung 4	Gesamt
15.07.92					
Kfz/ 9 h	6490	2937	5357	3455	18239
% 2-Takt	14,84	18,62	15,20	19,51	16,44
% 4-Takt	74,67	68,68	74,78	70,59	72,96
% Lkw	10,49	12,70	10,02	9,90	10,60
% Richtung	35,58	16,10	29,37	18,94	
23.09.93					
Kfz/ 10 h	7187	3891	5504	4836	21418
% 2-Takt	9,20	10,72	8,65	11,35	9,82
% 4-Takt	75,30	71,22	75,22	72,06	73,81
% Lkw	15,50	18,07	16,13	16,58	16,37
% Richtung	33,56	18,17	25,70	22,58	
29.09.93					
Kfz/ 10 h	7559	4039	5672	5113	22383
% 2-Takt	8,76	10,62	7,82	10,54	9,27
% 4-Takt	74,85	74,30	76,04	74,73	75,03
% Lkw	16,39	15,08	16,13	14,73	15,71
% Richtung	33,77	18,04	25,34	22,84	
01.10.93					
Kfz/ 10 h	7762	4260	6376	5227	23625
% 2-Takt	8,75	10,49	8,14	11,12	9,42
% 4-Takt	76,40	72,93	76,84	73,69	75,29
% Lkw	14,85	16,57	15,03	15,19	15,28
% Richtung	32,86	18,03	26,99	22,12	
07.10.93					
Kfz/ 10 h	8927	4205	6401	4790	24323
% 2-Takt	8,93	12,63	9,06	11,44	10,10
% 4-Takt	79,72	76,34	78,02	76,95	78,14
% Lkw	11,35	11,03	12,92	11,61	11,76
% Richtung	36,70	17,29	26,32	19,69	
	% 2-Takt	% 4-Takt	% Lkw	Kfz/h	%
1992	16,44	72,96	10,60	2026	100
1993	9,65	74,58	15,77 *)	2300	114

Auffallend ist die geringe Streuung des Prozentsatzes der 2-Takt-, 4-Takt-Pkw und Lkw (letzterer ist lediglich am 7.10.93 wegen des verschobenen Zeitraumes der Zählungen geringer und wurde für den Gesamtmittelwert nicht berücksichtigt *)).

Der Anteil der 2-Takt-Fahrzeuge ist von 51,7 % (Kraftfahrt-Bundesamt, 1990), 16,44 % (1992) auf 9,65 % (1993) zurückgegangen.

Der Anteil der Lkw ist von 10,6 % (1992) auf 15,77 % (1993) gestiegen und deckt sich sehr gut mit einem 3-jährigen Mittelwert einer vergleichbaren Großstadt (Hannover, HEITS et.al. 1993).

Der Gesamtverkehr hat seit 1992 um 14 % zugenommen (der Vergleich stützt sich aber auf nur einen Zähltag in 1992 und 4 Zähltag in 1993).

Die Verkehrsstärke auf der Eisenbahnstr. (Richtungen 1 + 3) beträgt im Mittel 1385 Kfz/h, die Verkehrsstärke auf der Hermann-Liebmann-Str. 910 Kfz/h. In Umkehrung des üblichen Algorithmus' zur Aufspaltung von DTV-Werten in stündliche Werte der Verkehrsstärken für die Tag- und Nachtstunden (BMV, 1990) mit

$$\begin{aligned} \text{Verkehrsstärke}_{\text{tags}} &= 0.06 * \text{DTV} && \text{und} \\ \text{Verkehrsstärke}_{\text{nachts}} &= 0.011 * \text{DTV} \end{aligned}$$

errechnet sich für die Eisenbahnstr. ein DTV-Wert von etwa 23 000 Kfz/d, für die Hermann-Liebmann-Str. ein DTV-Wert von etwa 15 000 Kfz/d.

Die Verkehrszählungen an der Modellkreuzung haben folgende Ergebnisse gebracht :

- Die Tagesgänge der Verkehrsströme können im Rahmen der Genauigkeit als weitestgehend konstant angesehen werden.
- Die Anteile an den Richtungen sind im gesamten Untersuchungszeitraum und die Anteile der Fahrzeugklassen sind im Zeitraum 1993 konstant.
- Durch die Verkehrszählungen sind alle für Emissionsberechnungen erforderlichen Verkehrsdaten vorhanden.
- Für den Fall, daß Immissionsmessungen ohne gleichzeitige exakte Verkehrszählungen durchgeführt werden sollten, ist für Modellierungszwecke die Berechnung von Emissionen aus den ermittelten Tagesgängen und übrigen charakteristischen Faktoren vertretbar. Lediglich der Anteil der 2-Takt-Fahrzeuge wird sich noch ändern, könnte dann aber z.B. aus Zulassungszahlen geschätzt werden.

2.1.2 Verkehrszählungen im Hauptstraßennetz Leipzigs

Das Hauptstraßennetz Leipzigs ist in Abb. 16 dargestellt. Es ist geprägt durch die im Norden tangierende Autobahn A14, einem mehrspurigen Innenstadtring und die radial zu diesem Innenstadtring verlaufenden Bundesstraßen B2, B6, B87, B95, B181 und B184. Das gesamte in Abb. 16 dargestellte Hauptstraßennetz hat eine Länge von 325 km.

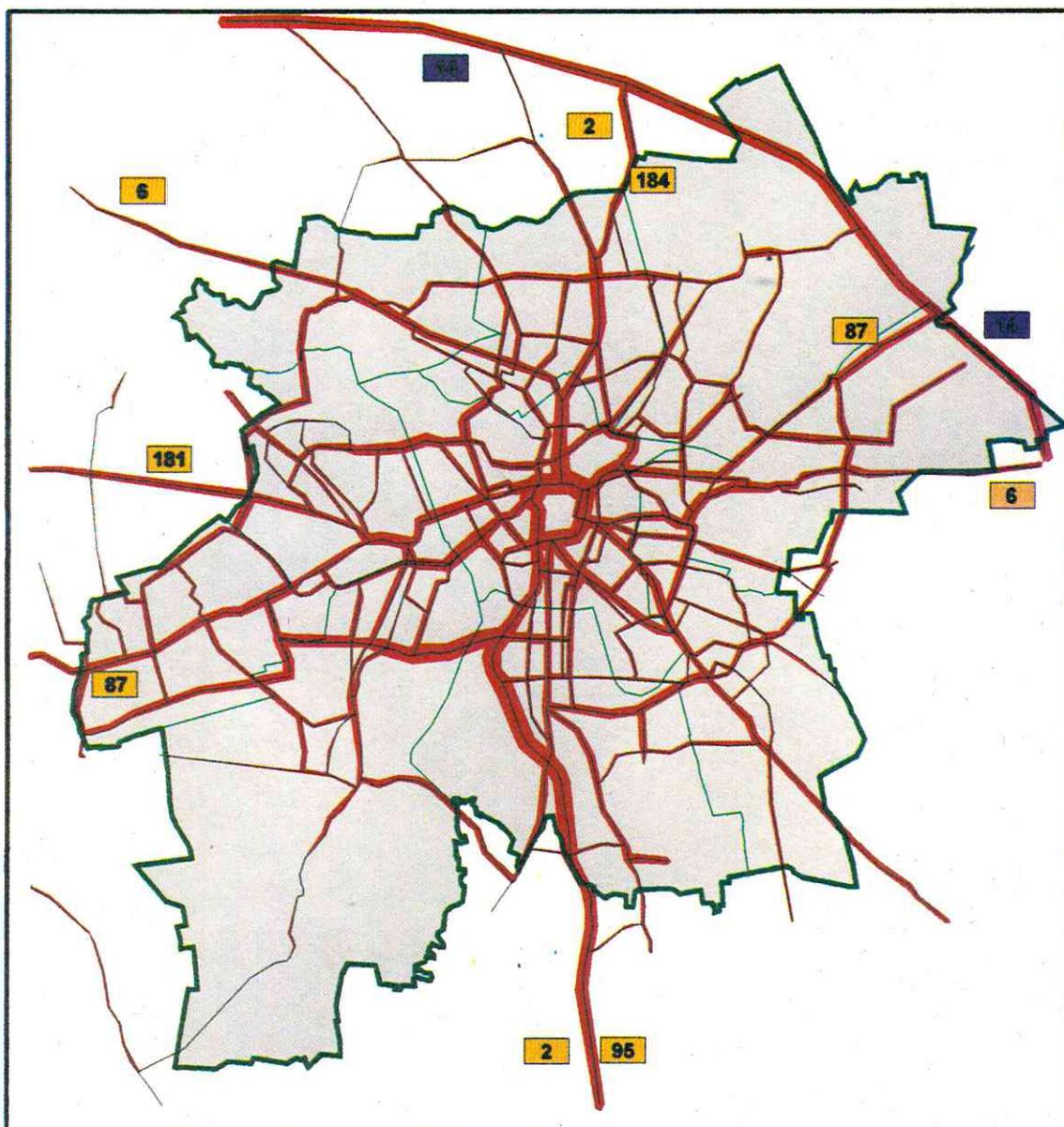


Abb. 16 : Hauptstraßennetz der Stadt Leipzig

Erhebungen der Verkehrsbelastung des Hauptstraßennetzes Leipzigs liegen für 1992/93 und für 1994 vor (Amt für Verkehrsplanung, 1993, 1994) und wurden für die folgenden Untersuchungen und für die Emissionsberechnungen im Netz (2.2.5) verwendet. Die DTV-Werte resultieren teils aus Zählungen, teils aus Bilanzberechnungen. Die DTV-Werte für 1992/1993 sind in Abb. 17, die DTV-Werte für 1994 in Abb. 18 dargestellt.

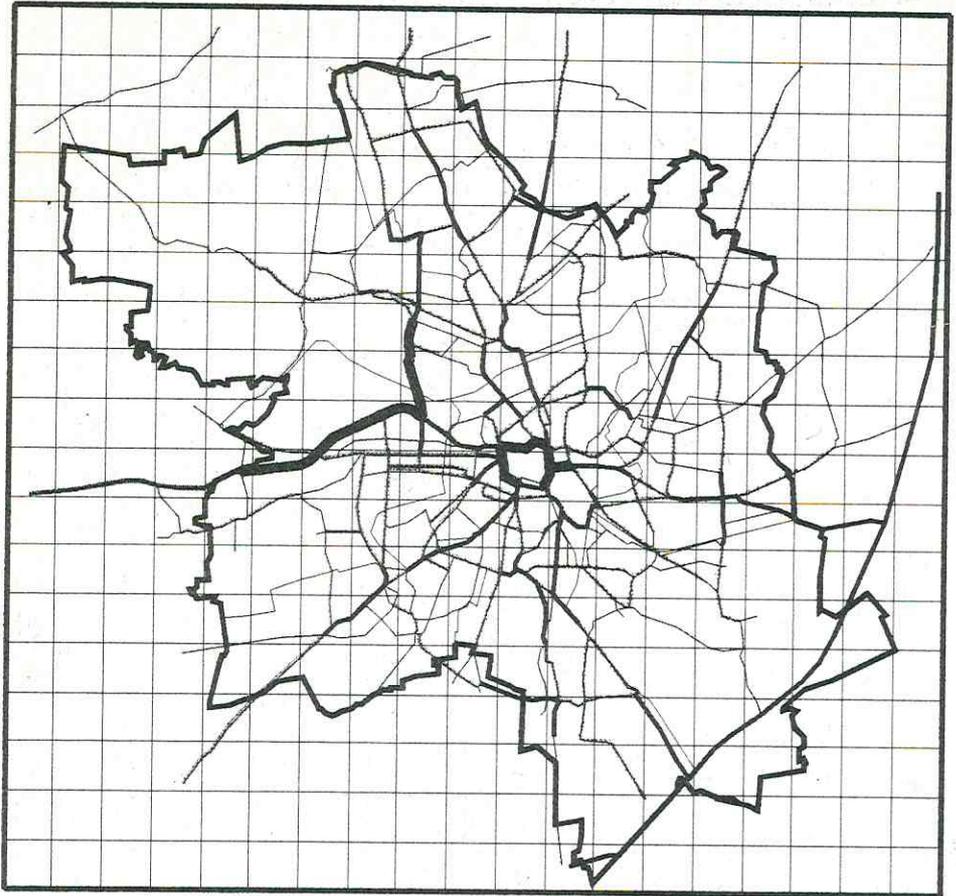


Abb. 17 : Verkehrsbelastung im Hauptstraßennetz Leipzigs 1992/93

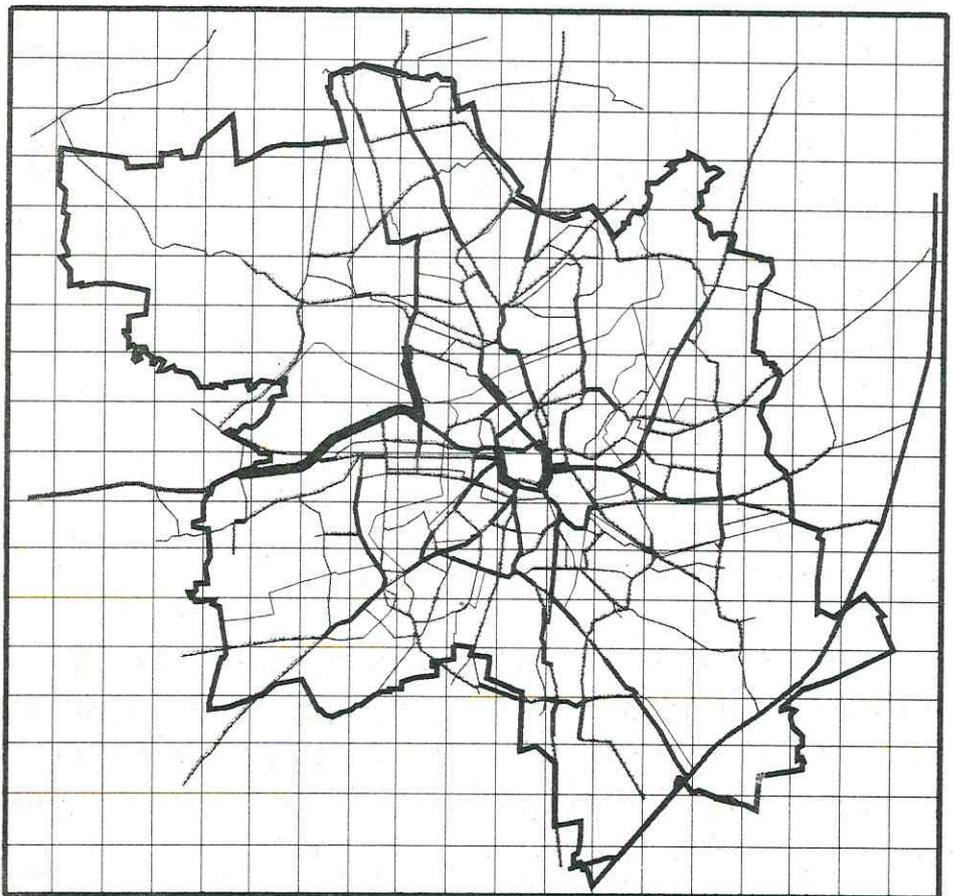
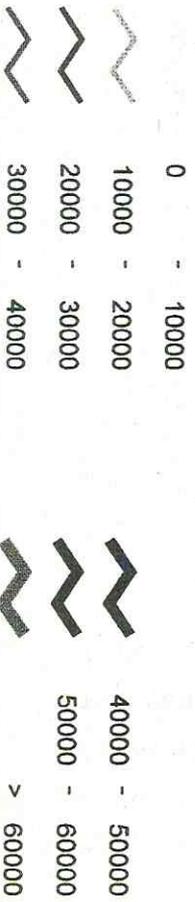
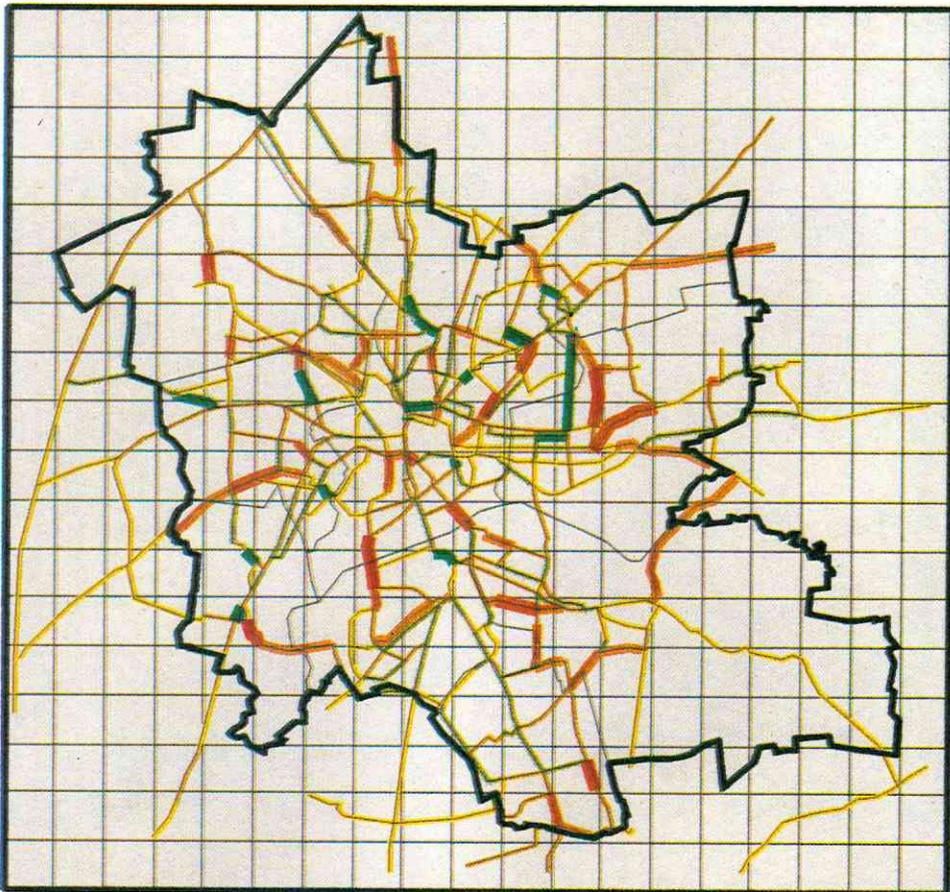
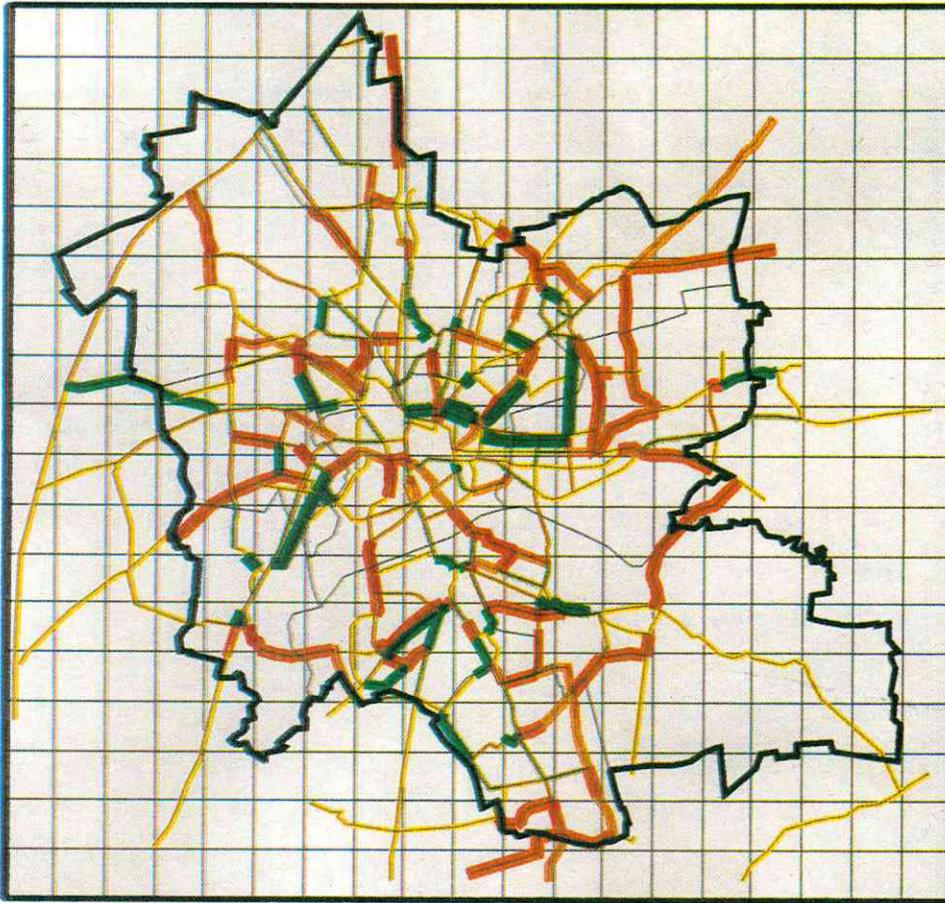


Abb. 18 : Verkehrsbelastung im Hauptstraßennetz Leipzigs 1994





Verringerung > 10000
 Verringerung 5000 - 10000
 Verringerung bis 5000
 keine Veränderung
 Zuwachs bis 5000
 Zuwachs 5000 - 10000
 Zuwachs > 10000
 Abb. 19 : Absolute Veränderungen der DTV-Werte 1994 im Vergleich zu 1992/93



Verringerung mehr als 30 %
 Verringerung bis zu 30 %
 Verringerung bis zu 15 %
 keine Veränderung
 Zuwachs bis zu 15 %
 Zuwachs bis zu 30 %
 Zuwachs mehr als 30 %
 Abb. 20 : Prozentuale Veränderungen der DTV-Werte 1994 im Vergleich zu 1992/93

In den Abb. 17 und 18 wurden die DTV-Werte in Intervallen von 10000 Kfz/d abgestuft. Die stärksten Verkehrsbelastungen treten jeweils auf dem Innenstadtring (1994 partiell über 60000 Kfz/d), auf der B2/B95 und der Ost-West-Verbindung Schleußiger Weg / Rödelstr. auf. In Tabelle A6 im Anhang sind für alle 479 Straßenabschnitte deren Länge und die DTV-Werte für 1992/93 und für 1994 aufgelistet.

In der Tabelle sind auch DTV-Werte für den Bereich der in diesem Bericht modellhaft untersuchten Kreuzung Eisenbahnstr. / Hermann-Liebmann-Str. enthalten. Für 1992/93 werden für die vor und nach der Kreuzung liegenden Abschnitte der Eisenbahnstr. 25200 bzw. 26700 Kfz/d angegeben (eigene Hochrechnungen 23000), für die Hermann-Liebmann-Str. 12000 bzw. 18300 Kfz/d (eigene Hochrechnungen 15000). Die Übereinstimmung ist befriedigend.

Aus den Abb. 17 und 18 sind Veränderungen der Verkehrsbelastung im Netz (außer der offensichtlichen Zunahme auf dem Innenstadtring) nur mit Mühe zu erkennen. Deshalb wurden in den Abb. 19 und 20 die Veränderungen besonders herausgearbeitet. Abb. 19 enthält absolute Veränderungen von 1992/93 zu 1994 (Abstufungen : von Abnahmen (grüne Farbtöne) um mehr als 10000 Kfz/d bis zu einer Zunahme (rote Farbtöne) von mehr als 10000 Kfz/d in Schritten von 5000 Kfz/d). Abb. 20 enthält relative Veränderungen (von Abnahmen (grüne Farbtöne) von mehr als 30 % bis zu Zunahmen (rote Farbtöne) von mehr als 30 % in 15 %-Schritten). Nicht gesondert ausgewiesen sind solche Streckenabschnitte, für die in einem Bezugsjahr kein DTV-Wert vorliegt. Extreme Werte in den Grafiken können auch dadurch verursacht werden.

Insgesamt ist im Hauptstraßennetz eine Zunahme des Verkehrs um etwa 15 % zu verzeichnen und stimmt sehr gut mit dem an wenigen Zähltagen punktuell an der Modellkreuzung Eisenbahnstr. / Hermann-Liebmann-Str. von uns ermittelten Wert (14 %) überein.

Überlegungen zur Verkehrsdichte im Hauptstraßennetz

Zur Gesamteinschätzung der Verkehrsbelastung sind u.a. folgende Fragen von Interesse :

1. Wieviele Fahrzeuge befinden sich gleichzeitig auf dem Straßennetz ?
2. Wie groß ist die tägliche Gesamtfahrleistung (Kfz*km/d) ?
3. Wieviele Fahrzeuge sind täglich am Verkehr beteiligt ?
4. Welche Strecke wird durchschnittlich von einem Fahrzeug täglich zurückgelegt ?

Allein aus den DTV-Werten, d.h. ohne zusätzliche Informationen sind diese Fragen nicht zu beantworten. Mit wenigen Annahmen bzw. Voraussetzungen sind aber trotzdem grobe Abschätzungen möglich.

HASSEL et.al. 1994 haben vor der Bestimmung der neuesten Emissionsfaktoren für Kfz (s.2.2.2) bei Testfahrten (ca. 13000 km, JOST & HASSEL 1995) auf Innerorts- und Außerortsstraßen typische Fahrmuster ermittelt, denen jeweils eine mittlere Geschwindigkeit zugeordnet werden kann. Bildet man ein über die Anteile der Fahrmuster am Gesamtverkehr (auf Innerortsstraßen) gewichtetes Mittel, erhält man eine mittlere Geschwindigkeit von 30,24 km/h, die den Charakter einer mittleren Reisegeschwindigkeit im Netz hat. Nach Fertigstellung der Arbeiten zu diesem Bericht erschien eine Studie zum Leipziger Hauptstraßennetz (DIEGMANN & WIEGAND 1995), in der mit einer mittleren Reisegeschwindigkeit von 19,9 km/h (bei Berücksichtigung von variablen Stauanteilen auf den Streckenabschnitten) gerechnet wurde.

In der vorliegenden Arbeit wird zu Abschätzungen der Fahrzeugdichte und zur Emissionsberechnung im Netz (s.2.2.5) einheitlich eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 30 km/h auf allen Streckenabschnitten verwendet.

Die Verkehrsdichte K [Kfz/km] auf einem Streckenabschnitt wird errechnet aus

$$K_i = q_i / v$$

q_i : Verkehrsstärke [Kfz/h]

v : Geschwindigkeit [km/h]

Die Verkehrsstärken werden aus den DTV-Werten berechnet zu

$$q_T = 0.06 * DTV$$

q_T : Verkehrsstärke [Kfz/h]

tags, 15 Stunden lang

$$q_N = 0.011 * DTV$$

q_N : Verkehrsstärke [Kfz/h]

nachts, 9 Stunden lang

Die Verkehrsdichte ist in den Abb. 21 und 22 für die Verkehrszählungen 1992/93 und 1994 dargestellt. Die ermittelten Werte sind grobe Schätzungen, da keine individuelle Geschwindigkeit für eine einzelne Strecke zugrunde gelegt wurde. Dadurch fallen z.B. die Werte auf den Autobahnabschnitten und auf der B2/B95 deutlich zu hoch aus, weil dort mit Sicherheit schneller als 30 km/h gefahren wird. Bei der Auswertung hoher Werte der Verkehrsdichten in den Grafiken ist ebenfalls zu berücksichtigen, daß der Wert für den gesamten Streckenabschnitt gilt, unabhängig, ob in jeder Richtung nur eine Spur oder mehrere Spuren vorhanden sind (für eine einspurige Strecke in einer Richtung ist z.B. bei 30 km/h und Einhaltung des Sicherheitsabstandes bei voller Auslastung ein Wert von etwa 50 Kfz/km normal).

Die Summe über die Produkte aus Verkehrsdichten und Streckenlängen ergibt dann die Zahl aller gleichzeitig auf dem Streckennetz befindlichen Fahrzeuge G_{Kfz} .

$$G_{Kfz} = \sum K_i * L_i$$

L_i : Länge eines Streckenabschnittes [km]

Für die Zählung 1992/93 errechnet man

9116 Kfz (Tagstunden)

1664 Kfz (Nachtstunden)

für die Zählung 1994

10500 Kfz (Tagstunden)

1924 Kfz (Nachtstunden).

Die tägliche Fahrleistung F [Kfz*km/d] läßt sich wie folgt berechnen :

$$F = G_{Kfz}(T) * v * 15 + G_{Kfz}(N) * v * 9$$

Für die Erhebung 1992/93 beträgt die Fahrleistung 4,55 Mio , für die Erhebung 1994 5,24 Mio Kfz*km/d.

Bezüglich der Beantwortung der Fragen 3. und 4. ist das System unterbestimmt : entweder man gibt die Zahl der beteiligten Fahrzeuge vor und errechnet die durchschnittliche Strecke oder umgekehrt.

Betrachtet man den Verkehr auf den Ein- und Ausfallstraßen (DTV dieser Straßen summiert und halbiert), fahren täglich etwa je 92500 Kfz in die Stadt hinein oder verlassen sie. Nimmt man grob an, daß auf einer Durchfahrt 20 km und bei einer Ein-/Ausfahrt ebenfalls 20 km im Mittel zurückgelegt werden, entfallen auf diesen Teil des Verkehrs ("auswärtiger Verkehr") 1,85 Mio Kfz*km/d.

Die restlichen 2,7 Mio Kfz*km/d (1992/93) bzw. 3,39 Mio Kfz*km/d entfallen dann auf die in Leipzig zugelassenen Fahrzeuge (etwa 200000). Würden sie alle täglich genutzt, erhielte man für 1992/93 eine mittlere Fahrstrecke von 13,5 km, für 1994 eine Strecke von 17 km.

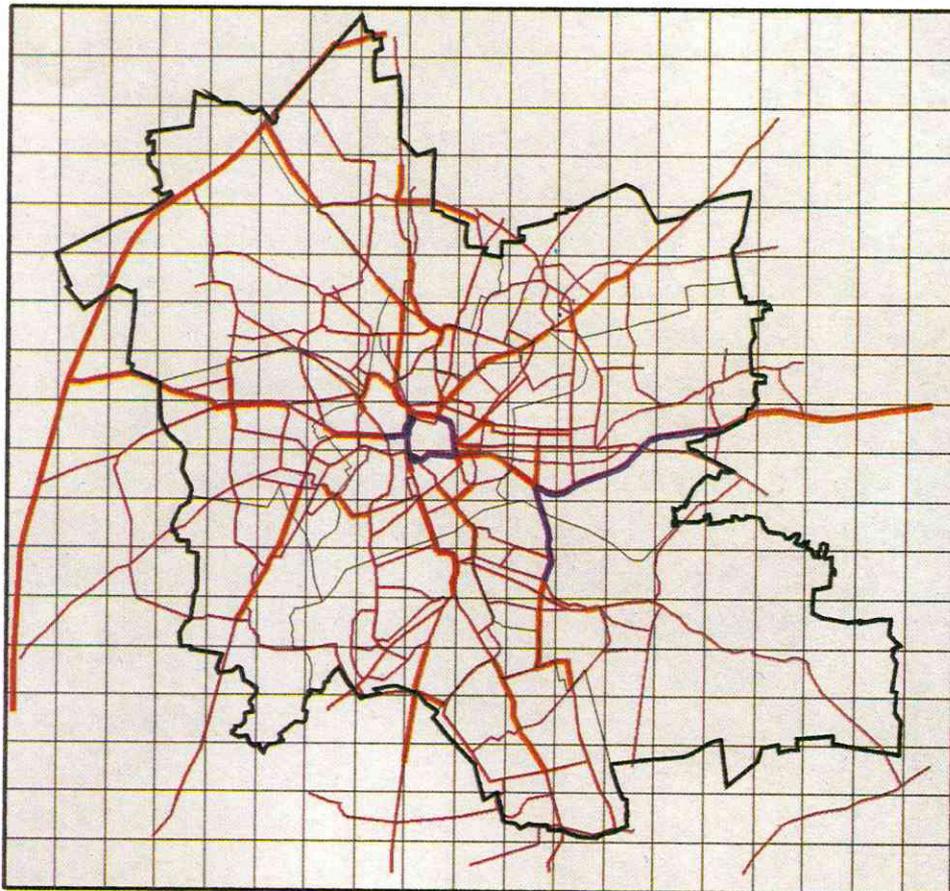
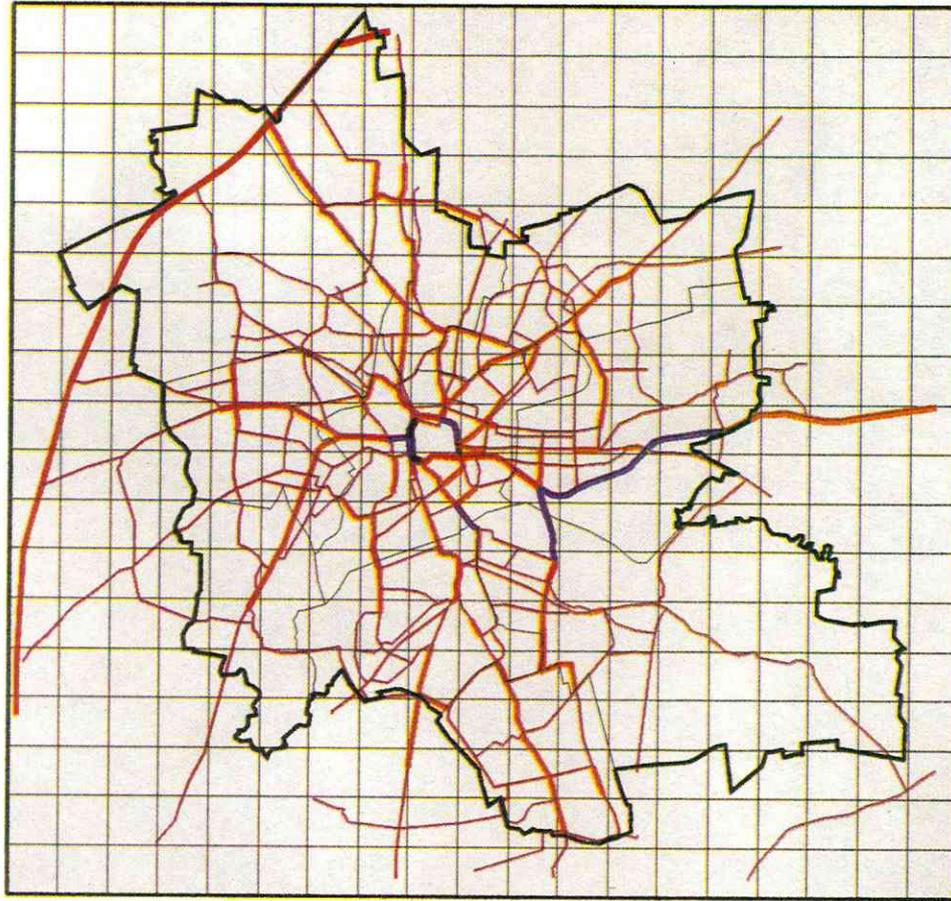


Abb. 21 : Verkehrsdichte (Kfz/km) im Streckennetz 1992/93

Abb. 22 : Verkehrsdichte (Kfz/km) im Streckennetz 1994

In einer Studie des Amtes für Verkehrsplanung der Stadt Leipzig (1995) wird angegeben, daß im Mittel 63 % der in Leipzig zugelassenen Kfz täglich genutzt werden bei durchschnittlich 2,3 Fahrten/d.

Mit diesen Werten errechnen sich mittlere Fahrtstrecken/Kfz von 9,3 km (1992/93) bzw. 11,7 km (1994). In der gleichen Studie werden 9,1 km (für 1992) bzw. 13,8 km (für 1994) angegeben (für eine vergleichbare Großstadt (Stuttgart) gibt BAUMBACH, 1993 z.B. eine mittlere Fahrtstrecke von 10 km/d an). Die Übereinstimmung ist für den Wert für 1992/93 sehr gut. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß am ein- und ausfahrenden Verkehr auch Kfz aus Leipzig beteiligt sind, verringert sich die Zahl der Fahrtkilometer des "auswärtigen Verkehrs" und die mittleren Fahrtstrecken in Leipzig werden größer. Dann stimmen die Werte für 1994 besser überein, wogegen bei den Werten für 1992/93 eine größere Abweichung auftritt. Insgesamt ist die Übereinstimmung trotzdem als gut zu bewerten.

2.2. Modellierung zur Emissionsberechnung aus dem Kfz-Verkehr

Die Emissionsberechnungen aus der Verkehrsstärke und -zusammensetzung bei bekannten spezifischen Emissionsfaktoren für die kfz-typischen Schadstoffe Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x), Kohlenwasserstoffe (NMHC) und Partikel sind für Anwendungsgebiete wie z.B. Erstellung von Emissionskatastern (Verkehr) relativ klar umrissen, obwohl auch hier noch kein standardisiertes Verfahren existiert (BMV, 1982).

Hauptstraßen werden als Linienquellen behandelt, andere Gebiete als Flächenquellen über eine durchschnittliche Mobilität, durchschnittliche Anzahl von Verkehrsteilnehmern und durchschnittlich gefahrene km pro Verkehrsteilnehmer und Zeiteinheit berechnet (RP Leipzig, 1990). Mittelwerte verschiedenster Art (Zusammensetzung der Fahrzeugflotte, Verkehrsströme, Emissionsfaktoren) über einen größeren Zeitraum sind hier zulässig, Vereinfachungen verfälschen die Ergebnisse i.a. nur wenig.

Will man zwischen den Kfz-Strömen, den damit verbundenen Emissionen und den stark streuenden gemessenen Immissionswerten überhaupt Korrelationen erkennen und modellmäßige Zusammenhänge herstellen, sind folgende Probleme zu lösen :

- Die Einteilung der Emissionsfaktoren nach wenigen diskreten Fahrmodi (diskrete Geschwindigkeitsklassen einschließlich der Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen sowie Leerlaufphasen, s. WALDEYER, 1978) könnte zu grob sein. Kontinuierliche Abhängigkeiten der Emissionsfaktoren von der Fahrgeschwindigkeit sind sicher besser, das setzt aber zunächst die Kenntnis einer von Verkehrsparametern abhängigen mittleren Geschwindigkeit voraus.
- Die Emissionsfaktoren müssen möglichst genau den vorhandenen Typenklassen der Fahrzeugflotte entsprechen.

- Emissionen sind zwar als Zeitreihen zu berechnen und zu korrelieren (Masse Schadstoff/Zeit), für den fließenden Verkehr ist aber als weitere Bezugsgröße eine definierte Strecke erforderlich, auf der die Emission erfolgt (Masse Schadstoff/Strecke/Zeit)

2.2.1 Modelle zur Berechnung von Verkehrsgeschwindigkeiten

Seit 1975 systematische Ermittlungen der Emissionsfaktoren begannen (HASSEL et.al. 1978), wurden auf dem Rollenprüfstand Fahrzyklen simuliert, die sich aus definierten Leerlauf-, Konstantfahrt-, Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen zusammensetzten und den in Tabelle 2 aufgelisteten mittleren Geschwindigkeiten zuzuordnen waren. Nach ihrem Charakter sind sie Reisegeschwindigkeiten im Netz vergleichbar (BMV, 1982).

Tabelle 2 : Zuordnung der Fahrmodi zu Geschwindigkeitsbereichen

Fahrmodus	mittl. Geschwindigkeit km/h	Bereich km/h	Verkehrssituation
1	100	100	flüssiger Verkehr auf Schnellstraßen
2	60	55 - 65	Verkehr auf Ausfallstraßen
3	42,5	30 - 55	flüssiger Durchgangsverkehr
4	26,6	22 - 30	flüssiger Stadtverkehr
0	19,5	17 - 22	Vergleichszyklus zum Europatest
5	13,5	10 - 17	zähflüssiger Stadtverkehr
6	6,3	2 - 10	verstopfte Straßen
7	1,2	0 - 2	Verkehrsstauungen

In einer umfangreichen Studie (BMV, 1986) wird ein Verfahren angegeben, wie aus den Merkmalen der Strecke

- Niveau, Streckenführung
- Fahrtrichtungstrennung
- Anschlußdichte
- Einschränkung des Verkehrsflusses
- Lage im Raum
- Steigungsklassen
- Kurvigkeit
- Überholmöglichkeit
- Fahrspuren
- Lage der Grundstücksgrenze
- ÖPNV

eine Streckentypisierung vorgenommen werden kann. Es sind Tabellen angegeben, wie aus diesen Typisierungsmerkmalen 99 Klassen für sog. Verkehrsstärken-Geschwindigkeits-Funktio-

nen gebildet werden können. Die q - v -Funktionen geben tabellarisch den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und der Verkehrsgeschwindigkeit wieder für die drei Zustände

- freier bis teilweise gebundener Verkehr
- teilweise gebundener bis völlig gebundener Verkehrsfluß
- instabiler Verkehrsfluß.

Für drei q - v -Funktionstypen (84,85,89 ; entsprechend den Streckentypen an der untersuchten Kreuzung in Abb. 1 und 2) sind aus den Tabellenwerten (BMV, 1986) durch Regression Modelle gebildet worden, die eine stetige Berechnung der mittleren Geschwindigkeit v_m in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke ermöglichen. Der modellmäßige Zusammenhang ist sehr gut durch Modelle des Typs

$$v_m = a + b \cdot \sqrt{d - q} \quad q : \text{Verkehrsstärke [Kfz/h]},$$

beschreibbar. Die Modellkoeffizienten für die Modelle der 3 q - v -Typen sind in Tabelle 3 enthalten.

Tabelle 3 : Modelle für q - v -Diagramme

Streckentyp q - v -Funktionstyp	a	b	c	d
1202221132 84	17,294	1,403	2,0766	703,9
1202321132 85	19,284	1,9778	2,3365	600,09
1202221131 89	19,191	1,8554	2,6894	700,2

Die q - v -Diagramme sind gültig für Geschwindigkeiten von etwa oberhalb 20 km/h (die Modelle demzufolge auch).

An Kreuzungen mit und ohne Ampelschaltungen treten erhöhte Emissionen auf, die auf Stau-bildung und damit stark verminderte Geschwindigkeiten zurückzuführen sind. Zur Abschätzung von Staulängen und mittleren Wartezeiten an Kreuzungen gibt es verschiedene Modellansätze (z.B. zitiert in GUDEHUS, 1987 oder BMV, 1982). In BMV, 1982 wird u.a. das

Modell für die Staulängenberechnung von WEBSTER & COBBE 1966 angegeben. Es berücksichtigt die Ampelschaltung und die Verkehrsstärken. Berechnet werden zunächst eine maximale Verkehrsstärke $maxq$ aus einer freien Geschwindigkeit V_f und der Verkehrsdichte bei Stau K_s [Kfz/km] nach dem Ansatz

$$maxq = 0.1643 \cdot v_f \cdot K_s$$

Weiterhin

$$\lambda = t_{gr} / t_U$$

t_{gr} : Grünzeit der Spur/Richtung an einer Ampel [s]

t_U : Umlaufzeit der Ampel

$$\rho = q / q_{max}$$

q : Verkehrsstärke [Kfz/h]

ρ : Knotenpunktauslastung

$$d = t_U \cdot \frac{(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda\rho)} + \frac{3600 \cdot \rho^2}{2q(1-\rho)} - \left[0.65 \cdot \left(\frac{3600 \cdot t_U}{q^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \rho^{(2+5\lambda)} \right]$$

d : mittlere Verzögerungszeit eines Fahrzeugs durch die Rotphase [s]

$$Q = \frac{q}{3600} \cdot \left(\frac{1-\lambda}{2} \cdot t_U + d \right) \quad \text{oder} \quad Q = \frac{q}{3600} \cdot (1-\lambda) \cdot t_U$$

Q : Anzahl der zu Beginn der Grünphase aufgestauten Fahrzeuge

(der größere von beiden Werten wird verwendet)

$$z = \frac{Q}{K_s}$$

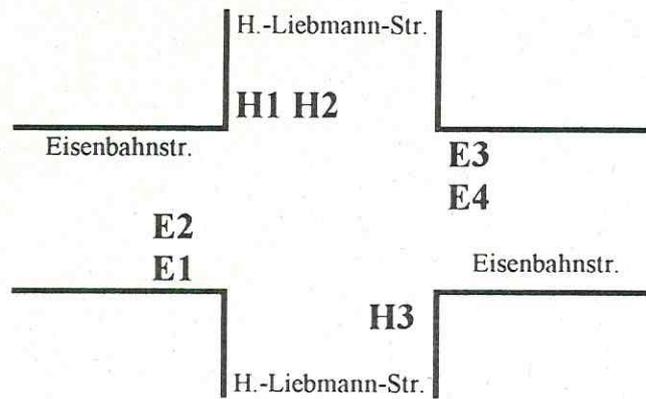
K_s : Staudichte [Kfz/km]

z : Staulänge [km]

$$v_s = 3600 \cdot \frac{z}{d}$$

v_s : mittlere Staugeschwindigkeit [km/h]

Tabelle 4 : Beobachtete und berechnete mittlere Staulängen



Datum	Uhrzeit	Spur	beobachtete Staulänge	berechnete Staulänge
23.09.93	9:00	E1	29	33
	9:15		35	39
	9:30		43	45
	9:45		40	43
	14:45		58	40
29.09.93	15:00	59	50	
23.09.93	9:00	E2	8	13
	9:15		20	15
	9:30		26	18
	9:45		28	17
	14:45		38	16
29.09.93	15:00	52	20	
23.09.93	7:30	H1	67	56
	7:45		74	54
29.09.93	15:15		57	53
	15:30		55	40
23.09.93	7:30	H2	18	15
	7:45		17	14
29.09.93	15:15		20	14
	15:30		21	11
23.09.93	8:00	E3	34	41
	8:15		37	36
29.09.93	15:45		29	57
	16:00		33	51
23.09.93	8:00	E4	42	43
	8:15		48	38
29.09.93	15:45		31	21
	16:00		39	20
23.09.93	8:45	H3	19	18
	16:15		74	53

Zur Überprüfung des angewandten Modells der Staulängenberechnung haben Zählpersonen zu verschiedenen Tageszeiten an den Zähltagen stichprobenartig die mittleren Staulängen erfaßt.

Tabelle 4 enthält die Ergebnisse und den Vergleich mit dem Modell.

Die beste Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Modell tritt in der Spur E1 (stadtauswärts) ein. In der Spur E2 (stadtauswärts, geradeaus und Linksabbieger) sind die beobachteten Staulängen in der Regel größer als die berechneten. Hier wie auch in den Spuren H2 und E4 ist der Einfluß der nicht im Modell erfaßten Straßenbahnen erkennbar (Haltestellenbereiche). Dagegen sind in der Spur E3 die beobachteten Staulängen kleiner als die berechneten, was darin begründet sein kann, daß die Spur E4 auch nur eine Geradeausspur ist und im Falle einer Behinderung auf E3 zeitweilig die Verkehrsströme von E3 aufnehmen kann.

Wenn man berücksichtigt, daß im Stadtverkehr sehr viele Zufallsfaktoren eine Rolle spielen und sich deshalb eine exakte Vorhersage von Zuständen nur äußerst schwierig gestaltet, ist die Übereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Werten gut bis befriedigend.

Es ist deshalb keine Korrektur der Modelle erforderlich.

2.2.2 Modelle zur Geschwindigkeitsabhängigkeit von Emissionsfaktoren

In der Literatur findet man zahlreiche Angaben zu spezifischen Emissionsfaktoren, die dank einer technischen Weiterentwicklung der Kraftfahrzeuge einer ständigen (positiven) Veränderung unterliegen. Seit 1975 werden Emissionsfaktoren für die Kraftfahrzeuge der BRD im Auftrag des UBA vom TÜV Rheinland auf Rollenprüfständen oder an ausgewählten Motoren bestimmt und immer wieder fortgeschrieben (HASSEL et.al. 1978-1995). Versuche, Emissionsfaktoren nach anderen Methoden zu ermitteln (LEISEN, 1986 aus Immissionsmessungen, SCHÜRMAN & STAAB 1987 aus Messungen bei Straßenfahrten) sind nicht weiter verfolgt worden.

Für den vorliegenden Bericht bestand das Problem, daß zu Beginn der Arbeiten 1992 für die Fahrzeugflotte der Neuen Bundesländer nur wenige Daten vorlagen (Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof, 1991; Senatsverwaltung, 1992; GORIBEN, 1992), daß andererseits die neuesten Emissionsfaktoren - auch für die Kfz der Neuen Bundesländer- (HASSEL et.al. 1994, 1995) erst gegen Ende des Berichtszeitraumes veröffentlicht wurden. Dadurch mußten sowohl ältere als auch neuere Emissionsfaktoren verwendet werden. Erschwerend war weiterhin, daß während des Berichtszeitraumes die Methodik der Ermittlung der Emissionsfaktoren geändert wurde und zusätzliche Untersuchungen zur Übertragbarkeit älterer Ergebnisse angestellt werden mußten.

Die detailliertesten Daten für die Kraftfahrzeuge der Neuen Bundesländer enthält der Bericht der Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof. Dort sind Emissionsfaktoren für alle acht Fahrmodi getrennt nach 2-Takt-Fahrzeugen, 4-Takt-Fahrzeugen, Dieselfahrzeugen (unterteilt in Pkw und Nkw) angegeben. Von GORIBEN, 1992 wurden diese Daten als zu niedrig eingeschätzt, weil für

die Ermittlung von Emissionsfaktoren der jeweilige Istzustand eines Fahrzeugbestandes (den durchschnittlichen Wartungsgrad berücksichtigend) zugrunde zu legen ist.

Die Daten von GORIBEN und parallel dazu von HASSEL & WEBER 1991 sind demgemäß höher, hier werden aber wegen einer neuen Methodik nur die Geschwindigkeitsklassen "innerorts" (entspricht etwa dem Modus 0 und/oder 4), "außerorts" (entspricht Modus 2) und "Autobahn" (entspricht Modus 1) angegeben. Die Fahrzeugflotte wird unterteilt in 2-Takt-Fahrzeuge, Ottomotoren (Baujahr vor 1985), Ottomotoren (1985 und danach), unregelmäßiger Kat, geregelter Kat und Diesel.

Die Daten in dem Bericht "Luft- und Lärmbelastungen in der Berliner Innenstadt durch den Kfz-Verkehr" (GARIBEN et.al. 1992; Senatsverwaltung, 1992) beziehen sich auf die Geschwindigkeiten 19 km/h (Modus 0), 34 km/h (Modus 3, (4)) und 78 km/h (Modus 2). Die Fahrzeugflotte wird wie von HASSEL & WEBER aufgegliedert, nur die Kategorie "unregelmäßiger Kat" wird nicht ausgewiesen. Dafür werden aber detaillierte Emissionswerte über Lkw (West und Ost) gegeben. Danach sind 67 % der "Ost"-Lkw Dieselfahrzeuge, 12 % sind mit 4-Takt- und 21 % mit 2-Takt-Motor ausgerüstet.

Aus den Daten der angegebenen vier Quellen wurde eine neue Tabelle nach folgenden Richtlinien erstellt :

- Bezugspunkt für Relationen zwischen den Werten der Literaturangaben ist der Wert des Fahrmodus 0 (da in allen vier Angaben enthalten)
- Wenn sich Fahrmodi eindeutig zuordnen lassen, werden die größeren Zahlenwerte verwendet (bevorzugt von HASSEL & WEBER bzw. von GORIBEN), um auf der sicheren Seite zu liegen
- Für die Modi 3 und 4 ergibt sich für 2-Takt-Fahrzeuge ein Faktor von 1,77 (aus Vergleich Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof und GORIBEN), für die Modi 5 - 7 ein Faktor 1,38 (Übernahme des Vergleichsfaktors bei Modus 0).
- Für die 4-Takt-Kfz ist für Modus 0 aus den Werten von HASSEL & WEBER und der prozentualen Zusammensetzung der 4-Takt-Flotte "Ost" ein Emissionsfaktor berechnet worden. Da sich als Mittelwert der von der Abgasprüfstelle angegebene Wert ergibt, werden für die Modi 5 - 7 die Werte der Abgasprüfstelle übernommen (diese Modi fehlen in den anderen Angaben). Für Modus 3 wird der Mittelwert aus den Angaben in der Studie der Senatsverwaltung berechnet und für Modus 4 aus den Modi 0 und 3 interpoliert.
- Für Lkw ergeben sich die Emissionsfaktoren für die Modi 0 und 3 aus den Werten der Studie entsprechend der Zusammensetzung der Lkw-Flotte (Diesel, 4-Takt, 2-Takt), für Modus 4 durch Interpolation, und für die Modi 5 bis 7 werden die Werte der Abgasprüfstelle mit einem Faktor 1,39 (Mittelwert der Erhöhung in den anderen Modi) versehen.

Die korrigierten Werte der Emissionsfaktoren enthält Tabelle 5 .

Tabelle 5 : Emissionsfaktoren für die durchschnittliche Fahrzeugflotte der Neuen Bundesländer 1990 - 1992 [g/km/Kfz]

Schadstoff	Fahrmodus	2-Takt-PKW	4-Takt-PKW	LKW
CO	2	15,0	9,7	8,9
	3	15,3	11,18	13,23
	4	24,4	14,2	16,79
	0	25	17,2	20,34
	5	33,7	22,7	32,9
	6	47,9	42,8	56,9
	7	64,6	69	94,1
NO _x	2	0,76	2,11	12,4
	3	0,6	2,09	10,76
	4	0,53	1,98	9,61
	0	0,5	1,89	8,47
	5	0,44	1,83	13,8
	6	0,37	1,7	17,2
	7	0,33	1,59	20,5
NMHC	2	8	1,21	5,8
	3	15	1,75	9,49
	4	18,5	2,13	11,6
	0	22	2,52	13,72
	5	27,4	3,21	17,51
	6	36,5	5,45	25,4
	7	47	7,84	35,6
Partikel	2	0,05		1,01
	3	0,05		1,01
	4	0,05		1,17
	0	0,05		1,35
	5	0,1		1,53
	6	0,1		2,0
	7	0,1		2,63

Aus diesen Werten wurden durch Regression statistische Modelle der Form

$$E_f = a + b \cdot c^{(-d \cdot v)} \quad v : \text{Geschwindigkeit [km/h]}$$

aufgestellt.

Die Koeffizienten der Modelle sind in Tabelle 6 enthalten.

Tabelle 6 : Modelle für Emissionsfaktoren der durchschnittlichen Fahrzeugflotte der Neuen Bundesländer 1990 - 1992 [g/km/Kfz]

Schadstoff	Modellkoeffizient	2-Takt-Pkw	4-Takt-Pkw	Lkw
CO	a	14,3829	10,483	10,8
	b	53,8551	65,986	92,547
	c	4,8286	5,6542	8,707
	d	0,04858	0,06928	0,0514
NO _x	a	0,9424	2,297	1)
	b	-0,6314	-0,7096	
	c	2,914	2,9605	
	d	0,01616	0,02567	
NMHC	a	8,339	1,4253	6,955
	b	40,035	7,0624	30,456
	c	3,189	3,2745	3,114
	d	0,04626	0,08085	0,06791
Partikel	a	2)	3)	0,9935
	b			1,7697
	c			3,2288
	d			0,07534

1) $0 < v < 19.5$: $E = 8.47 - 0.66439 (v - 19.5)$

$v > 19.5$: $E = 8.47 + 0.09914 (v - 19.5)$

2) $0 < v < 22$: $E = 0.05$

$v > 22$: $E = 0.1$

3) keine Partikelemission

Die Abb. 23 - 26 enthalten die grafische Darstellung der Modelle für die geschwindigkeitsabhängigen Emissionsfaktoren. Bis auf eine Ausnahme (NO_x-Emission für Lkw) konnten die tabellarischen Werte mit obigem Funktionstyp bei sehr guter Übereinstimmung von Modell und Stützstellen wiedergegeben werden. Für die Lkw-NO_x-Emission mußte das Modell aus zwei Kurvenstücken zusammengesetzt werden, wonach die Übereinstimmung ebenfalls gut war.

Die Modelle gestatten die kontinuierliche Berechnung der Emissionsfaktoren für

- Fahrgeschwindigkeiten von 2 bis 80 km/h (nach Herkunft des Sachverhaltes repräsentiert v eine mittlere Geschwindigkeit einschließlich der Stillstands-, Beschleunigungs- und Verzögerungszeiten)
- Schadstoffe *Kohlenmonoxid, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und Partikel*
- Fahrzeugklassen *2-Takt-, 4-Takt-Pkw, Lkw*

Diese Modelle der Emissionsfaktoren dienen als Basis für die Emissionsberechnungen 1992/1993 (s. 2.2.4 und 2.2.5).

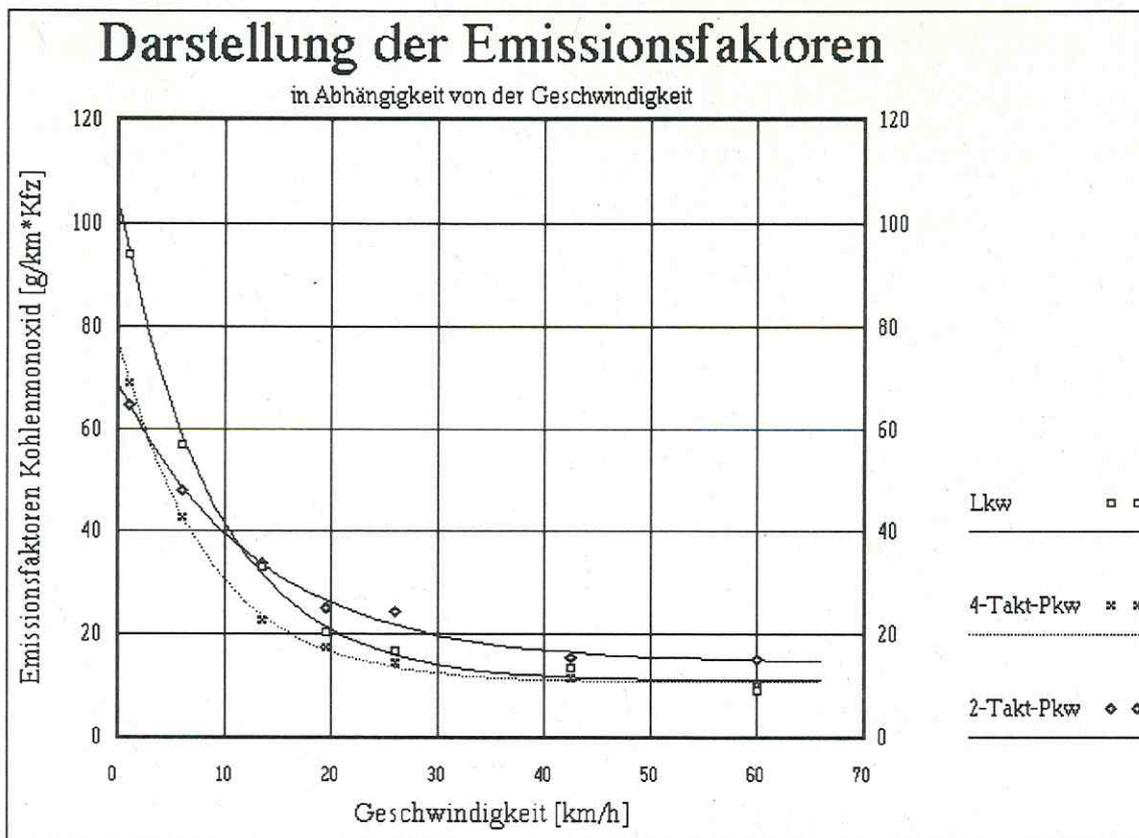


Abb. 23 : Geschwindigkeitsabhängigkeit der Emissionsfaktoren für CO (1990-1992)

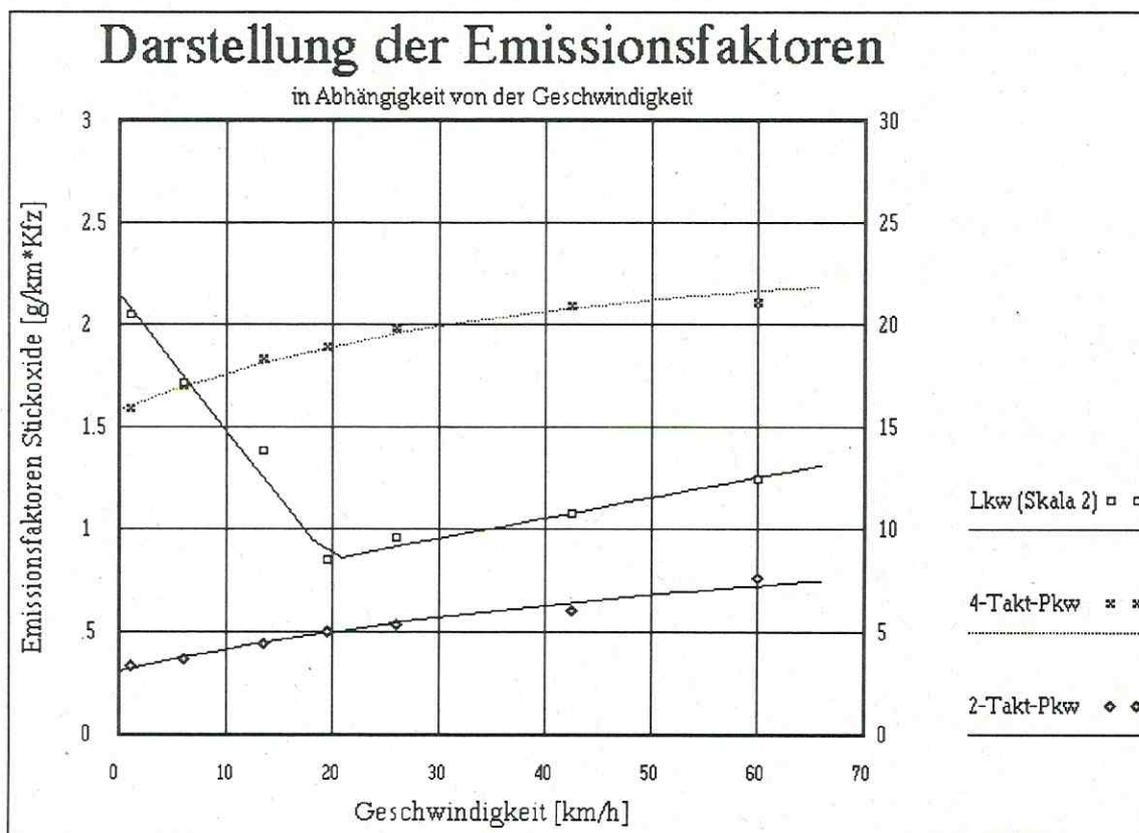


Abb. 24 : Geschwindigkeitsabhängigkeit der Emissionsfaktoren für NO_x (1990-1992)

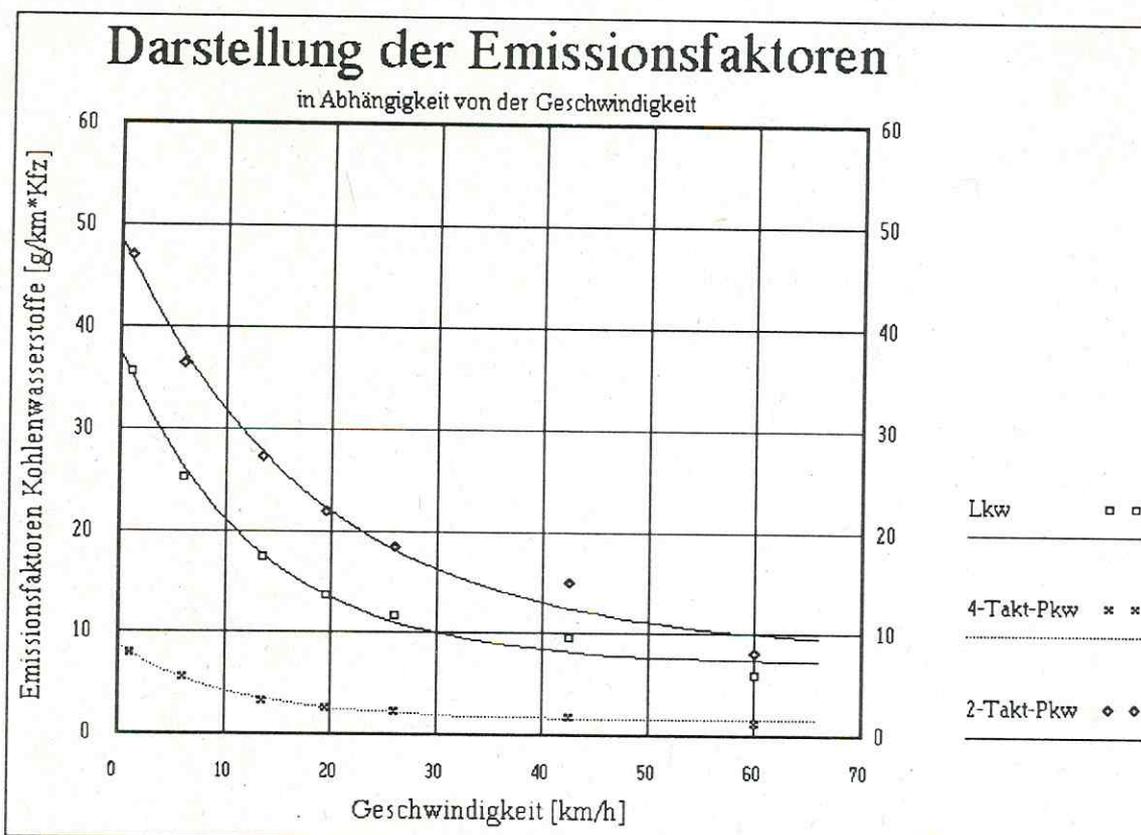


Abb. 25 : Geschwindigkeitsabhängigkeit der Emissionsfaktoren für NMHC (1990-1992)

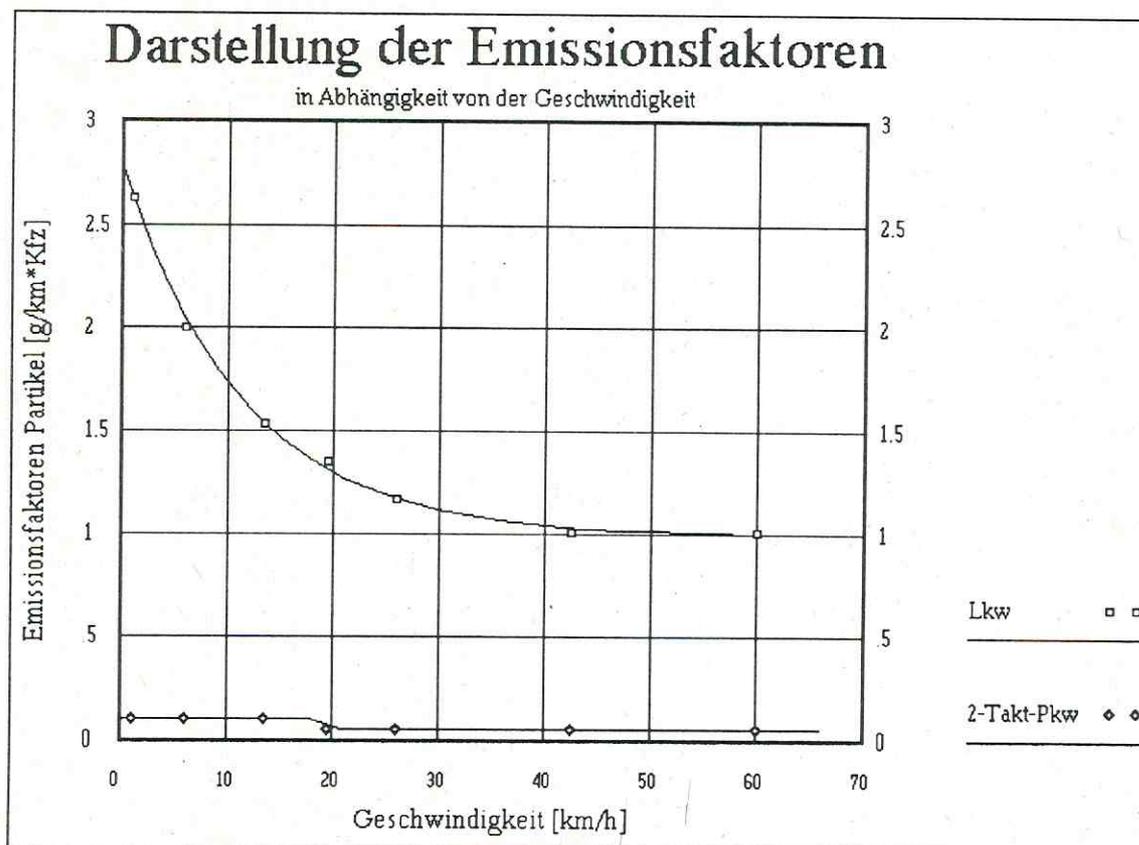


Abb. 26 : Geschwindigkeitsabhängigkeit der Emissionsfaktoren für Partikel (1990-1992)

In den neuesten Fortschreibungen der Emissionsfaktoren (HASSEL et.al. 1994, 1995; WALDEYER et.al. 1995) wird nach einer neuen Methodik vorgegangen. Die o.g. Fahrmodi werden durch elf reale, im fließenden Stadt- und Überlandverkehr ermittelte Fahrmuster ersetzt, die sich ebenfalls aus Anteilen von Leerlauf-, Beschleunigungs-, Verzögerungsphasen und Konstantfahrten zusammensetzen und durch eine repräsentative mittlere Geschwindigkeit charakterisiert werden, sowie eine gesonderte Behandlung des "Stop and Go"-Betriebes. Außerdem sind weitere Einflußgrößen (Kaltstarttemperatur, Längsneigung, Höhenlage, Laufleistung bei Katalysatorfahrzeugen) untersucht worden. Es erfolgte eine sehr starke Differenzierung der untersuchten Fahrzeugklassen. Emissionsfaktoren liegen jetzt für 22 sog. Fahrzeugschichten für Pkw (Zweitaktmotor, Viertaktmotor mit verschiedenen Abgasreinigungskonzepten, Dieselmotor, alle noch unterteilt nach Hubraumklassen), 5 Schichten für Leichte Nutzkraftwagen und 72 Schichten für Schwere Nutzfahrzeuge vor.

Aus den tabellarisch vorliegenden Daten für die Emissionsfaktoren wurden für diesen Bericht ebenfalls statistische Modelle durch Regression ermittelt mit dem Ziel der einfacheren Handhabung bei Emissionsberechnungen.

Im Ergebnis der Regressionsanalyse sind sowohl Modellkoeffizienten für Modelle einzelner Schichten (aus denen sich bei Veränderung der Zulassungszahlen jederzeit gewichtete Emissionsfaktoren für Fahrzeuggruppen aufstellen lassen) als auch kumulativer Fahrzeuggruppen vorhanden, die sich aus der Erfäßbarkeit bei Verkehrszählungen (Zweitaktfahrzeuge, übrige Pkw, Lkw) und aus ihrer Bedeutung für die Gesamtemissionen (Zweitaktfahrzeuge, übrige Pkw, Leichte Nfz, Schwere Nfz) ergeben. Die Anteile der nicht gezählten, aber wesentlich belegten Schichten findet man in den Zulassungszahlen für Leipzig, Stichtag 1.1.1995 (Kraftfahrt-Bundesamt, 1995).

Modelle liegen vor für

- Pkw mit Ottomotor und G-Kat (11,5 % Schicht D1, 68,5 % D2, 20,0 % D3)
- Pkw mit Ottomotor und unger. Kat (46,3 % D5, 53,7 % D6)
- Pkw mit Ottomotor ohne Abgasreinigung (konv.) (25,0 % D9, 54,4 % D10, 20,6 % D11)
- Pkw mit Dieselmotor (26,0 % D18, 35,9 % D19, 38,1 % D20)
- Pkw mit Zweitaktmotor (D21)
- Pkw , im folgenden mit Viertakt-Pkw bezeichnet, die sich zusammensetzen aus
 - 53,9 % G-Kat
 - 2,4 % U-Kat
 - 36,7 % ohne Abgasreinigung , (konventionell)
 - 7,0 % Diesel

- Leichte Nutzfahrzeuge, die sich zusammensetzen aus
 - 4,65 % Otto-Motor, G-Kat (D23)
 - 22,2 % Otto-Motor, konv. vor 1980 (D24)
 - 28,2 % Otto-Motor, konv. nach 1980 (D25)
 - 39,4 % Diesel-Motor, konv. (D26)
 - 5,6 % Diesel-Motor, schadstoffreduziert (D27)
- Schwere Nutzfahrzeuge, die sich zusammensetzen aus
 - 46,0 % Lkw, Nutzlast < 7,5 t (mehrere Schichten zusammengefaßt und gemittelt)
 - 30,6 % Lkw, Nutzlast > 7,5 t "
 - 8,6 % Zugmaschinen "
 - 5,4 % Busse "

Wie bereits für die "älteren" Modelle wird eine Exponentialfunktion (Modelltyp 1)

$$E_f = a + b \cdot c^{(-d \cdot v)} \quad v : \text{Geschwindigkeit [km/h]}$$

verwendet, für wenige Fälle eine quadratische Funktion (Modelltyp 2) :

$$E_f = a + b \cdot v + c \cdot v^2$$

In die Regression wurden in manchen Fällen (wegen zu großer Abweichungen vom Trend) die Stützstellen für "Stop and Go"-Betrieb auf der Autobahn ($v = 9,5$) und für Geschwindigkeiten > 75 km/h nicht einbezogen, weil sie für den Stadtbetrieb nicht relevant sind und nur unnötige Modellgenauigkeiten verursacht hätten.

Die Koeffizienten aller Modelle sind in den Tabellen 7 (Kohlenmonoxid), 8 (Stickoxide) und 9 (Kohlenwasserstoffe) enthalten.

Tabelle 7 : Modelle für Emissionsfaktoren für Kohlenmonoxid [g/km/Kfz] (1994/95)

Fahrzeugklasse	Modell-typ	a	b	c	d
Pkw G-Kat	1	1,128	24,47	3,463	0,1249
Pkw unger. Kat	1	6,285	41,85	3,486	7,048 E-02
Pkw (konv.)	1	8,0	65,52	3,596	7,896 E-02
Pkw Diesel	1	0,2052	1,476	3,637	0,0319
Zweitakt-Pkw	1	10,399	72,256	3,448	7,0512 E-02
Viertakt-Pkw	1	3,628	32,14	3,017	0,09996
Leichte Nfz	1	8,53	55,54	3,133	0,111
Schwere Nfz	1	2,436	26,395	3,128	0,135

Tabelle 8 : Modelle für Emissionsfaktoren für Stickoxide [g/km/Kfz] (1994/95)

Fahrzeugklasse	Modell- typ	a	b	c	d
Pkw G-Kat	2	0,2589	8,637 E-06	6,284 E-06	0,0354
Pkw unger. Kat	2	0,6161	1,351 E-02	- 5,682 E-05	
Pkw (konv.)	2	1,623	1,0354 E-02	- 6,11 E-05	
Pkw Diesel	1	0,3849	0,9653	3,078	
Zweitakt-Pkw	2	0,2186	8,241 E-03	1,3272 E-04	
Viertakt-Pkw	2	0,8043	2,962 E-03	- 1,599 E-05	
Leichte Nfz	2	1,5199	7,45 E-03	1,0 E-06	
Schwere Nfz	1	6,638	54,476	4,493	0,08452

Tabelle 9 : Modelle für Emissionsfaktoren für Kohlenwasserstoffe [g/km/Kfz] (1994/95)

Fahrzeugklasse	Modell- typ	a	b	c	d
Pkw G-Kat	1	0,09638	3,099	3,435	0,11498
Pkw unger. Kat	1	0,4895	3,052	3,2288	0,05762
Pkw (konv.)	1	1,041	6,967	3,217	0,06168
Pkw Diesel	1	0,04287	0,248	2,026	0,06183
Zweitakt-Pkw	1	7,747	89,5	3,6897	7,824 E-02
Viertakt-Pkw	1	0,514	4,234	3,513	0,075
Leichte Nfz	1	0,714	4,745	2,01	0,0698
Schwere Nfz	1	1,0468	13,3	3,128	0,1068

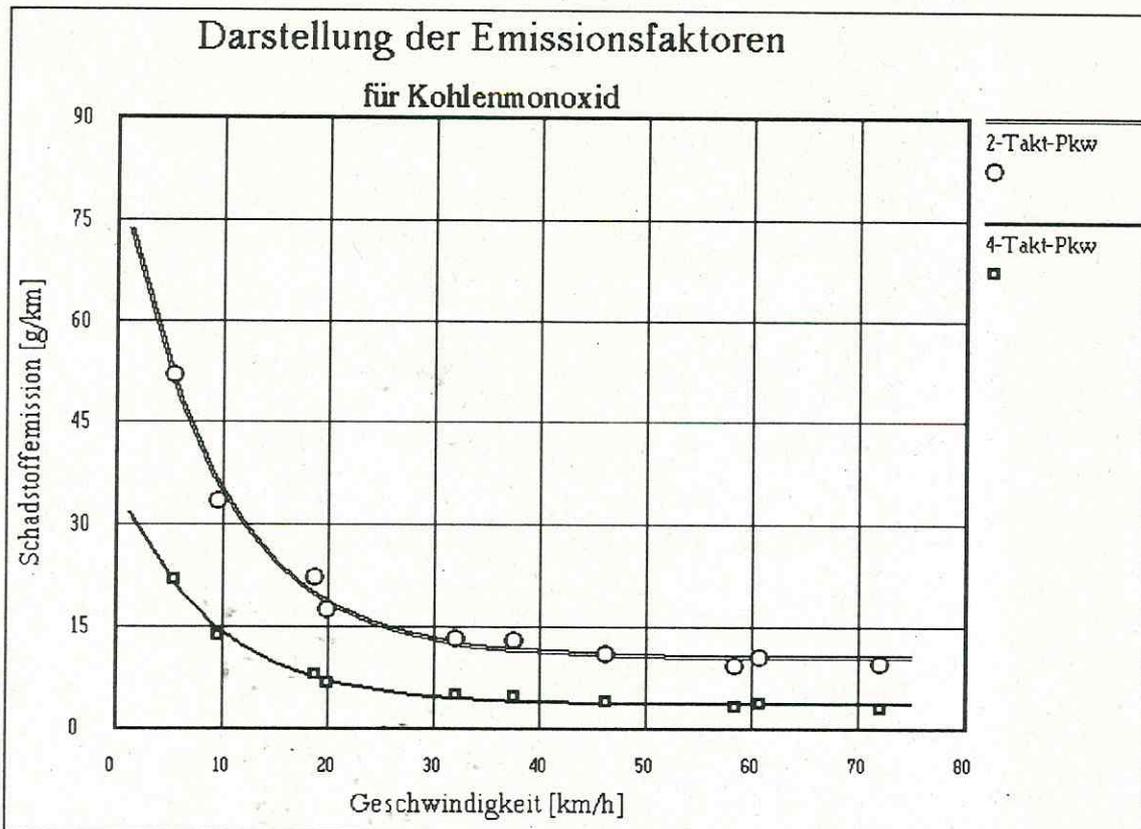


Abb. 27 : CO-Emissionsfaktoren für Zweitakt- und Viertakt-Pkw (1994/95)

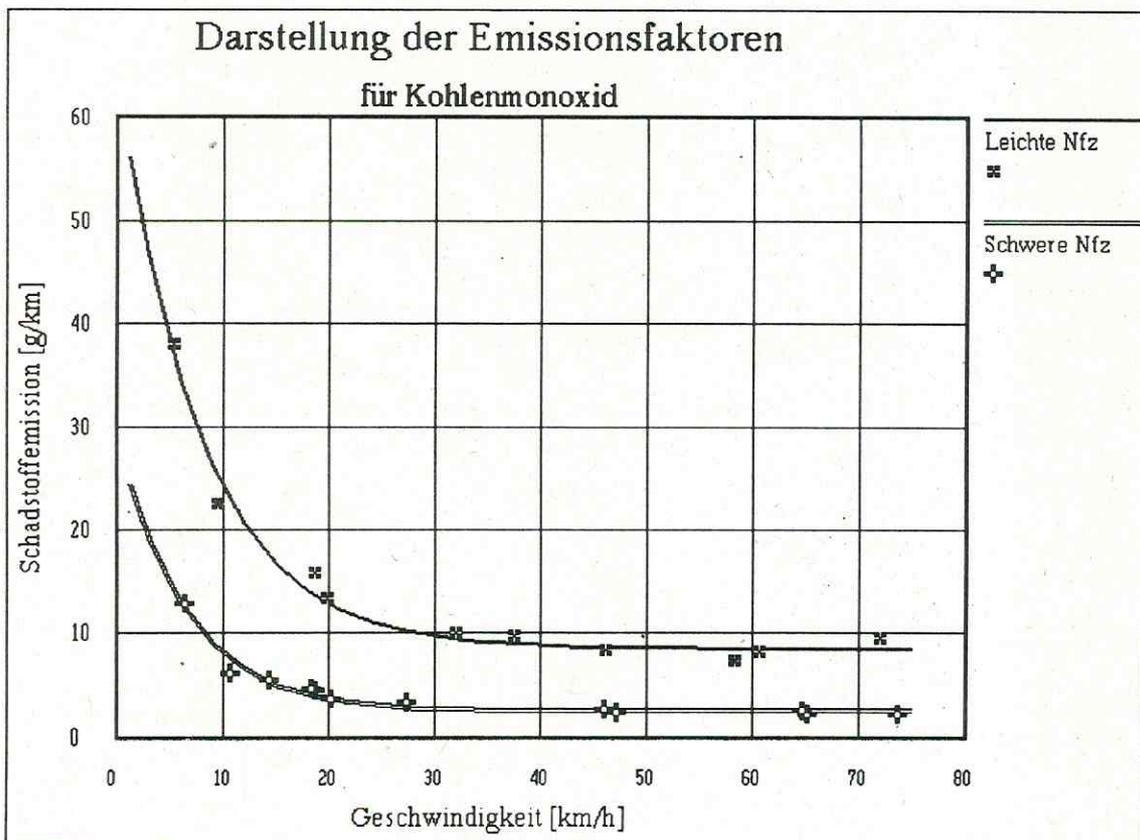


Abb. 28 : CO-Emissionsfaktoren für Leichte und Schwere Nutzfahrzeuge (1994/95)

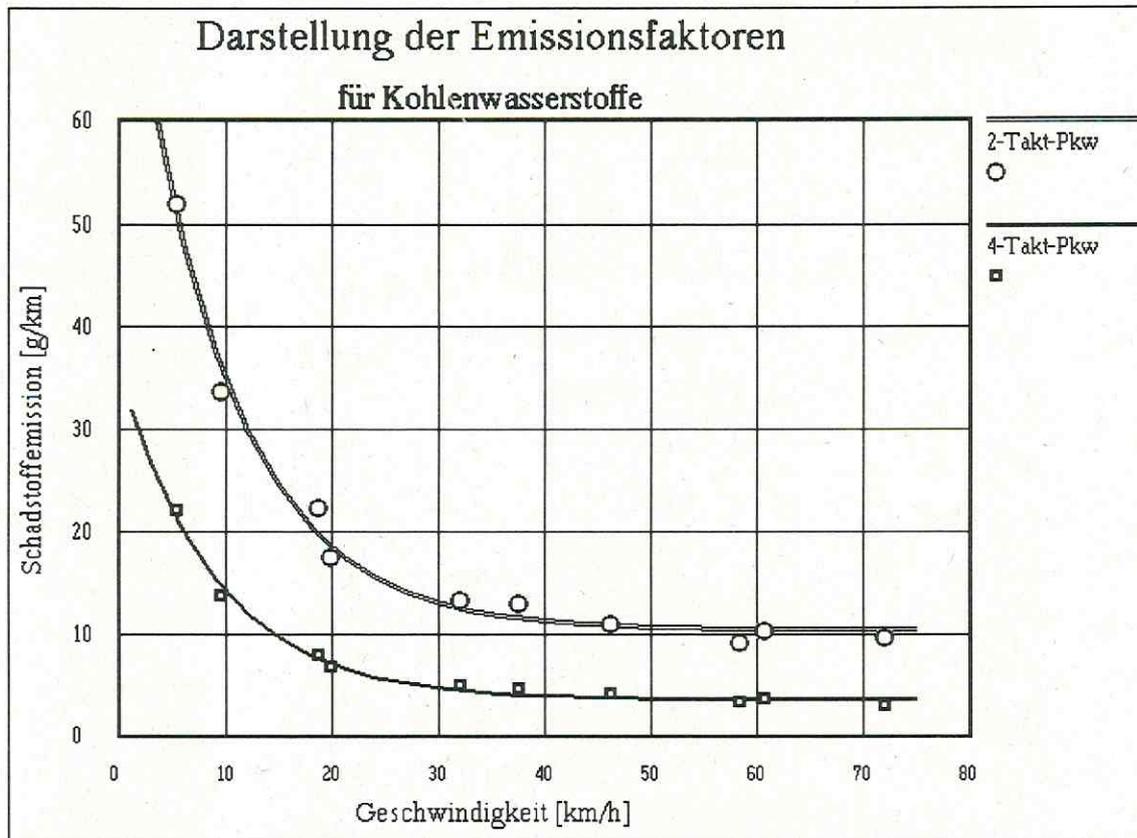


Abb. 29 : NMHC-Emissionsfaktoren für Zweitakt-Pkw und Viertakt-Pkw (1994/95)

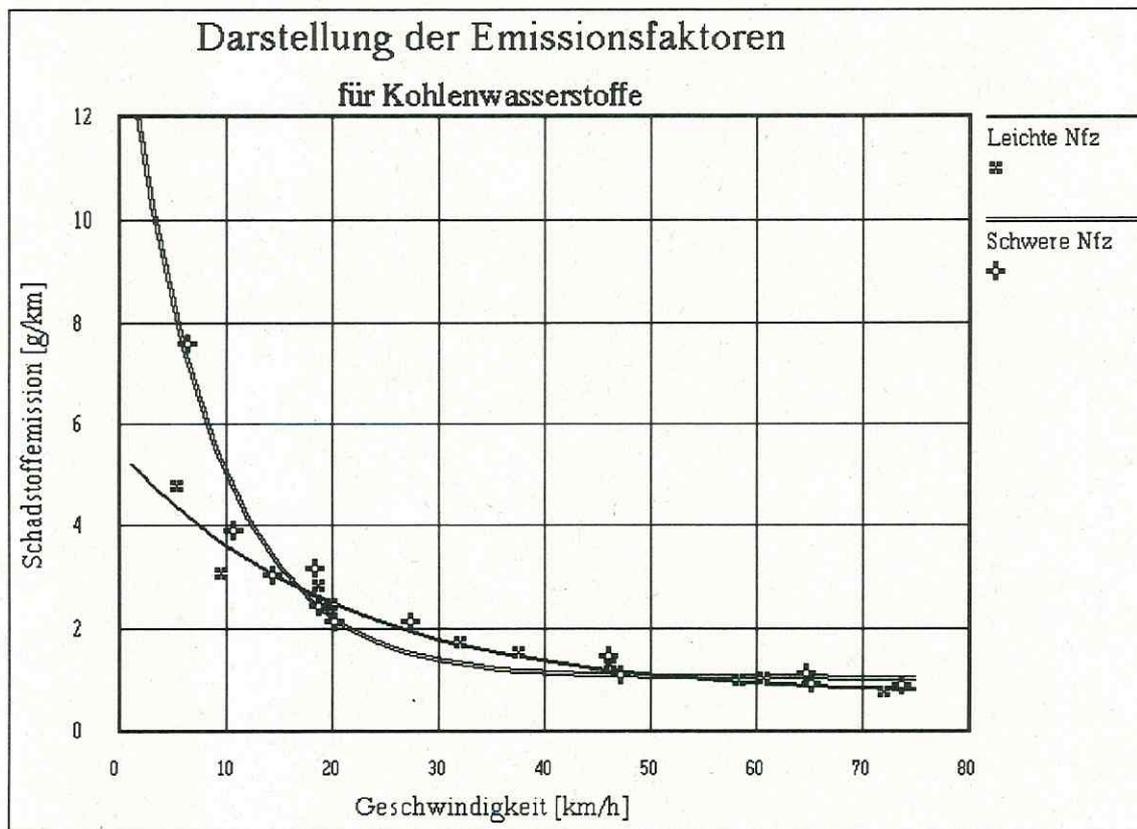


Abb. 30 : NMHC-Emissionsfaktoren für Leichte und Schwere Nutzfahrzeuge (1994/95)

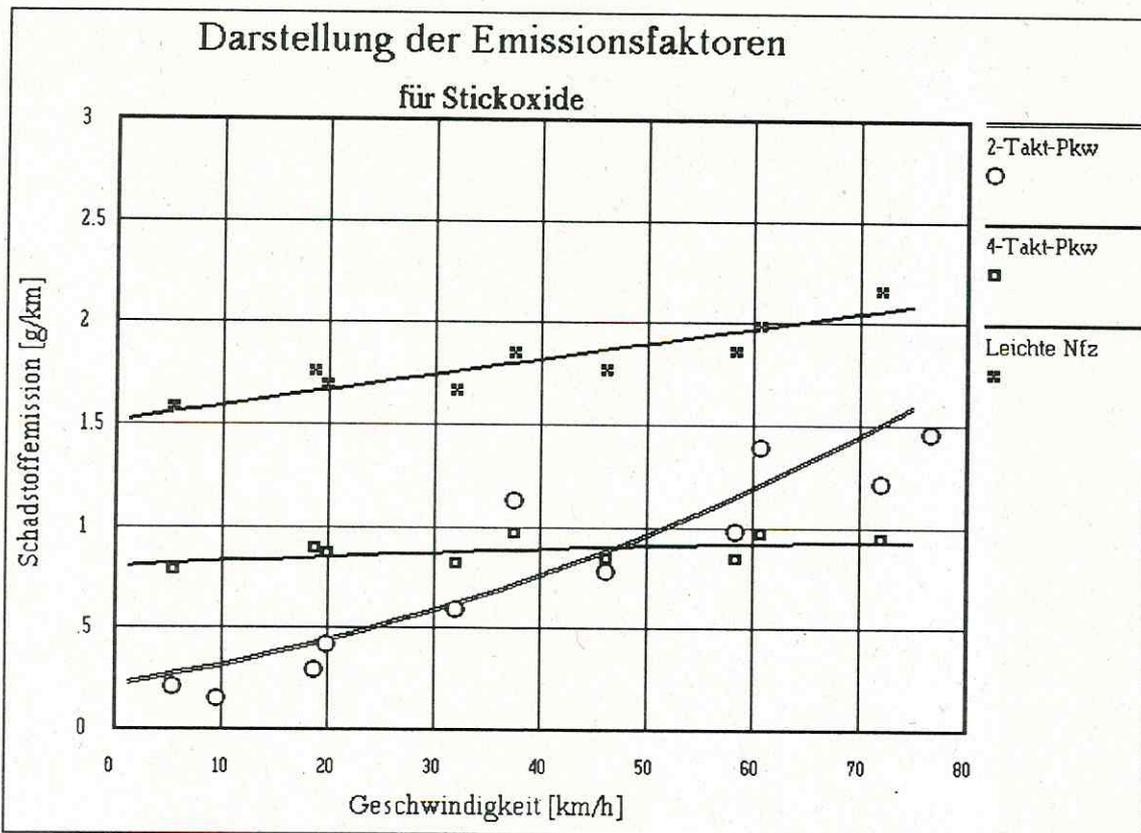


Abb. 31 : NO_x-Emissionsfaktoren für Zweitakt-Pkw, Viertakt-Pkw und Leichte Nutzfahrzeuge (1994/95)

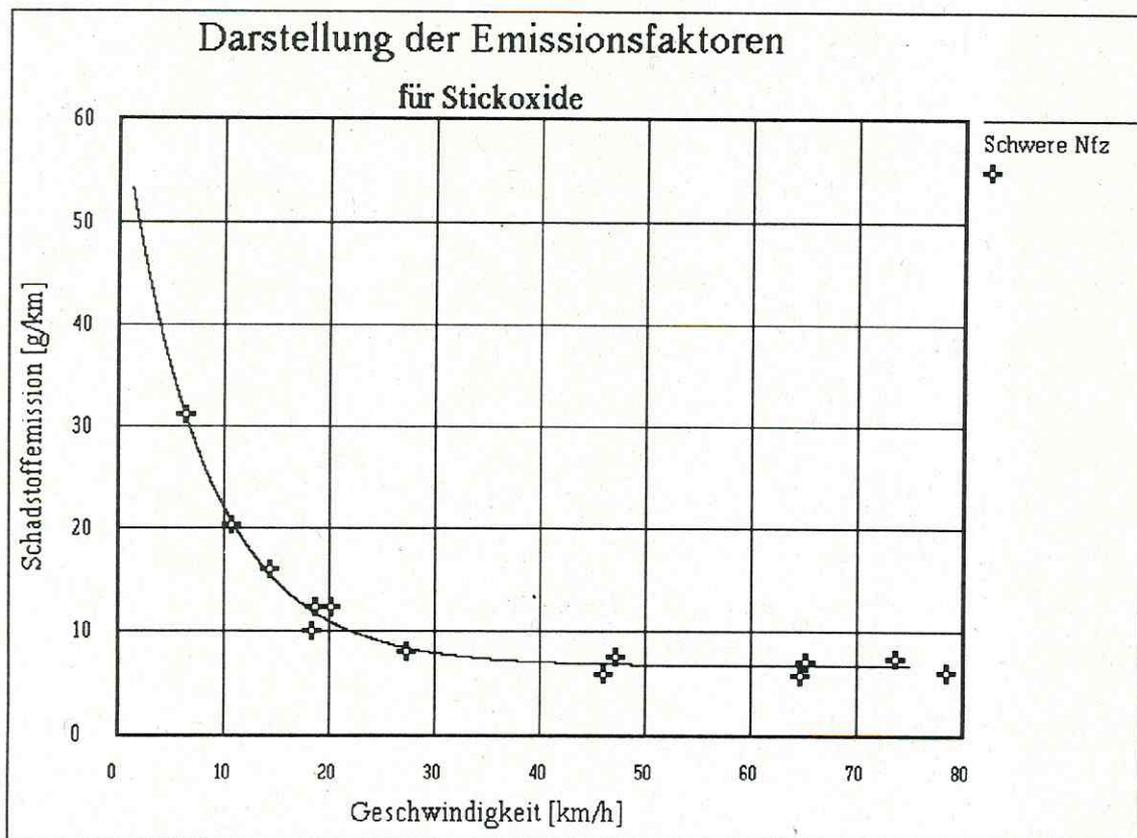


Abb. 32 : NO_x-Emissionsfaktoren für Schwere Nutzfahrzeuge (1994/95)

In den Abb. 27 - 32 sind die Modelle der Emissionsfaktoren den der Regression zugrunde liegenden Stützstellen gegenübergestellt. Bei den Emissionsfaktoren für CO und für NMHC besteht eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Modellen und Stützstellen, ebenfalls für NO_x der Klasse der Schwere Nutzfahrzeuge. Dagegen sind die Streuungen der Meßwerte der Emissionsfaktoren für NO_x in den Klassen Zweitakt-, Viertakt- und Leichte Nutzfahrzeuge ohnehin größer und die Modellabweichungen demzufolge auch.

Die Abweichungen von Modellen und diskreten Stützstellen sind insgesamt aber so gering, daß Interpolationen durchaus zulässig sind.

Wie oben berichtet, wurde die Methodik der Ermittlung von Emissionsfaktoren geändert (Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von Fahrzyklen (alt) bzw. Fahrmustern (neu), beide repräsentiert durch mittlere Geschwindigkeiten). In den Abb. 33 - 35 sind neuere und ältere Emissionsfaktoren für Zweitaktfahrzeuge (Werte von HASSEL et.al. 1994 und Abgasprüfstelle, 1991) verglichen. Bei CO sind die Emissionsfaktoren nach HASSEL im Geschwindigkeitsbereich von $v > 35$ km/h, in dem die absoluten Werte am geringsten sind, um etwa 30 - 50 % größer, im Bereich von etwa 15 - 35 km/h sind sie etwa gleich. Nur im Bereich von $v < 15$ km/h treten signifikante Abweichungen auf, die durch die unterschiedlichen Bestimmungsmethoden verursacht werden (bei Abgasprüfstelle Fahrzyklen, bei HASSEL "Stop and Go"-Betrieb). Bei den NMHC. treten starke Abweichungen ebenfalls im niederen Geschwindigkeitsbereich auf, wogegen die Emissionsfaktoren für Geschwindigkeiten von $v > 18$ km/h fast identisch sind. Bei den NO_x. streuen die Werte von HASSEL zwar mehr, liegen aber insgesamt auf einem höheren Niveau als die Werte der Abgasprüfstelle. Aus den drei Vergleichsgrafiken geht hervor, daß die Behauptung von GORIBEN, die von der Abgasprüfstelle ermittelten Emissionsfaktoren seien generell zu tief (s.o.), nicht für jeden Schadstoff und nicht für jeden Geschwindigkeitsbereich zutrifft. Die darauf aufbauenden Korrekturen der "älteren" Emissionsfaktoren für Zweitaktfahrzeuge führen zu höheren Werten im mittleren und oberen Geschwindigkeitsbereich und zu etwas kleineren Werten im unteren Geschwindigkeitsbereich. Die Emissionsberechnungen für die Bezugsjahre 1992/93 fallen deshalb für den Anteil der Zweitaktfahrzeuge geringfügig zu hoch aus. Auf eine erneute Korrektur der Modelle der Emissionsfaktoren für die älteren Emissionsberechnungen wurde aber verzichtet.

Die Abb. 36 - 38 enthalten einen Vergleich der nach verschiedenen Methoden ermittelten Emissionsfaktoren für Viertakt-Kfz mit konventionellen Ottomotoren (Werte von HASSEL et.al., 1987, 1991, 1994). Die CO-Emissionsfaktoren und die NMHC-Emissionsfaktoren der drei Quellen unterscheiden sich nur sehr wenig. Die Abweichungen der Stickoxid-Emissionsfaktoren sind dagegen etwas größer.

Insgesamt sind aber keine signifikanten Unterschiede durch eine geänderte Bestimmungsmethodik festzustellen, d.h. es ist gleichgültig, ob als Bezugsgröße eine mittlere Geschwindigkeit eines definierten Fahrzyklus, eine mittlere Geschwindigkeit eines festgestellten Fahrmusters oder eine mittlere Geschwindigkeit eines "Stop and Go"-Betriebes dient.

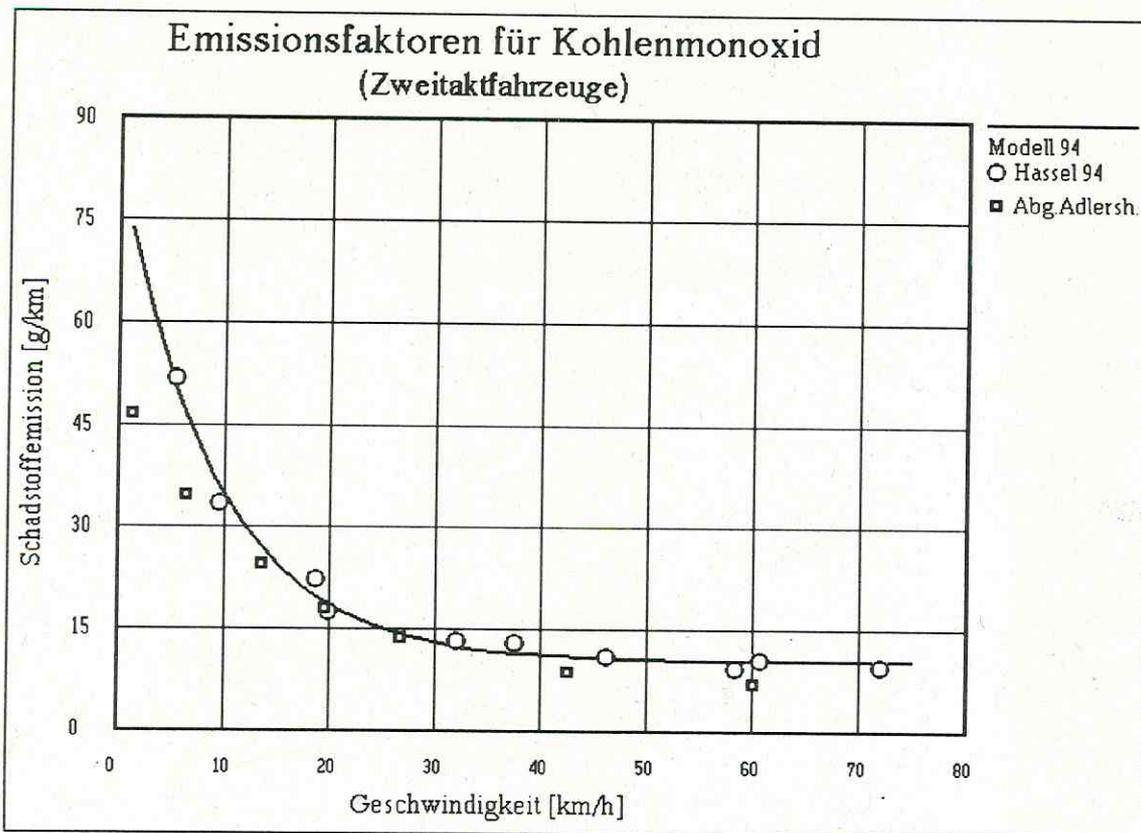


Abb. 33 : Vergleich verschiedener CO-Emissionsfaktoren für Zweitakt-Kfz

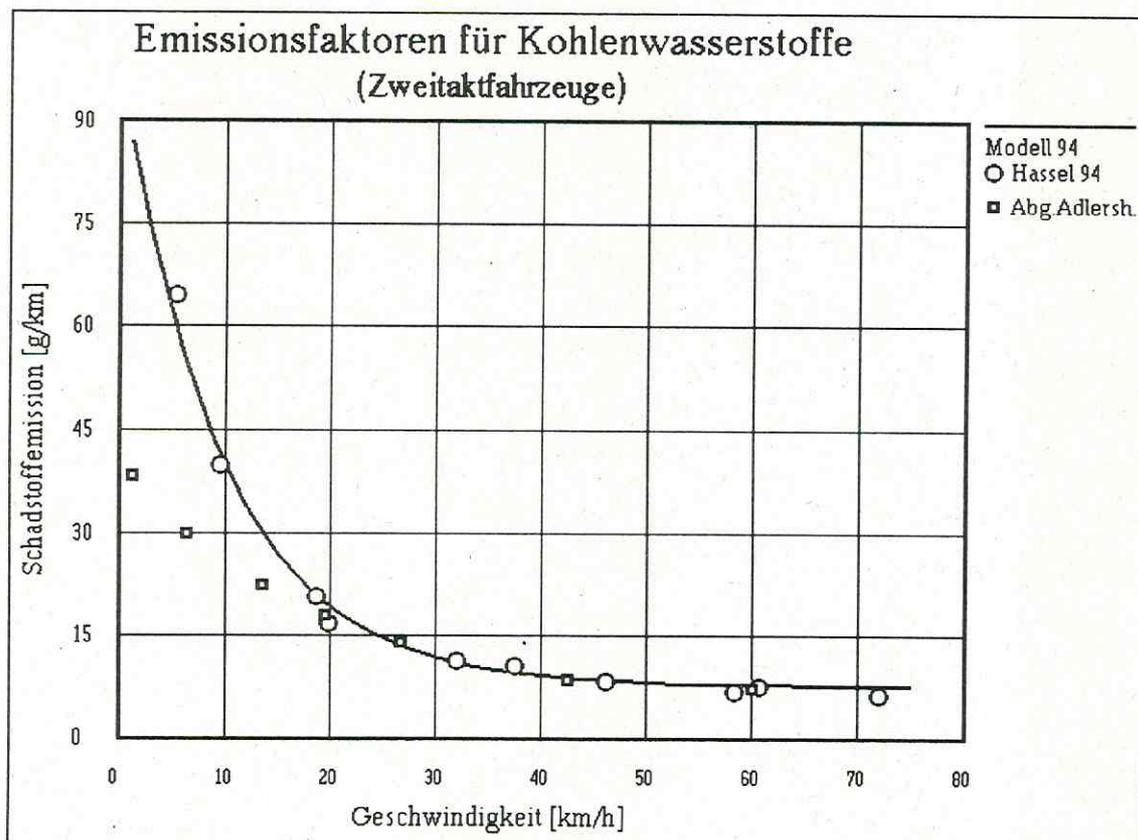


Abb. 34 : Vergleich verschiedener NMHC-Emissionsfaktoren für Zweitakt-Kfz

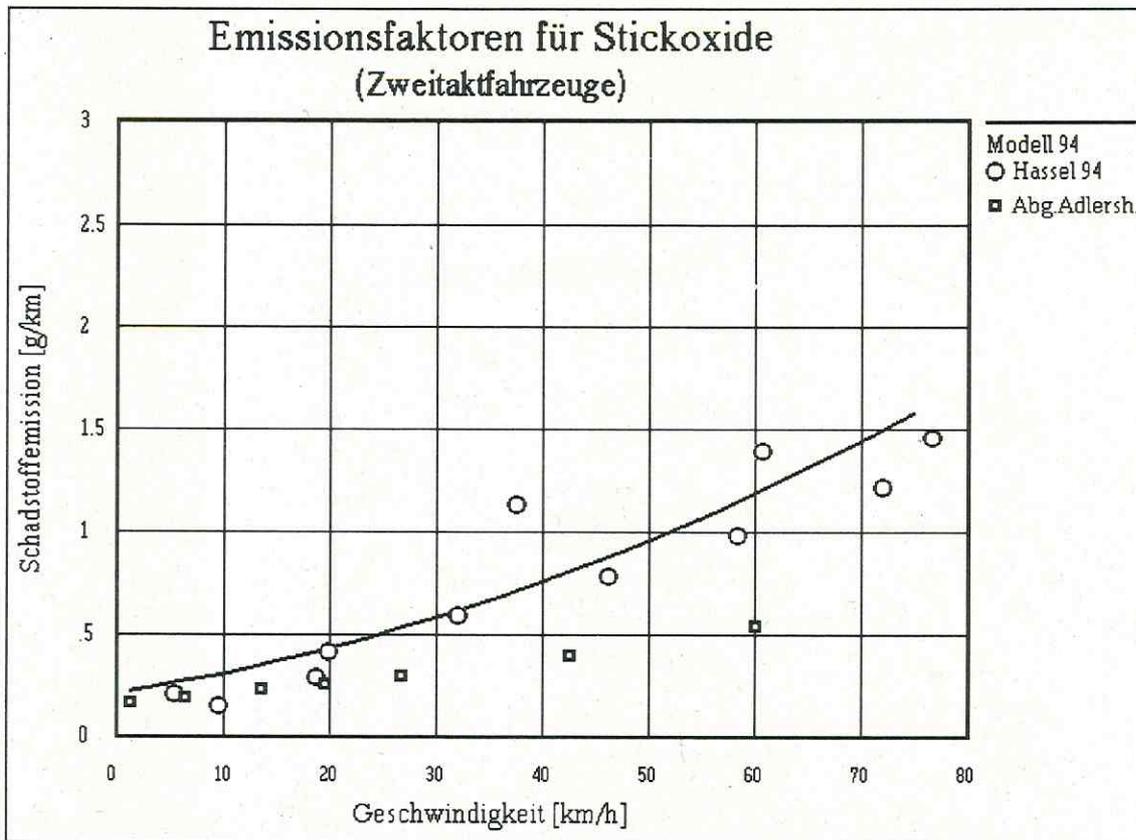


Abb. 35 : Vergleich verschiedener NO_x-Emissionsfaktoren für Zweitakt-Kfz

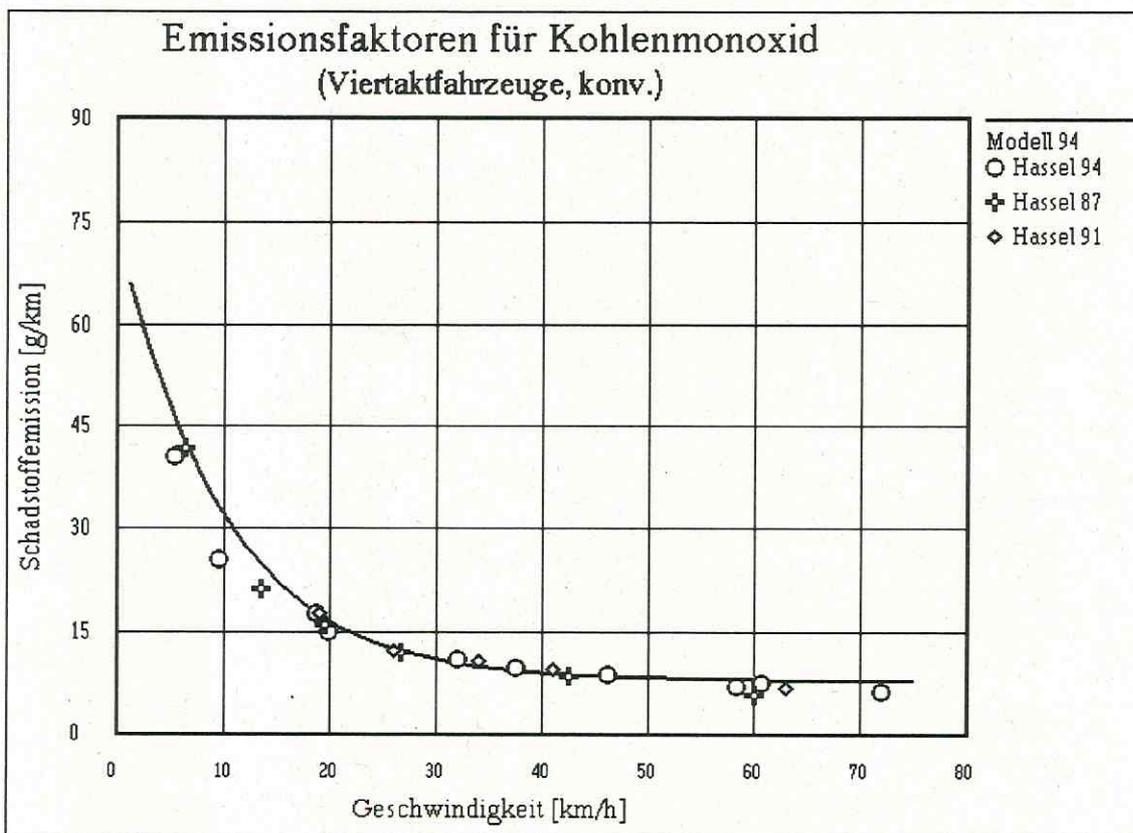


Abb. 36 : Vergleich von CO-Emissionsfaktoren nach unterschiedl. Methodik für Viertakt-Kfz

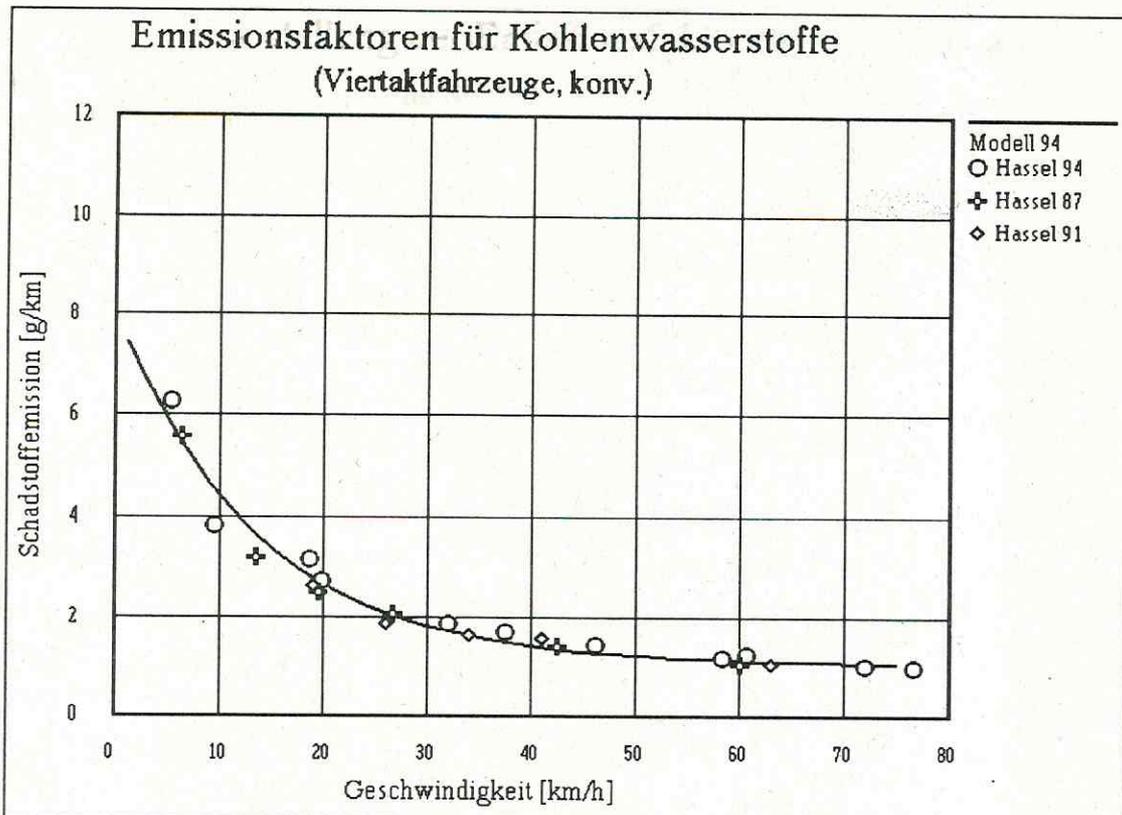


Abb. 37 : Vergleich von NMHC-Emissionsfaktoren nach unterschiedlicher Methodik für Viertakt-Kfz

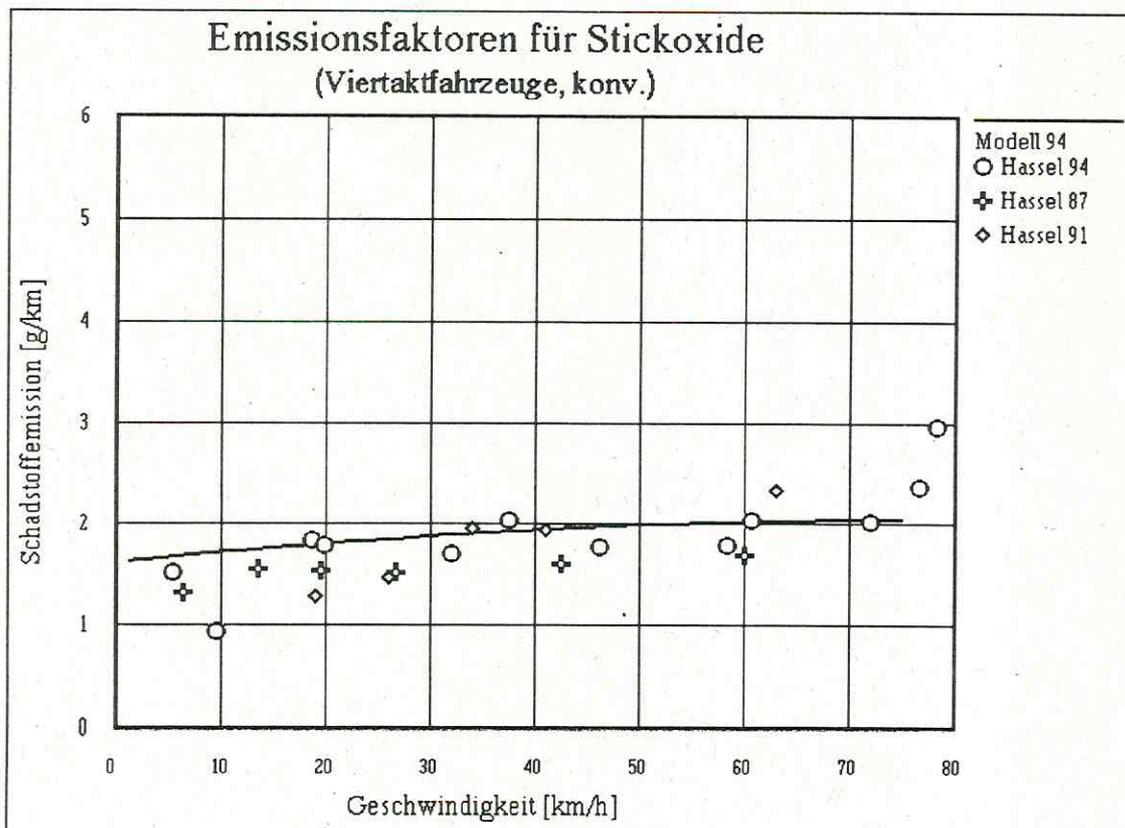


Abb. 38 : Vergleich von NO_x-Emissionsfaktoren nach unterschiedl. Methodik für Viertakt-Kfz

Mit der 23. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (23. BImSchV) gewinnen die Messung und Berechnung von Benzolimmissionen eine herausragende Bedeutung.

Die Literatur für Benzol-Emissionsfaktoren ist nicht umfangreich. In älteren Arbeiten sind die Emissionsfaktoren oft als eine Funktion der Kohlenmonoxid- oder Stickoxid-Emissionsfaktoren dargestellt worden (SEIFERT & ULLRICH, 1978). Ein nahezu konstantes Verhältnis von Kohlenmonoxid zu Benzol verwenden auch HEITS et.al. 1993. Angaben der Emissionsfaktoren für Aromaten als sog. "nichtlimitierte" Komponenten wurden für alle Fahrmodi von HASSEL et.al. 1987 gegeben (die Emissionsfaktoren für Benzol betragen etwa 5 - 6 % der Emissionsfaktoren für Kohlenwasserstoffe). Der neueste Forschungsbericht zu Emissionsfaktoren (HASSEL et.al. 1994) enthält keine Emissionsfaktoren für Benzol. Während Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe im Abgas eine Folge der mehr oder weniger unvollständigen Verbrennungsvorgänge des Kraftstoffs sind und Stickoxide vornehmlich durch Oxidation von Luftstickstoff im heißen Motor entstehen und damit im wesentlichen nur von Motortypen und Betriebszuständen abhängen, resultiert Benzol vorwiegend aus unverbranntem Benzol als Kraftstoffkomponente (damit ist eine Abhängigkeit vom Benzolgehalt im Kraftstoff gegeben) und aus dem durch Crackprozesse im Motor gebildeten Anteil. MOUSSIOPOULOS et.al. 1992 geben für Benzol einen Emissionsfaktor von 5 % des NMHC-Emissionsfaktors an, die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (MLuS-92) für Pkw einen Faktor von 6,16 % und für Lkw einen Faktor von 4,6 % des Kohlenwasserstoff-Emissionsfaktors. Eine sehr umfangreiche Arbeit [KOHOUTEK & LENZ 1995] beschreibt Modelle für Emissionsfaktoren des Benzols, die den Benzolgehalt im Kraftstoff und den Gehalt weiterer Aromaten berücksichtigen.

Für diesen Bericht sind die Rechnungen mit einem Emissionsfaktor von 2,5 % des Emissionsfaktors für Kohlenwasserstoffe und den Modellen für Kohlenwasserstoffe durchgeführt worden und berücksichtigen dabei den rückläufigen Benzolgehalt im Kraftstoff (in wenigen stichprobenartigen Bestimmungen in Kraftstoffen unterschiedlicher Anbieter bestimmt).

Abschließend kann festgestellt werden, daß mit den erarbeiteten Modellen Emissionsfaktoren für die Schadstoffe Kohlenmonoxid, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe (ges.) und Benzol für Geschwindigkeitsbereiche von etwa 5 - 75 km/h zur Verfügung stehen.

2.2.3 Modelle der Beschleunigungsabhängigkeit von Emissionsfaktoren

In den der Emissionsfaktorenbestimmung zugrunde liegenden Fahrzyklen bzw. Fahrmustern, die hinreichend durch eine mittlere Geschwindigkeit charakterisiert werden, sind Beschleunigungsphasen integriert. Für Strecken mit einem sehr hohen Anteil an Beschleunigungsphasen (z.B. an signalgeregelten Kreuzungen) sind Modelle für eine Emissionserhöhung durch Beschleunigung erforderlich.

Angaben zu Emissionserhöhungen durch Beschleunigung findet man z.B. bei GARBEN et.al. 1987, die ältere schwedische Werte (aus 1977) zitieren. In den früheren Arbeiten von HASSEL

et.al. 1978-1987 werden die Anteile der verschiedenen Phasen in den Fahrmodi und die spezifischen Emissionen für Leerlauf, Konstantfahrt und den gesamten Fahrmodus tabelliert, woraus indirekt auf die Emissionserhöhung durch Beschleunigung geschlossen werden kann. HASSEL et.al. 1994 beschreiben auszugsweise (für die Schicht Pkw mit G-Kat und 1,4 - 2,0 l Hubraum) sog. Basisemissionsfunktionen, in denen die Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von den die Motorleistung abfordernden Einflußgrößen v und $v \cdot b$ dargestellt sind.

Aus einem für den Stadtverkehr relevanten Teil der Daten ($v = \{15,25,35,45,55,65 \text{ km/h}\}$; $v \cdot b = \{5,10,15 \text{ m}^2/\text{s}^3\}$) und den zugehörigen Emissionen lassen sich Modelle für Faktoren F_B der Emissionserhöhung durch Beschleunigung schätzen. Die Modelle haben die folgende Struktur, wobei die Koeffizienten (Tabelle 10) im Einzelfall auch Null sein können.

$$F_B = \frac{E_{\text{beschl.}}(v)}{E_{\text{unbeschl.}}(v)}$$

$$F_B = a_1 + a_2 \cdot v + a_3 \cdot v^2 + a_4 \cdot b + a_5 \cdot b^2 + a_6 \cdot (v \cdot b) + a_7 \cdot (v \cdot b)^2$$

Tabelle 10 : Koeffizienten der Modelle zur Berechnung von Emissionserhöhung durch Beschleunigung

	Kohlenmonoxid	Stickoxide	Kohlenwasserstoffe
a_1	3,9218	-2,3991	3,21956
a_2	-0,077486	0,159719	-0,093598
a_3	3,50199 E-04	-0,001495	9,59634 E-04
a_4	-1,394855	6,619287	-5,363589
a_5	-1,687218	-4,24044	0,712206
a_6	0	-0,187871	0,167938
a_7	0,017283	0,018184	0,008175

2.2.4 Emissionsberechnung an Kreuzungen

Zur Berechnung der Emission längs einer Strecke sind die Verkehrsstärke, die Anteile der Fahrzeugklassen, die spezifischen Emissionsfaktoren und zu deren Berechnung die mittleren Geschwindigkeiten erforderlich.

Die Emission des Schadstoffes i längs einer Strecke L errechnet sich aus den spezifischen Emissionsfaktoren e_{ij} der Fahrzeugklassen j und deren anteiliger Verkehrsstärke nach

$$e_{ij} = f(v_m, a, b, c, d) \quad [\text{g/km/Kfz}]$$

$$E_i = L \cdot \sum_{j=1}^4 e_{ij} \cdot q_j \quad [\text{g/h}]$$

i : CO, NO_x, NMHC

j : 2-T, 4-T, LNfz, SNfz

L : Streckenlänge [km]

q_j : Verkehrsstärke einer Klasse [Kfz/h].

Der bei Zählungen erfaßte Wert für den Lkw-Anteil wird entsprechend den Zulassungszahlen aufgesplittet zu 63,6 % Leichte Nutzfahrzeuge und 36,4 % Schwere Nutzfahrzeuge.

Die Emissionen für eine definierte Strecke können zeit- und ortsabhängig dargestellt werden. Dazu wird im Kreuzungsbereich eine Strecke von 100 m vor und nach dem Kreuzungsmittelpunkt untersucht. Diese Strecke ist in 5m-Intervalle eingeteilt.

5m-Intervalle wurden deshalb gewählt, weil die Fahrbahn der Hauptstr. etwa 12 m, die Nebenstr. 8.5 - 10 m breit ist und sich die unmittelbare Kreuzungsfläche etwa mit vier 5m*5m-Quadraten darstellen läßt, auf die die sich kreuzenden Verkehrsströme verteilt werden.

Die 5m-Intervalle werden in 3 Kategorien eingeordnet : Intervalle, auf denen die nach den q-v-Funktionen berechnete mittlere Geschwindigkeit v_m gilt, Intervalle im Bereich der Stauzone (mit Staugeschwindigkeit v_s) und Intervalle im Beschleunigungsbereich, für den noch ein gesonderter Emissionszuschlag berechnet wird. Vereinfachend wird festgelegt, daß zum Beschleunigungsbereich der unmittelbare Kreuzungsbereich (10 m) und der Bereich der halben mittleren Staulänge z gehören (weil in der "Grünphase" für etwa die Hälfte der Fahrzeuge eine ungehinderte Beschleunigungsphase möglich ist).

Zur Berechnung einer mittleren Geschwindigkeit und einer mittleren Beschleunigung im Beschleunigungsbereich dienen folgende einfache Beziehungen :

$$v_b = \frac{v_s + v_m}{2 \cdot 3.6} \quad v_b : \text{mittlere Geschwindigkeit [m/s]}$$

$$b = \frac{(v_m - v_s)^2}{2 \cdot (10 + z/2)} \quad v_m : \text{Geschwindigkeit der Zielrichtung [km/h]}$$

Für die Berechnung der mittleren Staulänge (nicht für die Emissionsberechnung !) wird die Anzahl der Lkw verdoppelt, um deren größere Länge zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse von Emissionsberechnungen für die 5m-Intervalle im erweiterten Kreuzungsbereich - in jeweils 2-Stundenintervallen aufsummiert - sind auszugsweise in den Abb. 39 - 48 dargestellt.

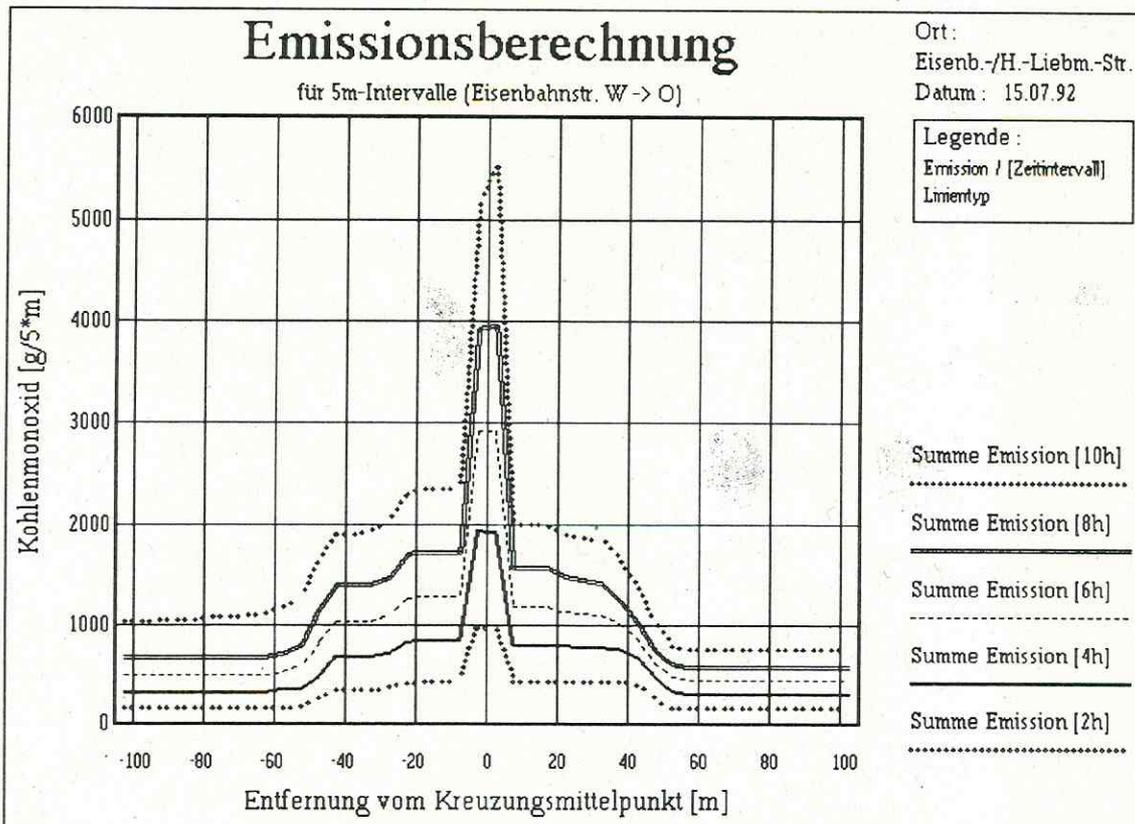


Abb. 39 : Integrale Kohlenmonoxidemission in der Eisenbahnstr. am 15.07.92.

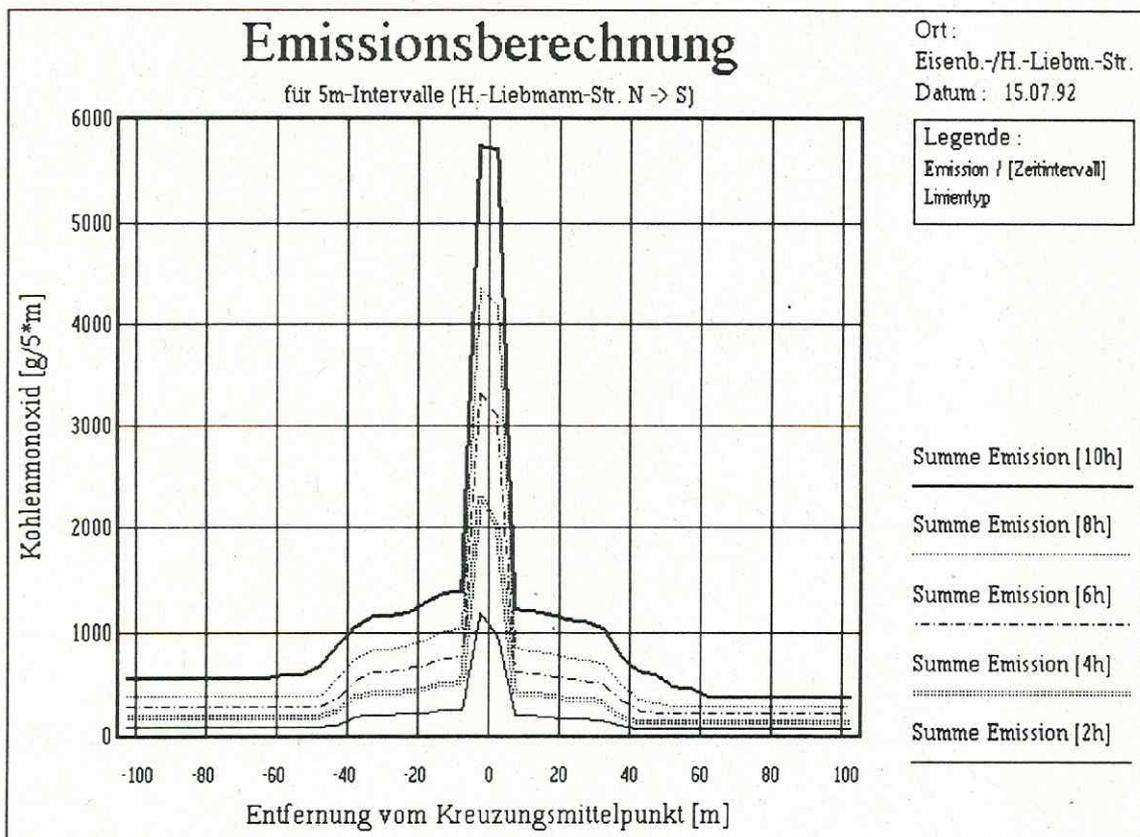


Abb. 40 : Integrale Kohlenmonoxidemission in der Hermann-Liebmann-Str. am 15.07.92

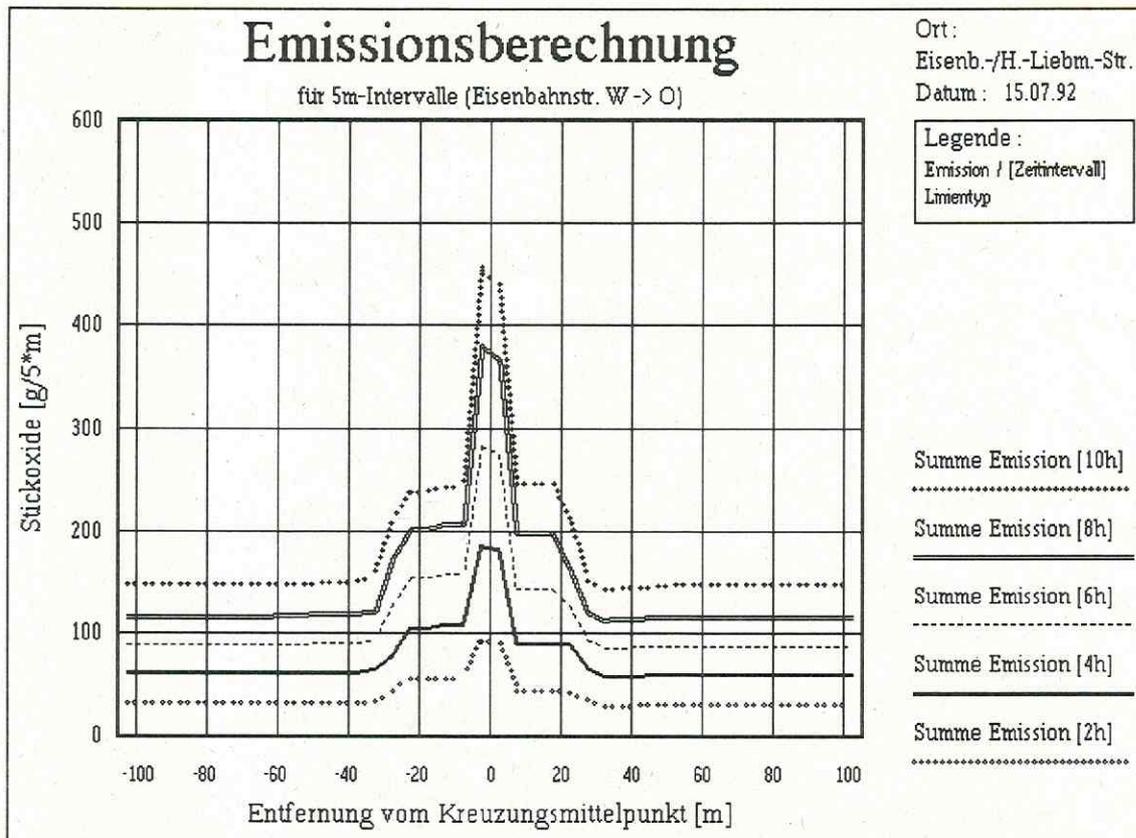


Abb. 41 : Integrale Stickoxidemission in der Eisenbahnstr. am 15.07.92

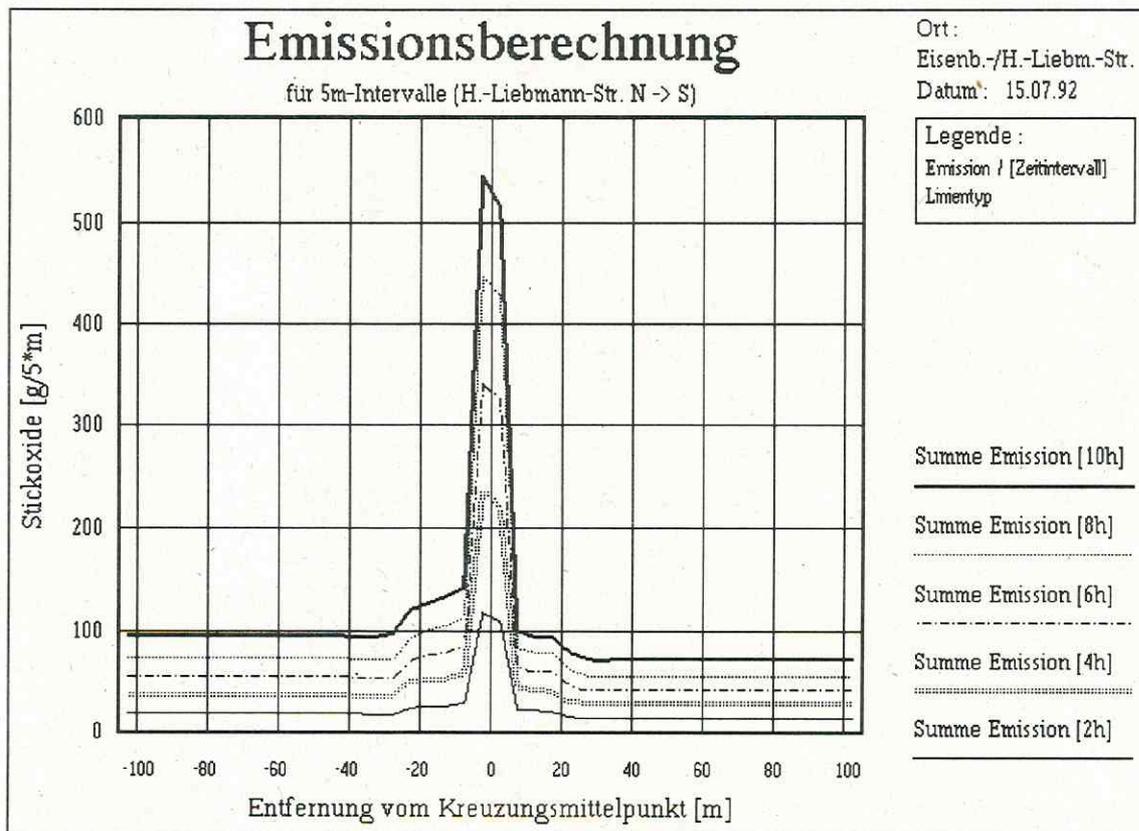


Abb. 42 : Integrale Stickoxidemission in der Hermann-Liebmann-Str. am 15.07.92

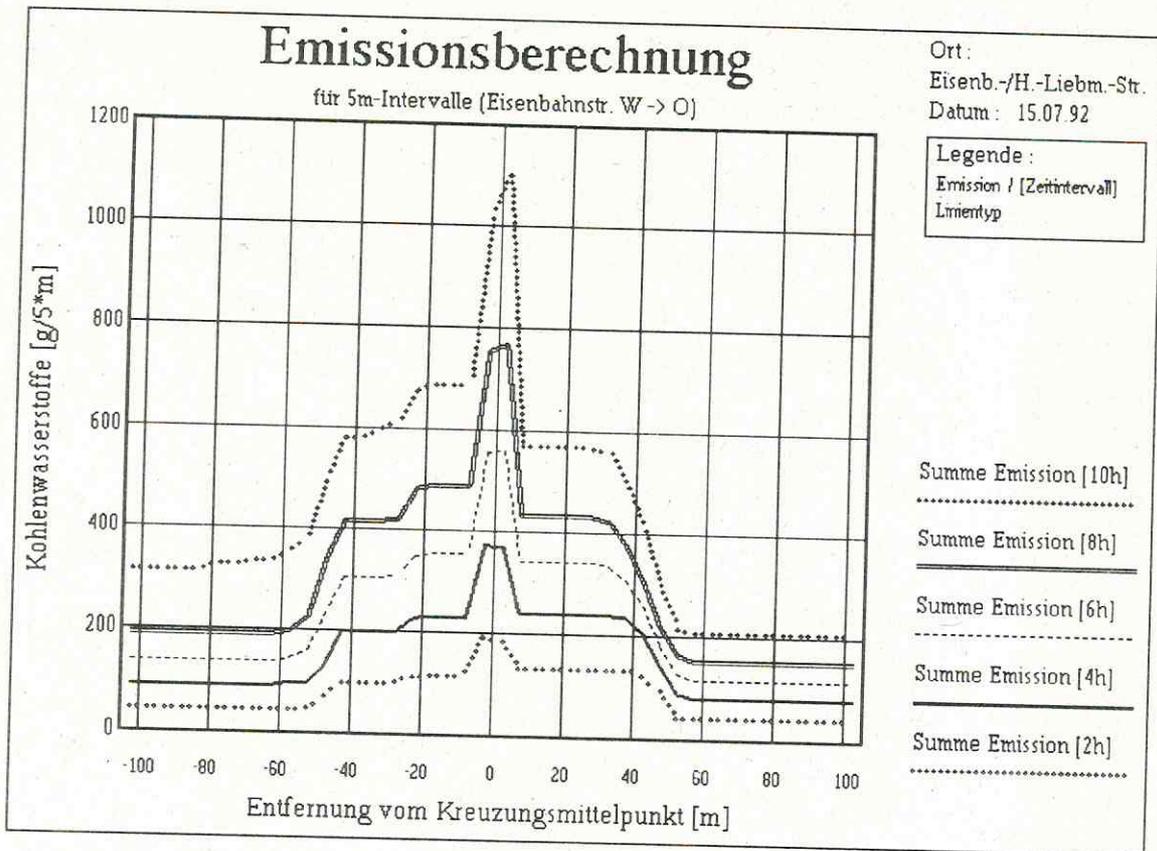


Abb. 43 : Integrale Kohlenwasserstoffemission in der Eisenbahnstr. am 15.07.92

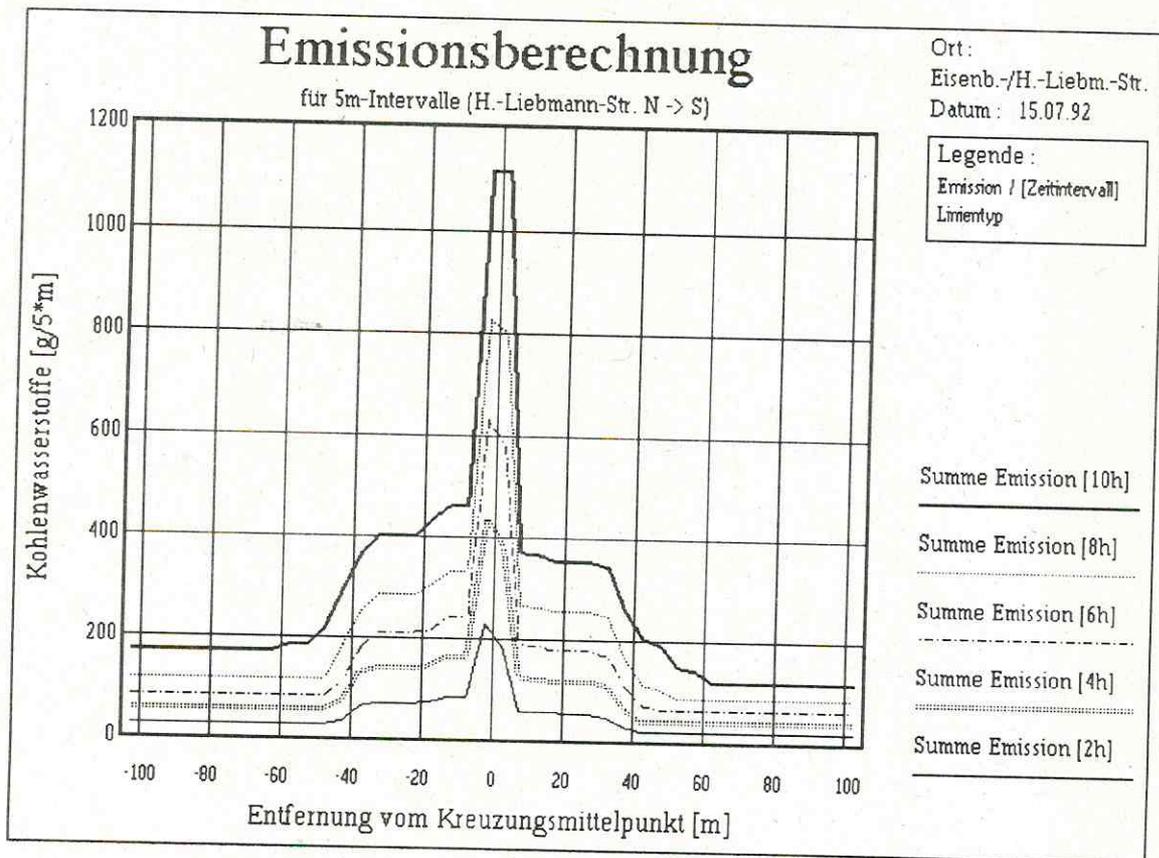


Abb. 44 : Integrale Kohlenwasserstoffemission in der Hermann-Liebmann-Str. am 15.07.92

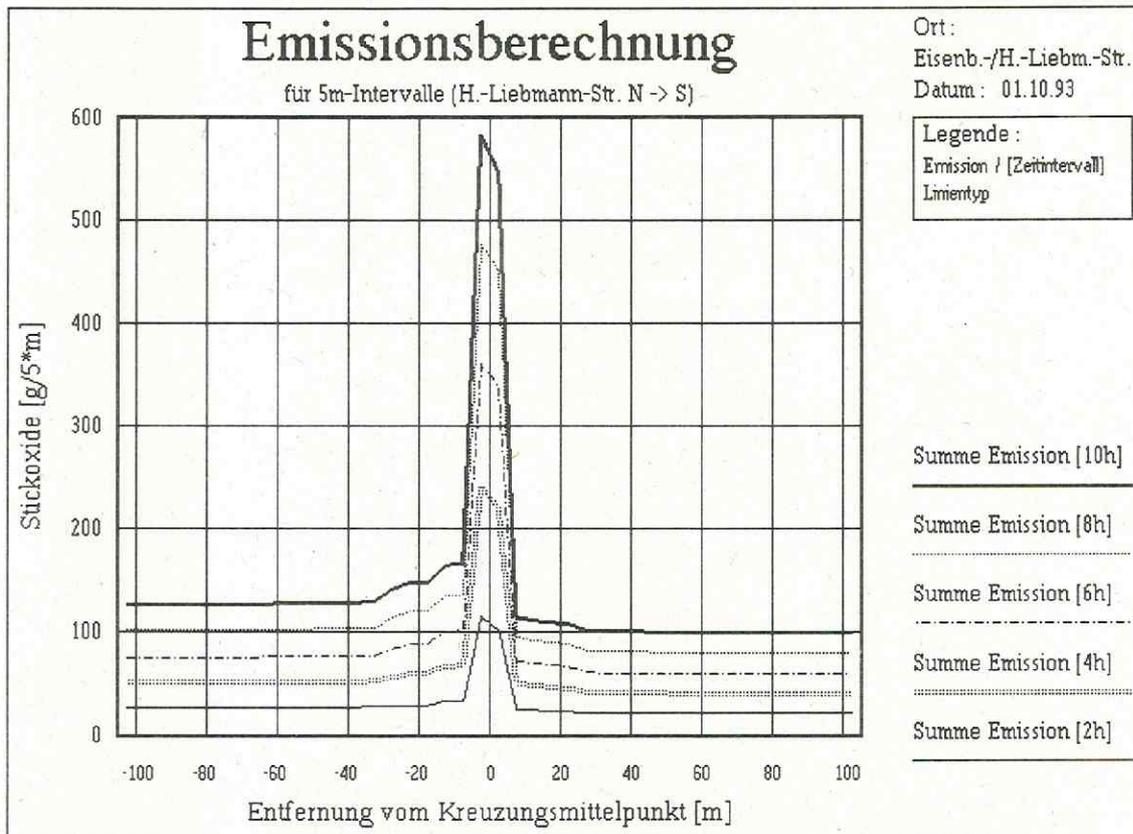


Abb. 45 : Integrale Stickoxidemission in der Hermann-Liebmann-Str. am 01.10.93

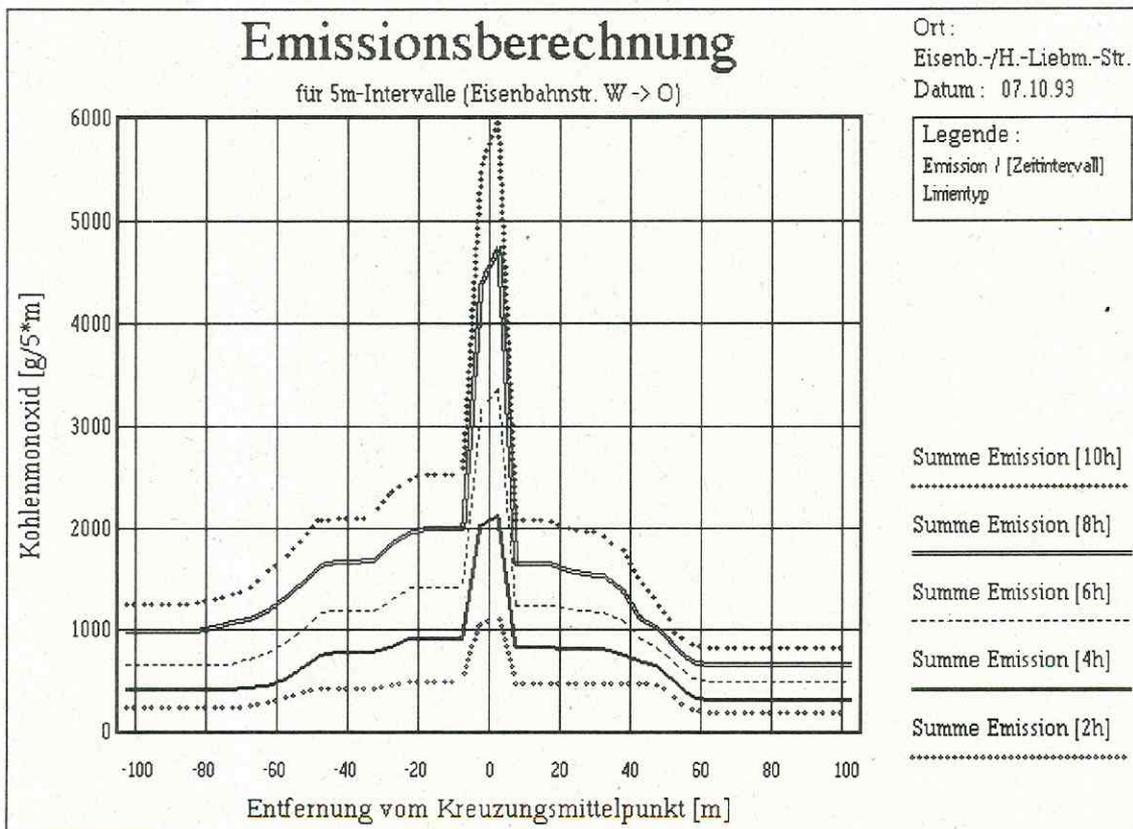


Abb. 46 : Integrale Kohlenmonoxidemission in der Eisenbahnstr. am 07.10.93

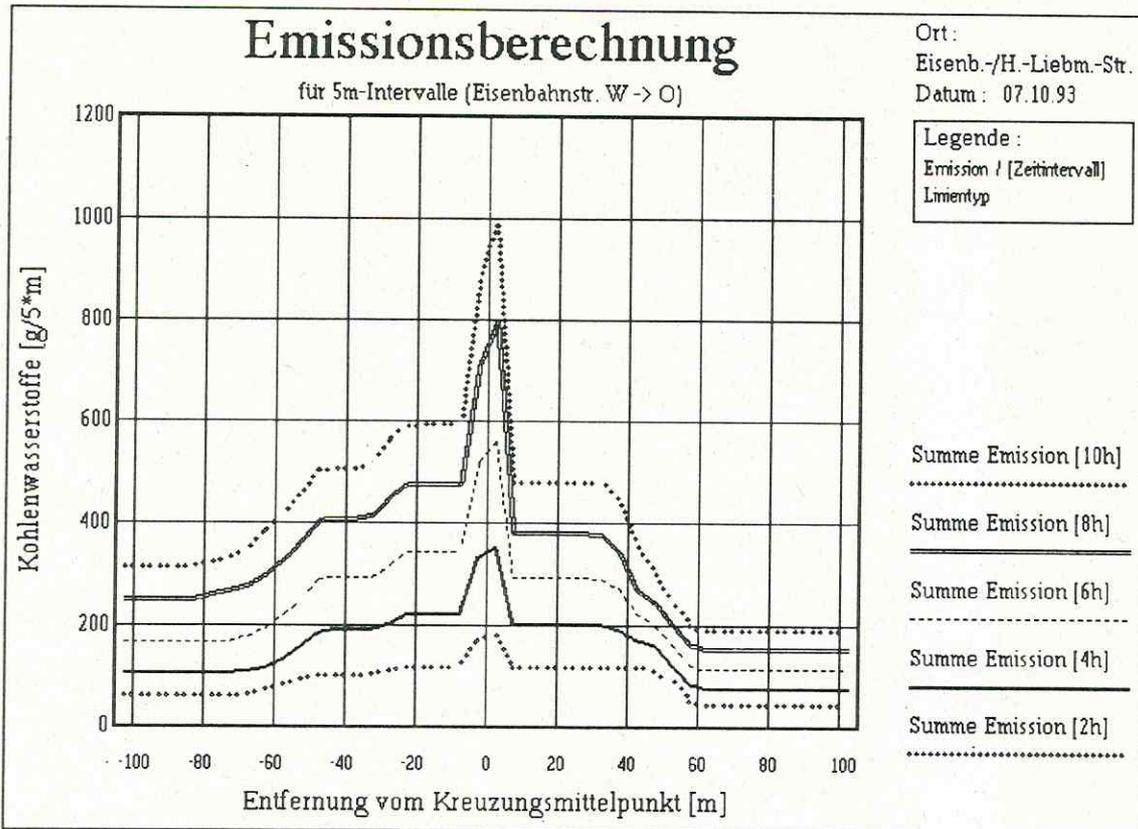


Abb. 47 : Integrale Kohlenwasserstoffemission in der Eisenbahnstr. am 07.10.93

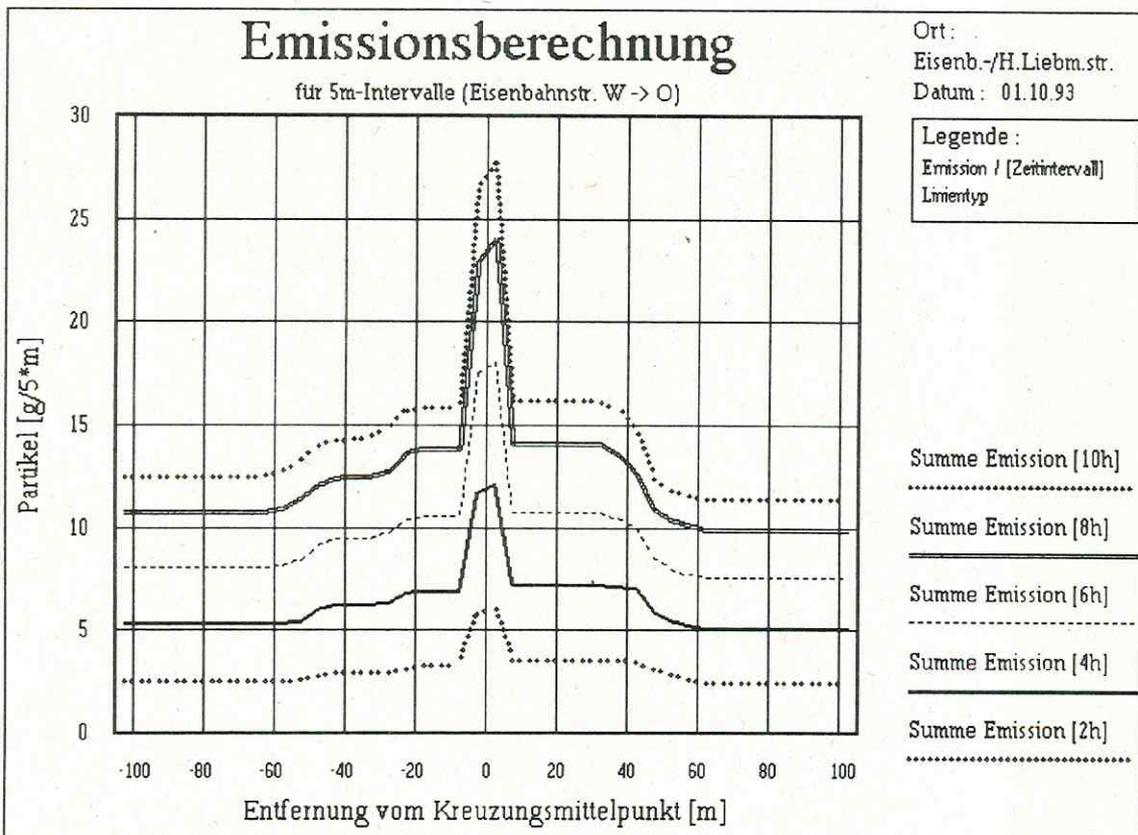


Abb. 48 : Integrale Partikelemmission in der Eisenbahnstr. am 01.10.93

Allen Abbildungen ist ein Emissionsmaximum im unmittelbaren Kreuzungsbereich gemeinsam, das daraus resultiert, daß über diese Strecken bzw. Flächen der Verkehr aus Haupt- und Nebenstr. abläuft. Die relative Höhe dieses Maximums ist in Darstellungen der Nord-Süd-Richtung (Nebenstraße) besonders hoch, weil der Kreuzungsbereich auch von Fahrzeugen der Hauptstraße (West-Ost-Richtung) mit befahren wird (vergl. Abb. 39/40, 41/42, 43/44).

Jeweils vor und nach dem unmittelbaren Kreuzungsbereich (Länge dieses Abschnittes variiert mit den für jeden Zeitpunkt variablen Staulängen) kommt es durch die Emissionserhöhung bei Staugeschwindigkeiten bzw. durch den Beschleunigungszuschlag zu einem Anstieg der Emissionsfunktion gegenüber der Emission der freien Strecken. Dieses Emissionsprofil in Form einer "Pickelhaube" ist besonders bei den Schadstoffen CO, Kohlenwasserstoffen und Partikel ausgeprägt (z.B. Abb. 39, 43, 46 - 48). Eine deutliche Emissionserhöhung setzt etwa 60 m vor der Kreuzung ein und sinkt in einer Entfernung von etwa 60 m vom Kreuzungsmittelpunkt auf den der mittleren Fahrgeschwindigkeit entsprechenden Wert. Das untersuchte Intervall von 200 m ist also hinreichend groß gewählt.

Für den Schadstoff NO_x ist dieser typische Verlauf der Emissionsfunktion nur in West-Ost-Richtung erkennbar (z.B. Abb. 41) und auch nur auf einer Länge von etwa 30 m beiderseits der Kreuzung, dagegen nicht in der Nord-Süd-Richtung (z.B. Abb. 42). Ursache dafür sind die qualitativ andere Abhängigkeit der Emissionsfaktoren für Stickoxide von der Geschwindigkeit (s. Abb. 24, 31, 32) und die auf Grund der geringeren Verkehrsstärke in der Nebenstraße kürzeren mittleren Staulängen, so daß auch die Streckenlängen mit Beschleunigungszuschlag kürzer sind.

Die Asymmetrie der Emissionsfunktion längs der Strecke (z.B. Abb. 39, 43, 46, 47 für West-Ost-Richtung, Abb. 44 für Nord-Süd-Richtung) deckt sich mit den mittleren Staulängen in Tabelle 4. Auf der Eisenbahnstr. sind in den Spuren E3 und E4 die Staulängen zusammen etwas größer als in den Spuren E1 und E2, deshalb ist auch die CO-Emission auf dieser Seite der Kreuzung größer. In der Hermann-Liebmann-Str. sind die Staulängen in den Spuren H1 und H2 größer als in der Spur H3, sodaß der Bereich mit erhöhter Emission auf dieser Seite der Kreuzung ebenfalls größer ist.

Die Emissionen in der Eisenbahnstr. sind immer höher als in der Hermann-Liebmann-Str., die Emissionen in stadtauswärtiger Richtung (im West-Ost-Profil links von der Kreuzung) höher als in der stadteinwärtigen Richtung und die Emissionen auf dem Abschnitt "aus Richtung Nord kommend" (im Nord-Süd-Profil links von der Kreuzung) höher als auf dem südlichen Abschnitt. Diese Ergebnisse decken sich mit der statistischen Auswertung der Verkehrszählungen (s. 2.1.1, Tabelle 1 und Abb. 10 - 13) und der Asymmetrie der Kreuzung (Abb. 2, Anzahl der Fahrspuren und zulässige Richtungsänderungen).

Die Unterschiede der Verkehrsbelastungen an den Zähltagen 1992 im Vergleich zu 1993 (1993 eine um 14 % höhere Belastung) und in der Verkehrszusammensetzung (Anteil der Zweitaktfahrzeuge auf 9,6 % gesunken) wirken sich auf die Emissionen wie folgt aus :

Für Kohlenmonoxid und Stickoxide haben die höheren Verkehrsbelastungen auch höhere Emissionen zur Folge (vergl. Abb. 39/46, 42/45). Der geringere Anteil von Zweitaktfahrzeugen (mit besonders hohen Kohlenwasserstoffemissionen) bewirkt, daß die Kohlenwasserstoffemissionen insgesamt (vorwiegend in der Stau- und Beschleunigungszone) trotz der größeren Verkehrsbelastung sinken (vergl. Abb. 43/47).

Die Abb. 39 - 48 weisen also aus, daß in dem betrachteten Zeitraum (10 h) beträchtliche Mengen der Schadstoffe im erweiterten Kreuzungsbereich (unmittelbare Kreuzung plus vier Stauzonen von etwa 60 m) emittiert werden. In Tabelle 11 werden die Emissionen im Kreuzungsbereich nochmals zusammengefaßt.

Tabelle 11 : Emissionsvergleich an der Modellkreuzung

15.07.92	CO	NO _x	NMHC
Emission auf der Kreuzung [kg/10 h]	11,11	0,98	2,18
Emission im erw. Kreuzungsbereich [kg/10 h]	70,55	7,30	20,47
Emission im erw. Kreuzungsbereich, Hochrechnung auf [kg/d]	117,5	12,15	34,1
Emission im erw. Kreuzungsbereich, Hochrechnung auf [t/a]	42,88	4,43	12,45
Emission für "freie Strecke" ohne Stau und zusätzl. Beschleunigung [kg/10h]	36,18	5,85	10,66
Faktor der Emissionserhöhung in bezug auf freie Strecke	1,95	1,25	1,92

Von Interesse ist der Bezug der Emissionen an der betrachteten Kreuzung zu den gesamten Kfz-bedingten Emissionen im zugeordneten Rasterquadrat des Emissionskatasters (Verkehr) der Stadt Leipzig (Regierungspräsidium, 1990), obwohl zur Berechnung des Emissionskatasters geringere Verkehrsbelastungen und eine andere Zusammensetzung der Fahrzeugflotte (z.B. Anteil der Zweitaktfahrzeuge 51,7 %) zugrunde gelegt wurden als in den Rechnungen zu diesem Bericht, die auf Verkehrszählungen von 1992/93 beruhen. Die Gesamtemission an Kohlenmonoxid beträgt nach dem Emissionskataster für das betreffende Rasterquadrat 178,2 t/a . D.h. die CO-Emission im erweiterten Kreuzungsbereich betrug 24 %, die Fläche beträgt aber nur 0,25 % der des Rasterquadrates.

Ähnliche Relationen erhält man auch für die übrigen Schadstoffe. Für NO_x entsprechen die 4,43 t/a im erweiterten Kreuzungsbereich 13,6 % des Wertes des gesamten Rasterquadrates (32,47 t/a), für Kohlenwasserstoffe betragen die Emissionen im erweiterten Kreuzungsbereich 12,45 t/a und entsprechend 12,7 % des Wertes des gesamten Rasterquadrates. Die geringeren Prozentpunkte für Stickoxide im Vergleich zu Kohlenmonoxid sind in der Emissionscharakteristik für NO_x , die geringeren Prozentpunkte für Kohlenwasserstoffe in dem stark gesunkenen Anteil der Zweitaktfahrzeuge begründet.

Die Emissionen im erweiterten Kreuzungsbereich liegen damit wie erwartet deutlich über dem Durchschnitt. Der Kreuzungsbereich muß also als hochbelastete Verkehrszone angesehen werden. Insbesondere sollte auf Gefahren, die durch die Schadstoffemissionen entstehen, im Hinblick auf die im Kreuzungsbereich angesiedelten "Fast-Food-Versorgungen" hingewiesen werden.

Der Tagesgang der berechneten Emissionen ist für alle 4 Schadstoffe anhand einiger Beispiele in den Abb. 49 - 52 dargestellt.

In den Abb. 50 - 51 ist eine gute Proportionalität der Emissionen von Kohlenmonoxid und Stickoxiden zu erkennen (2 verschiedene Maßstäbe !), starke Abweichungen von dieser Proportionalität treten in Abb. 49 und auch in Abb. 52 auf. Bei den Unterschieden der Abhängigkeit der Emissionsfaktoren von den Fahrzeugklassen und von der Geschwindigkeit sind solche Abweichungen vorprogrammiert : in Abb. 49 kann der Rückgang der Stickoxidemissionen mit dem prozentualen Anstieg der 2-Takt-Fahrzeuge im Tagesgang erklärt werden, in Abb. 52 mit dem starken Rückgang des Anteils der Lkw, die bei geringen Geschwindigkeiten sehr hohe NO_x -Emissionen verursachen (s. Abb. 24, 31, 32). Das zeigt, wie wichtig die Berücksichtigung möglichst vieler Faktoren zur Emissionsberechnung (z.B. mittlere Geschwindigkeit, Staugeschwindigkeit, Fahrzeugklassen usw.) ist.

Aus dieser teilweise vorhandenen, teilweise nicht vorhandenen Proportionalität der Kohlenmonoxid- und Stickoxidemissionen resultiert auch, daß modellmäßige Zusammenhänge der Immissionen von Kohlenmonoxid und Stickoxiden nur in erster Näherung erlaubt sein können (s. 2.4.1).

Aus den Abb. 49 - 52 sind ähnliche Aussagen zur Proportionalität der Emissionen von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen (insbesondere in Abb. 49 - 51) und Partikeln zu entnehmen. Abweichungen sind auch hier in Veränderungen des Anteils der Fahrzeugklassen begründet.

Mit dem Tagesgang der Emissionen liegt eine für die Modellierung wichtige, aus den Verkehrsströmen abgeleitete Größe vor. Der Wertebereich für die CO-Emissionen liegt zwischen 20 und 40 g/m/h. Demzufolge sind die Modelle (s. 2.4.1) auch nur für diesen Bereich gültig.

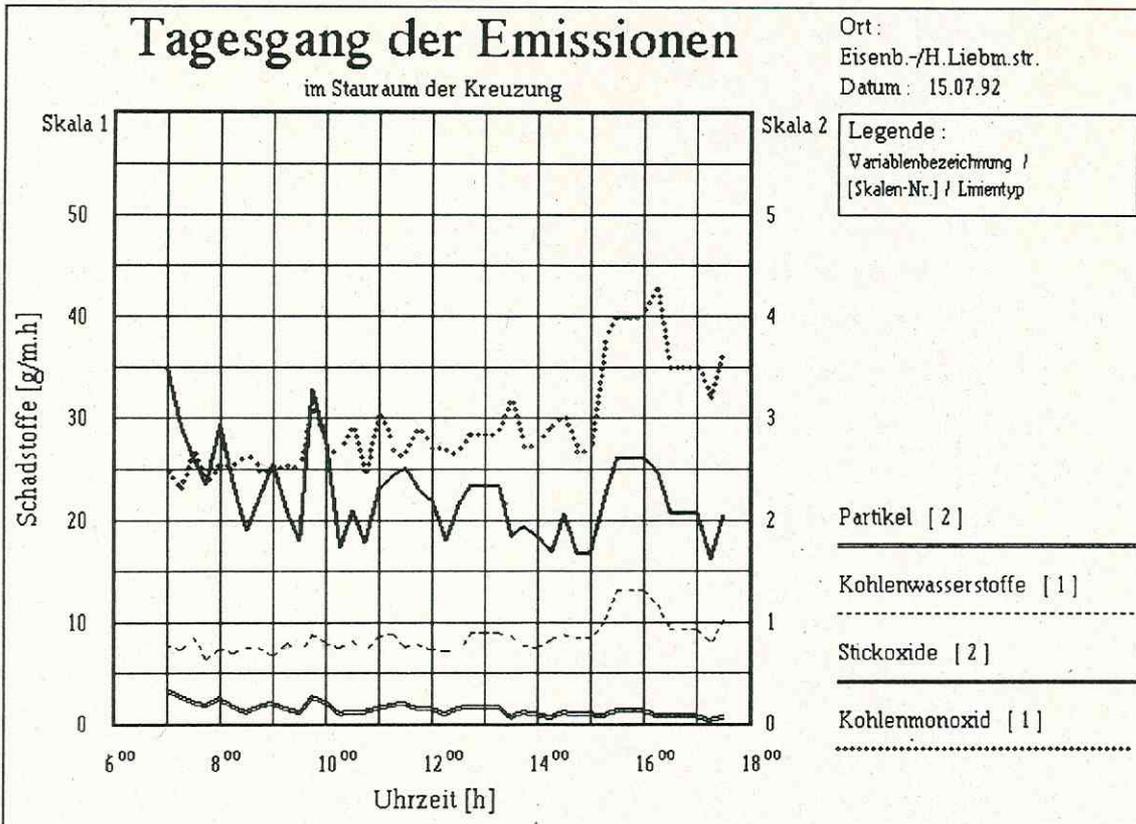


Abb. 49 : Tagesgang der Emissionen am 15.07.92

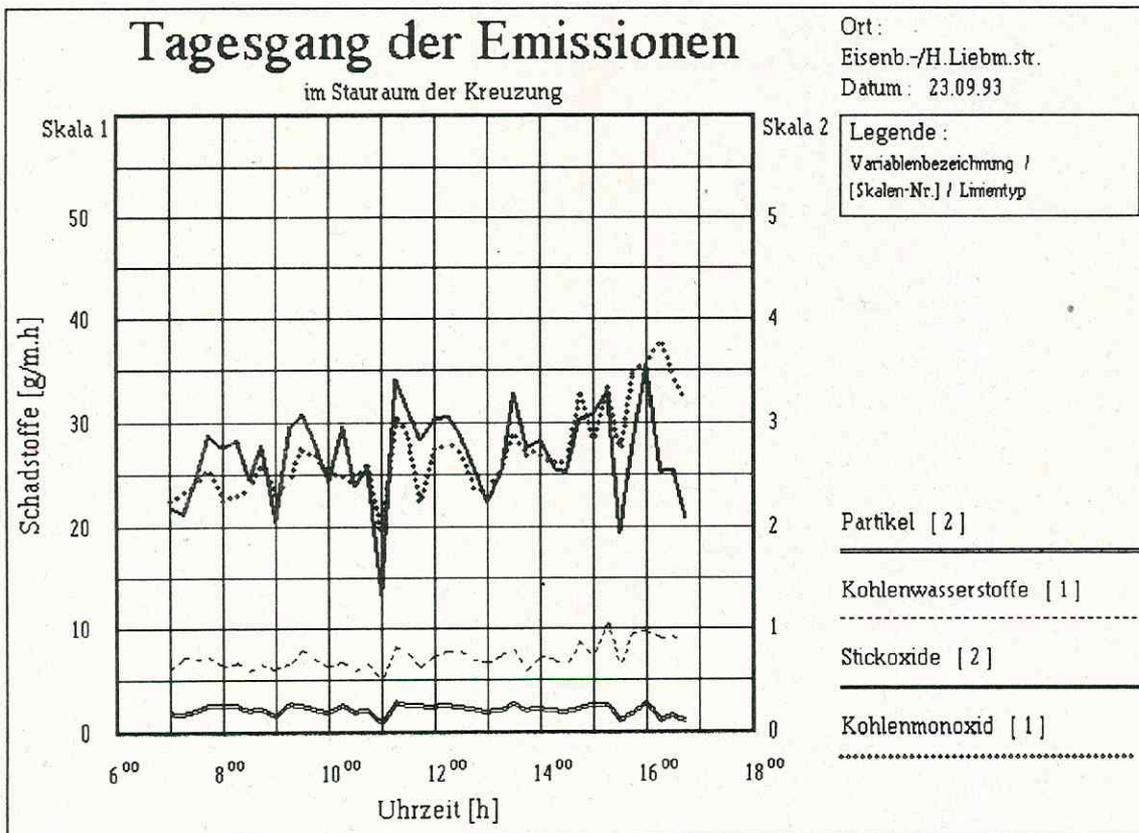


Abb. 50 : Tagesgang der Emissionen am 23.09.93

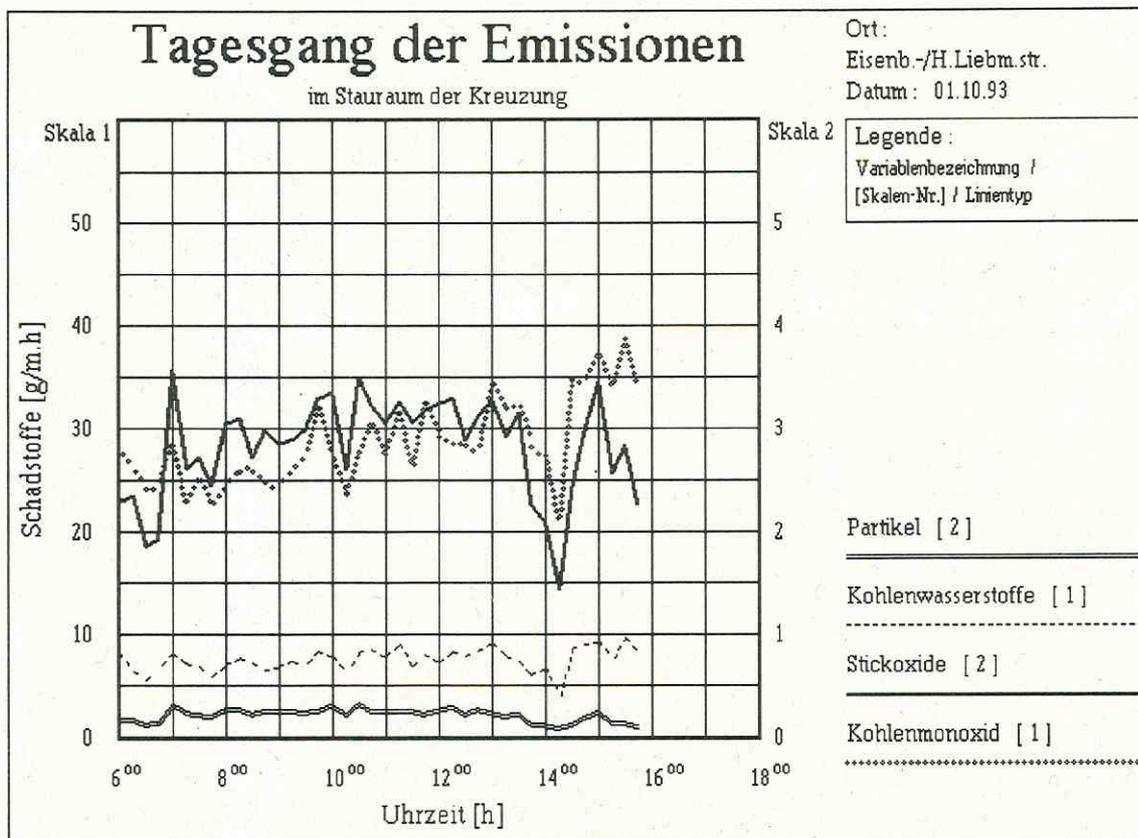


Abb. 51 : Tagesgang der Emissionen am 01.10.93

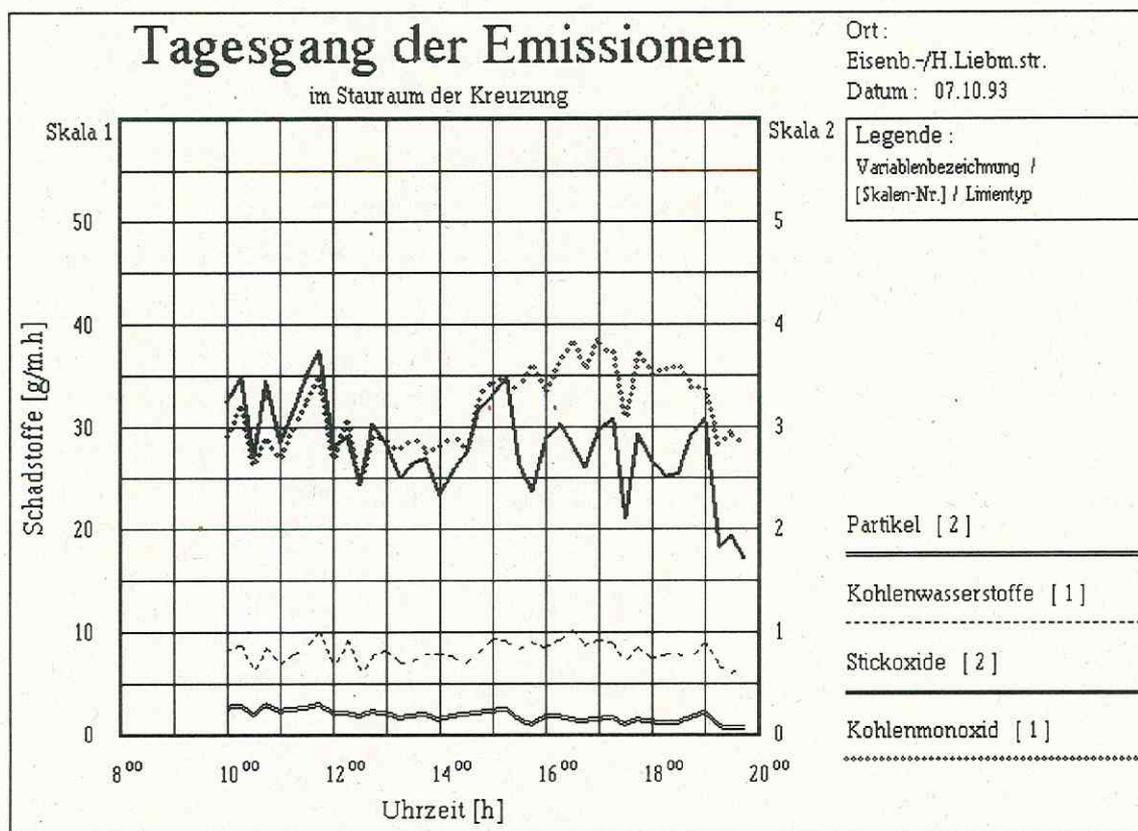


Abb. 52 : Tagesgang der Emissionen am 07.10.93

2.2.5 Emissionsberechnung im Stadtgebiet

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen im Stadtgebiet stehen als Datengrundlagen die DTV-Werte im Generalverkehrsplan Leipzig zur Verfügung (Amt für Verkehrsplanung, 1993, 1994). Die Emissionen werden für das Hauptstraßennetz (Linienquellen) berechnet. Nach den Angaben im Emissionskataster Leipzig, Teil IV Verkehr (Regierungspräsidium, 1990) entfallen 80 % der verkehrsbedingten Emissionen auf das Hauptstraßennetz (Linienquellen) und nur 20 % auf den Verkehr in Nebenstraßen bzw. Wohngebieten, die als Flächenquellen behandelt werden. Im Stadtbezirk Mitte beträgt der Anteil der Linienquellen sogar 90 %. Das zur Erarbeitung des Emissionskatasters 1990 zugrunde gelegte Hauptstraßennetz hatte eine Länge von 191 km. Das im Generalverkehrsplan Leipzig 1993 und 1994 ausgewiesene Streckennetz weist dagegen insgesamt (mit einigen wenigen Strecken außerhalb Leipzigs) eine Länge von 325 km aus, für dessen Teilstrecken die DTV-Werte bekannt sind. Innerhalb der Stadtgrenzen beträgt die Streckenlänge des Hauptstraßennetzes 261 km. Durch den im Vergleich zum Emissionskataster um 37 % höheren Anteil der erfaßten Strecken im Hauptstraßennetz wurde auf eine Emissionsberechnung im restlichen Streckennetz (Flächenquellen) verzichtet.

Wie in 2.2.4 werden die Emissionen getrennt für Zweitaktfahrzeuge, Viertaktfahrzeuge (Bestandsmittelung über die übrigen Pkw) und Lkw (Leichte und Schwere Nutzfahrzeuge) mit den entsprechenden Modellen der Emissionsfaktoren berechnet. Die Analyse für 1992 wird mit den bei Verkehrszählungen ermittelten Anteilen von 16,44 % für Zweitaktfahrzeuge und 10,6 % für Lkw, die Analyse für 1994 mit einem Zweitaktanteil von 10 % (das ist deutlich mehr als der zugelassene Anteil von 6,3 %) und einem Lkw-Anteil von 16 % durchgeführt (s. 2.1.1 und FREYER et.al. 1996).

Die mittlere Reisegeschwindigkeit im Netz beträgt für diese Berechnungen in Anlehnung an die mittlere Geschwindigkeit aller Fahrmuster (s. 2.1.2) 30 km/h. Im Vergleich dazu rechnen Diegmann & Wiegand mit 19,9 km/h, die Forschungs- und Planungsgruppe Stadt & Verkehr, 1994 mit 35,2 km/h.

Mit der mittleren Reisegeschwindigkeit von 30 km/h und der jeweils aktuellen Zusammensetzung der Fahrzeugflotte ergeben sich für das Hauptstraßennetz Leipzigs die folgenden durchschnittlichen Emissionsfaktoren (g/km/Kfz) :

	CO	NO _x	NMHC
1992*)	12,52	2,16	3,81
1994	5,95	1,24	1,94

*) nach 2.2.2 werden die Emissionsfaktoren für 1992 etwas zu hoch eingeschätzt

Im zugrunde liegenden Hauptstraßennetz befinden sich insgesamt 234 Einmündungen bzw. Kreuzungen. Für diese wurde nach den Werten aus Tabelle 11 (2.2.3) mit dem Emissionserhöhungsfaktor an Kreuzungen noch ein Zuschlag kalkuliert. Die mittlere Streckenlänge zwischen den Einmündungen bzw. Kreuzungen beträgt 806 m. Schlägt man den Emissionserhöhungszuschlag proportional der Streckenlänge auf die Strecken um, erhöhen sich die Emissionen von Kohlenmonoxid um 14,1 %, von Stickoxiden um 3,7 % und von Kohlenwasserstoffen um 13,7 %.

In den Abb. 53 - 58 sind die Ergebnisse der Emissionsberechnung auf den Linienquellen (jeweils für 1992 und 1994) dargestellt. Die stündliche Verkehrsstärke wird aus $DTV \cdot 0,06$ berechnet, d.h. die Emissionswerte (g/m/h) gelten für mittlere Verkehrsstärken in den Tagstunden (s.a. Tabelle A6 im Anhang). Die stärksten Belastungen treten auf dem Promenadenring, auf der B2/B95, am Schleußiger Weg/Rödelstr. und auf einigen Abschnitten der Eutritzscher-, Delitzscher und Wurzner Str. auf. Bei Kohlenmonoxid werden Spitzenwerte von bis zu 87 g/m/h, bei Kohlenwasserstoffen bis zu 23 g/m/h und bei Stickoxiden bis zu 10 g/m/h erreicht.

Für Immissionsberechnungen eines größeren Gebietes mit vielen Quellen unterschiedlicher Ausrichtung sind Linienquellen ungeeignet (z.B. BRANDT & BROSTHAUS 1995).

Deshalb ist das Netz der Linienquellen mit einem im Geographischen Informationssystem ARC/INFO erzeugten Raster (125 m * 125 m) verschnitten worden. Pro Rasterquadrat wurden die Emissionen der einzelnen enthaltenen Streckenabschnitte aus den spezifischen Emissionen (g/m/h) und den Streckenlängen berechnet und aufsummiert. Die Emissionen der Rasterquadrate (kg/h) können dann in guter Näherung als Punktquellen für Ausbreitungsrechnungen behandelt werden (s. 2.4.2).

Sie sind in den Abb. 59 - 64 dargestellt. Emissionsmaxima treten jetzt nicht nur auf den stark belasteten Strecken (Abb. 53 - 58) sondern auch an mehreren Verkehrsknotenpunkten auf.

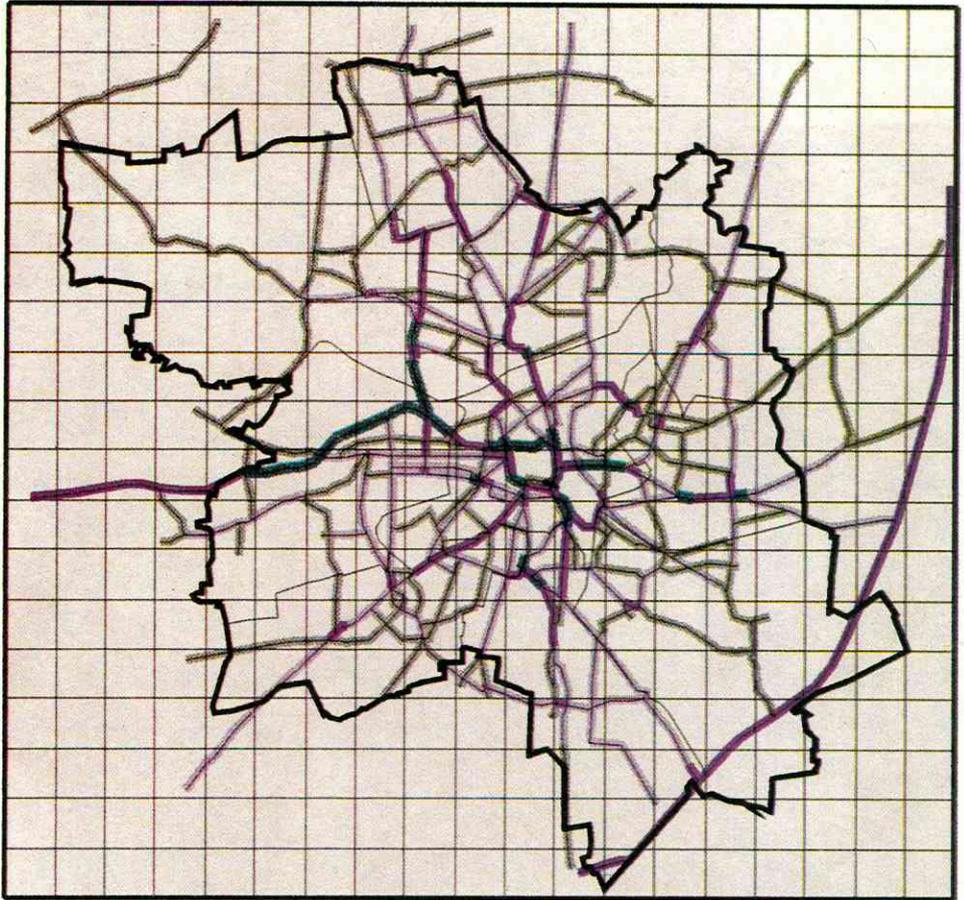


Abb. 53 : Kohlenmonoxidemissionen in g/m/h (Linienquellen 1992)

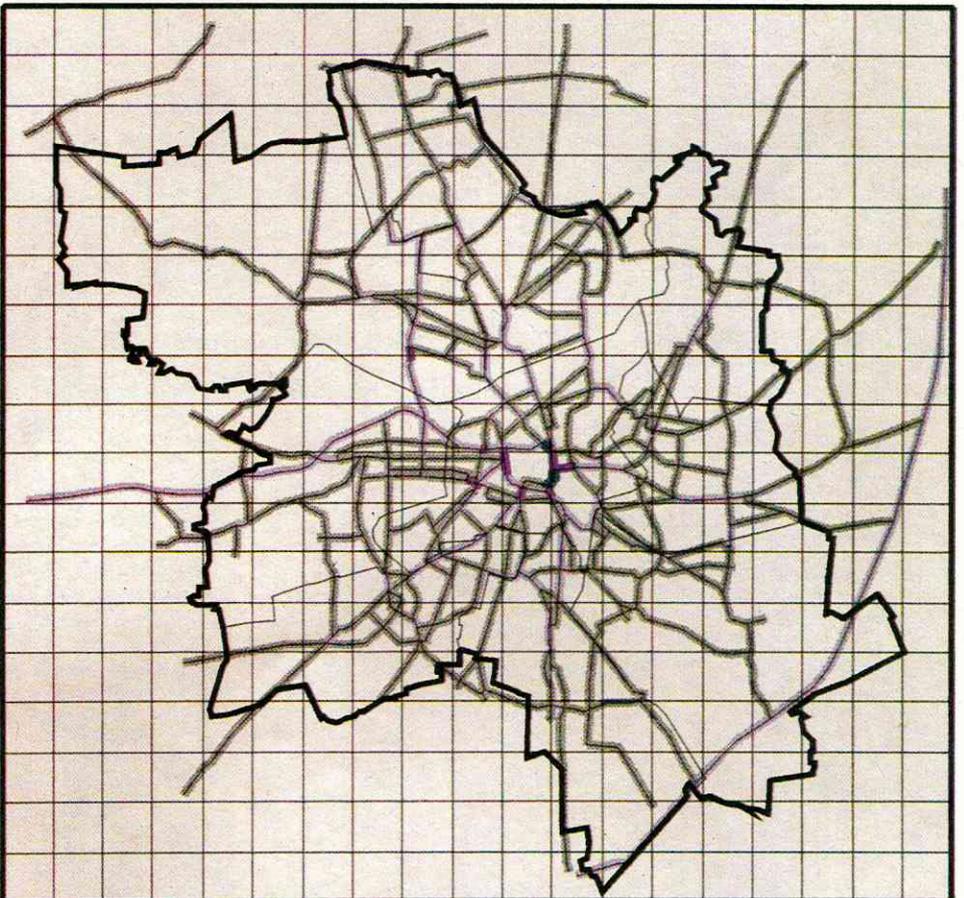


Abb. 54 : Kohlenmonoxidemissionen in g/m/h (Linienquellen 1994)



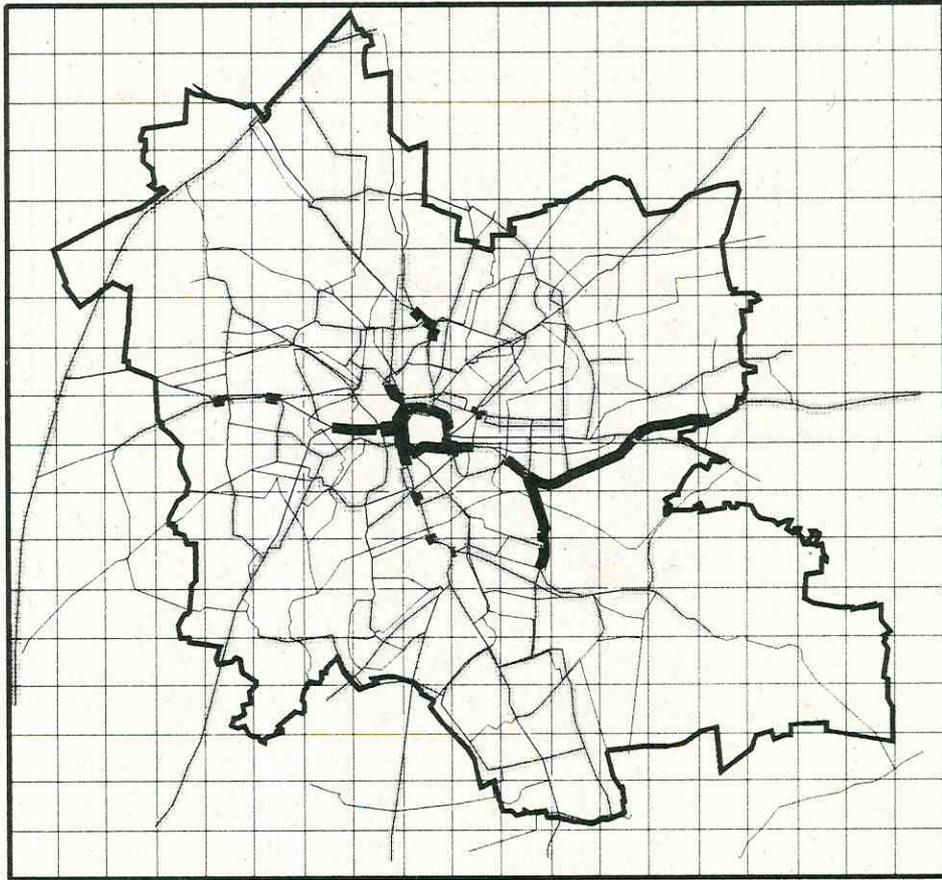


Abb. 55 : Stickoxidemissionen in g/m/h (Linienquellen 1992)

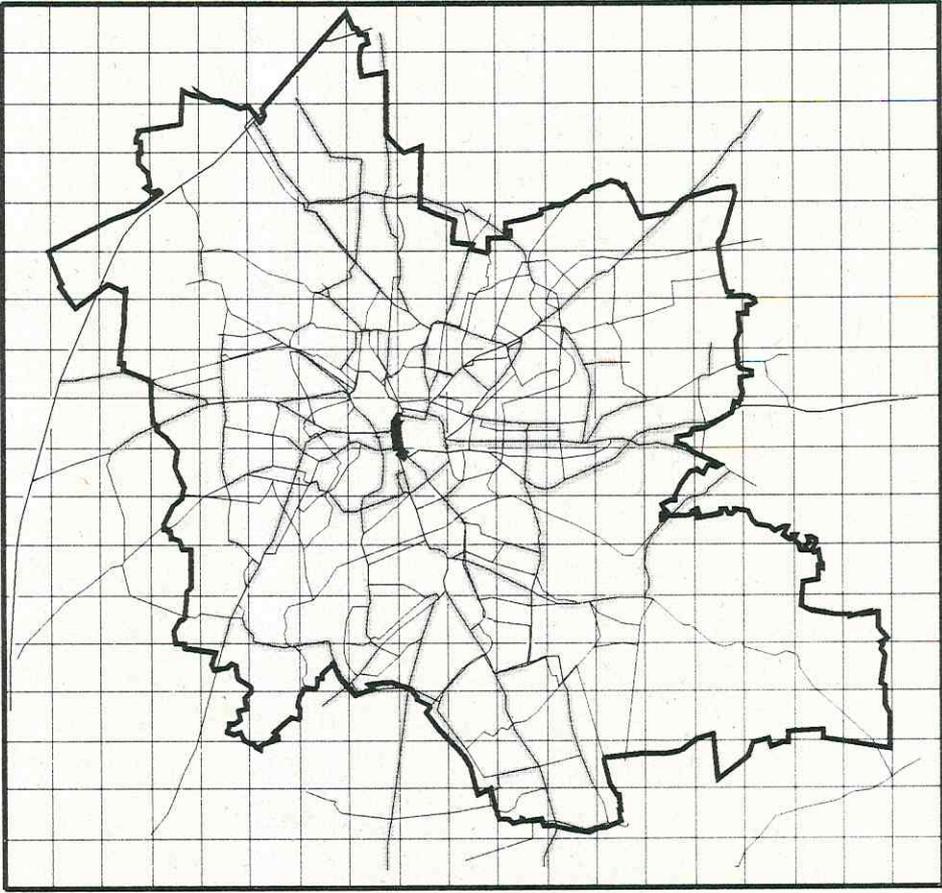


Abb. 56 : Stickoxidemissionen in g/m/h (Linienquellen 1994)



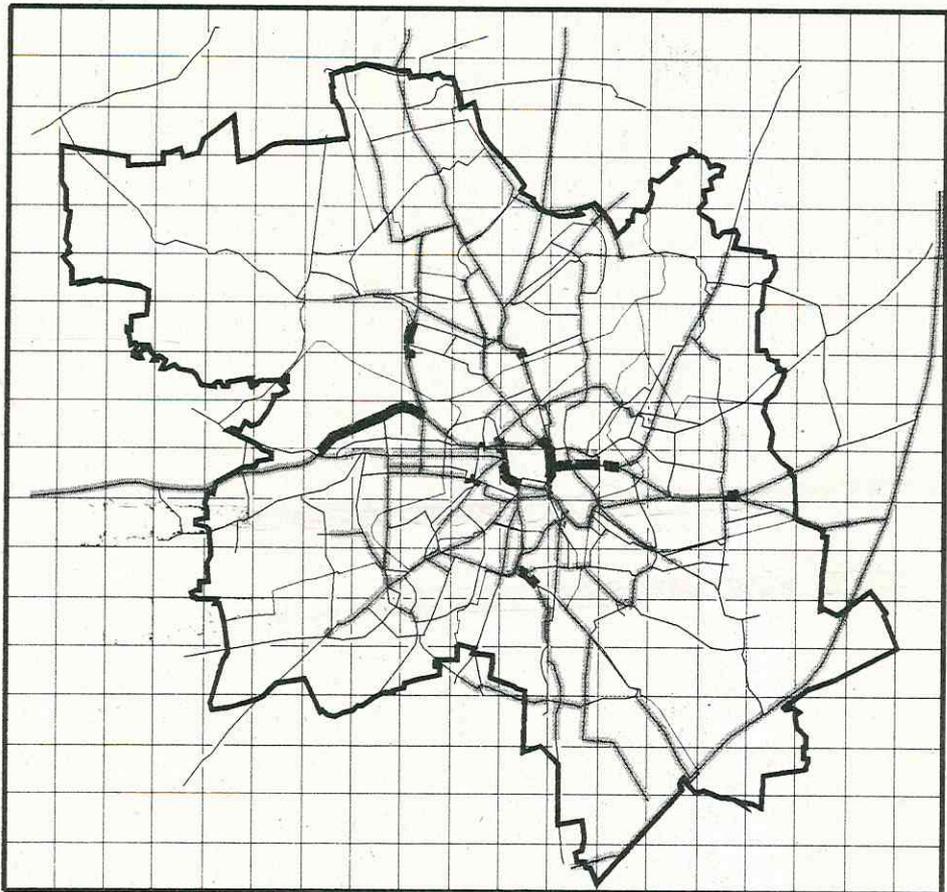


Abb. 57 : Kohlenwasserstoffemissionen in g/m/h (Linienquellen 1992)

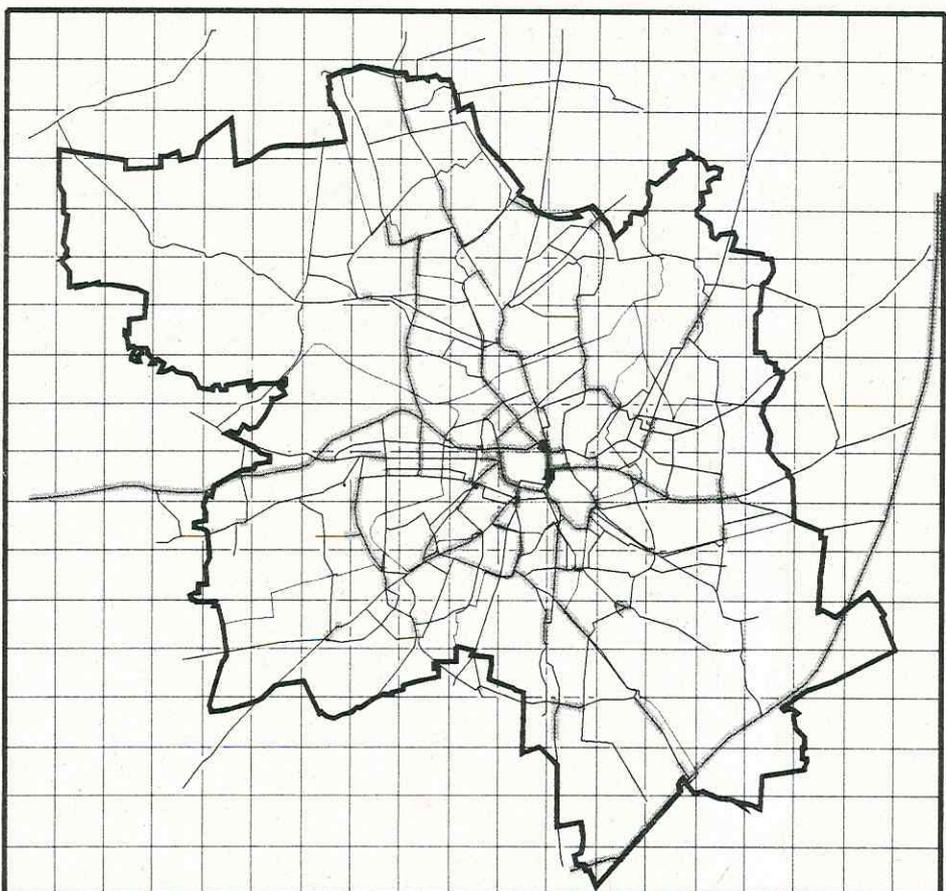


Abb. 58 : Kohlenwasserstoffemissionen in g/m/h (Linienquellen 1994)



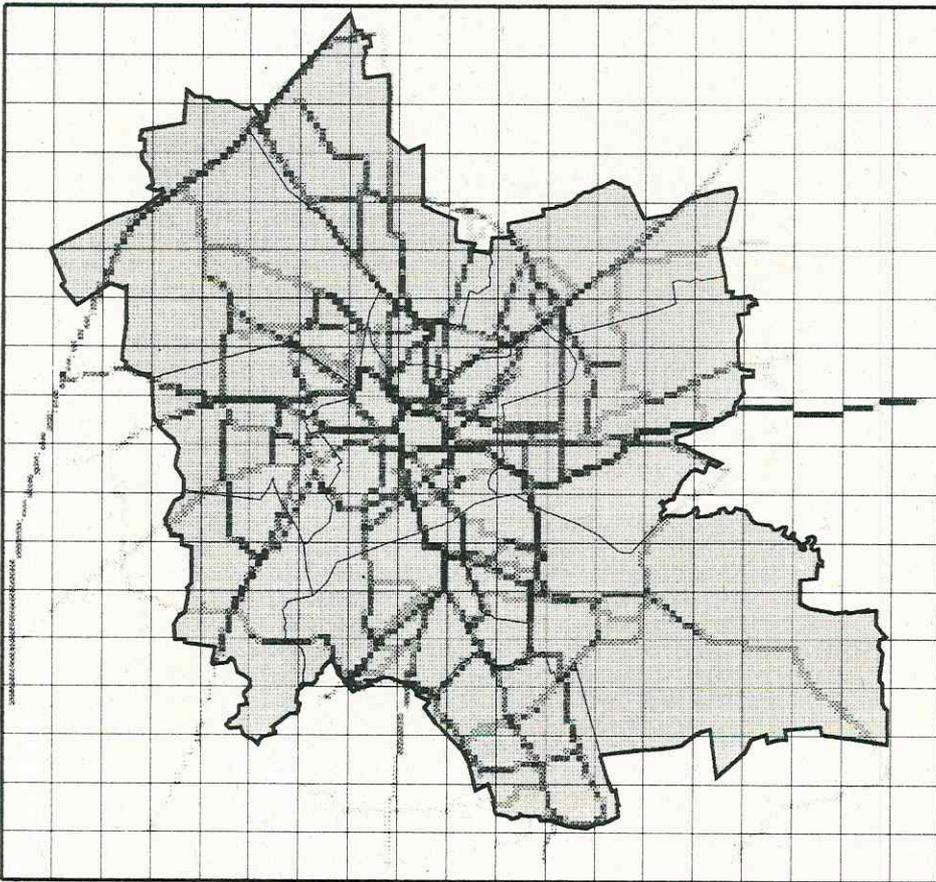


Abb. 59 : Kohlenmonoxidemissionen in kg/h (125-m-Raster 1992)

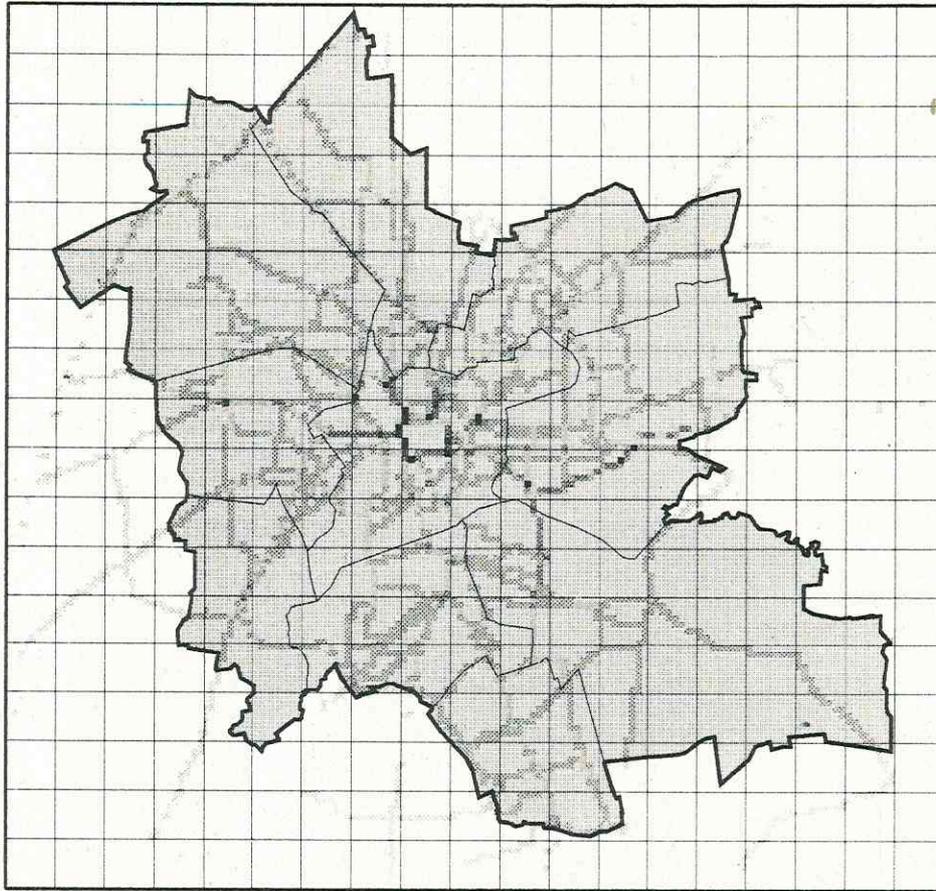


Abb. 60 : Kohlenmonoxidemissionen in kg/h (125-m-Raster 1994)

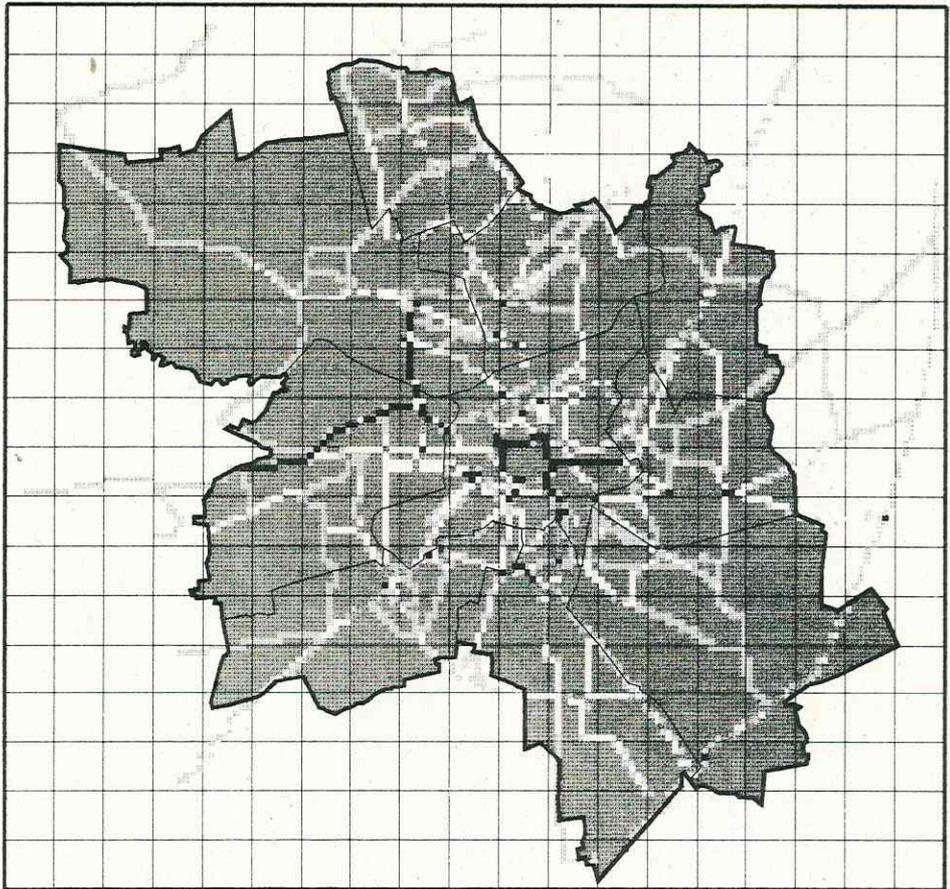


Abb. 61 : Stickoxidemissionen in kg/h (125-m-Raster 1992)

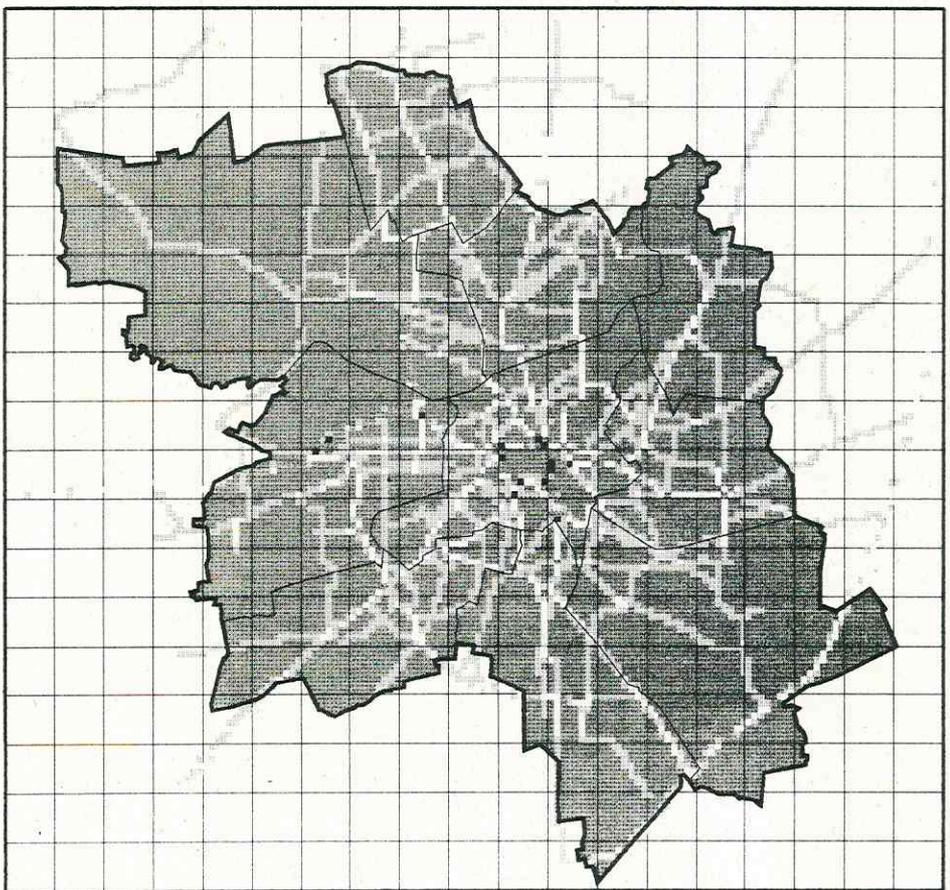
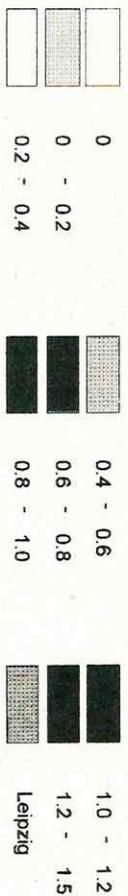


Abb. 62 : Stickoxidemissionen in kg/h (125-m-Raster 1994)



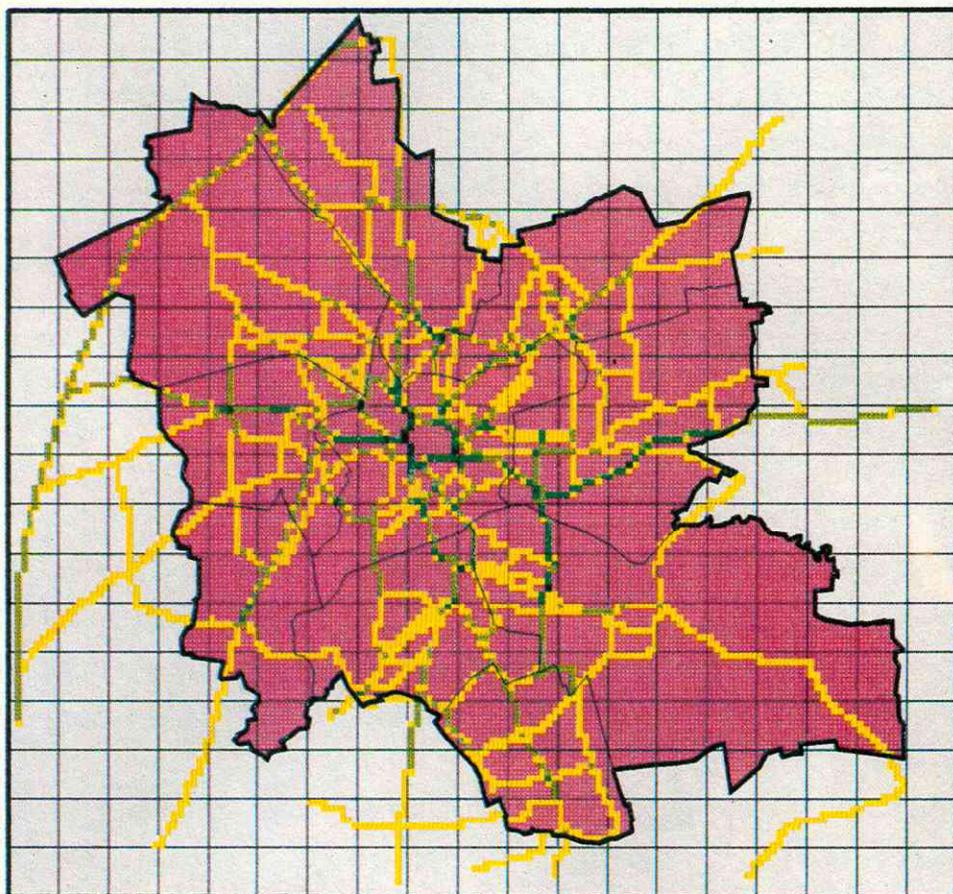
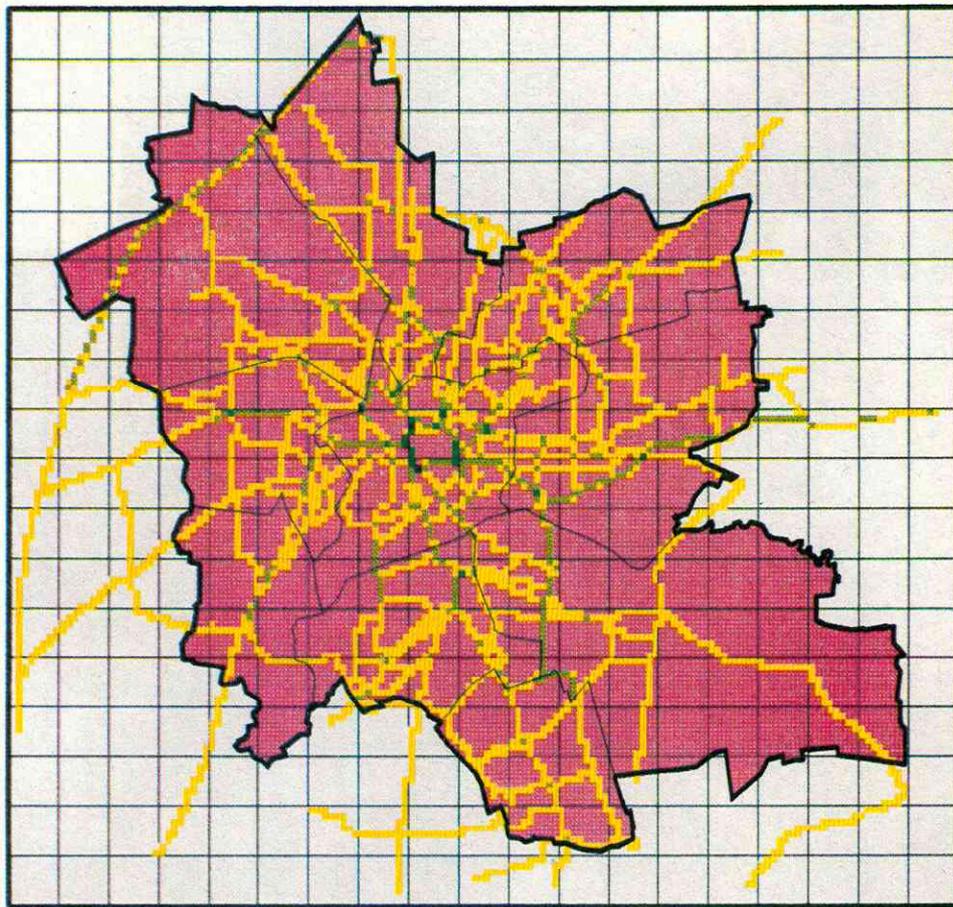


Abb. 63 : Kohlenwasserstoffemissionen in kg/h (125-m-Raster 1992)

Abb. 64 : Kohlenwasserstoffemissionen in kg/h (125-m-Raster 1994)

In den Abb. 65 - 70 werden die jährlichen verkehrsbedingten Schadstoffemissionen (t/a) im 1-km-Raster dargestellt, die einen Vergleich mit dem Emissionskataster 1990 (Teil Verkehr) der Stadt Leipzig ermöglichen. Zusätzlich dazu enthält die Tabelle 12 die Summen der Emissionen im Stadtgebiet Leipzig bzw. im Gesamtgebiet.

Tabelle 12 : Vergleich der Gesamtemissionen (t/a) 1990, 1992/93 und 1994 in Leipzig
(in Klammern : Werte des Gesamtgebietes mit einzelnen Strecken im Umland)

	CO	NO _x	NMHC
1990	10 698	2 157	6 298
1992	19 664 (23 901)	2 917 (3 594)	5 081 (6 156)
1994	11 333 (13 611)	2 120 (2 578)	3 800 (4 552)

Folgende Unterschiede sind beim Vergleich erkennbar :

- Im Emissionskataster werden nur Emissionen im Stadtgebiet ausgewiesen, die Berechnungen für 1992/93 und 1994 berücksichtigen auch einige Hauptstraßen außerhalb des Stadtgebietes
- Da der größte Teil der Emissionen vom Verkehr auf dem Hauptstraßennetz verursacht wird, ist die Verteilung der Schadstoffemissionen im Stadtgebiet jeweils ähnlich (nur geringfügige Verschiebungen von lokalen Maxima und Minima). Starke Unterschiede treten aber in den absoluten Werten auf.
- Die zeitlichen Veränderungen sind für die Schadstoffe Kohlenmonoxid und Stickoxide ähnlich :
1992 waren die Emissionen am höchsten (s.a. 2.2.2), bedingt durch die starke Zunahme der Kfz-Zulassungen und der Verkehrsbelastung 1990 bis 1992. Die in diesem Zeitraum neu zugelassenen Fahrzeuge waren zum großen Teil ältere Gebrauchtwagen ohne Abgasreinigung. 1994 war der Anteil der Fahrzeuge mit Abgasreinigung deutlich höher, so daß trotz weiter gestiegener Verkehrsbelastung bei NO_x der Emissionswert von 1990 leicht unterschritten, bei CO fast wieder erreicht wird.
- Für Kohlenwasserstoffe werden die Trends (Zunahme der Emissionen durch Zunahme der Verkehrsbelastung von 1990 bis 1994, Abnahme der Emissionen durch höheren Anteil schadstoffarmer Kfz von 1992 bis 1994) noch von dem spezifischen Trend der starken Abnahme des Anteils der Zweitaktfahrzeuge (Kfz mit besonders hohen Kohlenwasserstoffemissionen) überlagert.
Dadurch sind die Emissionen 1990 am höchsten, die Abnahme der Emissionen von 1992 bis 1994 entspricht dem Verlauf bei Kohlenmonoxid und Stickoxiden.

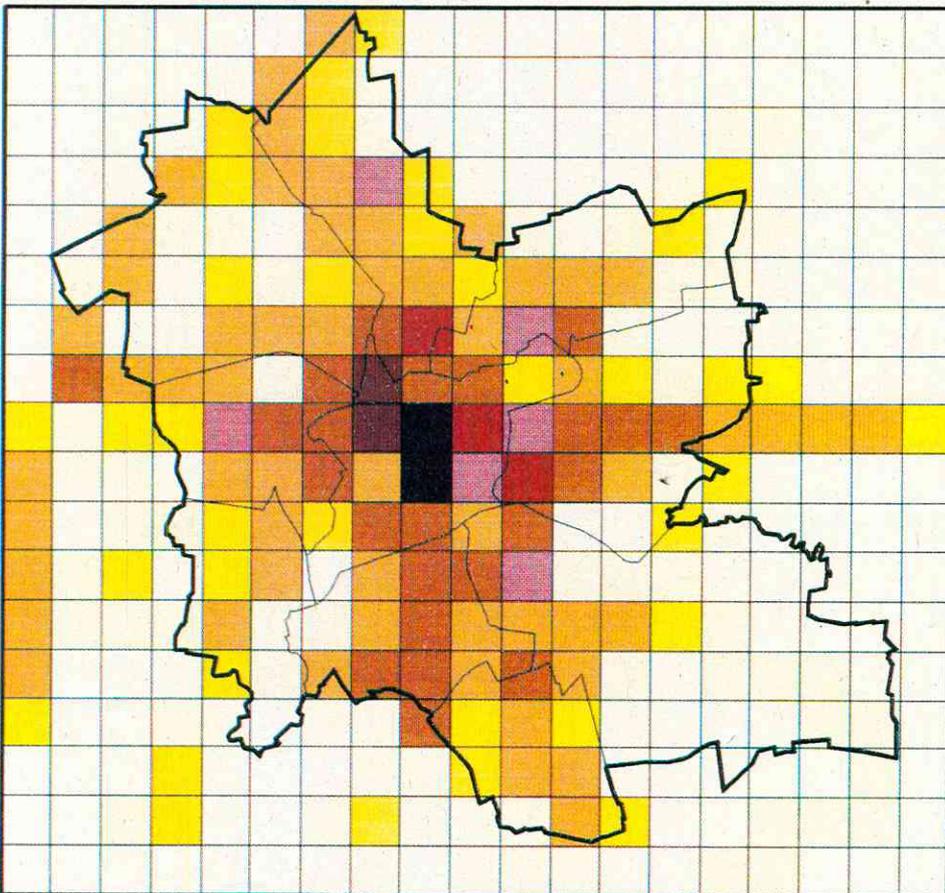
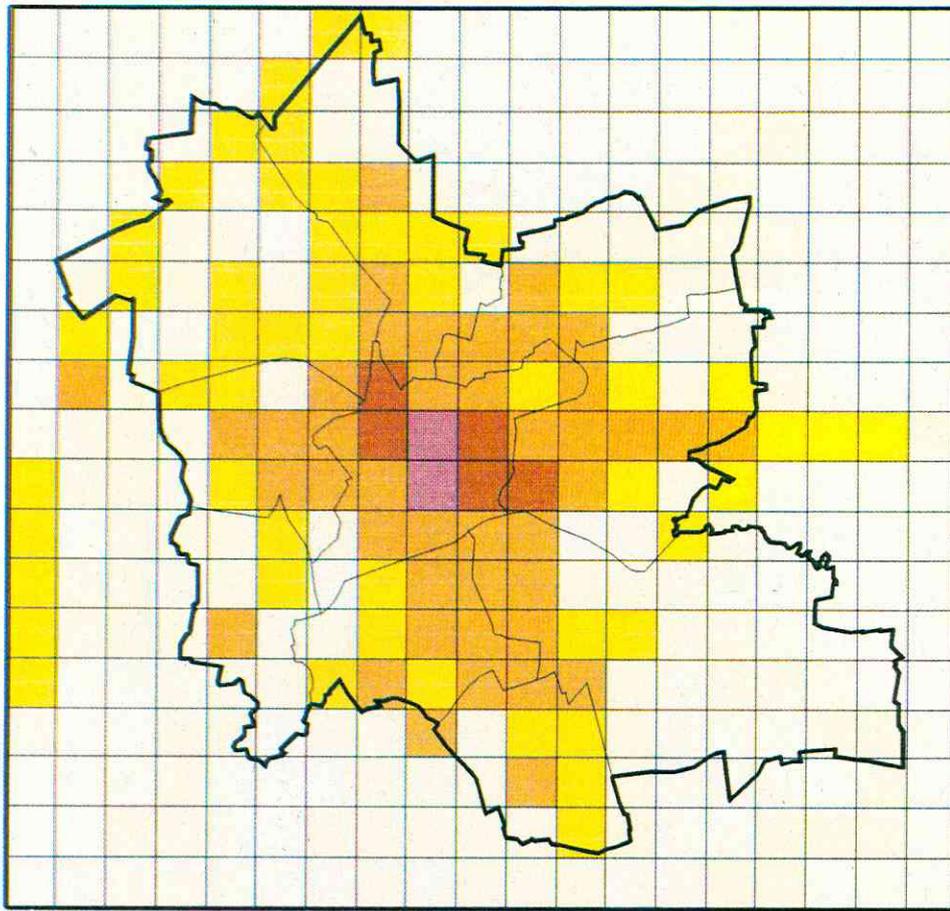


Abb. 65 : Kohlenmonoxidemissionen in t/a (1-km-Raster 1992)

Abb. 66 : Kohlenmonoxidemissionen in t/a (1-km-Raster 1994)

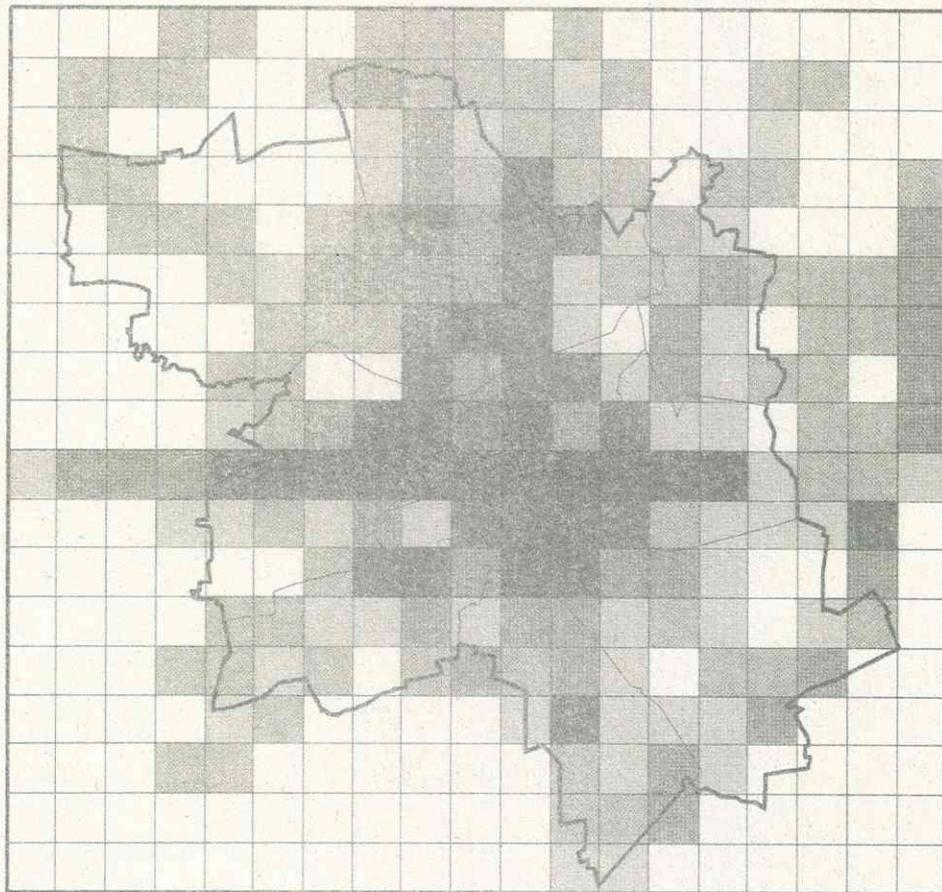


Abb. 67 : Stickoxidemissionen in t/a (1-km-Raster 1992)

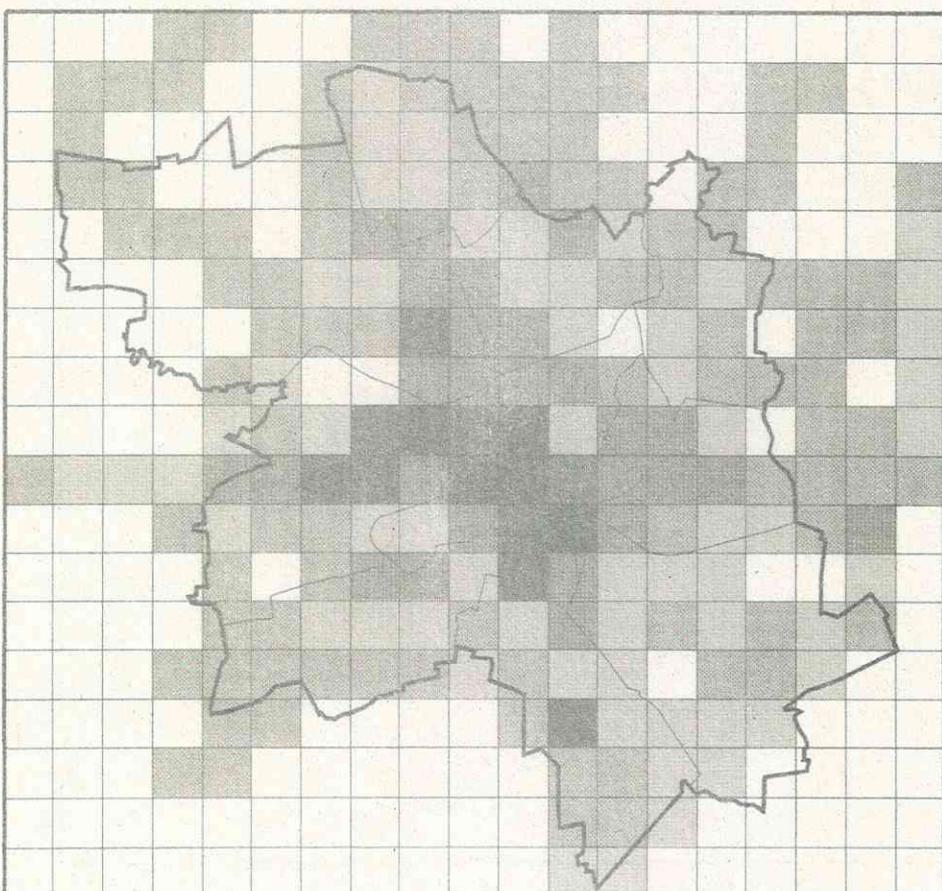


Abb. 68 : Stickoxidemissionen in t/a (1-km-Raster 1994)



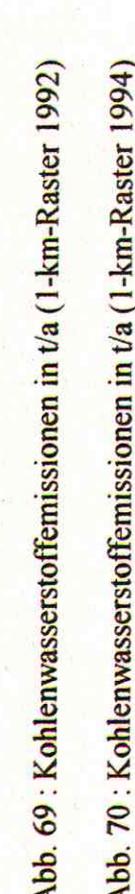
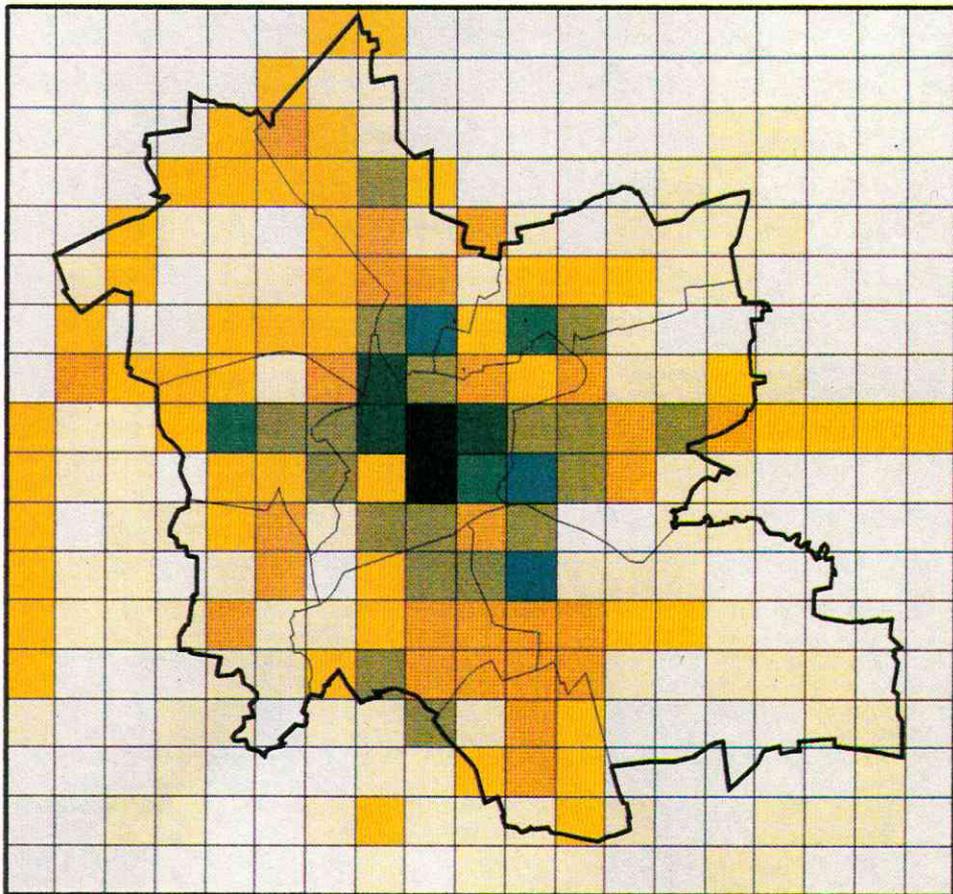
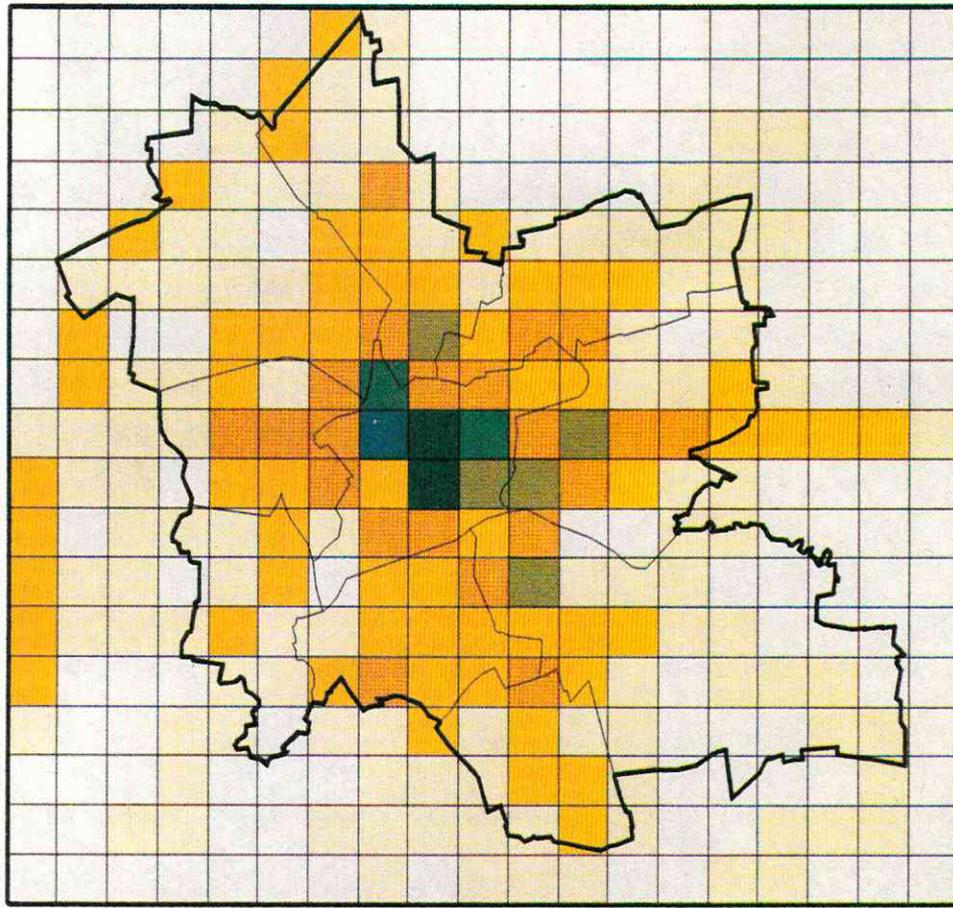


Abb. 69 : Kohlenwasserstoffemissionen in t/a (1-km-Raster 1992)

Abb. 70 : Kohlenwasserstoffemissionen in t/a (1-km-Raster 1994)

2.3 Ergebnisse von Immissionsmessungen

An Immissionsmessungen als Vergleichsbasis für die geplanten Modellierungsarbeiten standen Messungen vom UFZ Leipzig/Halle zur Verfügung (1992 Dr. Popp, Sektion Analytik, 1993 Dr. Herbarth, Sektion Epidemiologie). Das Immissionsmeßfahrzeug (Fa. Rhode und Schwarz) befand sich an den beiden Standorten im Kreuzungsbereich Eisenbahn-/Hermann-Liebmann-Str. (s. Abb. 2). Gemessen wurden die Komponenten CO, NO, NO₂, NMHC, O₃, SO₂ (an einem Tag), Staub sowie die meteorologischen Parameter Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung. In der Meßkampagne September/Oktober 1993 waren die Stickoxidanalysatoren ausgefallen und konnten lediglich am 23.09. und am 29.09. stundenweise durch ein mobiles Gerät ersetzt werden. Der Meßwert der Temperatur hat nur orientierenden Charakter. Durch die Nähe des Meßfühlers zur aufgeheizten Karosserie des Meßwagens insbesondere an kalten Tagen sind die Werte als Außentemperatur nicht repräsentativ. In Tabelle A 7 im Anhang sind die Immissions- und meteorologischen Meßwerte der 5 Meßtage aufgelistet.

Die Abb. 71 - 76 enthalten einige Beispiele der Tagesgänge der Immissionskonzentrationen und zugehörigen meteorologischen Parameter.

Während die meteorologischen Parameter Temperatur, Luftfeuchte und Luftdruck einen typischen Tagesgang und einen relativ geglätteten Verlauf aufweisen (Abb. 72 und 74), sind bei den Immissionsmeßwerten (Abb. 71, 73, 75 und 76) starke Schwankungen zu verzeichnen, die ihre Ursache sowohl in den Schwankungen der Verkehrsstärken und Kfz-Klassenanteile (Abb. 3 - 7) als auch in den Schwankungen der Windrichtung und -geschwindigkeit und in den durch den Fahrverkehr hervorgerufenen Turbulenzen haben könnten (nach FRANK, 1980 wirken sich diese erst bei Windgeschwindigkeiten > 5 m/s nicht mehr aus). Ebenso wie bei Verkehrszählungen und Emissionen fehlen die typischen Spitzen im Tagesgang der Immissionskonzentrationen (z.B. BIRR & SCHORLING 1979).

Die Windgeschwindigkeiten sind an allen Meßtagen kaum einmal größer als 2 m/s (in den Grafiken sind die Werte durch 10 zu dividieren!).

Zwischen den Werten für CO, NO und NO₂ sind trotz aller Abweichungen Korrelationen festzustellen. Dagegen nimmt der Wert für Ozon einen anderen Verlauf. Er folgt dem Tagesgang der Temperatur und läßt u.a. auf verschiedene Reaktionen mit den Stickoxiden schließen (indirekt proportional zur Konzentration der Stickoxide, s. z.B. DÄBLER, 1991). Ein typischer Tagesgang der Konzentrationsverläufe von NO, NO₂ und O₃ in Smogsituationen (Beispiele in RUDOLF, 1980; FELLEBERG, 1992 und FABIAN, 1992) ist allerdings aus den wenigen Meßwerten nicht ablesbar. Am 7.10. (Abb. 76) ist nach 15:00 Uhr ein starker Rückgang von Ozon zu verzeichnen. Zu diesem Zeitpunkt lag der größte Teil der Kreuzung bereits im Schatten.

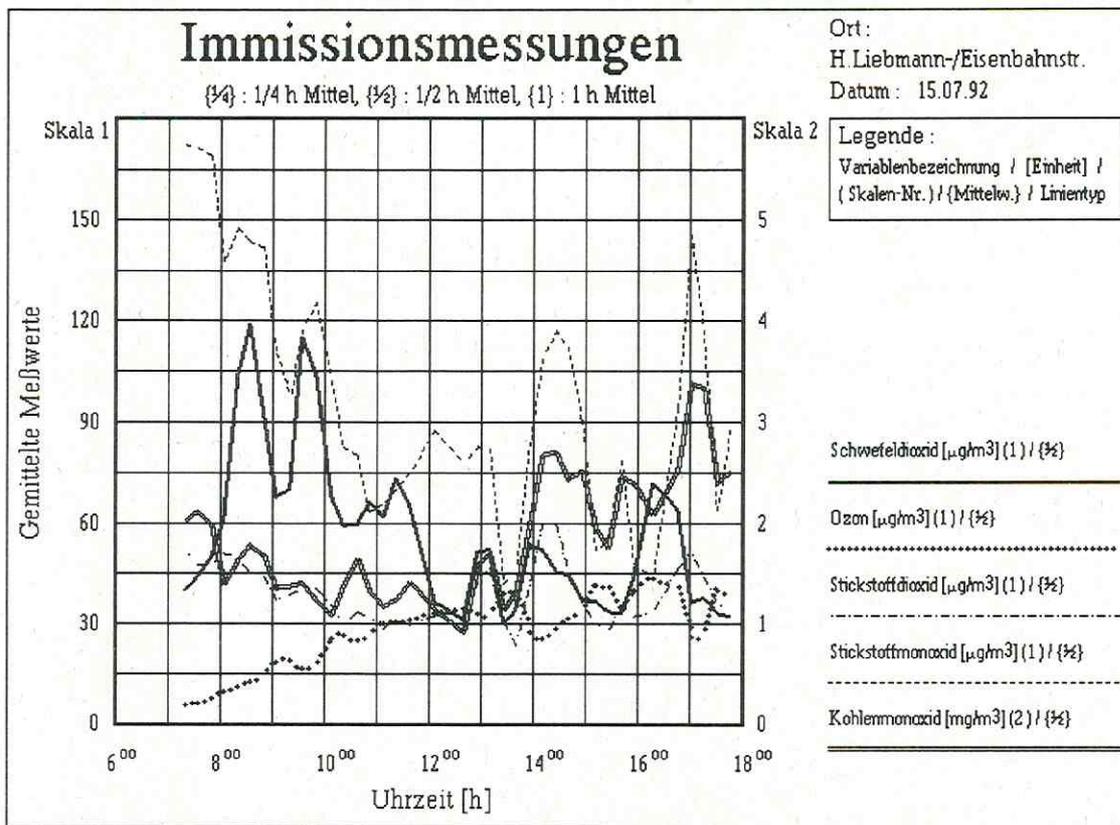


Abb. 71 : Tagesgang der Immissionskonzentrationen von CO , NO , NO₂ , O₃ , und SO₂ am 15.07.92

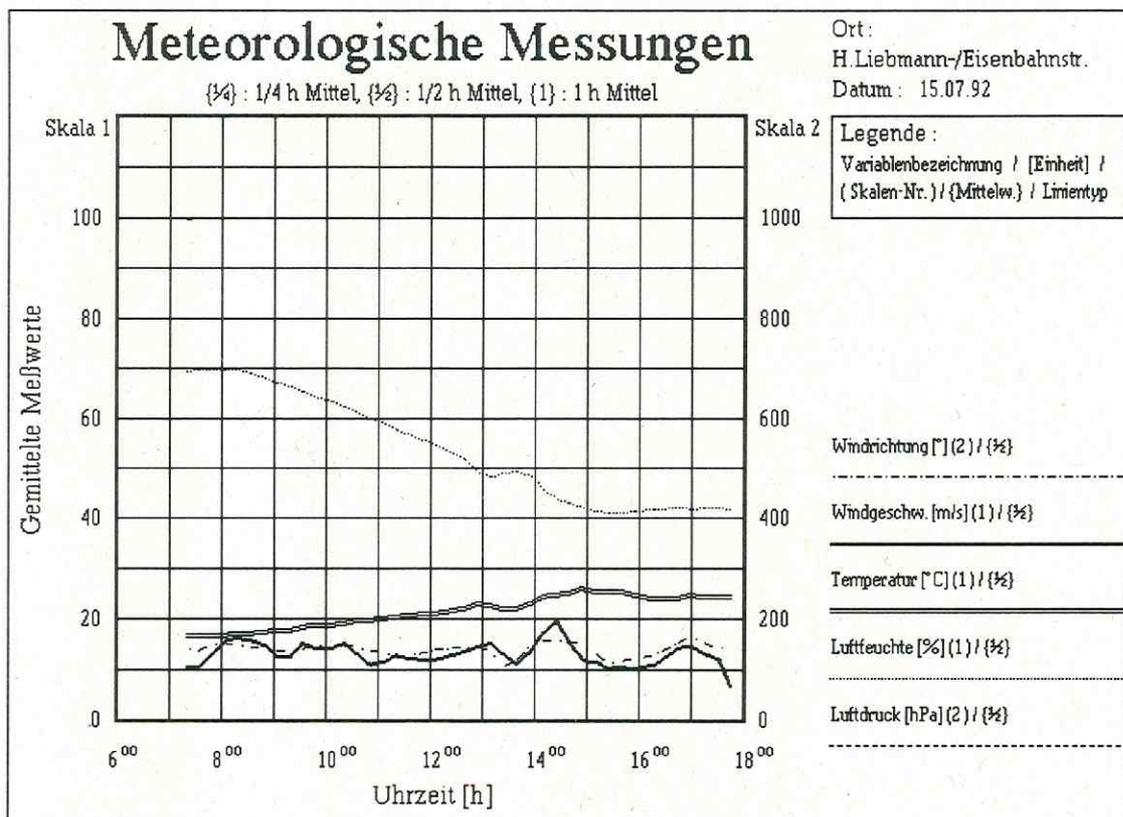


Abb. 72 : Tagesgang der meteorologischen Daten am 15.07.92

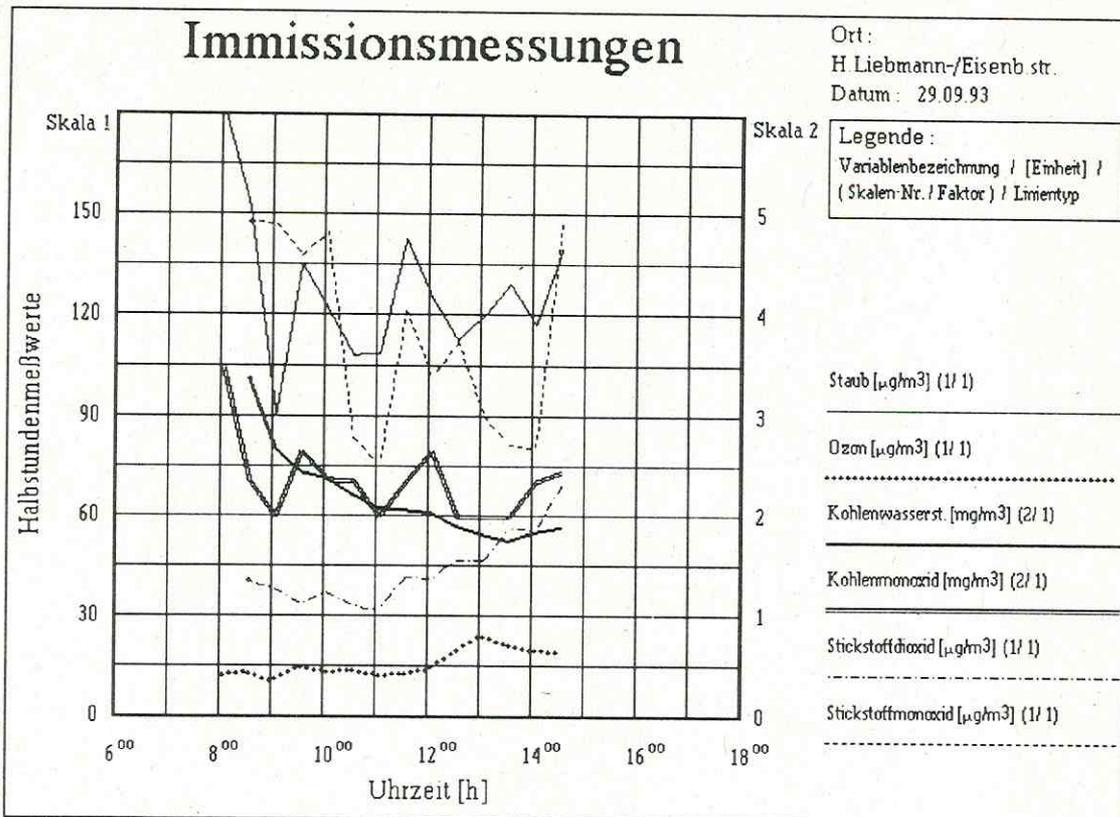


Abb. 73 : Tagesgang der Immissionskonzentrationen von CO , NO , NO₂ , NMHC, O₃ und Staub am 29.09.93

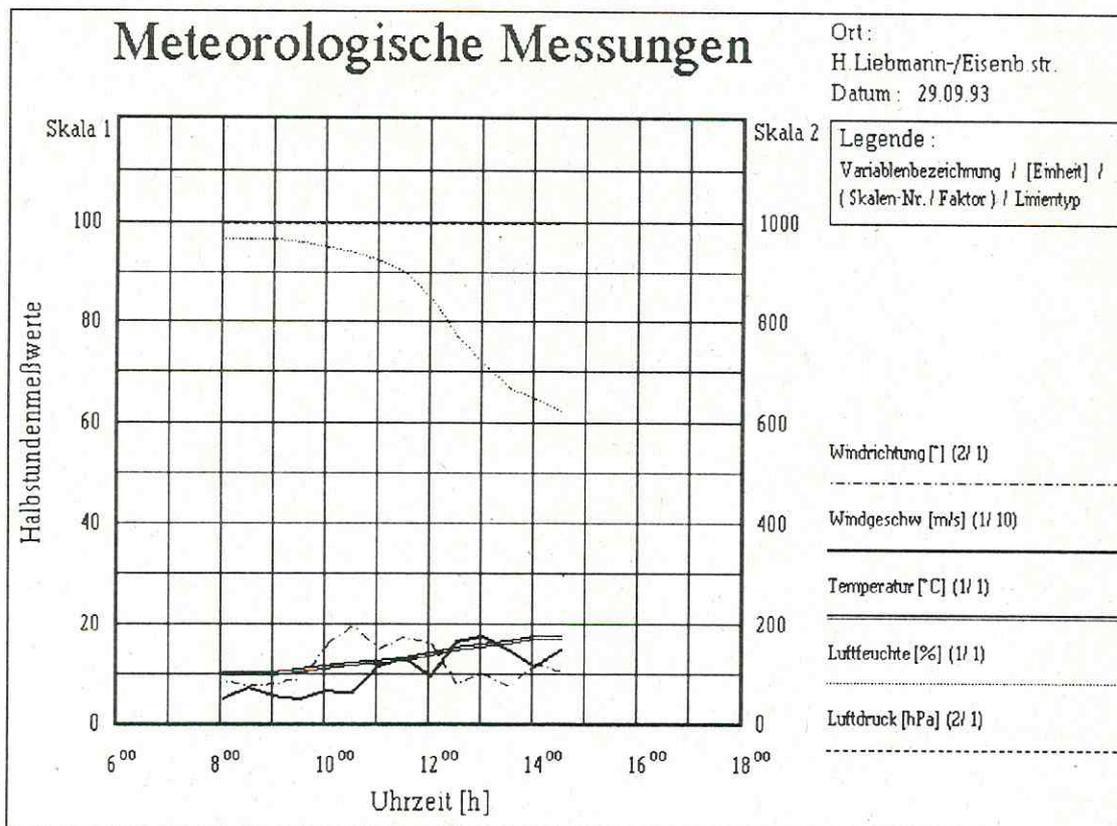


Abb. 74 : Tagesgang der meteorologischen Daten am 29.09.93

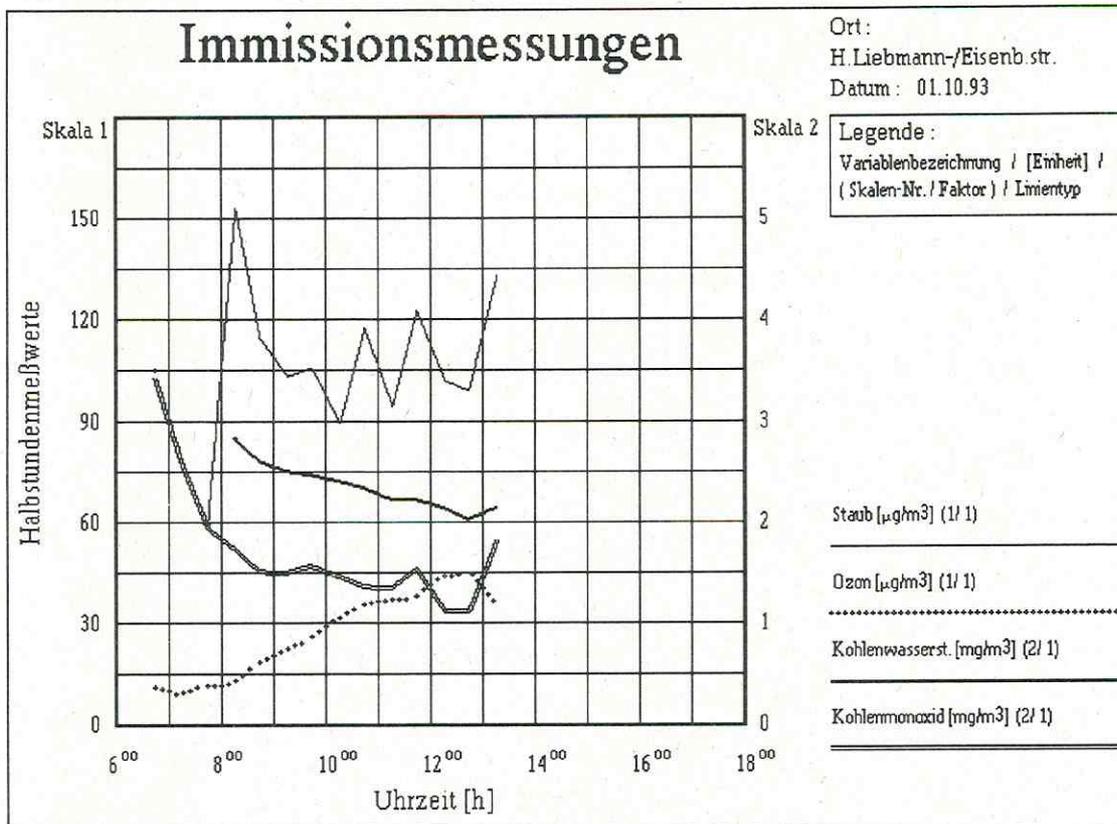


Abb. 75 : Tagesgang der Immissionskonzentrationen von CO , NMHC, O₃ und Staub am 01.10.93

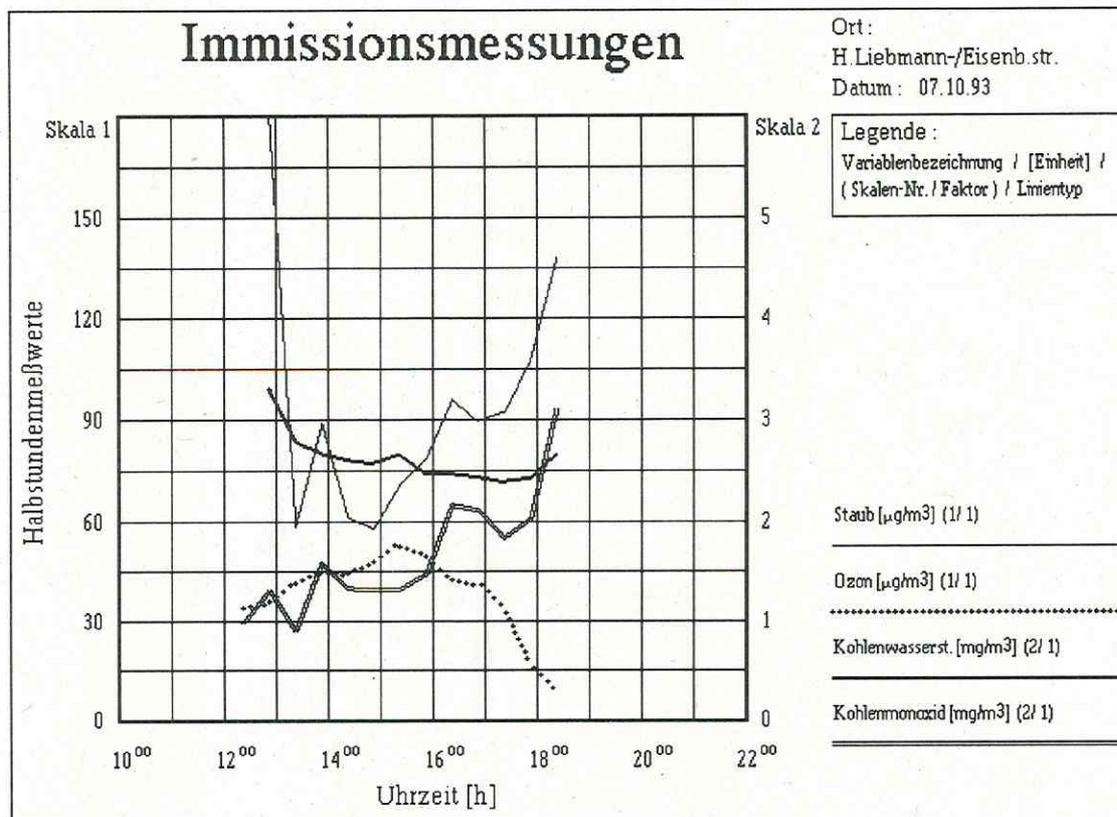


Abb. 76 : Tagesgang der Immissionskonzentrationen von CO , NMHC, O₃ und Staub am 07.10.93

Tabelle 13 enthält eine Zusammenstellung von Grenz- und Richtwerten für ausgewählte Luftschadstoffe (nach TA Luft und VDI 2310, zusammengefaßt in KRdL, 1988, sowie BMU, 1993). Außerdem enthält die Tab. 13 zu Vergleichszwecken Kennwerte von Immissionen in stark belasteten Straßen. Diese Kennwerte stützen sich auf mittlere Meßwerte in Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg (GORIBEN, 1992 und BAUMÜLLER & REUTER 1995).

Tabelle 13 : Immissionsgrenz- und Richtwerte sowie Beispiele von Immissionsmeßwerten

IW1 arithmetischer Jahresmittelwert auf der Basis von Halbstundenwerten
 IW2 98-Percentil aller Halbstundenwerte eines Jahres
 MIK Jahresmittelwert, 24-h-Mittelwert, 1/2-h-Mittelwert

	CO mg/m ³	NO µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	NMHC mg/m ³	Benzol µg/m ³
IW1	10	200	80		
IW2	30	600	200		
MIK _{1J}	10	100			15 (ab 1.7.95) 10 (ab 1.7.98)
MIK ₂₄	10	500	100		
MIK _{1/2}	50	1000	200		
Kennwerte von Immissionen in stark belasteten Straßen Meßwerte aus Bayern, Hessen, Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg					
Jahresmittel	3 - 5	80 - 200	50 - 100	0.09 - 1.2	15 - 35
98-Percentil	5 - 15	350 - 800	120 - 260	0.4 - 3.7	46
30 Min Maxima	20 - 40	800 - 1400	200 - 700	bis 10	110

Die Meßwerte an der untersuchten Kreuzung Eisenbahn-/Hermann-Liebmann-Str. für CO (1 - 3,5 mg/m³), NO (60 - 170 µg/m³) und NO₂ (30-75 µg/m³) überschreiten die Grenzwerte an den wenigen Meßtagen **nicht**. Um verallgemeinerbare Aussagen treffen zu können, ist ein längerer Beobachtungszeitraum erforderlich. Außerdem ist zu untersuchen, inwieweit der Probenahmeort (über Dach des Meßwagens (3.5 m) und nicht z.B. in Fußgängerhöhe) bereits günstigere Immissionskonzentrationen vortäuscht, die vor allem den Vergleich mit den in Tab. 13 angegebenen mittleren Meßwerten verzerren.

Die Meßwerte für NMHC liegen z.T. erheblich über den Meßwerten für CO, obwohl die NMHC-Emissionen aus dem Kfz-Verkehr nur einen Teil der CO-Emissionen betragen (s. Tabelle 11, Faktor 0,2 - 0,28). Hier liegen also andere unbekannte Quellen vor. Die Ursache kann auch nicht nur der Hausbrand sein (nur 2 Meßtage während der Heizperiode), denn die NMHC-Emissionen aus dem Hausbrand betragen z.B. auch nur das 0,3-fache der CO-Emissionen. Durch diese Überlagerung unbekannter Quellen ist eine Korrelation von NMHC-Emission aus dem Verkehr und NMHC-Immission unmöglich.

Da CO und NO_x ebenfalls durch Hausbrand emittiert werden (nach dem Emissionskataster Leipzig werden CO : NMHC : NO_x in den Verhältnissen 32,5 : 10,1 : 1 emittiert), sind zur Klärung der Frage, inwieweit die Immissionen ihre Ursache in den Verkehrsemissionen haben oder ob andere Quellen vorhanden sind, für die Meßtage 15.07. und 29.09 jeweils die CO/NO_x-Verhältnisse der Emissionen und der Immissionen analysiert worden (da die NO_x-Emissionsfaktoren bezogen auf NO₂ angegeben werden, wird der Meßwert für NO in NO₂ umgerechnet).

Für den 15.07. beträgt das durchschnittliche CO/NO_x-Verhältnis der Emissionen 13,5 und das der Immissionen 10,8. Noch besser stimmen die Verhältnisse aus den Werten am 29.09. überein : Emissionsverhältnis 9,3, Immissionsverhältnis 9,9. Für diese Tage kann also davon ausgegangen werden, daß andere Quellen kaum eine Rolle spielen und ein ursächlicher Zusammenhang zwischen Verkehrsemissionen und gemessenen Immissionen besteht (für die Meßtage im Oktober existieren leider keine NO_x-Meßwerte; eine Überprüfung, ob sich das Immissionsverhältnis zugunsten des CO (Hausbrandeinfluß im Oktober) verschiebt, ist deshalb nicht möglich).

2.4 Modellierung der Schadstoffausbreitung

Zur Modellierung der Ausbreitung von Kfz-Emissionen werden von GUTSCHE, 1980 drei Phasen vorgeschlagen :

- lokale Ausbreitung innerhalb einer Straßenschlucht
- urbane Ausbreitung in Form der Ausprägung als städtische Backgroundkonzentration
- mittel- bis großräumige Ausbreitung von Kfz-Emissionen im Hinblick auf die Entwicklung und Ausbreitung von photochemischen Luftverunreinigungen

Für die Modellierung der letztgenannten Kategorien gibt es zahlreiche Modellansätze, die auf der Lösung der Diffusionsgleichung beruhen. Eine umfassende Übersicht für viele Sonderfälle und Randbedingungen gibt z.B. SCHULTZ, 1986.

Im Folgenden wird auf der Basis der Emissionsmodelle sowohl die Immissionsbelastung an der ausgewählten Kreuzung Eisenbahn-/Hermann-Liebmann-Str. als auch eine mittlere jährliche Immissionsbelastung für das Stadtgebiet modelliert.

2.4.1 Modelle zur Schadstoffausbreitung an einer Modellkreuzung

Die Berechnung von Immissionen im lokalen Bereich ist wegen der Vielzahl von Einflußfaktoren und Störgrößen (z.B. Bebauung, Bewegung der Verkehrsteilnehmer, Meteorologie u.a.) sehr unsicher und umstritten. Es gibt noch keine allgemeingültigen bzw. allgemein anerkannten Modelle (WALDEYER et.al. 1982; LEISEN, 1992), u.a. weil immer auch ein Kompromiß zwischen gewünschter Modellgüte sowie Aufwand und Praktikabilität der Modelle gefunden werden muß.

Obwohl bereits etwa 15 Jahre zurückliegend, liefern zwei Kolloquien ("Abgasimmissionsbelastung durch den Kfz-Verkehr", BMFT&TÜV, 1978 und "Kolloquium zu Fragen der Ausbreitungsrechnung für Abgasemissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr", BMFT&TÜV, 1982) auch heute noch verwendete Modellansätze (s.a. Umweltbundesamt, 1988) :

- Boxmodelle
- Gauß-Modelle und
- sog. Urban-Canyon-Modelle (Johnson-),

die Immissionen aus den Emissionen von Linienquellen abschätzen und in zahlreichen Publikationen variiert und modifiziert wurden. Ebenso sind Überlagerungen zwischen diesen Modelltypen möglich (z.B. in SCHNEIDER & STREICHER, 1979) .

Inzwischen sind numerische Simulationsmodelle und Programme auf der Basis strömungsmechanischer Berechnungen ausgearbeitet worden (u.a. SIEVERS & ZDUNKOWSKI 1986; KÖLLE & JÜNGLING 1989; LUDES, 1992; HOPF & MANIER 1992; KRdL, 1994, 1995), die allerdings auch mit einem sehr hohen Rechenaufwand verbunden sind (MANIER, 1994; MANIER & LOHMEYER 1994; MANIER et.al. 1995).

Demgegenüber sind Box- und Street-Canyon-Modelle einfach handhabbar und liefern im Gültigkeitsbereich brauchbare Ergebnisse.

Boxmodelle (z.B. LEISEN, 1982) haben - mit entsprechenden Variationen - die allgemeine Form :

$$C = K \cdot \frac{\dot{Q}}{u \cdot L}$$

C : Konzentration
Q : Quellstärke (Emission)
u : Windgeschwindigkeit
L : Länge
K : Konstante

Urban-Canyon-Modelle beziehen meist noch die Meß- und Gebäudehöhe mit ein und differenzieren für das Konzentrationsprofil in Luv- und Leeseite.

Einige statistische Modellansätze , die zur Immissionsabschätzung in Straßenschluchten verwendet werden können, werden von JOURMARD, 1982 zitiert und verglichen :

Modell nach DEUBER :

$$C_{CO} = 0.04 \cdot \frac{E \cdot q}{u \cdot v \cdot n}$$

Modell nach DABBERT :

$$C_{CO_{Luv}} = 7 \cdot \frac{E}{L(u+0.5)} \cdot \frac{H-z}{H}$$

$$C_{CO_{Lee}} = 7 \cdot \frac{E}{(u+0.5) \cdot (d+2)}$$

Modell nach DELSEY :

$$C_{CO_{Lee}} = 0.77 \cdot \frac{q \left(1 + \frac{q}{q_{max}} \right)}{v^{0.8} (u+0.5) \cdot (d+2)}$$

Modell nach JOURMARD :

$$C_{CO_{Luv}} = 11 \cdot \frac{E}{(u+0.5)L} \cdot \sqrt{\frac{H-z}{H}}$$

$$C_{CO_{Lee}} = 15 \cdot \frac{E}{(u+0.5) \cdot D}$$

Die Variablen in den obigen Formeln haben folgende Bedeutung :

- C : Konzentration [ppm]
- d : Entfernung des Meßpunktes von der nächstgelegenen Spurmitte [m]
- D : Entfernung des Meßpunktes von der Straßenmitte [m]
- H : Höhe der Randbebauung [m]
- L : Straßenbreite [m]
- n : Anzahl der Spuren
- E : Emission des Fahrzeugstromes [mg/m/s]
- q : Fahrzeugstrom [Kfz/h]
- q_{max} : maximaler Fahrzeugstrom [Kfz/h]
- u : Überdachwindgeschwindigkeit [m/s]
- v : durchschnittliche Geschwindigkeit der Fahrzeuge [km/h]
- z : Höhe des Meßpunktes [m]

Offt werden die Modellierungen mit Windkanalsimulationen gekoppelt (z.B. LEISEN, 1978, 1982, 1992; LEISEN et.al. 1982; SOBOTKA & LEISEN 1979; WALDEYER et.al. 1980, 1982; ROMBERG & NIEMANN 1988; KÖLLE & JÜNLING 1989), die auf einer dimensionslosen Konzentration aufbauen :

$$I_{CO}^* = I_{CO} \cdot 10^{-6} \frac{B \cdot u}{Q} \cdot \rho_{CO}$$

- B : Straßenbreite [m]
- I* : dimensionslose Konzentration
- I : gemessene Konzentration [ppm]
- u : Überdachwindgeschwindigkeit [m/s]
- Q : Quellstärke [kg/m/s]
- ρ_{CO} : Dichte von CO [kg/m³]

Untersucht werden entweder geschlossene Straßenschluchten und Kreuzungen, die durch hohe Verkehrsdichte und hohe Randbebauung charakterisiert sind (z.B. DEUBER, 1978; LEISEN, 1982; SOBOTKA, 1978; SATTLER & JAESCHKE 1988; HAUSTEIN v. HAUSTENAU, 1993; BAUMBACH, 1993; HEITS et.al. 1993) oder Straßen mit mehr oder weniger lockerer Randbebauung, für die Modelle der Abnahme der Schadstoffkonzentration in Abhängigkeit von der Entfernung aufgestellt werden (ESSER, 1978; JOST, P., 1978, 1980; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 1982, 1992; BAUMBACH, 1993). Gemessen werden in den Stra-

Benschluchten Horizontal- und Vertikalprofile der Immissionen, die dann die Aufstellung räumlicher Modelle gestatten (BAUMBACH, 1993; WIEGAND & GARBEN 1994; EICH-HORN et.al. 1995; FRANK et.al. 1995; KUTZNER et.al. 1995; PFEIFER et.al. 1995). Vergleiche verschiedener Modelltypen finden sich z.B. bei GUTSCHE, 1982; HAUSTEIN v. HAUSTENAU, 1993; LOHMEYER, 1994 und BECKRÖGE, 1994.

Um verlässliche Einschätzungen zur Immissionssituation treffen und umfassende Modellierungen durchführen zu können, sind Meßreihen an verschiedenen Orten und über einen lang-jährigen Zeitraum erforderlich (z.B. LEISEN, 1992). Diese fehlen i.a. in den Neuen Bundesländern und folglich auch in Leipzig. Die Datenbasis ist z.Z. also vergleichsweise als mangelhaft einzuschätzen, erlaubt aber trotzdem den Beginn einer Modellierung.

Da für die hier vorgestellten Untersuchungen nur punktuelle Meßwerte (1 Meßwagen mit nur einem Ansaugstutzen zur Probenahme ; Standort des Meßwagens aus verkehrstechnischen Gründen nicht beliebig wählbar) zur Verfügung standen, scheidet Street-Canyon-Modelle aus, und es kommen nur Modelle vom Typ der Boxmodelle in Frage.

Wie in 2.3. bereits berichtet, fehlen für die Stickoxide die Meßwerte weitestgehend. Es können also nur Modelle für die Kohlenmonoxidkonzentration geschätzt werden. In der älteren Literatur wird im Kfz-Verkehrsbereich häufig nur die Kohlenmonoxidkonzentration modelliert, da das relativ inerte CO als Leitkomponente galt (KOMOROWSKI, 1978). Es gibt auch einfache, meist lineare Modelle für die Korrelation der Immissionskonzentration von CO mit anderen Schadstoffen (z.B. Benzol (HEITS et.al. 1993), Stickoxide (WALDEYER & LEISEN 1985; SCHÜRSMANN & STAAB 1987)), doch wird gleichzeitig auch auf die nur bedingte Anwendbarkeit dieses Prinzips hingewiesen . Wie in 2.2. gezeigt, sind die Emissionen von Kohlenmonoxid und Stickoxiden nur unter bestimmten Bedingungen proportional, so daß auch daraus nur eine bedingte Verwendbarkeit von CO als Leitkomponente folgt.

In allgemeiner Form läßt sich die CO-Immissionskonzentration modellhaft von den Einflußgrößen Emission (Quellstärke Q), Straßenbreite (B), Windgeschwindigkeit (u), Windrichtung (ϕ) und Ausbreitungsparametern (σ) darstellen :

$$I_{CO} = f(\dot{Q}^{\alpha}, u^{\beta}, B^{\gamma}, \sigma_y^{\delta}, \sigma_z^{\epsilon}, \phi^{\chi})$$

Aus dem Bewölkungsgrad sowie der Tages- und Jahreszeit ergeben sich nach Anhang C der TA Luft (KRdL, 1986) die Tagesgänge der Stabilitätsklassen (Tabelle 14), woraus sich die Ausbreitungsparameter

$$\sigma_y = F \cdot x^f$$

$$\sigma_z = G \cdot x^g$$

ebenfalls aus Tabellen der TA Luft berechnen lassen.

Tabelle 14 : Tagesgänge der Stabilitätsklassen (nach TA Luft)

Uhrzeit/Datum	15.07.92	23.09.93	29.09.93	01.10.93	07.10.93
6:00 - 7:00	III/2	I	II	I	
7:00 - 8:00	III/2	I	II	I	
8:00 - 9:00	IV	I	II	II	IV
9:00 - 10:00	IV	IV	IV	IV	V
10:00 - 11:00	V	IV	IV	IV	V
11:00 - 12:00	V	V	IV	V	IV
12:00 - 13:00	V	V	V	V	IV
13:00 - 14:00	V	V	IV	V	IV
14:00 - 15:00	V	V	IV	V	IV
15:00 - 16:00	V		IV	IV	II
16:00 - 17:00	IV			IV	I
17:00 - 18:00	IV				I
18:00 - 19:00					I

Die Regressionsanalyse der vorhandenen Daten weist keine signifikante Abhängigkeit der Konzentration von den Ausbreitungsparametern aus, sodaß Beziehungen zu den Ausbreitungsparametern im Modell nicht aufgenommen wurden. Ursache ist sicher die noch zu geringe Anzahl von Meßwerten. Signifikante Zusammenhänge zwischen der CO-Konzentration und den Tagesgängen der Ausbreitungsklassen werden z.B. von SOBOTKA & LEISEN 1979 berichtet, allerdings lag dort auch Datenmaterial aus mehrjährigen Meßkampagnen vor.

Für die Abhängigkeit der gemessenen CO-Konzentration von der Windrichtung konnte trotz eines größeren Wertevorrates der gemessenen Windrichtungen ebenfalls noch kein statistisch signifikanter Nachweis erbracht werden. An zwei Meßtagen (01.10. und 07.10.93) war die Windrichtung mit 225° nahezu konstant und entsprach etwa der Hauptwindrichtung in Leipzig. Für das Untersuchungsgebiet Eisenbahn-/Hermann-Liebmann-Str. bedeutet das einen Zwischenwert zwischen Quer- und Längsanströmung. Am 15.07.92 schwankte die Windrichtung nur wenig zwischen 125 und 150°, an den übrigen Meßtagen (23.09. und 29.09.93) dagegen zwischen 70 und 250°. Der vergleichsweise geringe Einfluß der Windrichtung auf die CO-Immissionskonzentration ist gut aus den Abb. 78 und 79 abzulesen. Hier wie auch in der Abb. 80 dominiert die indirekte Proportionalität von Konzentration und Windgeschwindigkeit, unabhängig von der Windrichtung.

Für die Modellbildung verblieben bei dem vorliegenden Meßwertevorrat also noch die Korrelationen von CO-Konzentration mit der Emission, Windgeschwindigkeit und Straßenbreite.

Wie in 2.2.4. gezeigt wurde, ist die Emission im Kreuzungsbereich nicht konstant, sondern sowohl orts- als auch zeitabhängig. Zur Untersuchung der Korrelation zwischen Immissionen und Emissionen ist es denkbar, nicht nur die Emission auf gleicher Höhe des Meßwagens, sondern auch anderer Orte (z.B. die der Kreuzungsmitte, einen Mittelwert aus 2-3 5-m-Intervallen, einen Mittelwert aus den Emissionen von zwei Streckenabschnitten, in deren einschließendem Winkel die Messungen durchgeführt werden u. a.) zu verwenden.

In den Abb. 77 - 80 sind die CO-Immissionskonzentration, Windgeschwindigkeit, Windrichtung und verschiedene Bezugsemissionen als Funktion der Zeit dargestellt. In allen Abbildungen ist eine Korrelation zwischen der CO-Immissionskonzentration und den Emissionen zu erkennen. Eine spätere statistische Analyse ergab die beste Übereinstimmung mit einem Emissionsmittelwert aus drei 5m-Intervallen im jeweiligen Stauraum.

Zur besseren Veranschaulichung wurden in Abb. 81 nur die gemessenen CO-Immissionskonzentrationen und die berechneten Emissionen des jeweiligen Stauraumes aufgetragen (für alle 5 Meßtage). In der Abb. 81 sind die Immissionen *rot* und die Emissionen *grün* dargestellt (zusammengehörige Paare mit gleicher Linienart). Innerhalb gewisser Schwankungsbreiten weisen sowohl die Immission als auch die Emissionen einen ähnlichen Tagesgang auf und zeigen eine deutliche Abhängigkeit an.

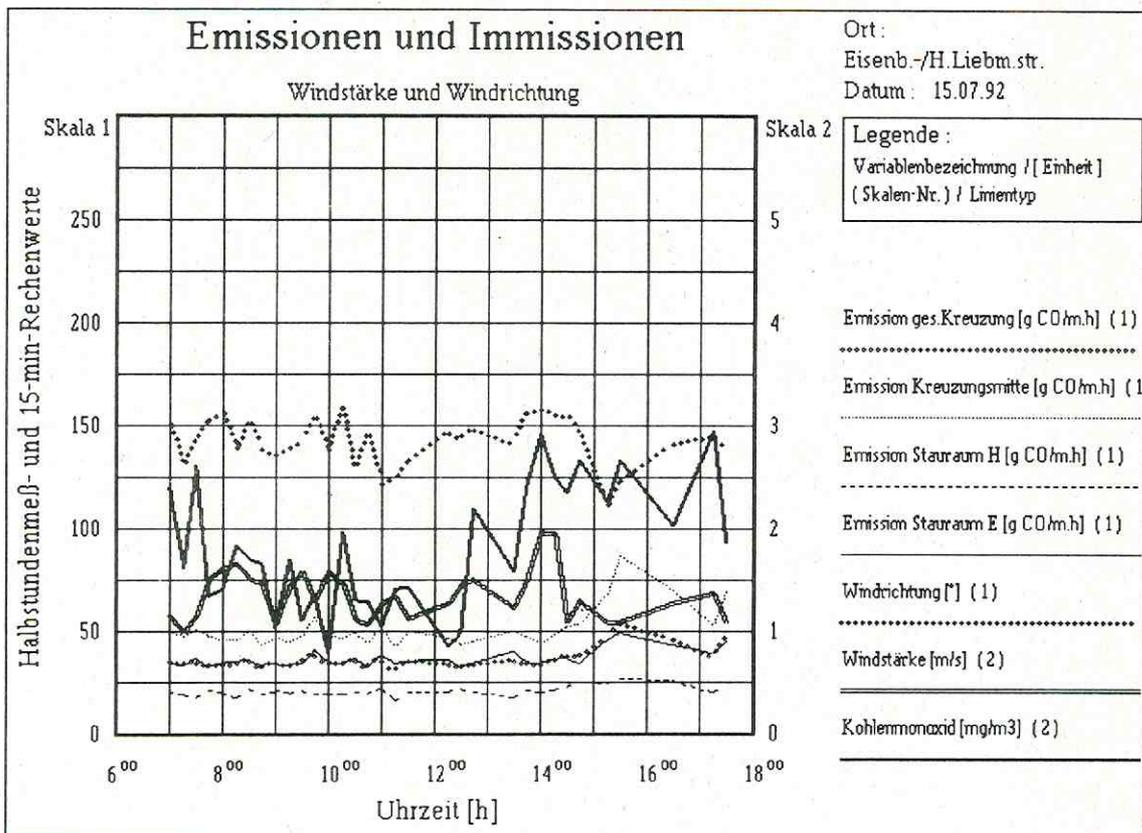


Abb. 77 : CO-Immissionskonzentration, Windgeschwindigkeit u. -richtung und ortsbezogene Emissionen am 15.07.92

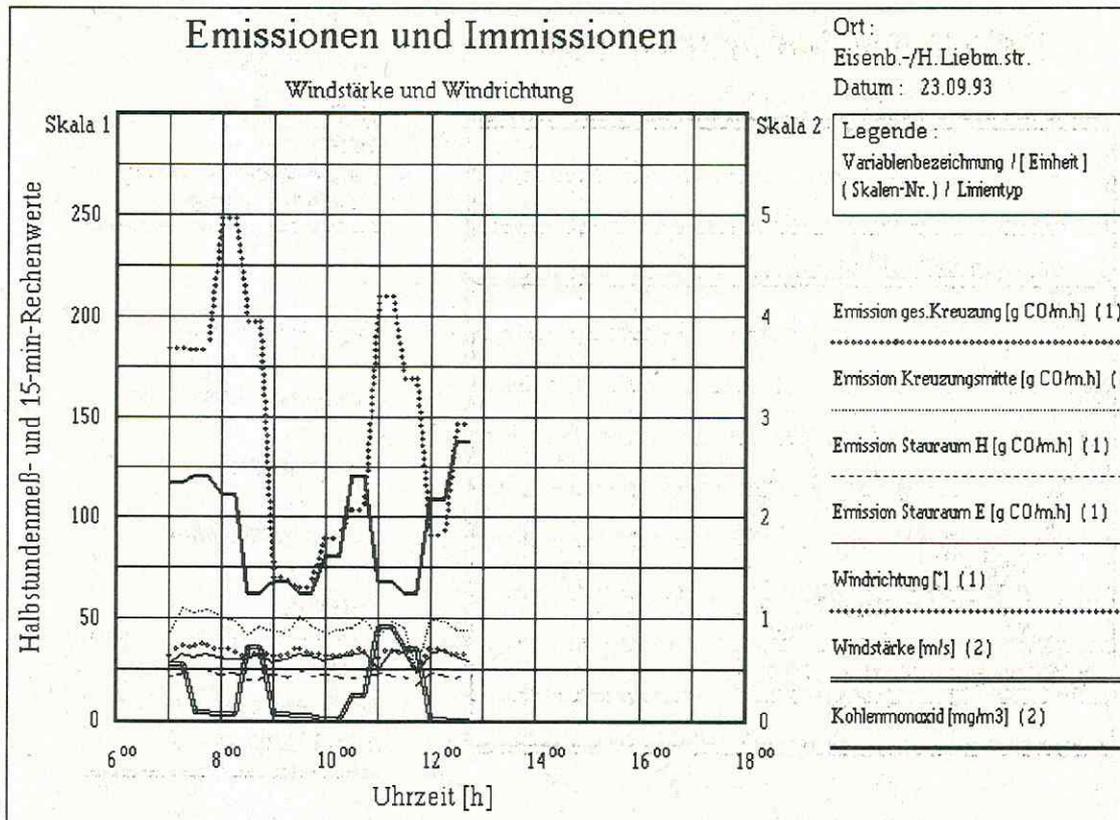


Abb. 78 : CO-Immissionskonzentration, Windgeschwindigkeit u. -richtung und ortsbezogene Emissionen am 23.09.93

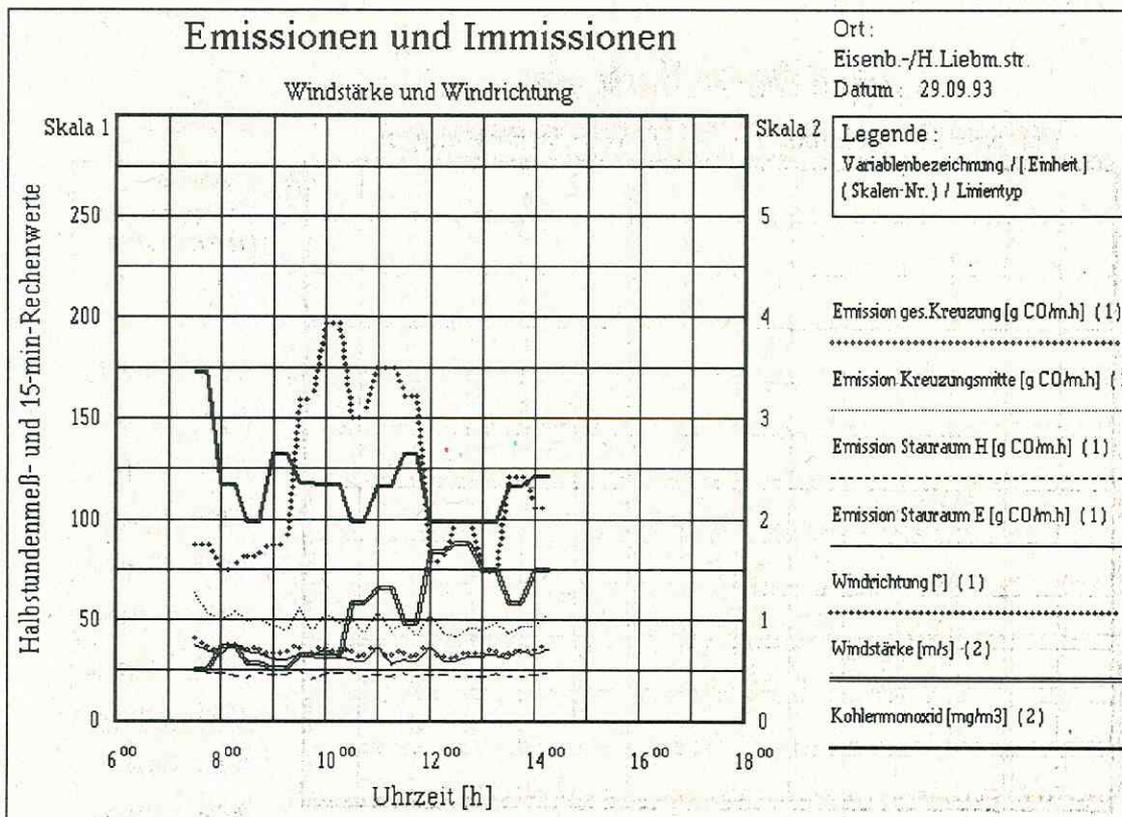


Abb. 79 : CO-Immissionskonzentration, Windgeschwindigkeit u. -richtung und ortsbezogene Emissionen am 29.09.93

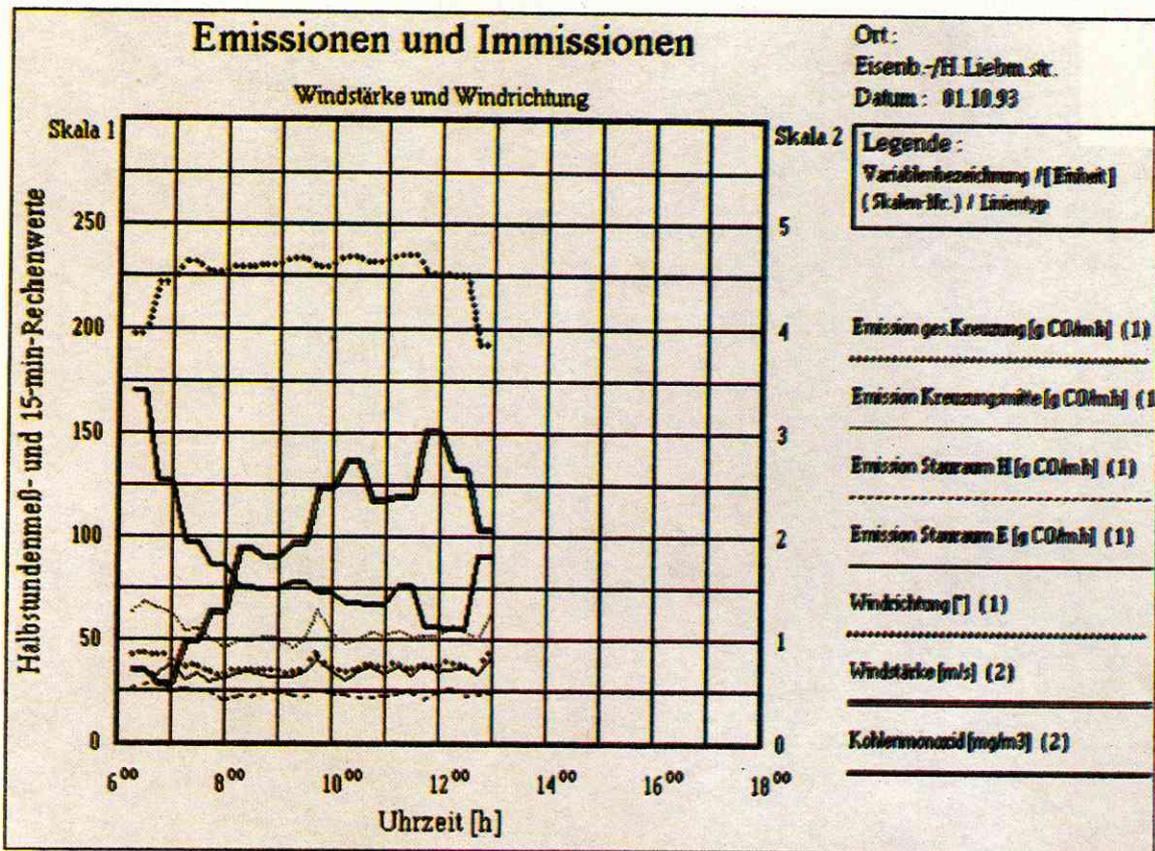


Abb. 80 : CO-Immissionskonzentration, Windgeschwindigkeit u. -richtung und ortsbezogene Emissionen am 01.10.93

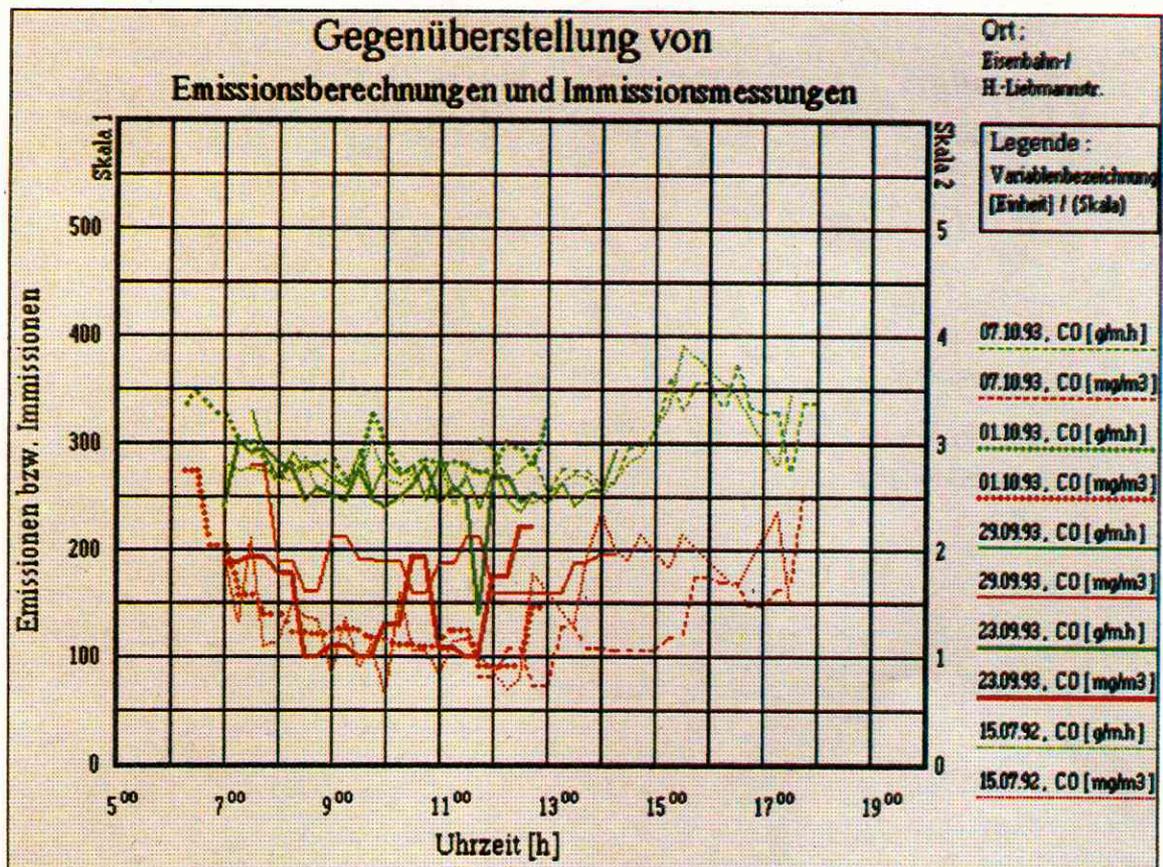


Abb. 81 : Immissionskonzentrationen und Emissionen im gesamten Meßzeitraum

Tabelle 15 enthält die Ergebnisse der Regressionsanalysen. Für das Modell der angegebenen Struktur wurden zunächst Koeffizienten für jeden einzelnen Meßtag geschätzt ("Tagesmodelle"), dann für die Meßtage 1993 (Modell M 93), für alle Meßtage (Modell II), wobei die Korrelation mit der Straßenbreite unterdrückt wurde, und schließlich für alle Meßtage mit den signifikanten Variablen Quellstärke (Emission im Stauraum), Windgeschwindigkeit und Straßenbreite (Modell I).

Tabelle 15 : Regressionskoeffizienten der verschiedenen Modellschätzungen

$$I_{CO} = K \cdot \frac{Q^\alpha}{u^\beta \cdot B^\gamma}$$

I_{CO} : CO-Konzentration [mg/m³]
 Q : Emission (Quellstärke) [g/m/h]
 u : Windgeschwindigkeit [m/s]
 B : Straßenbreite [m]

Modell	Meßzeitraum	K	α	β	γ
"Tagesmodelle"	15.07.92	0,001375	1,4277	- 0,541	0
	23.09.93	0,03414	1,2384	0,0569	0
	29.09.93	0,18036	0,8171	0,1793	0
	01.10.93	0,7824	0,3173	0,4906	0
	07.10.93	0,12437	0,8361	0,53748	0
M 93	23.9.-7.10.	0,03772	1,2259	0,0753	0
M II	15.7.-7.10.	0,09757	0,9124	0,0809	0
M I	15.7.-7.10.	0,0061149	1,1883	0,0727	- 0,6063

Für Modell I ergibt sich für den Koeffizienten γ der Wert -0,603 . Mit diesem Koeffizienten ist zwar eine gute bis befriedigende Übereinstimmung von gemessenen und berechneten Werten gegeben, doch weist im verfügbaren Wertebereich gerade dieser Wert (Vorzeichen !) darauf hin, daß die Modelle noch nicht auf andere Straßenbreiten und -typen übertragbar sind. Erwartet wurde ein positiver Wert (indirekte Proportionalität von Immission und Straßenbreite).

Für die Tage 1.10.93 und 7.10.93 , an denen eine etwa konstante Windrichtung herrschte, betrug der Wert für β 0,49 bzw. 0,53 und deckt sich ziemlich gut mit den Werten von SOBOTKA, 1978 (0,34 - 0,56 für 12 Windrichtungsklassen), die etwa einer Abhängigkeit von \sqrt{u} entsprechen.

In den Abb. 82 und 83 sind für 2 ausgewählte Tagesgänge die gemessenen und die berechneten CO-Immissionskonzentrationen nach verschiedenen Modellen aufgetragen. Im Einzelfall ist die Vorhersagemöglichkeit von Immissionskonzentrationen an der Modellkreuzung recht gut (am besten mit den "Tagesmodellen"). Das gilt jedoch nur bei nahezu konstanten Tagesgängen der Verkehrsstärke und konstanten Windverhältnissen. Eine Übertragung auf andere Straßenschluchten und Kreuzungen ist mit diesen Modellen nicht möglich.

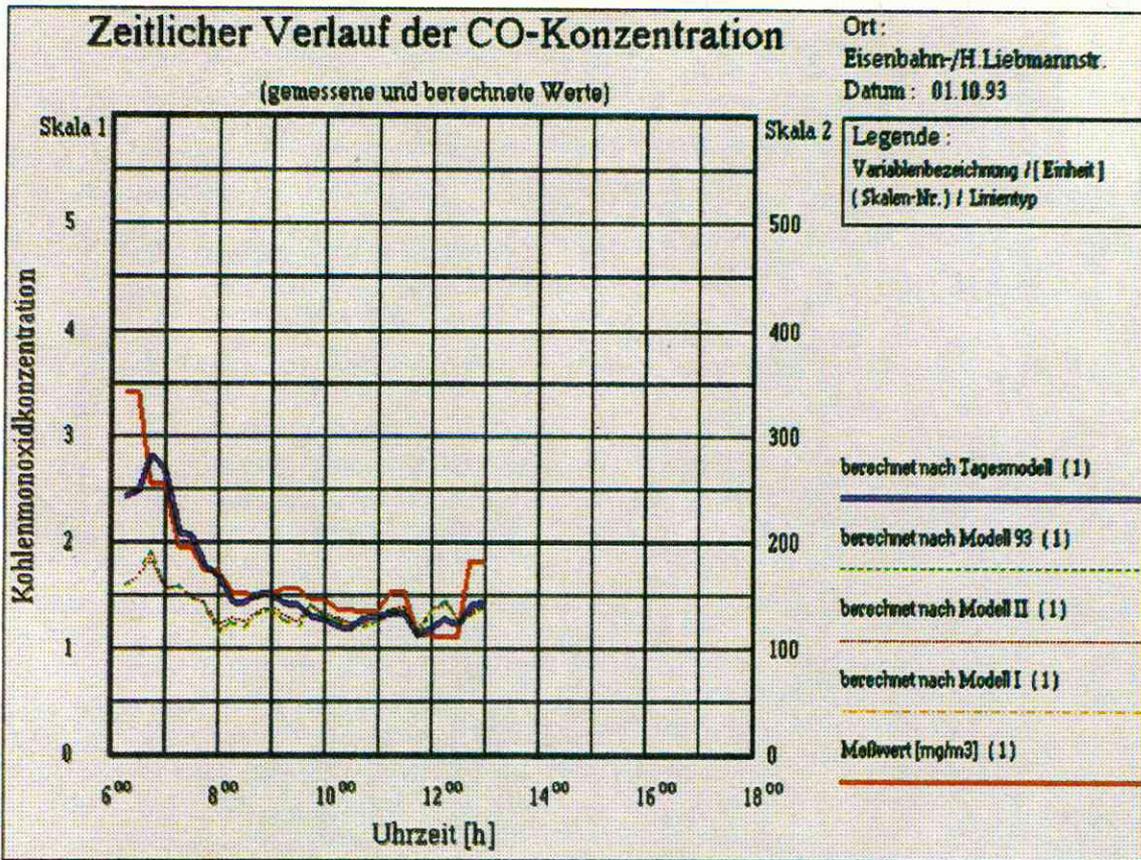


Abb. 82 : Gegenüberstellung von gemessenen und berechneten CO-Immissionskonzentrationen am 01.10.93

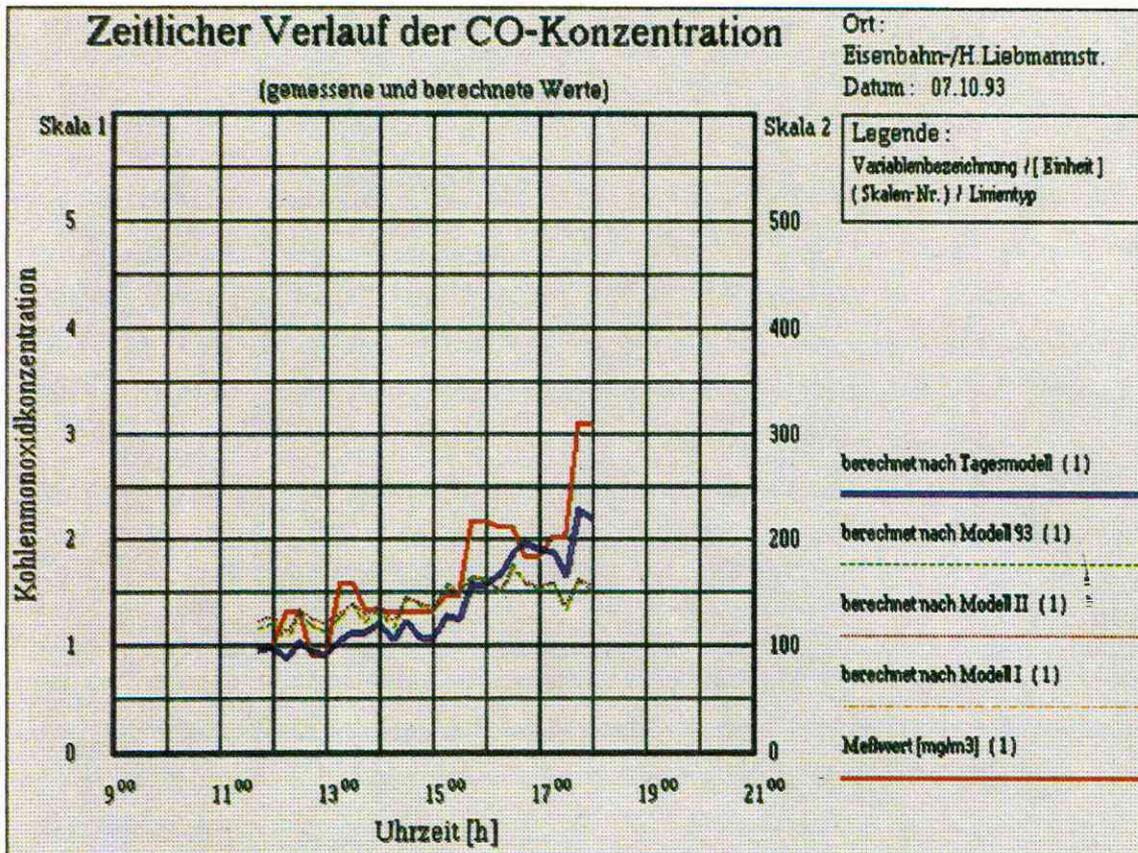


Abb. 83 : Gegenüberstellung von gemessenen und berechneten CO-Immissionskonzentrationen am 07.10.93

Eine Verbesserung der Modellgüte wäre nur mit einem viel umfangreicheren Datenmaterial, in dem alle Einflußgrößen mit hinreichend vielen Zuständen vertreten sind, zu erreichen gewesen, was aber aus meßtechnischen Gründen nicht zur Verfügung stand.

Deshalb wurde die Immissionsbelastung parallel zu den statistischen Modellen auf der Basis der Emissionsmodelle mit dem Ausbreitungsmodell DASIM (BLINDA & HOPF 1993) simuliert.

In Abb. 1 war das Wohngebiet in der Nähe der Modellkreuzung dargestellt worden. Wegen der Anforderungen des Programmsystems DASIM (Linienquellen gitterparallel ausrichten) mußte das Rechengebiet (rot umrandet) um etwa 5° in positiver Richtung (nach meteorologischer Konvention) gedreht werden. Es ist so groß gewählt, daß außer den bei Verkehrszählungen erfaßten Straßenschluchten noch auf jeder Seite mindestens eine Parallelstraße und ein Häuserblock mit Innenhof als Immissionsort untersucht werden können. Das gesamte Rechengebiet wird in ein dreidimensionales Gitter (horizontal : 84 * 170 Elemente mit 2,5 m Gitterabstand, vertikal : 5 Schichten mit 3,5 m Abstand, dann weitere 5 Schichten mit größerem, nichtäquidistanten Abstand) eingeteilt. Die zahlreichen Gebäude stellen undurchlässige Hindernisse dar (Konzentration im Innern = 0).

Tabelle 16 : Beschreibung der Linienquellen im Untersuchungsgebiet

(Z = Verkehrszählung, St = Emissionszuschlag im Stauraum, B = Bezugsstrecke)

Straßenname	Länge [m]	Stauraum	Verkehrsstärke (% von B)
Eisenbahnstr., westlicher Abschnitt (B)	213,6	St	Z
Eisenbahnstr., östlicher Abschnitt	209,4	St	Z
Hermann-Liebmann-Str., nördl. Abschn.	98,4	St	Z
Hermann-Liebmann-Str., südl. Abschn.	111,7	St	Z
Ludwigstr., westlicher Abschnitt	213,6	St	21
Ludwigstr., östlicher Abschnitt	209,4	St	16
Konradstr., westlicher Abschnitt	216,8	-	7
Konradstr., östlicher Abschnitt	206,2	-	6
Hedwigstr.	98,0	-	5
Thümmelstr.	100,1	-	5
Hildegardstr.	209,9	-	5

Tabelle 16 gibt eine Übersicht über die als Linienquellen genutzten Straßenabschnitte. Angegeben sind nur die Gesamtlängen, nicht die für Emissionsberechnungen relevanten Einzelstrecken. Für die Streckenabschnitte, auf denen nach 2.2.1 Staulängen und damit auch höhere Emissionen berechnet werden, ist die zur Berechnung des "Freien Verkehrs" benötigte Streckenlänge aus der Differenz von Gesamtlänge und der für jedes 15-min-Intervall variablen Staulänge zu bilden. Die Verkehrsstärken auf den je 2 Abschnitten der Eisenbahnstr. und der Hermann-Liebmann-Str. und die wechselnden Anteile von Zweitakt- und übrigen Pkw sowie Lkw liegen als Ergebnis von Verkehrszählungen in 15-min-Intervallen vor (2.1.1).

Zur Bestimmung der Verkehrsstärken in den Nebenstraßen wurde der Gesamtverkehr mehrmals stichprobenartig erfaßt und zur Verkehrsstärke im westlichen Teil der Eisenbahnstr. ins Verhältnis gesetzt. Über diese Verhältnisse konnten dann die Verkehrsstärken in den Nebenstraßen im gesamten Tagesgang aus der Verkehrsstärke der Bezugsstrecke geschätzt werden. Aus den Daten der 5 Meßtage dienten beispielhaft 5 Zeitintervalle zur Immissionsberechnung, die den gesamten Tagesgang möglichst gut repräsentieren und für die Meßwerte von mindestens zwei Schadstoffen vorliegen (nur die CO-Messung konnte an allen Meßtagen arbeiten). In Tabelle 17 sind diese Beispiele aufgeführt sowie die jeweils herrschenden meteorologischen Bedingungen (Windrichtung, Windgeschwindigkeit) und die berechneten Emissionen auf den Hauptstrecken und auf der Kreuzung. Nicht in der Tabelle enthalten sind die Emissionen im Stauraum und in der Beschleunigungszone. Sie liegen zwischen den Emissionen der "Freien Strecke" und der Kreuzung (s. Abb. 39 - 48 und die detaillierten Tabellen A1 - A5 im Anhang).

Tabelle 17 : Emissionen ausgewählter Streckenabschnitte und Zeitpunkte

Datum	15.07.92	23.09.93	29.09.93	01.10.93	07.10.93
Uhrzeit	15:30	13:00	14:30	10:00	18:00
Windrichtung (°)	109	120	105	230	240
Windgeschwindigkeit (m/s)	1,0	0,3	1,5	2,2	0,6
CO-Emission (g/m/h)					
Eisenbahnstr., westl.	10,806	3,049	5,703	4,263	8,190
Eisenbahnstr., östl.	5,117	2,928	4,046	3,859	4,728
H.-Liebmann-Str., nördl.	5,205	2,437	3,365	2,823	3,499
H.-Liebmann-Str., südl.	2,764	1,872	2,479	2,117	2,400
Kreuzung	42,65	24,301	32,650	29,963	35,956
NO _x -Emission (g/m/h)					
Eisenbahnstr., westl.	0,907	0,664	0,844		
Eisenbahnstr., östl.	0,899	0,671	0,847		
H.-Liebmann-Str., nördl.	0,616	0,542	0,637		
H.-Liebmann-Str., südl.	0,489	0,431	0,485		
Kreuzung	2,891	2,939	3,301		
NMHC-Emission (g/m/h)					
Eisenbahnstr., westl.		0,770	1,350	1,064	1,864
Eisenbahnstr., östl.		0,725	0,931	0,923	1,073
H.-Liebmann-Str., nördl.		0,651	0,843	0,742	0,864
H.-Liebmann-Str., südl.		0,498	0,627	0,549	0,590
Kreuzung		4,144	4,943	4,751	5,194

In den Abb. 84 - 95 sind die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen für die 5 ausgewählten Episoden dargestellt. Dabei werden die vom Programm DASIM erzeugten Ergebnisdaten

(Konzentrationsangaben in allen Grafiken in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) in geeigneter Form durch Hilfsprogramme aufbereitet und in das Geographische Informationssystem ARC/INFO transferiert.

Am 15.07.92, 15:30 Uhr wehte der Wind fast parallel zur Eisenbahnstr. Berechnet wurden die Konzentrationsverteilungen für CO und NO_x , dargestellt sind sie für CO (Abb. 84) in der untersten Schicht (0 - 3,5 m). In der Eisenbahnstr. stellt sich ein fast symmetrisches Konzentrationsprofil quer zur Strömungsrichtung ein. Die höchsten Konzentrationen (5 - 10 $\text{mg CO}/\text{m}^3$) berechnet man im westlichen Abschnitt der Eisenbahnstr., weil die erhöhten Emissionen im Kreuzungsbereich dorthin getragen werden. In der Hermann-Liebmann-Str. ist eine deutliche Konzentrationserhöhung im Lee der Blöcke II und V erkennbar.

Am Standort 1 des Meßwagens (in der Hermann-Liebmann-Str.) ergibt die Berechnung für CO eine Konzentration von $2,0 \text{ mg}/\text{m}^3$, zusammen mit der dort vorliegenden Hintergrundkonzentration (s.2.4.2) $2,7 \text{ mg}/\text{m}^3$ (gemessen $2,5 \text{ mg}/\text{m}^3$). An gleicher Stelle wurden für NO_x $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (mit Hintergrundkonzentration $237 \mu\text{g}/\text{m}^3$) berechnet (gemessen $\text{NO} = 92,7$, $\text{NO}_2 = 37,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, das entspricht $179 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_x$).

Durch die schmale Baulücke im Block I gelangen geringe Mengen an Schadstoffen über die etwa 3 m hohe Mauer auch in den Innenhof hinein, dagegen werden für die Blöcke II, III, V und VI keine nennenswerten Immissionen berechnet.

In den Abb. 85 und 86 sind die CO-Immissionskonzentrationen in Höhe des 3. und des 5. Stockwerkes dargestellt. Der westliche Abschnitt der Eisenbahnstr. bleibt das Gebiet mit den höchsten Immissionen, das Konzentrationsmaximum verschiebt sich aber mit der Höhe in Richtung der Kreuzung Hedwig-/Thümmelstr. Die Konzentrationserhöhung im Lee des Blockes II wird mit der Höhe noch deutlicher als in der Bodenschicht. Die Immissionen dringen weiter in den Innenhof des Blockes I ein. An der Luv-Seite des Blockes V werden Schadstoffe über das Dach rückwärts in den Innenhof getragen.

Am 23.09.93, 13:00 Uhr wehte der Wind aus 120° , aber nur mit einer Windgeschwindigkeit von $0,3 \text{ m/s}$. Die Richtung ist nur noch in grober Näherung als parallel zur Eisenbahnstr. anzusehen. Die Konzentrationsverteilungen wurden für CO, NMHC, Benzol und NO_x berechnet, dargestellt sind die Immissionsfelder für Benzol (Abb. 88) und NO_x (Abb. 94 - 95).

Durch die geringe Windgeschwindigkeit werden trotz der niedrigsten Emissionen (s. Tabelle 17) Konzentrationen in der Größenordnung wie am 15.07.92 erreicht. Die Eisenbahnstr. bleibt wegen der relativ höchsten Emissionen auch der Ort mit den höchsten Immissionen. Die Konzentrationsverteilung ist aber nicht mehr so ausgeglichen wie in der Episode am 15.07. Im westlichen Teil ist eine Konzentrationserhöhung an der Häuserfront des Blockes IV erkennbar. Der Meßwagen stand unmittelbar an der Kreuzung in der Baulücke des Blockes IV. Am Standort des Meßwagens beobachtet man unter den gegebenen meteorologischen und bau-

lichen Bedingungen starke Konzentrationsgradienten. Für CO beträgt die berechnete Gesamtkonzentration $1,9 \text{ mg/m}^3$ (gemessen $2,5 \text{ mg/m}^3$), für NO_x $287 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (gemessen $\text{NO} = 102,7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $\text{NO}_2 = 65,4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, das entspricht $222 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \text{ NO}_x$). Die Konzentrationsmaxima werden unmittelbar auf der Kreuzung berechnet ($\text{CO} : 2\text{-}5 \text{ mg/m}^3$, $\text{NO}_x : 200\text{-}500 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $\text{NMHC} : 1\text{-}2 \text{ mg/m}^3$). Bis auf die starke Abweichung bei NMHC (s.o.) ist die Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Werten befriedigend. Allerdings hat sich durch die Rechnungen herausgestellt, daß der Standort des Meßwagens wegen der sich dort einstellenden Konzentrationsgradienten sehr ungünstig war (für einen anderen Platz lag keine Aufstellgenehmigung vor). Für solche Fälle sind stationäre Meßeinrichtungen, die über die Straße gespannt wurden (z.B. SATTLER & JAESCHKE 1988), sicher geeigneter.

Für NO_x sind noch die Konzentrationsverhältnisse in Höhe des 5. Stockwerkes (Abb. 95) dargestellt. Neben der Konzentrationsabnahme mit der Höhe, der Verschiebung des Maximums in Richtung Kreuzung Eisenbahn-/Hedwigstr. ist auch hier die Immissionserhöhung im Lee der Blockstrukturen (II, V) ausgeprägt.

Für Benzol werden die höchsten Konzentrationen ($20\text{-}50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$) westlich des Kreuzungsmittelpunktes berechnet (Abb. 88). Große Bereiche in der Eisenbahn- und in der Hermann-Liebmann-Str. weisen Konzentrationen von $10\text{-}15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ auf, d.h. die Benzolimmissionen sind von den beobachteten Schadstoffen bezüglich der Grenzwerte die kritischsten (s. Tab. 13).

Am 29.09.93, 14:30 Uhr wird die Eisenbahnstr. wieder fast parallel angeströmt. Die berechneten Immissionsprofile für CO, NO_x , NMHC (Abb. 92) und Benzol sind demzufolge denen am 15.07.92 ähnlich, durch die höhere Windgeschwindigkeit und die geringeren Emissionen sind die Konzentrationen aber insgesamt niedriger. Für CO werden $0,9 \text{ mg/m}^3$ berechnet (Gesamtkonzentration $1,6 \text{ mg/m}^3$, gemessen $2,4 \text{ mg/m}^3$), für NMHC $0,6 \text{ mg/m}^3$ (gemessen $1,8 \text{ mg/m}^3$) und für NO_x $195 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (Gesamtkonzentration $282 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, gemessen $\text{NO} : 146,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, $\text{NO}_2 : 68,8 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, entspricht $293 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \text{ NO}_x$). Die berechneten Konzentration liegen im Fall des CO deutlich unter den gemessenen, für NO_x ist die Übereinstimmung sehr gut.

Die Benzolkonzentrationen liegen im westlichen Teil der Eisenbahnstr. fast überall zwischen 10 und $15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, stellenweise zwischen 15 und $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ und überschreiten damit die zulässigen Grenzwerte deutlich.

Für den 01.10.93, 10:00 Uhr liegen berechnete Konzentrationsverteilungen für CO, NMHC (Abb. 93) und Benzol vor und können mit den Meßwerten verglichen werden. NO_x wurde nicht gemessen, deshalb wurde auch keine Verteilung berechnet. Der Wind wehte aus einer Richtung von 230° bei einer Windgeschwindigkeit von $2,2 \text{ m/s}$.

Der Standort des Meßwagens ist für diese Ausbreitungssituation etwas günstiger, trotzdem herrschen am Standort noch große Konzentrationsgefälle. Am stärksten belastet werden in dieser Episode der erste östlich von der Kreuzung gelegene Abschnitt der Eisenbahnstr. und der nördliche Abschnitt der Hermann-Liebmann-Str. Die absolut höchsten Konzentrationen treten unmittelbar auf der Kreuzung auf. Auch in dieser Ausbreitungsepisode erweist sich die Blockbebauung als sehr guter Schutz vor Immissionen in den Innenhöfen.

Für den Standort des Meßwagens ergibt die Rechnung für CO $0,9 \text{ mg/m}^3$ (Gesamtkonzentration $1,6 \text{ mg/m}^3$, gemessen $1,5 \text{ mg/m}^3$) und für NMHC $0,5 \text{ mg/m}^3$ (gemessen $2,4 \text{ mg/m}^3$). Die maximalen berechneten Konzentrationen für Benzol liegen bei $10-15 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (Gesamtkonzentration $15 - 20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$).

Am 07.10.93, 18:00 Uhr war die Windrichtung ähnlich (240°) wie am 01.10.93, es herrschte aber eine geringere Windgeschwindigkeit, die höhere Konzentrationen erwarten ließ. Außerdem waren die Emissionen zu diesem Zeitpunkt deutlich höher als am 01.10. (s. Tabelle 17). Berechnet wurde die Konzentrationsverteilung für CO (Abb. 87), NMHC und Benzol (Abb. 89 - 91).

Für CO werden $1,9 \text{ mg/m}^3$ berechnet (Gesamtkonzentration $2,6 \text{ mg/m}^3$, gemessen $2-3 \text{ mg/m}^3$) und für NMHC $0,9 \text{ mg/m}^3$ (gemessen $2,5 \text{ mg/m}^3$). Das Maximum für CO liegt unmittelbar auf der Kreuzung ($2-5 \text{ mg/m}^3$) und für NMHC bei $1-2 \text{ mg/m}^3$. Benzol erreicht auf der Kreuzung und in der Eisenbahnstr. östlich der Kreuzung Werte von $20-50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, sonst auf größeren Abschnitten in der Eisenbahn- und in der Hermann-Liebmann-Str. $10-20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

In den Abb. 90 und 91 wird die Benzolverteilung in Höhe der 3. und 5. Stockwerke dargestellt. Die Konzentration nimmt mit der Höhe rasch ab, die höchsten Konzentrationen treten unmittelbar an der Häuserfront in der Eisenbahnstr. auf. In weiten Bereichen der Straßenschluchten betragen die Immissionen in größeren Höhen immer noch $5-7$ bzw. $3-5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

Die Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Werten von CO und NO_x ist trotz gewisser Streuungen befriedigend. Für NMHC wurden wegen des Einflusses unbekannter Quellen keine besseren Resultate erwartet. Die berechneten Immissionswerte für Benzol liegen in der Größenordnung von Meßwerten an der Modellkreuzung, die allerdings an anderen Tagen gewonnen wurden (Amt für Umweltschutz, 1995).

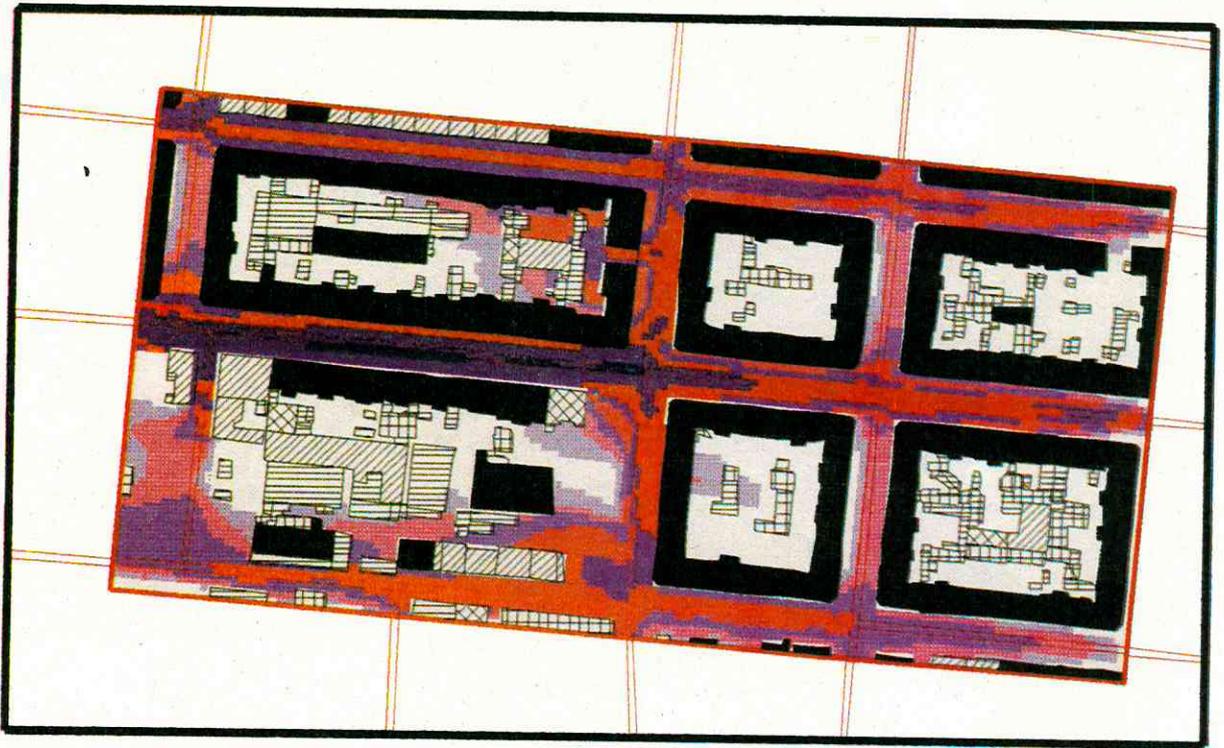


Abb. 84 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g m}^3$) für CO am 15.07.92

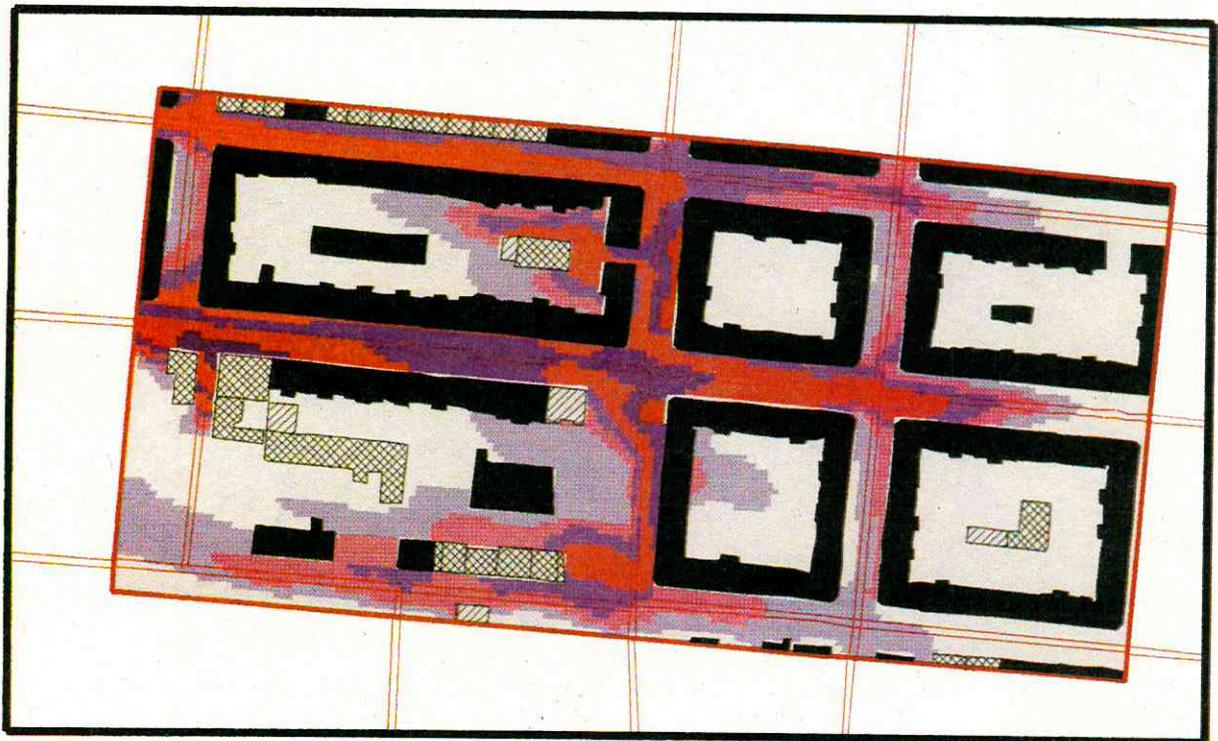


Abb. 85 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g m}^3$) für CO am 15.07.92, 3. Stock

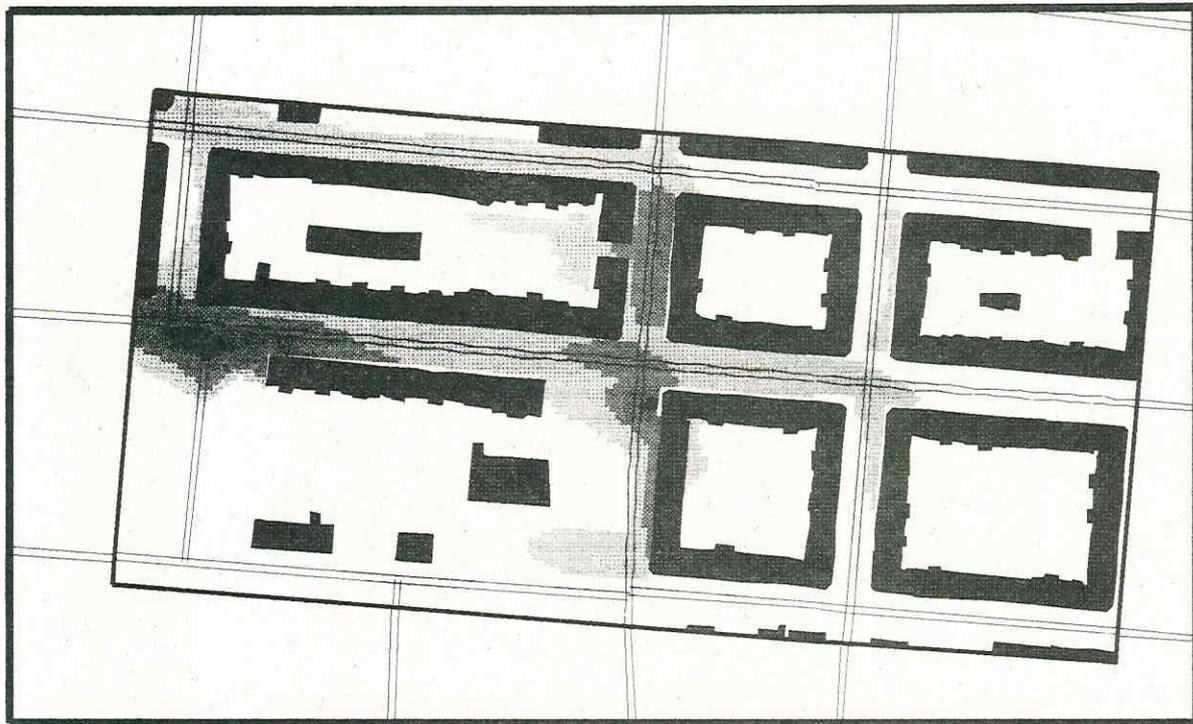


Abb. 86 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für CO am 15.07.92, 5. Stock

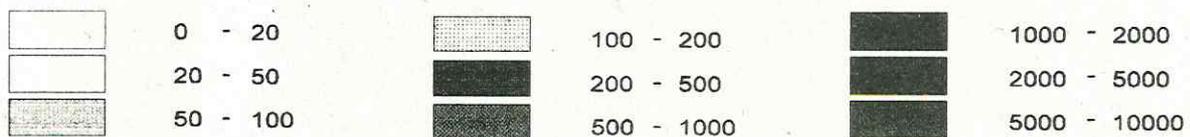
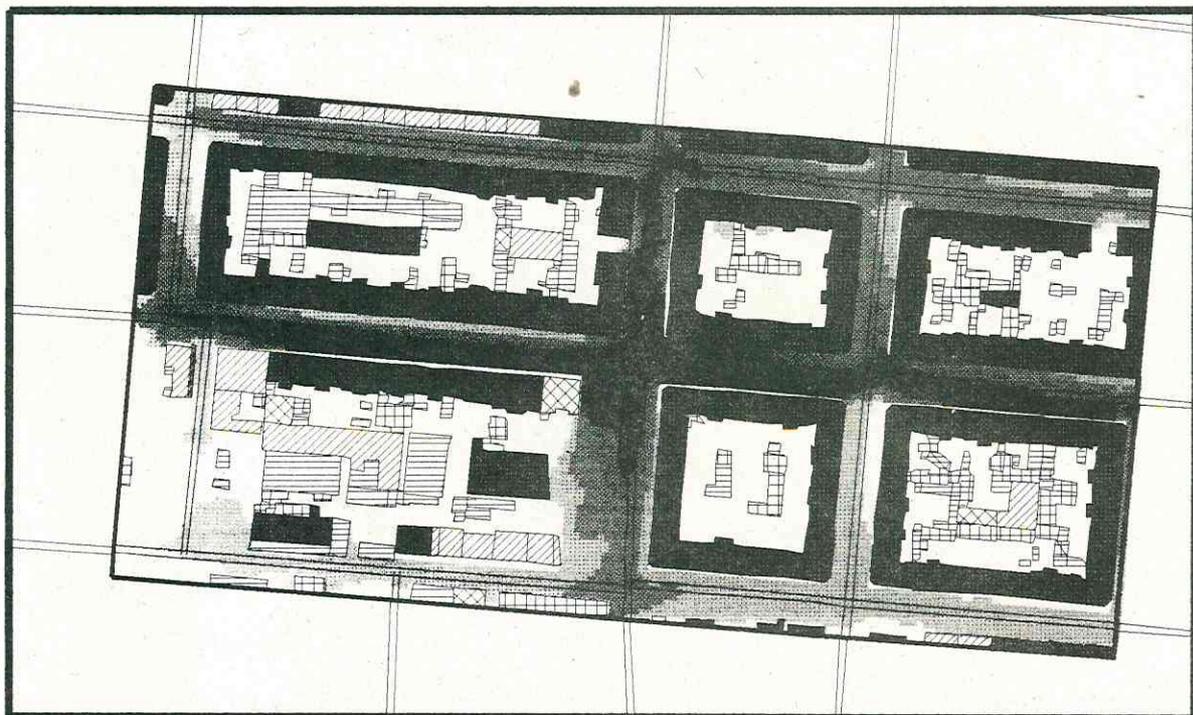


Abb. 87 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für CO am 07.10.93

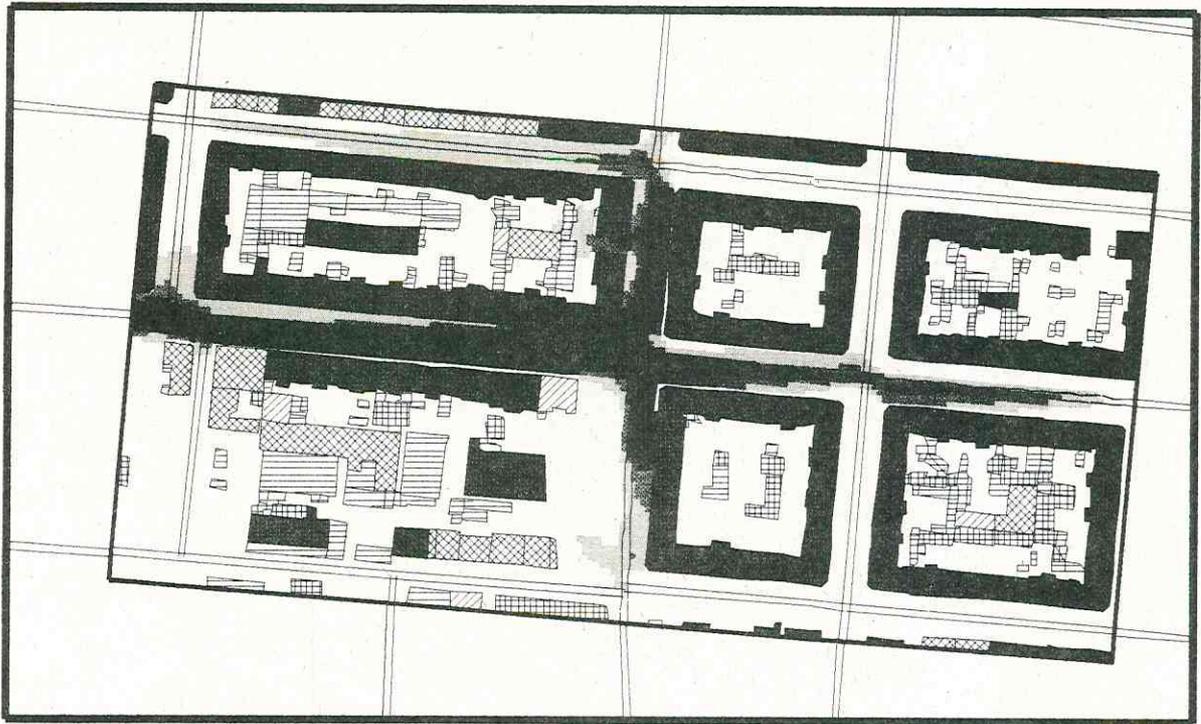
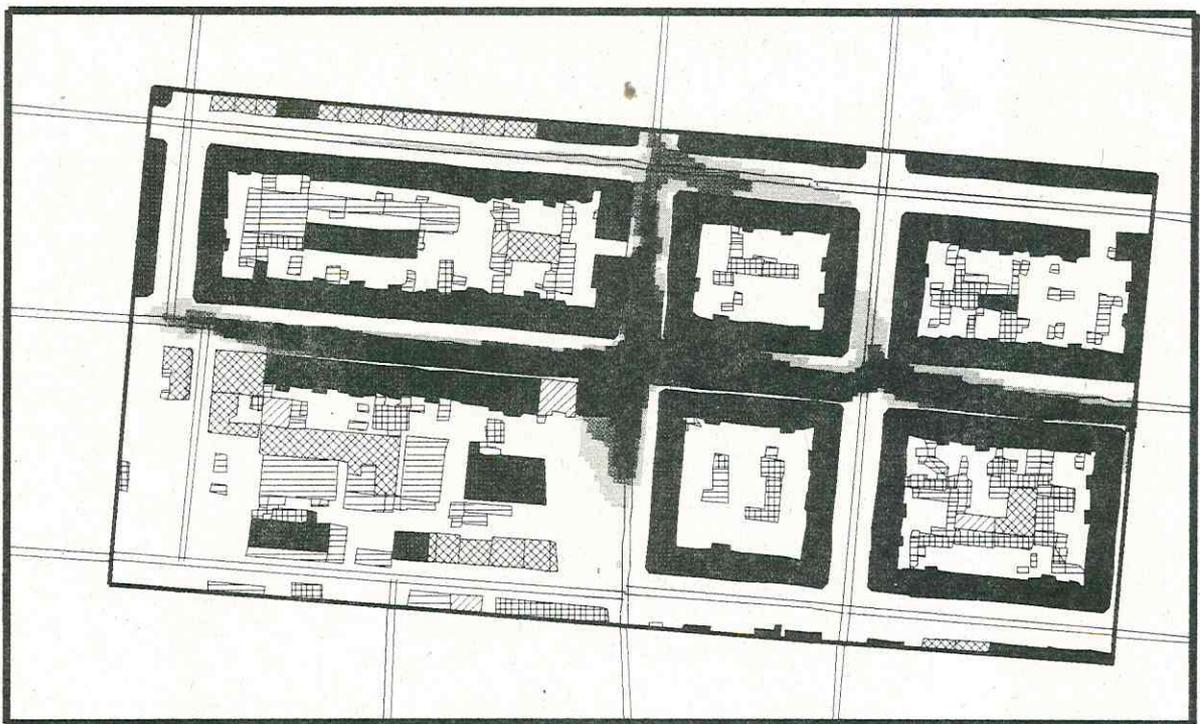


Abb. 88 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für Benzol am 23.09.93



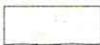
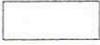
	0 - 1		3 - 5		10 - 15
	1 - 2		5 - 7		15 - 20
	2 - 3		7 - 10		20 - 50

Abb. 89 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für Benzol am 07.10.93

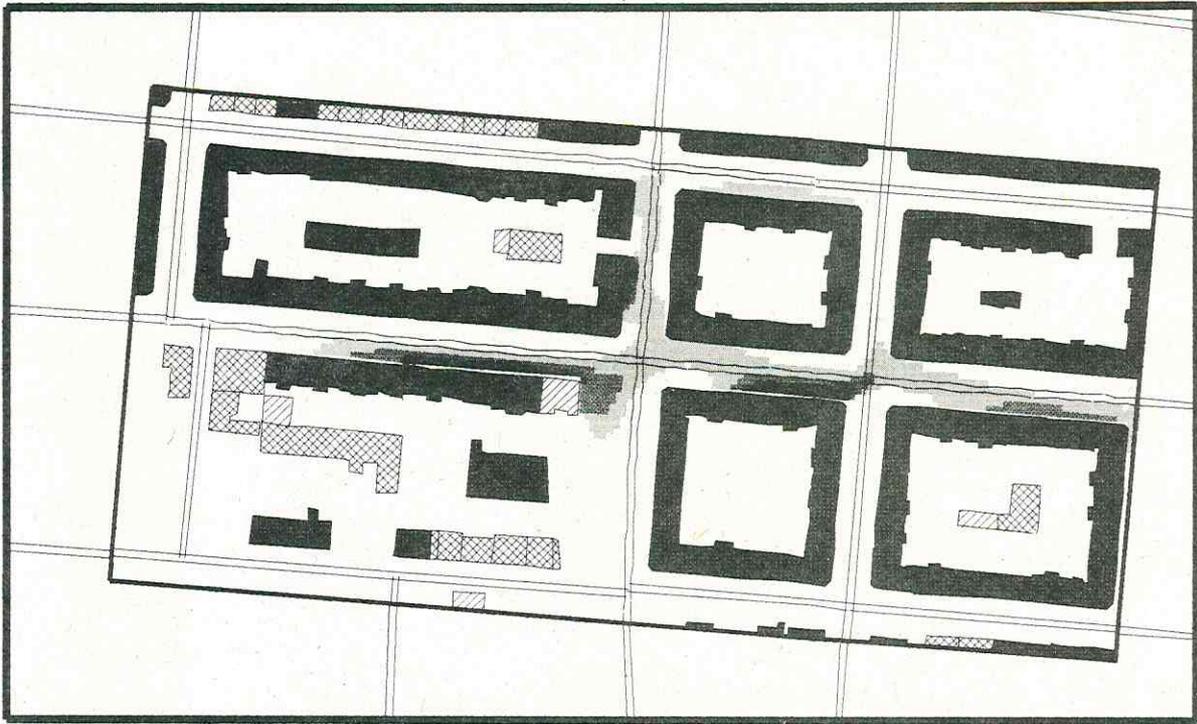
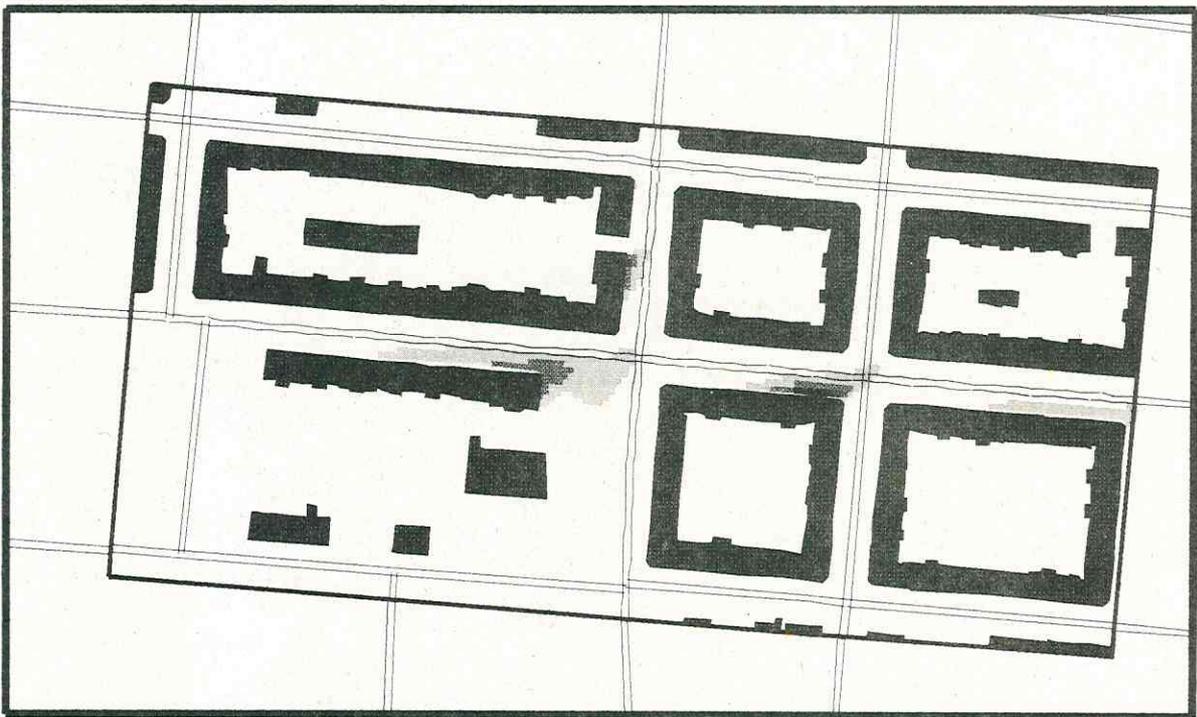


Abb. 90 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für Benzol am 07.10.93, 3. Stock



	0 - 1		3 - 5		10 - 15
	1 - 2		5 - 7		15 - 20
	2 - 3		7 - 10		20 - 50

Abb. 91 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für Benzol am 07.10.93, 5. Stock

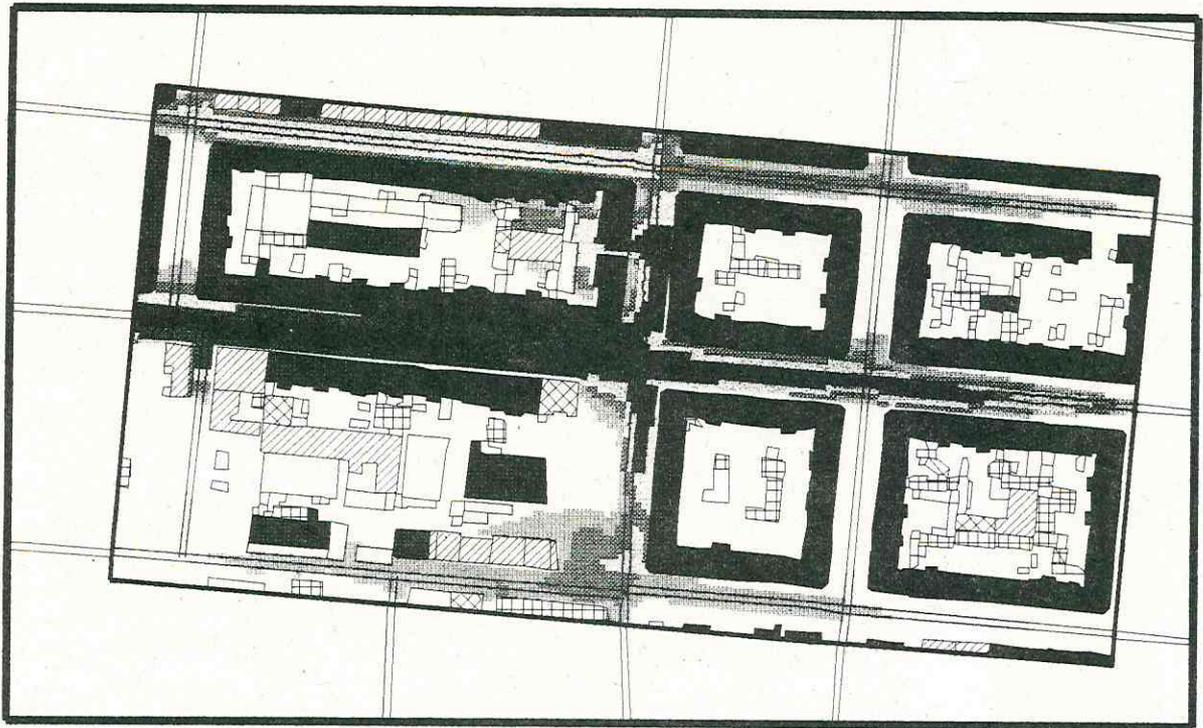


Abb. 92 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für NMHC am 29.09.93

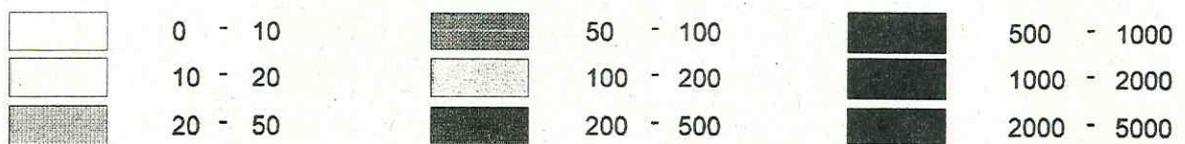
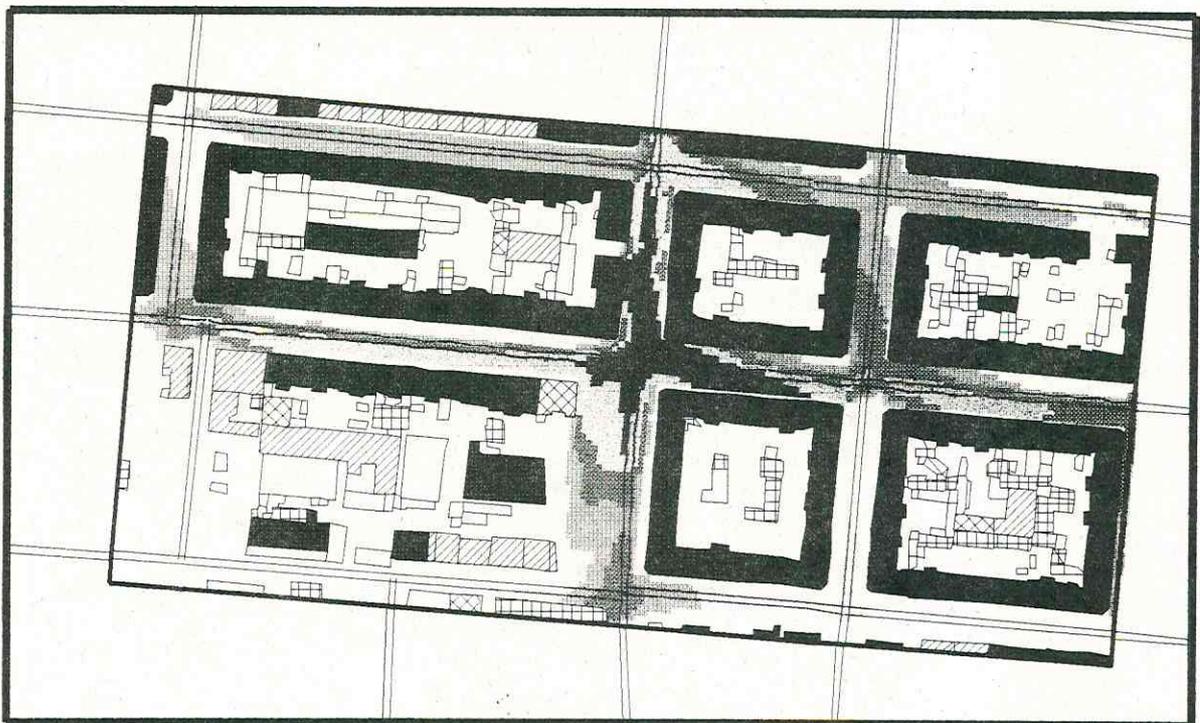


Abb. 93 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für NMHC am 01.10.93

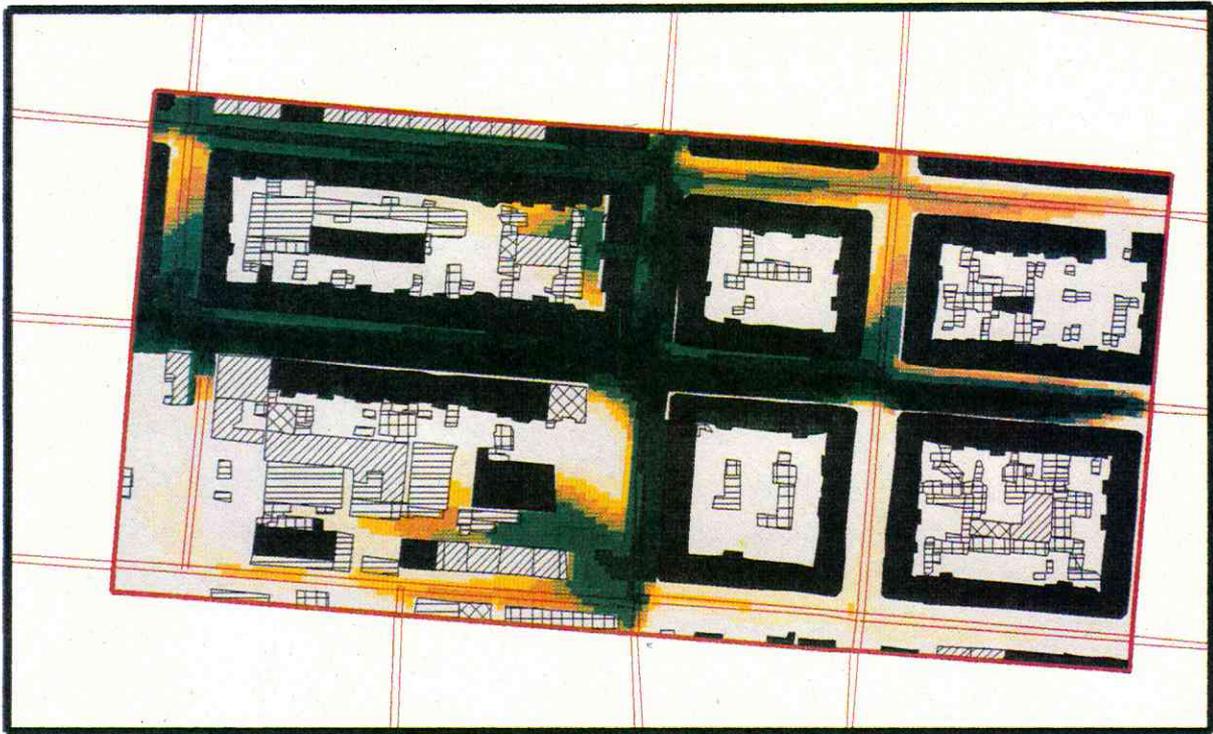


Abb. 94 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für NO_x am 23.09.93

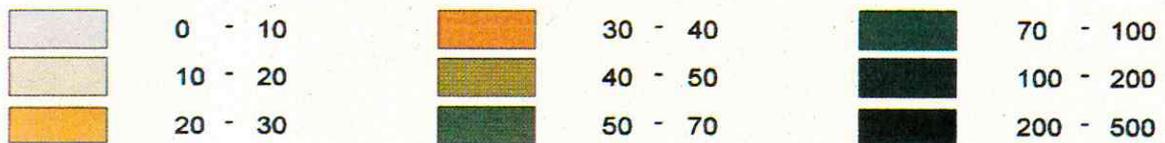
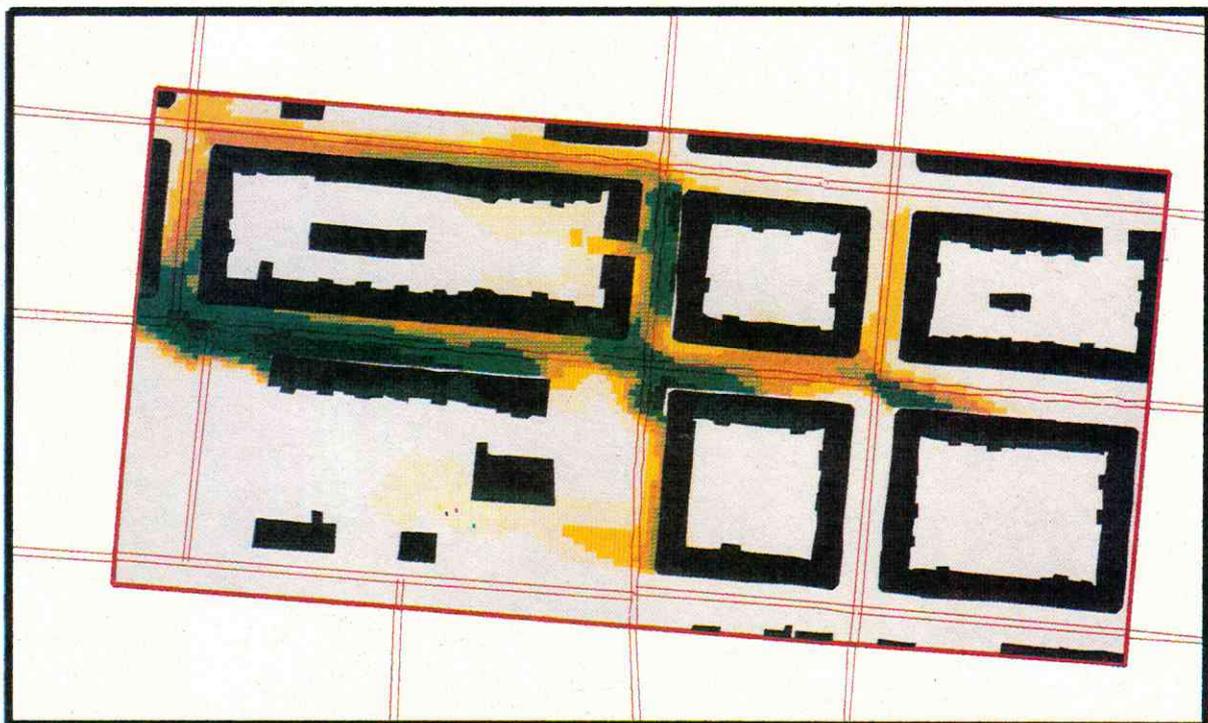


Abb. 95 : Berechnete Konzentrationsverteilung ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) für NO_x am 23.09.93, 5. Stock

2.4.2 Modelle zur Schadstoffausbreitung im Stadtgebiet

Die Modellierung der Schadstoffausbreitung in Straßenschluchten bzw. an Straßenkreuzungen (s. 2.4.1) ist zweifelsfrei am wichtigsten, da dort die höchsten Immissionskonzentrationen auftreten. Diese sind aber stets Überlagerungen aus einer Vorbelastung (auch Hintergrundbelastung) und unmittelbar in der Straßenschlucht emittierten Schadstoffen. Vorbelastungen werden in Modellen - wenn überhaupt - sehr unterschiedlich behandelt. Im Programmpaket PROKAS (LOHMEYER, 1994) wird eine großräumige Vorbelastung *ohne Einfluß des Straßennetzes* berücksichtigt. Dagegen verstehen DIEGMANN & WIEGAND 1995 unter Hintergrundbelastung *alles, was nicht aus dem Verkehr der betreffenden Straße stammt*, verwenden in den Berechnungen aber die schwer nachzuvollziehende Annahme *Vorbelastung = Zusatzbelastung*. PFEIFFER et.al. 1995 definieren für die Vorbelastung lediglich 3 aus Meßwerten in Baden-Württemberg gewonnene Klassen (Vorbelastungstypen) : Stadtzentrum, Stadtrand, Dorf und schlagen die entsprechenden Konzentrationen für NO_x und Benzol den für einzelne Straßen berechneten Immissionskonzentrationen zu.

Für die Berechnung einer Vorbelastung sind großflächige Modellierungen über ein Stadt- oder Ballungsgebiet erforderlich (z.B. MOHRY et.al. 1975; FORTAK, 1978; KROPP, 1980; LOHMEYER, 1994). Ausbreitungsrechnungen in diesem Maßstab sind - auch für mobile Quellen - mit Gaußmodellen unter Beachtung der Anwendungsrestriktionen möglich (GUTSCHE, 1980). Das Gauß'sche Ausbreitungsmodell in der Fassung der TA Luft (KRdL, 1986) hat folgende Form (Windrichtung entspricht X-Achse, Y-Achse quer zur Windrichtung) :

$$C_{(x,y,z)} = \frac{10^6}{3600 \cdot 2\pi} \cdot \frac{E}{u_h \sigma_y \sigma_z} \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

$$\sigma_y = F \cdot x^f$$

$$\sigma_z = G \cdot x^g$$

Ausbreitungsklasse = f (Windgeschwindigkeit, Bedeckungsgrad, Tageszeit, Jahreszeit)

Tabellen für F, f, G, g (abhängig von Ausbreitungsklasse)

E : Emissionsmassenstrom [kg/h]

h : Quellhöhe [m]

z : Höhe des Aufpunktes [m]

u_h : Windgeschwindigkeit [m/s]

C(x,y,z) : Konzentration [mg/m³]

DITTMANN, 1986 faßt Gültigkeitsbereich und Restriktionen für das Modell zusammen :

- gültig für 1 Punktquelle (Schornsteinhöhe > 100 m)
- gültig für Gase und/oder feinkörnige Stäube ($\varnothing < 3 \mu\text{m}$)
- gültig für ebenes und wenig strukturiertes Gelände
- gültig für Windgeschwindigkeiten > 1 m/s
- keine Windrichtungsänderung im Berechnungszeitraum
- Emissionsmassenstrom muß für einige Stunden konstant sein
- keine physikalischen oder chemischen Umwandlungen
- Annahme der Totalreflexion am Boden
- keine Ergebnisse im Nahbereich (0,5 - 0,8 km)

Das Modell wird häufig angewandt, auch wenn einige Restriktionen nicht erfüllt sind (JOCKEL, 1992). Die Anstriche 2 und 8 bereiten i.a. keine Probleme. Die Anstriche 4 - 6 lassen sich bei Simulationsrechnungen einhalten. Die Bedingung "keine physikalischen und chemischen Umwandlungen" kann für CO, NMHC und Benzol als erfüllt angesehen werden. Für NO und NO₂ ist das Modell in dieser Form ohne Reaktionsterm nicht gültig, wohl aber für NO_x, da bei den typischen photochemischen Reaktionen der Kfz-Abgase Stickoxide nur als Katalysator wirken, d.h. in der Summe konstant bleiben.

Im Gegensatz zu DITTMANN (Quellhöhe > 100 m) wird das Gaußmodell durchaus auch für die Schadstoffausbreitung aus verschiedensten Bodenquellen eingesetzt (s. JOCKEL, 1992, Staubemissionen; HÜTTNER & SCHNEIDER 1976, Kfz-Emissionen; KRAUSE&LUNG 1993, Stallemissionen).

Die Gültigkeitsforderung nach einer Punktquelle wird durch die Zerlegung von Linien- und Flächenquellen in Punktquellen und deren Überlagerung erfüllt (HÜTTNER & SCHNEIDER; JOCKEL; TA Luft 1986).

Die von DITTMANN getroffene Ausklammerung des Nahbereichs von 0,5 - 0,8 km ist als Folge der Forderung nach der Mindestquellhöhe von 100 m anzusehen. Für niedrige Quellen wird sonst der Gültigkeitsbereich von 100 m bis zu einigen Kilometern angegeben (HÜTTNER & SCHNEIDER : 100 m - 100 km; KROPP : 100 m - 30 km; Landesanstalt für Immissionsschutz, 1987 : 100 m - 15 km).

Das größte Problem stellt die Forderung nach ebenem, unbebautem Gelände dar. Diese Forderung ist in einem Stadtgebiet nicht erfüllt und bringt auch dann noch Unsicherheiten in

die Ergebnisse, wenn die Konzentrationsfelder für eine mittlere Höhe oberhalb der Bebauung von z.B. 20 m berechnet werden (KROPP, 1980).

Für sehr grobe Immissionsabschätzungen (Immissionskataster) mit dem Gaußmodell werden häufig die Werte aus einem Emissionskataster ohne Aufspaltung als eine Punktquelle verwendet (Mindestabstand Quelle/Aufpunkt dabei je nach Windrichtung 1 km - $\sqrt{2}$ km). Bereits FORTAK, 1978 hat auf beträchtliche Differenzen bei der Konzentrationsberechnung aus einer Punktquelle im Vergleich zur Konzentrationsberechnung nach der Aufspaltung dieser Punktquelle in 5 Einzelquellen bei konstanter Summe der Emissionen hingewiesen. Da insbesondere bei niedrigen Quellen die Konzentrationsmaxima bei Entfernungen < 1 km auftreten, sind bereits im 1. Zwischenbericht zu diesem Projekt (WAGLER, 1993) Untersuchungen zur notwendigen und hinreichenden Aufspaltung von Flächenquellen durchgeführt worden. Je größer man die Anzahl der Punktquellen pro Rasterquadrat (in die der Emissionswert der Katasterfläche gleichverteilt aufgesplittet wird) ansetzt, umso genauer ist das Ergebnis der Konzentrationsberechnung. Andererseits nimmt die Rechenzeit etwa quadratisch mit der Aufspaltung zu. Es ist also ein Kompromiß zu finden.

Die Koordinaten der aufgesplitteten Punktquellen (für ein Rasterquadrat mit den Koordinaten X_0, Y_0 ; n = Aufspaltung/Koordinate) betragen :

$$x_i = x_0 - \frac{(n - 2 \cdot (i - 1) - 1) \cdot 1000}{2 \cdot n}$$

$$y_j = y_0 + \frac{(n - 2 \cdot (j - 1) - 1) \cdot 1000}{2 \cdot n}$$

Bei Entfernungen Quelle/Aufpunkt von 1 km (benachbarte Rasterquadrate) sollte die Aufspaltung mindestens $6 \cdot 6$ betragen. Für Entfernungen von 3 km etwa $4 \cdot 4$. Erst bei Entfernungen von 6 - 8 km (je nach gewählter Fehlerschranke) ist kaum noch ein Unterschied zwischen einer Punktquelle und mehreren aufgesplitteten Quellen festzustellen.

Im Ergebnis der Voruntersuchungen wurde ein PC-Programm zur Berechnung der Ausbreitung von Kfz-Emissionen im Stadtbereich mit folgenden Parametern und Variationsmöglichkeiten erarbeitet :

- das Raster der Stadt Leipzig ($19 \cdot 18$ km) kann für die Quellen bis zu einem Raster von $125 \text{ m} \cdot 125 \text{ m}$ aufgesplittet werden
- das Raster der Aufpunkte (Immissionen) beträgt $125 \text{ m} \cdot 125 \text{ m}$, bevorzugt $250 \text{ m} \cdot 250 \text{ m}$
- Variation von Windgeschwindigkeit, Windrichtung (um jeweils 30° , aber auch jede beliebige Windrichtung ist möglich)
- Variation der Ausbreitungsklassen (nach TA Luft)
- Ausbreitung der Schadstoffe CO, NO_x, NMHC, Benzol

Zur Rechenzeitverkürzung dienen einige Restriktionen und Vereinfachungen :

- Rasterquadrate mit Emissionsmassenstrom = 0 bleiben sofort unberücksichtigt
- alle Rasterquadrate im Lee des Aufpunktes finden als Quelle von vornherein keine Berücksichtigung
- nur für Kfz-Emissionen (alle Quellen haben gleiche Quellhöhe) : die rechenzeitintensiven Exponentialausdrücke werden zu Beginn des Rechenganges einmalig berechnet, abgespeichert und punktweise verwendet
- Rasterquadrate mit einem Wert des Exponentialausdruckes $< \varepsilon$ unterdrückt das Programm als Quelle ebenfalls (ε wird so gewählt, daß der Gesamtfehler 1 % nicht übersteigt)

Im 125 m-Raster für die Immission dauert eine Einzelrechnung etwa 1,5 h. Die Immissionsfelder sind deshalb für das 250 m-Raster berechnet worden, das noch genügend Differenzierungen der Konzentrationen ermöglicht.

Die Ergebnisse sind in den Abb. 96 - 101 dargestellt. Die Berechnung von Jahresmittelwerten erfolgt auf der Basis der Windrichtungsstatistik Leipzigs (Amt für Umweltschutz, 1991), d.h. für jede der 12 Windrichtungsklassen mit der Abstufung von 30° wurden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt und die Konzentrationen gewichtet gemittelt. Die Windgeschwindigkeit betrug in allen Rechnungen 2 m/s, als Ausbreitungs-kategorie wurde "neutral" gewählt und als Quellen wurden die Emissionen des 125 m-Rasters (s.2.2.5) verwendet.

Die Immissionskonzentrationen sind für jeden Schadstoff (CO : Abb. 96 und 97; NO_x : Abb. 98 und 99; Benzol : Abb. 100 und 101) in 9 (willkürliche) Konzentrationsbereiche (alle Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) eingeteilt und werden farblich abgestuft dargestellt. Durch die Klasseneinteilung entstehen ausgeglichene großflächige Immissionskennfelder. Trotzdem sind sowohl Gebiete mit niedriger Immission (wenig bebaute Gebiete ohne Hauptstraßen, Wohngebiete in größerer Entfernung von Hauptstraßen, nördlicher und südlicher Auwald, landwirtschaftlich genutzte Flächen) als auch durch Hauptstraßen geprägte Strukturen als Gebiete höherer Immissionen (Zentrum, Bereiche in der Nähe der Bundesstraßen und der Autobahn) zu erkennen.

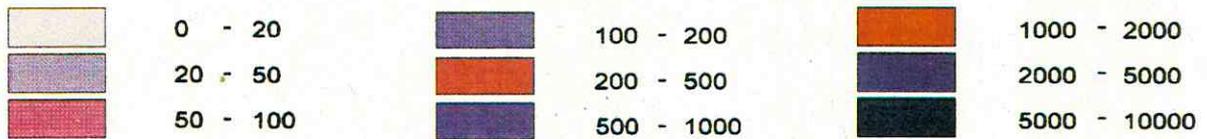
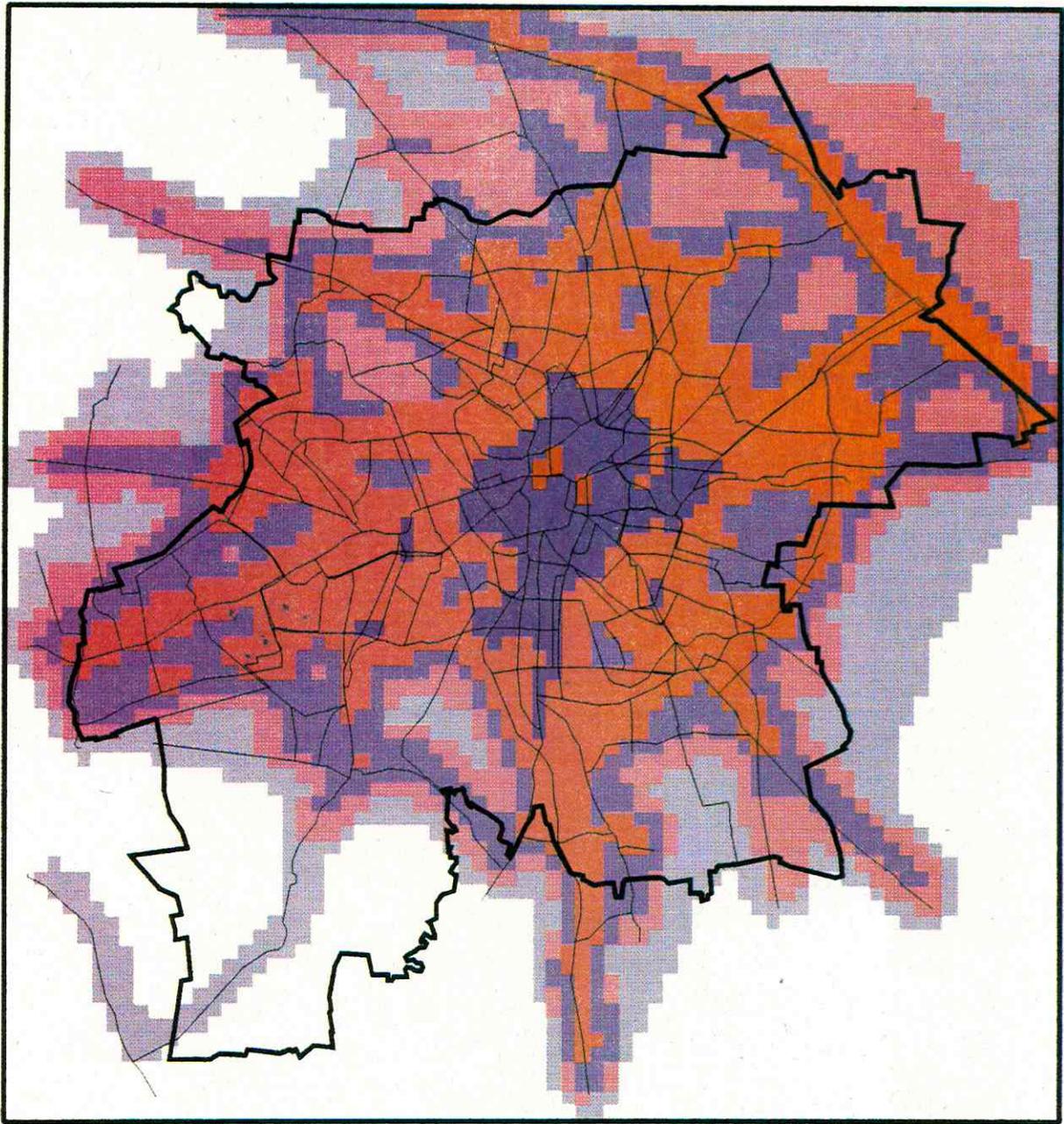


Abb. 96 : Jahresmittelwerte der CO-Immissionskonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
Bezugsjahr 1992

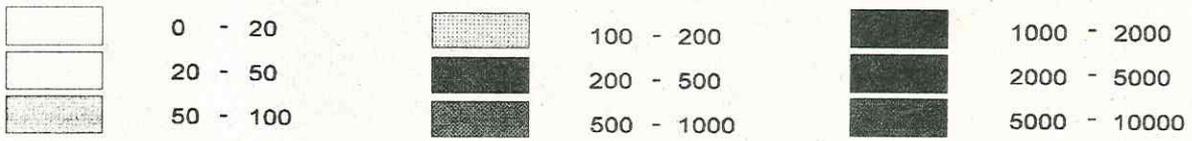
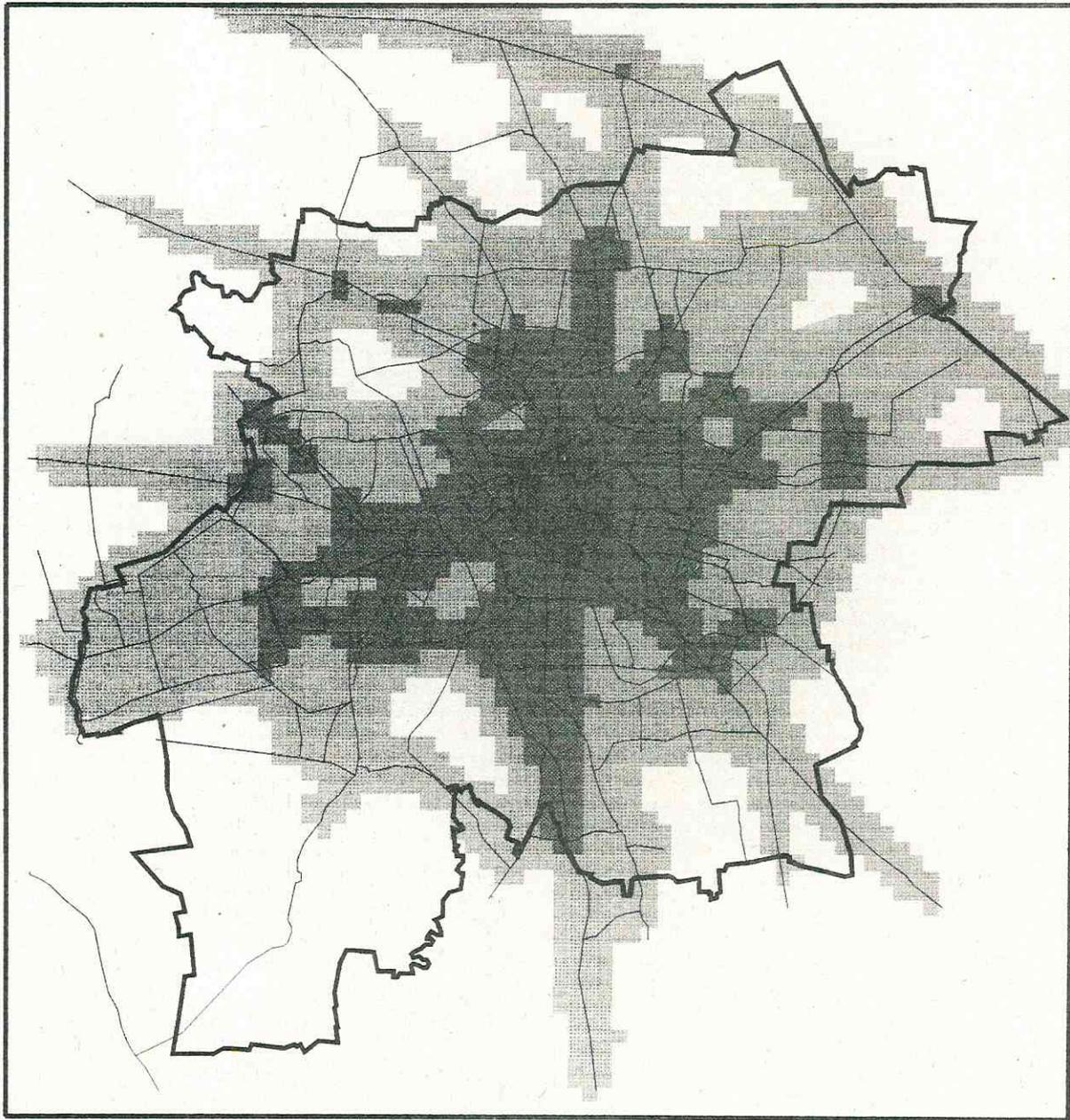


Abb. 97 : Jahresmittelwerte der CO-Immissionskonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
Bezugsjahr 1994

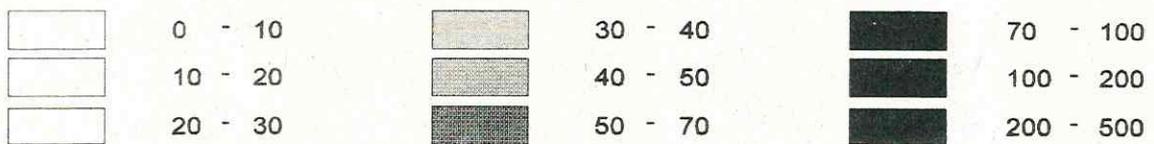
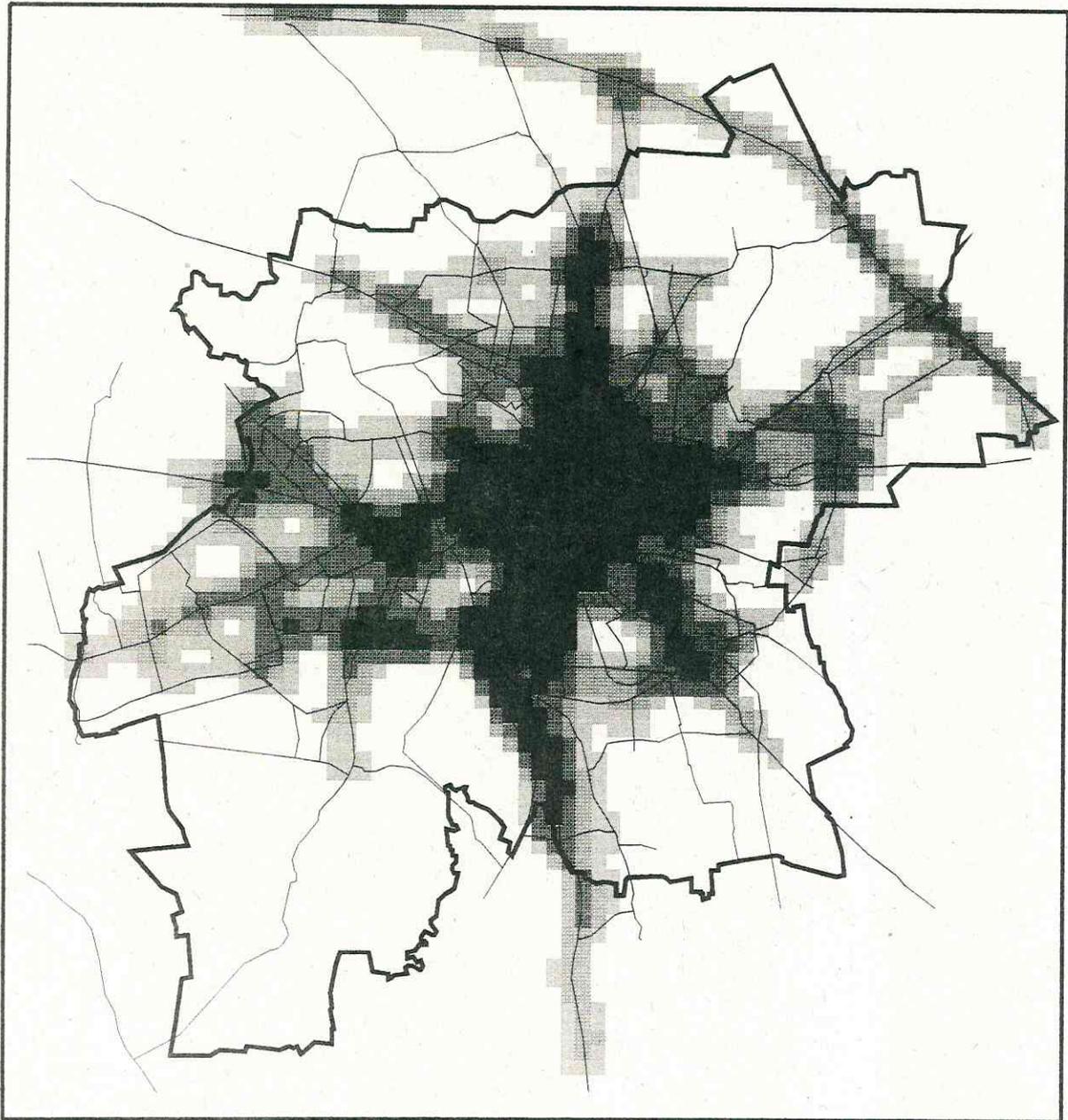


Abb. 98 : Jahresmittelwerte der NO_x -Immissionskonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
Bezugsjahr 1992

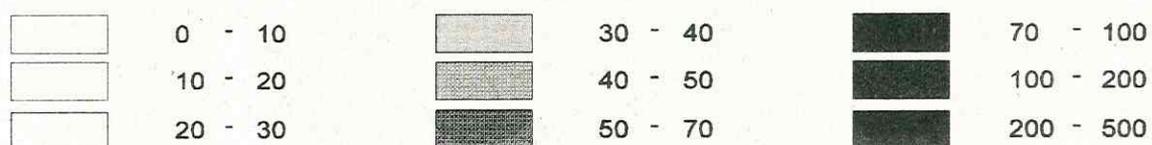
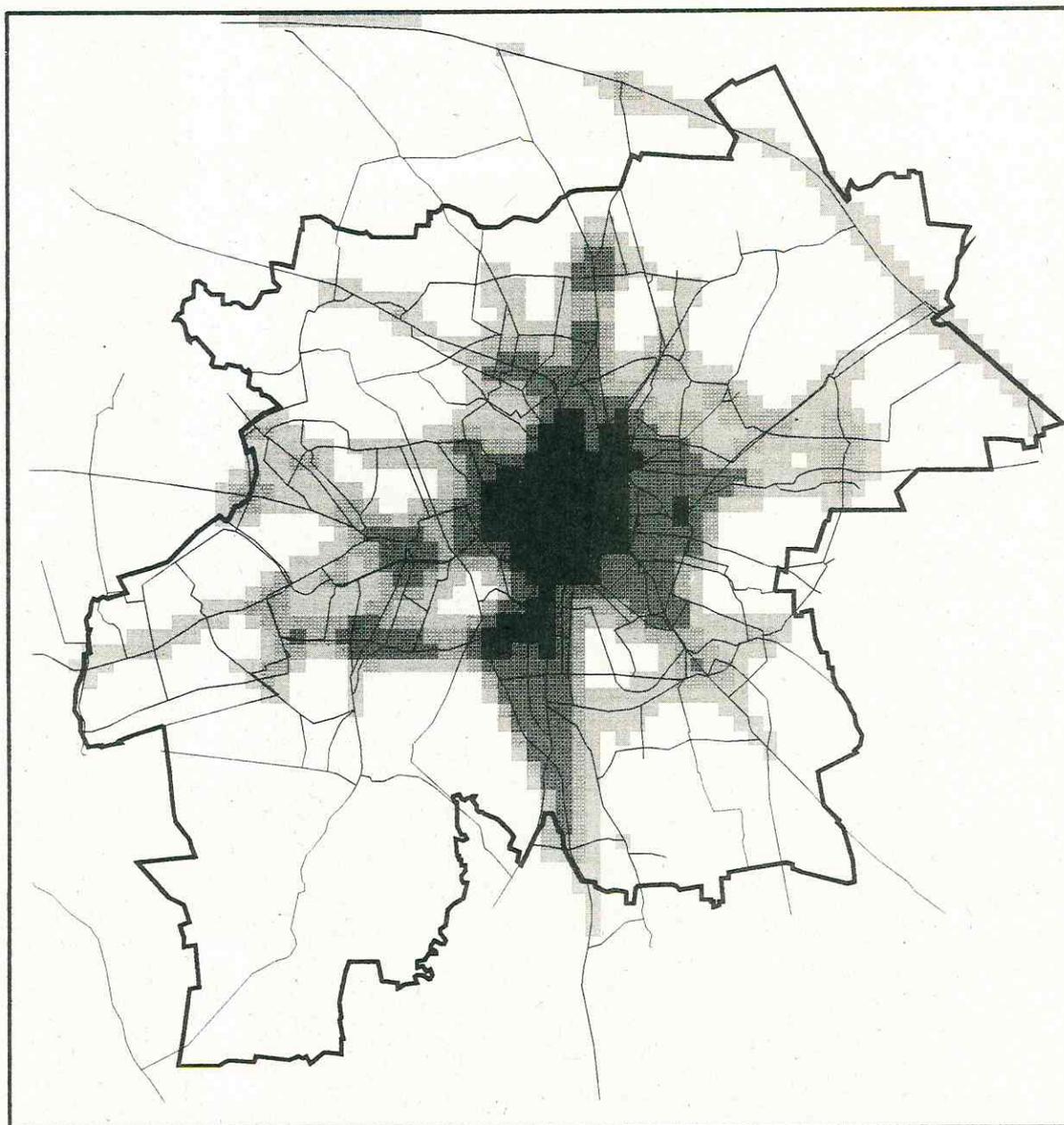


Abb. 99 : Jahresmittelwerte der NO_x -Immissionskonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
Bezugsjahr 1994

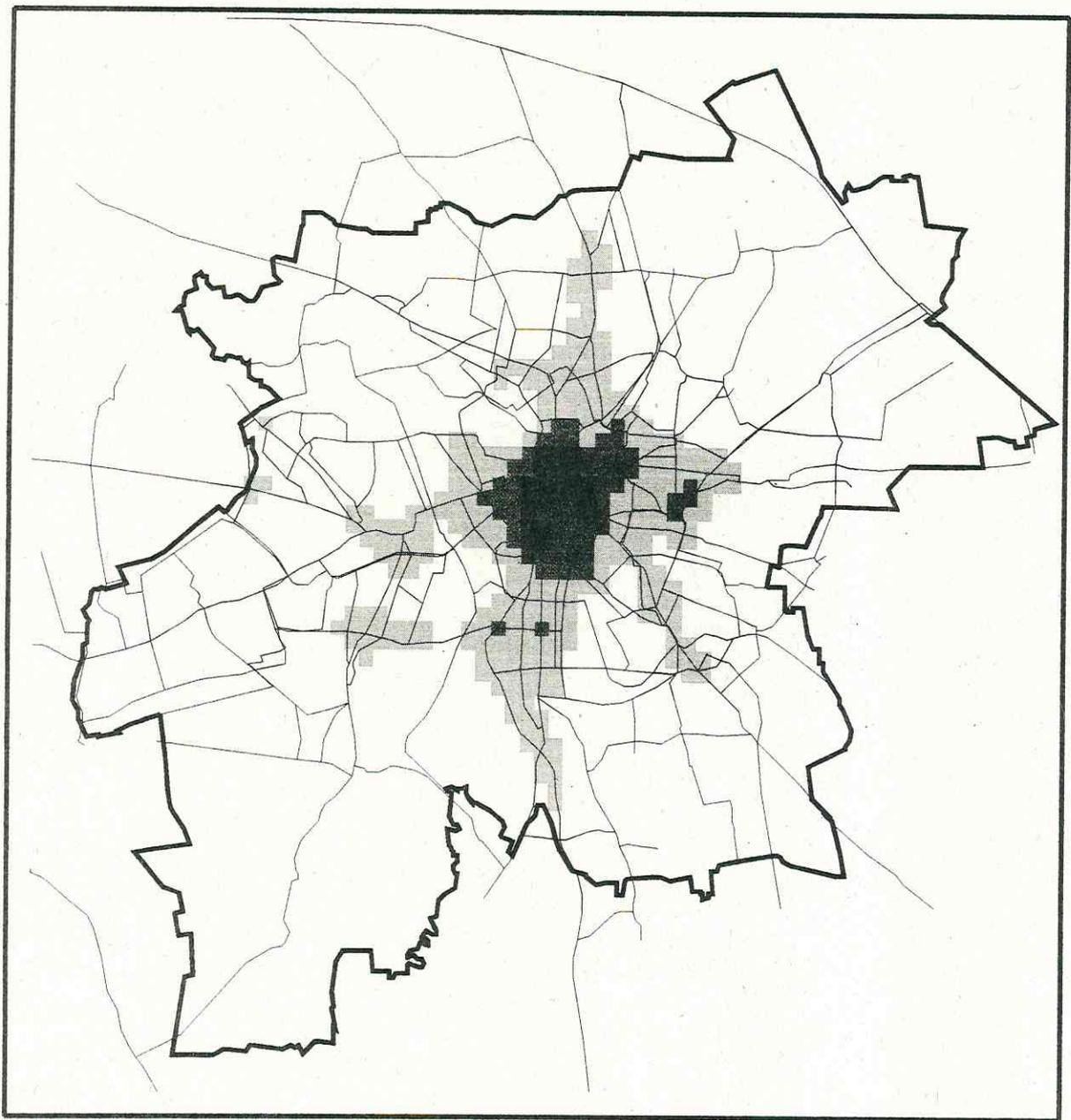


Abb. 100 : Jahresmittelwerte der Benzol-Immissionskonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
Bezugsjahr 1992

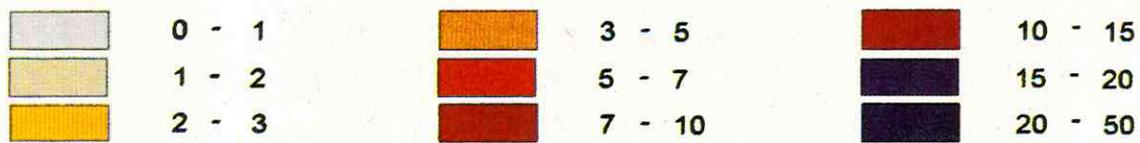
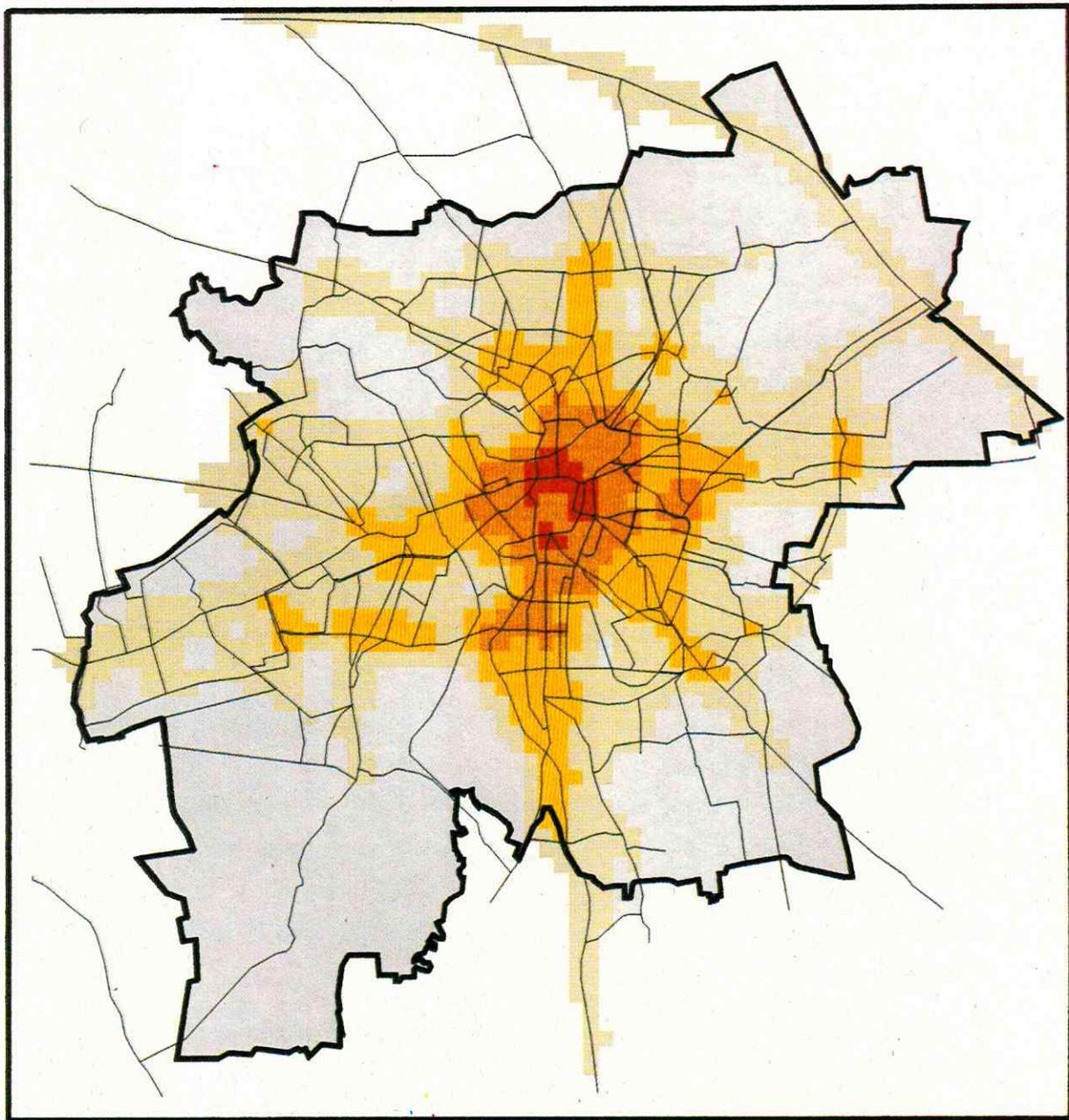


Abb. 101 : Jahresmittelwerte der Benzol-Immissionskonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
 Bezugsjahr 1994

Zur Modellverifizierung stehen nur wenige Meßwerte zur Verfügung (Amt für Umweltschutz, 1995). Der Jahresmittelwert für CO betrug 1992 am Hauptbahnhof $1139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in Abb. 96 berühren sich am Hauptbahnhof gerade die Konzentrationsbereiche $500 - 1000$ und $1000 - 2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der genaue Wert ist $992 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 1994 betrug der Jahresmittelwert $950 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Abb. 97 befindet sich der Hauptbahnhof im Bereich $500 - 1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (genauer Wert ist $681 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In der Beethovenstr. wurde 1993 ein Jahresmittelwert von $770 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Auch dieser Wert wird vom Modell sehr gut wiedergegeben ($753 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Im Mittel sind die berechneten Werte etwas tiefer als die Meßwerte.

Für Stickoxide sind nur Jahresmittelwerte am Hauptbahnhof bestimmt worden. Da die Modelle nur Angaben zu NO_x liefern (nach Definition der zugrunde liegenden Emissionsfaktoren bezogen auf NO_2), wurden die Meßwerte für NO und NO_2 auf NO_x umgerechnet. Die Jahresmittelwerte betragen dann für 1992 $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, für 1994 $72 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In den Abb. 98 und 99 liegt der Hauptbahnhof im Bereich $100 - 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (genaue Werte: 1992 $176 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994 $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die berechneten Werte fallen also zu hoch aus. Eine solche Überschätzung der Konzentration mit dem Gaußmodell berichtet z.B. auch schon KROPP, 1980. Die Ursache eines niedrigeren Meßwertes bei NO_x könnte z.B. sein, daß NO_2 als saureres Gas als CO einer schnelleren trockenen Deposition unterliegt und damit eine der Gültigkeitsvoraussetzungen des Modells weniger zutrifft als bei CO.

Eine Anpassung des Modells an Meßwerte ist aber wegen der zu geringen Vergleichswerte (Jahresmittelwerte) nicht möglich.

Der Umweltbericht Leipzig (Amt für Umweltschutz, 1995) enthält außer den wenigen Jahresmittelwerten noch eine Tabelle mit Kurzzeitmeßwerten an ausgewählten Standorten im Stadtgebiet. Einige dieser Meßwerte sind in den Abb. 102 (CO) und 103 (NO_x) dargestellt.

Diese Meßwerte sind aus mehreren Gründen nicht direkt mit den berechneten Jahresmittelwerten vergleichbar:

- Messungen erfolgten bei unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen (insbesondere Windrichtung, Windgeschwindigkeit)
- Meßwerte sind Kurzzeitmittelwerte (1,5 - 12 h)
- Meßorte befanden sich in der Mehrzahl an Kreuzungen oder in Straßenschluchten
- Messungen erfolgten in den Tagstunden (überdurchschnittliche Emissionen)
- Meßwerte verkörpern Gesamtmissionen, nicht nur Hintergrundbelastung, der die obigen berechneten Jahresmittelwerte entsprechen

Weil aber insgesamt nur sehr wenige Meßwerte zum Modellvergleich zur Verfügung stehen, wird ein Vergleich unter Berücksichtigung obiger Unsicherheiten trotzdem versucht. Dazu wird eine Anpassung der berechneten Immissionskonzentrationen vorgenommen: für die Immissionsberechnungen werden die erhöhten Emissionen der Tagstunden zugrunde gelegt. Diese erhöhten mittleren Immissionskonzentrationen der Tagstunden sind in den Abb. 106 - 109 dargestellt.

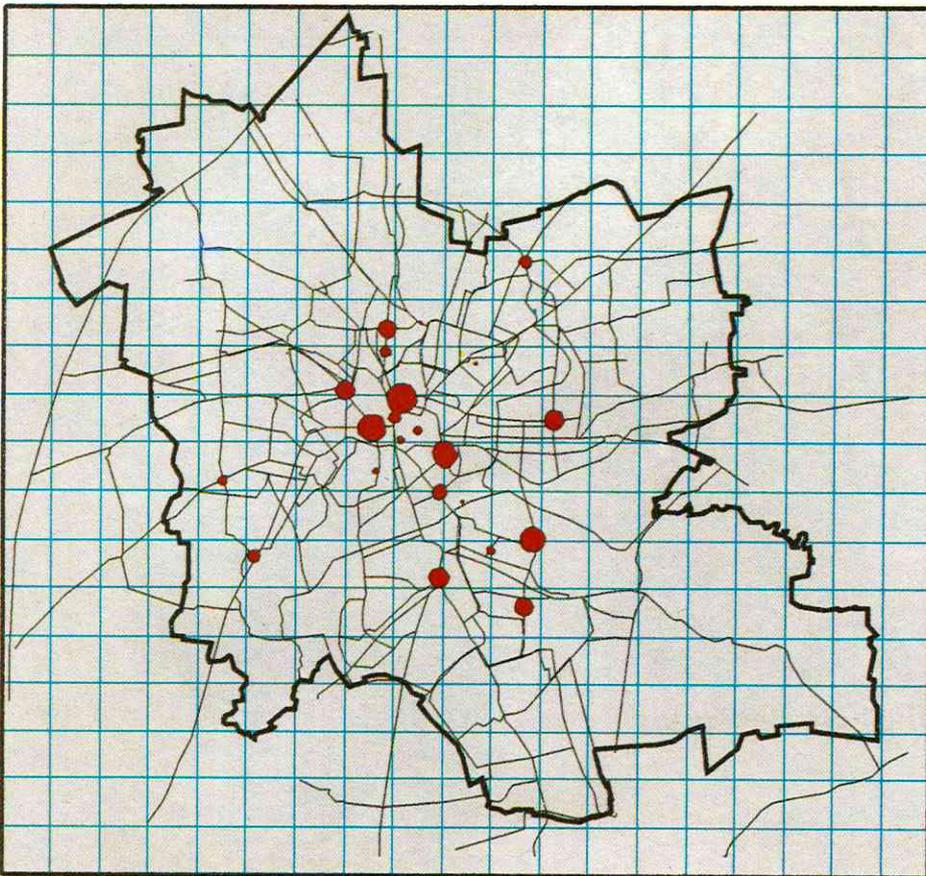


Abb. 102 : Kohlenmonoxidmessungen des Amtes für Umweltschutz

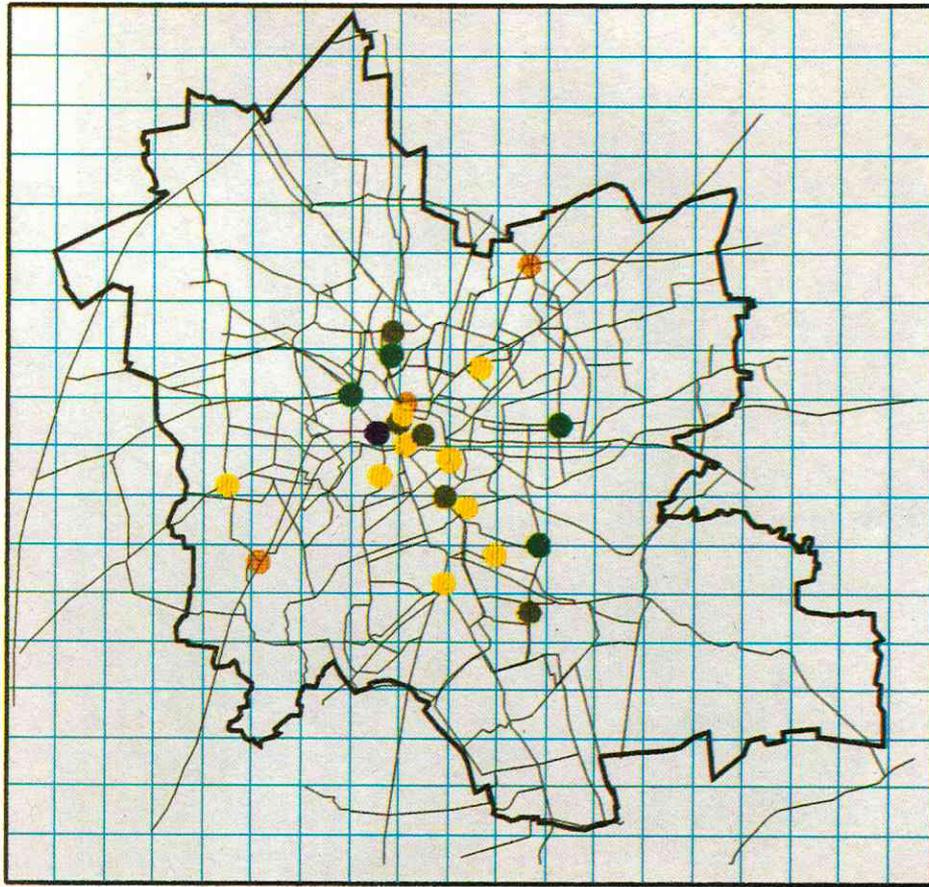


Abb. 103 : Stickoxidmessungen des Amtes für Umweltschutz

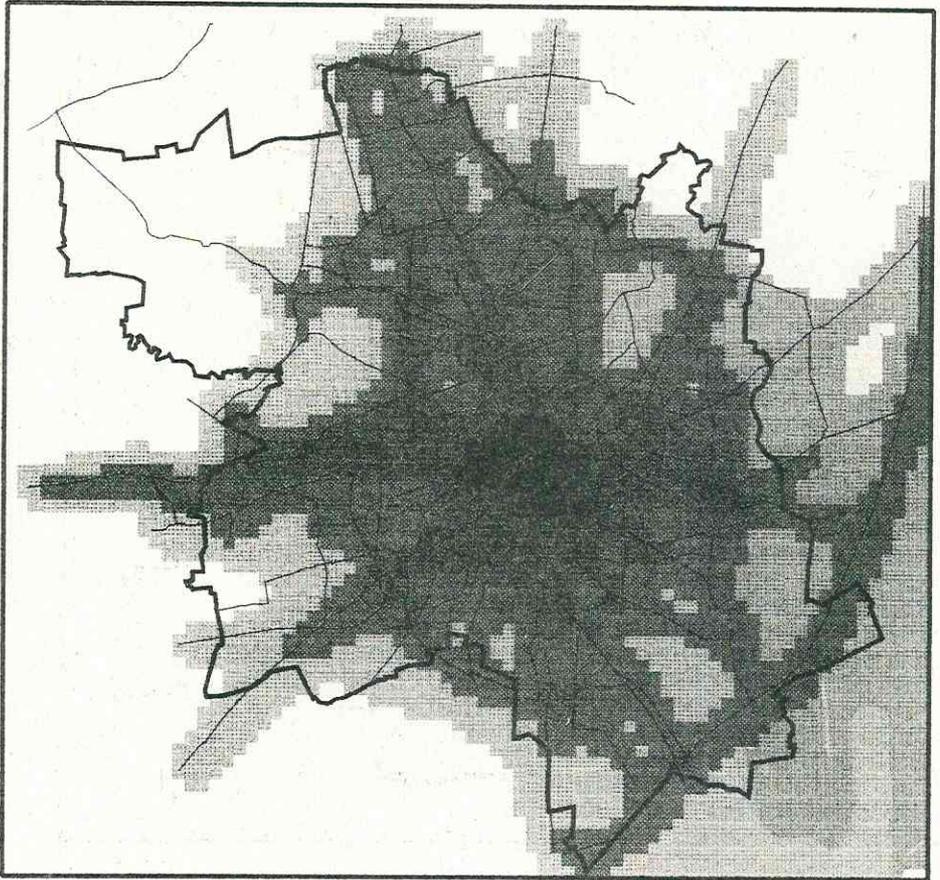


Abb. 104 : Hintergrundwerte der CO-Immissionen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Tagstunden, Bezugsjahr 1992

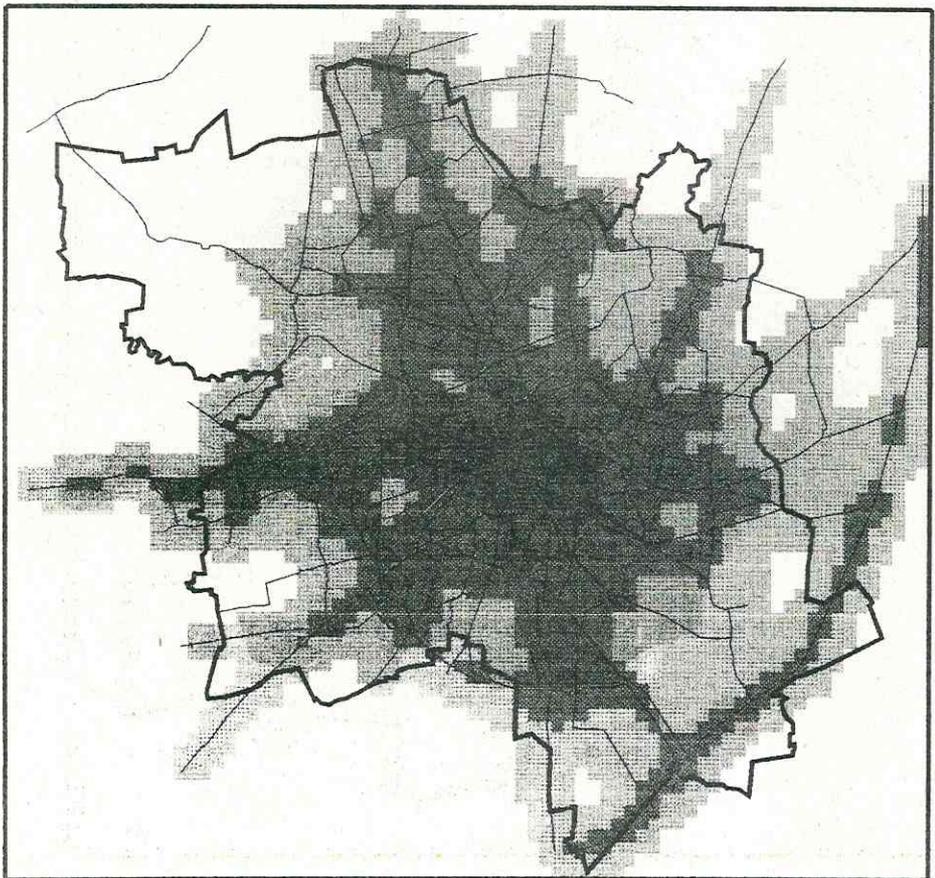
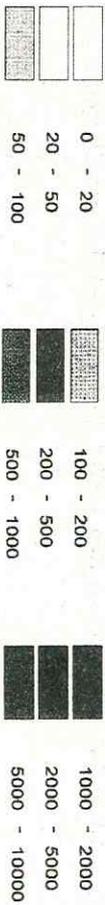


Abb. 105 : Hintergrundwerte der CO-Immissionen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Tagstunden, Bezugsjahr 1994



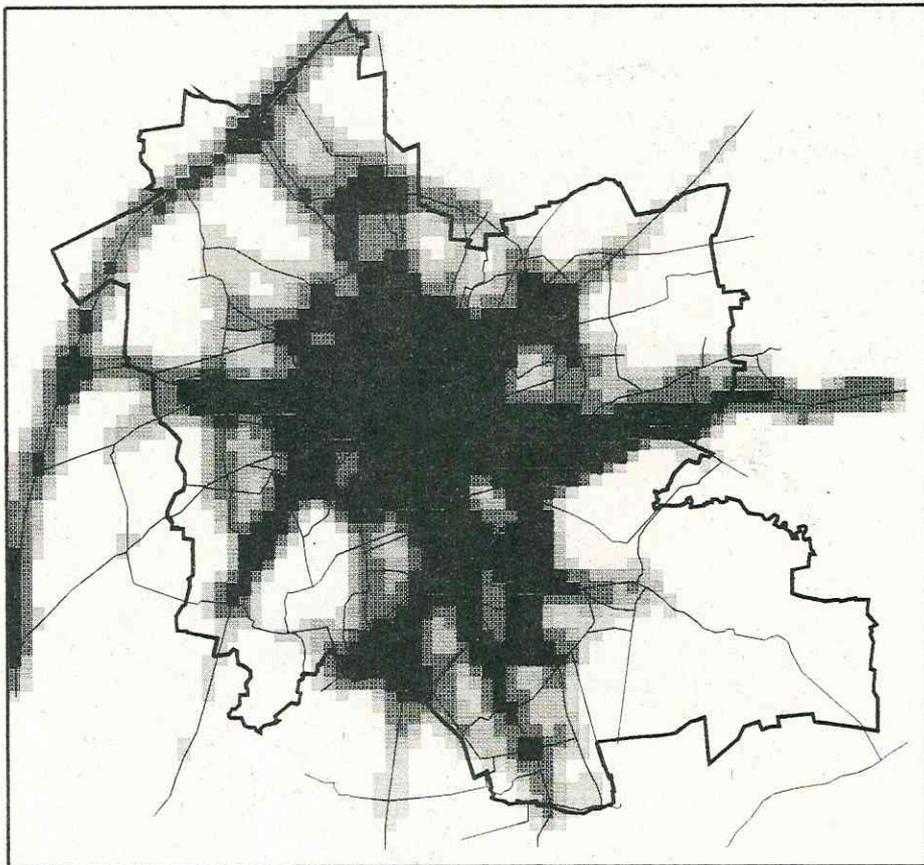
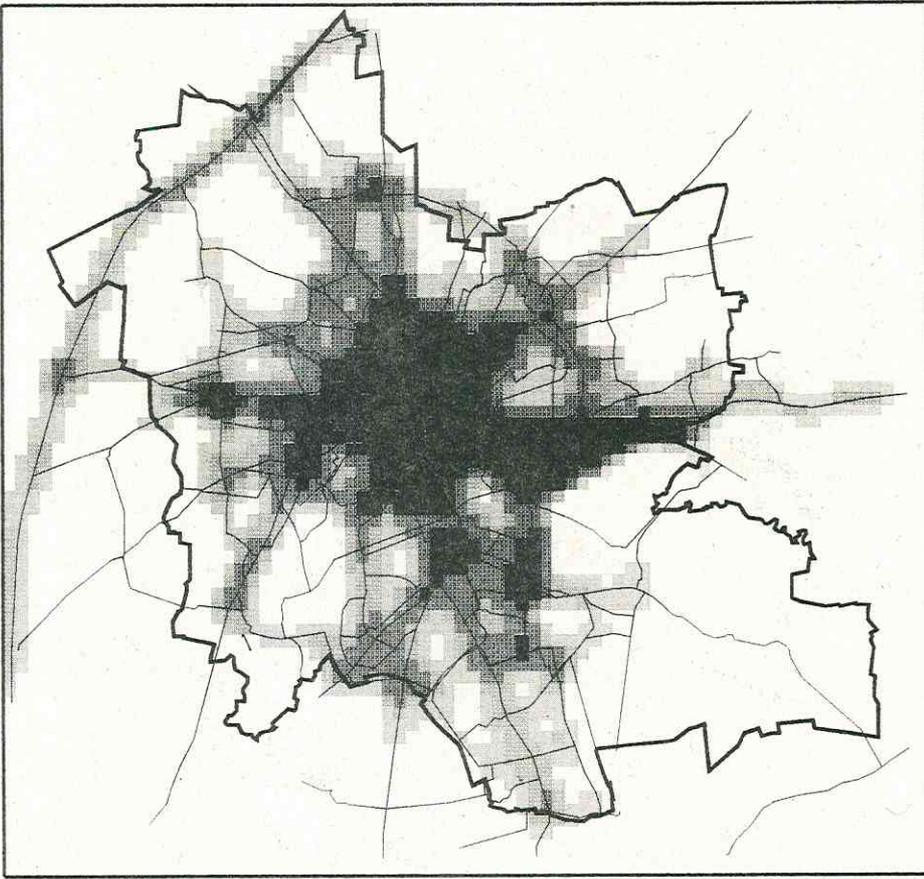
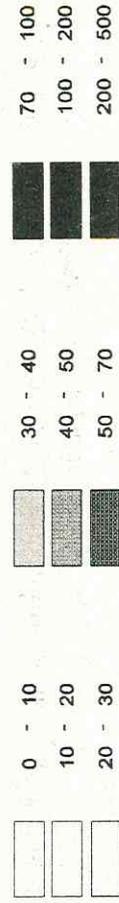


Abb. 106 : Hintergrundwerte der NO_x-Immissionen (µg/m³) in den Tagstunden, Bezugsjahr 1992

Abb. 107 : Hintergrundwerte der NO_x-Immissionen (µg/m³) in den Tagstunden, Bezugsjahr 1994



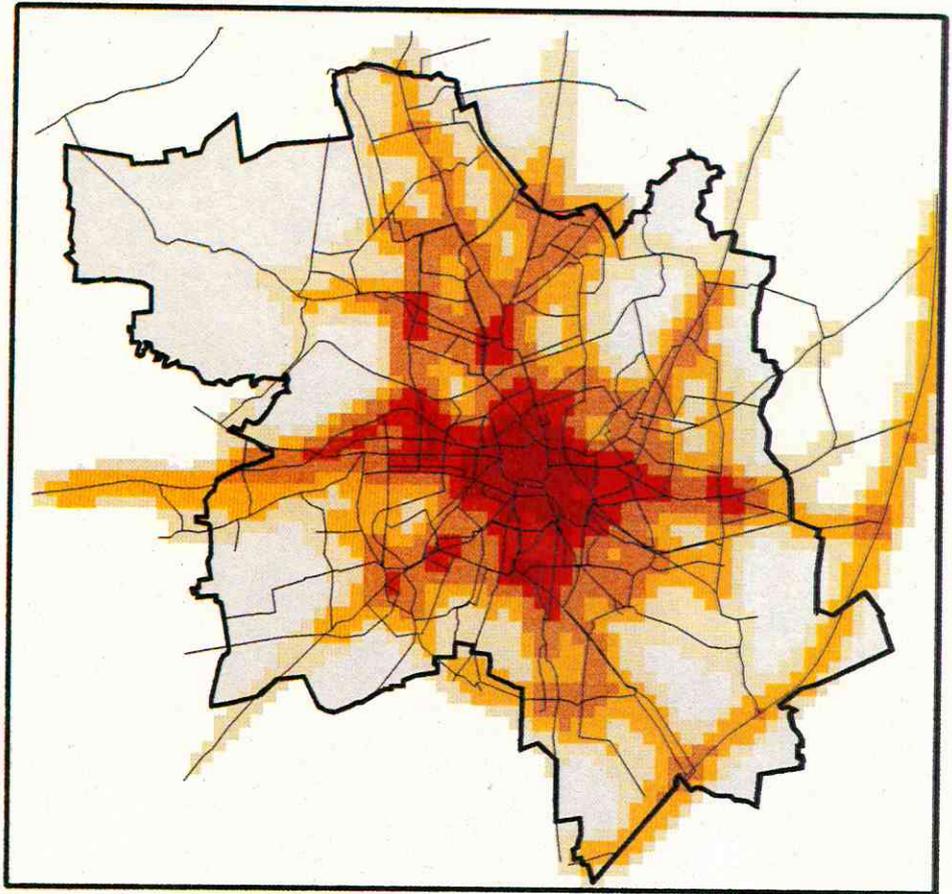


Abb. 108 : Hintergrundwerte der Benzol-Immissionen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Tagstunden, Bezugsjahr 1992

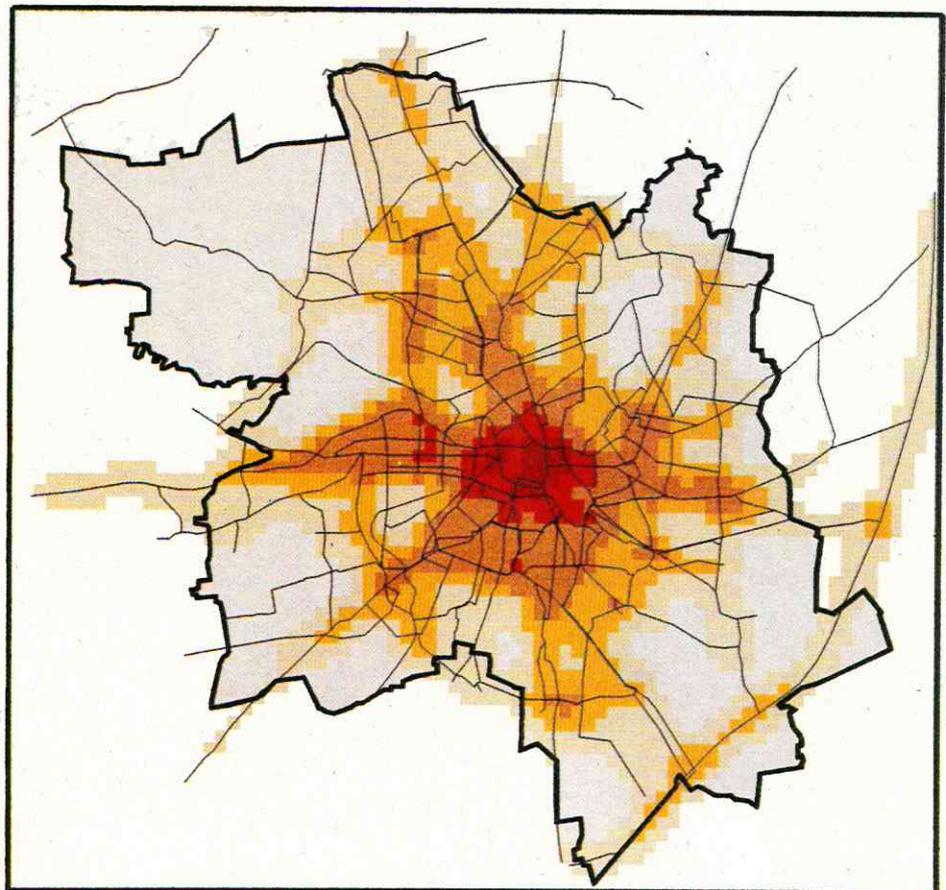
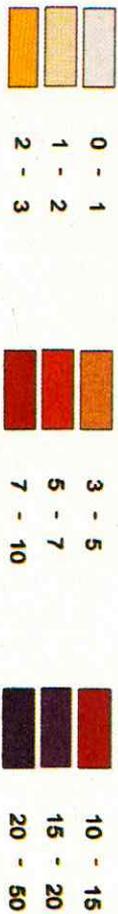


Abb. 109 : Hintergrundwerte der Benzol-Immissionen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Tagstunden, Bezugsjahr 1994



In der Regel sind die gemessenen Immissionskonzentrationen wegen der Nähe der Meßorte zu Verkehrsschwerpunkten viel höher als die berechneten Hintergrundkonzentrationen. In Tabelle 18 sind einige Meßorte aufgelistet, die typische Emissions- und Ausbreitungsbedingungen repräsentieren. Außerdem enthält die Tabelle Meßwerte, Modellwerte und Verkehrsbelastungen (DTV).

Tabelle 18 : Gemessene und berechnete Schadstoffkonzentrationen an ausgewählten Meßorten (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ort	CO (gem)	CO (ber)	NO _x (gem)	NO _x (ber)	DTV
Querstr.	5801	891	201	167	15000
Rödelstr.	5021	402	358	74	45300
Hauptbahnhof	1905	935	223	172	60000
Markt	1661	845	214	149	?
Landsberger Str.	1792	254	54	51	16000/17000
Leibnizweg	1184	443	88	80	14650
Friedenspark	557	417	32	78	-
Brucknerallee	552	324	46	29	-

Die Querstr. ist eine enge Straßenschlucht im Zentrum Leipzigs. Wegen der Zentrumsnähe sind die Hintergrundkonzentrationen hoch und wegen der ungünstigen Ausbreitungsverhältnisse die Gesamtkonzentrationen noch viel höher. Der im Vergleich CO/NO_x relativ viel höhere Meßwert für CO wird durch ständige Staus (Tempo 30 und Bauarbeiten in 1993) verursacht (CO-Emissionen steigen im Stau stark an, NO_x-Emissionen sinken geringfügig).

Die Rödelstr. ist in Höhe des Meßortes dicht bebaut und gehört neben dem Innenstadtring zu den verkehrsreichsten (emissionsreichsten) Straßen Leipzigs. Deshalb sind die Meßwerte sehr hoch. Sie liegt aber nicht mehr im Zentrum, und in ihrer Nähe befinden sich nur wenige weitere Hauptstraßen. Deshalb ist die Hintergrundbelastung bereits wesentlich geringer als im Zentrumsbereich.

Am Hauptbahnhof liegt die größte Verkehrs- und Emissionsbelastung vor. Die Ausbreitungsverhältnisse sind durch eine weiträumige offene Bebauung relativ gut, so daß die gemessenen Konzentrationen trotz der höchsten Emissionen vergleichsweise gering sind. Bei NO_x liegen sie nur 30 % über der hohen Hintergrundbelastung, bei CO betragen sie "nur" das Doppelte der Hintergrundbelastung (im Vergleich zu NO_x relativ höhere CO-Immissionen durch Wartezeiten an den Ampeln).

Der Markt liegt noch im Bereich hoher Hintergrundkonzentrationen. Die weitestgehende geschlossene Bebauung verhindert einen guten Schadstoffaustausch, so daß trotz eines relativ geringen Verkehrs (absolute Zahlen unbekannt) die Meßwerte in der Größenordnung der Meßwerte am Hauptbahnhof liegen.

Der Meßort Landsberger Straße befindet sich an einer Kreuzung mittlerer Verkehrsbelastung (2 x DTV) am Stadtrand. Die Hintergrundbelastung ist gering und stimmt für NO_x fast mit dem Meßwert überein. Der relativ viel höhere Meßwert für CO kann die gleichen Ursachen haben wie für die Querstr. erläutert.

Die letzten 3 Beispiele von Meßorten (Leibnizweg, Friedenspark, Brucknerallee) befinden sich im "innerstädtischen Grün". Die Hintergrundbelastungen sind gering und stimmen gut mit den Meßwerten überein. Den erhöhten Modellwert für NO_x im Friedenspark kann man nicht erklären (noch zu große Nähe zum Zentrum ?), der erhöhte CO-Meßwert am Leibnizweg könnte durch stockenden Verkehr vor dem Tempo-30-Gebot im Zöllnerweg verursacht werden.

Für die Benzolimmissionen (Hintergrundbelastung) im Stadtgebiet (Abb. 101 und 102 Jahresmittel, Abb. 109 und 110 Mittelwert der Immissionen der Tagstunden) gibt es auch keine direkte Vergleichsbasis. Einige Halbstundenmeßwerte aus 1994 an 7 über das Stadtgebiet verteilten Meßorten werden von POPP et.al. 1995 berichtet.

Die mittleren Meßwerte am Hauptbahnhof (Hallisches Tor) und am Goerdelerring betragen 15 bzw. 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berechnet werden 8,2 bzw. 7,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ als Hintergrundkonzentrationen, d.h. die Hintergrundkonzentration beträgt in Zentrumsnähe bei guten Austauschbedingungen etwa 50 % der Meßwerte.

Wesentlich größere Werte werden in Straßenschluchten gemessen (Eisenbahnstr. 33, Riemannstr. 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Hier betragen die Hintergrundkonzentrationen 4,0 bzw. 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, also nur noch 12 bzw. 21 % der Meßwerte.

In der Gärtnerstr. (Grünau) erreicht die Hintergrundkonzentration mit 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auch fast 50 % der mittleren Meßwerte (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), dagegen fallen die berechneten Hintergrundkonzentrationen am Stadtrand (Meusdorf 0,5 , Plaußig 0,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) deutlich niedriger als die Meßwerte aus (6,5 bzw. 2,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), was auf den Einfluß zum Kfz-Verkehr zusätzlicher Quellen zurückgeführt werden muß.

Abschließend gibt Abb. 111 noch ein Beispiel einer CO-Konzentrationsberechnung (nach Windrichtungsstatistik gewichtetes Jahresmittel) im 125 m-Raster wieder.

Die Struktur des Hauptstraßennetzes mit dazwischenliegenden Gebieten mit geringeren Immissionskonzentrationen ist besser zu erkennen als in den Darstellungen im 250 m-Raster. Es treten auch größere Konzentrationsunterschiede als im groberen Raster auf.

Mit den vorgestellten Anwendungen und Ergebnissen sind die Möglichkeiten des Einsatzes des Ausbreitungsmodells nicht erschöpft. Neben den jährlichen Mittelwerten können auch Einzelfälle (variable Emissionssituationen, Ausbreitungsklassen, Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten) simuliert werden.

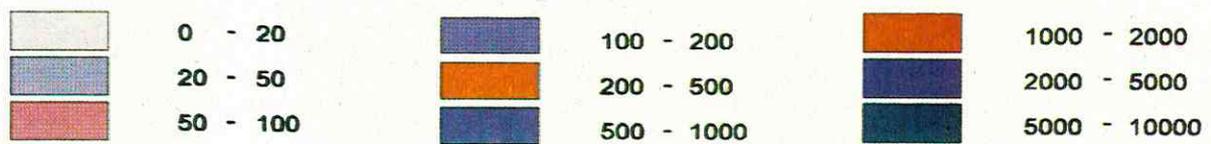
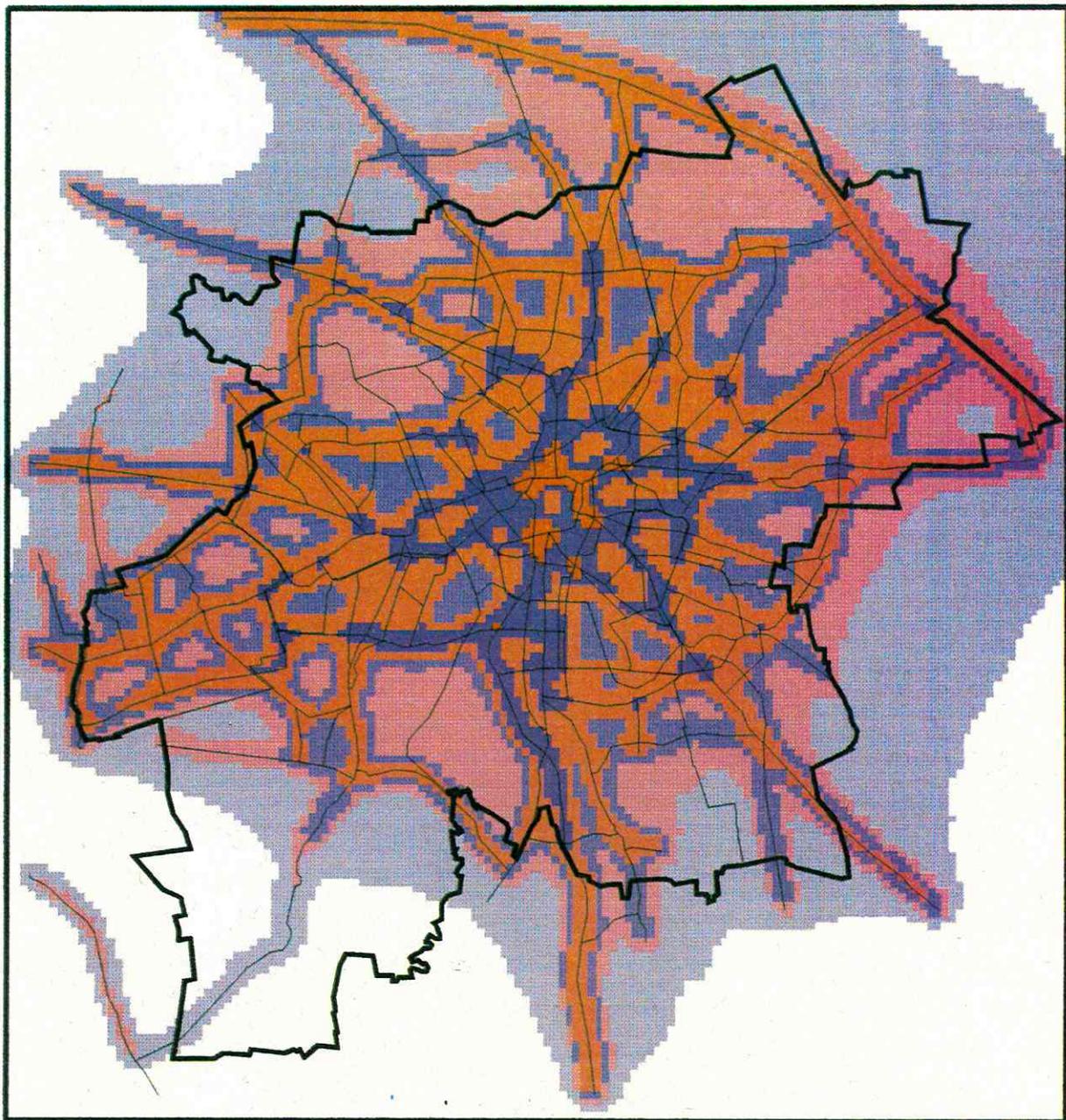


Abb. 110 : CO-Immissionskennfelder ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) im 125 m-Raster

3. Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt befaßte sich mit der Emission und Ausbreitung der kfz-typischen Schadstoffe Kohlenmonoxid, Stickoxide und Kohlenwasserstoffe und konzentrierte sich auf zwei Schwerpunkte :

- modellhafte Beschreibung der Immissionssituation im Mikromaßstab an einer Modellkreuzung und
- Darstellung der mittleren jährlichen Schadstoffbelastung im Stadtgebiet Leipzig.

In beiden Fällen lieferte die Wirkungskette *Verkehr - Emission - Immission* das Gerüst des methodischen Vorgehens bei praktischen - und Modellierungsarbeiten.

An die im Verbundprojekt "Stadtökologischer Strukturwandel in der Stadtregion Leipzig" im Mittelpunkt stehende Untersuchung dynamischer Prozesse knüpfen in diesem Projekt die Veränderungen von Verkehrsbelastung und Fahrleistung, die Veränderung der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte und die daraus resultierenden Veränderungen der Gesamtemissionen im Untersuchungszeitraum mit ihren Auswirkungen auf die lufthygienische Situation an. Während der Projektbearbeitung erlangte das Benzol als weiterer kfz-bedingter Schadstoff durch die 23. BImSchV eine besondere Bedeutung. Deshalb wurden die Untersuchungen auch auf diesen Schadstoff ausgedehnt.

Als Datengrundlagen standen für dieses Projekt eigene Verkehrszählungen, Verkehrserhebungen des Amtes für Verkehrsplanung und Immissionsmessungen des Umweltforschungszentrums sowie des Amtes für Umweltschutz zur Verfügung.

Modelle wurden erarbeitet für die Berechnung von Verkehrszuständen und Leitgrößen, für spezifische Emissionsfaktoren unterschiedlicher Fahrzeugklassen, für orts- und zeitabhängige Emissionen an der Modellkreuzung und im Hauptstraßennetz Leipzigs. Ergänzt werden sie durch Modelle der Schadstoffausbreitung im Mikromaßstab und Modelle für eine mittlere Schadstoffbelastung im Stadtgebiet entsprechend der langjährigen Windrichtungsstatistik.

Die untersuchte Modellkreuzung mit jeweils engen Straßenschluchten (Eisenbahnstr. und Hermann-Liebmann-Str.) liegt in einem Wohngebiet mit gründerzeitlicher Blockbebauung. Sie wird täglich von etwa 40000 Fahrzeugen frequentiert.

Im Zeitraum der Verkehrszählungen (1992-1993) nahm die Verkehrsbelastung um 14 % zu, der Anteil der Zweitaktfahrzeuge fiel von 16,4 % auf 9,6 % und der Lkw-Anteil erhöhte sich von 10 % auf 16 %.

Im Kreuzungsbereich treten erhöhte Emissionen durch Stau und überdurchschnittliche Beschleunigungsphasen auf und sind für Kohlenmonoxid um den Faktor 1,95 , für Stickoxide um den Faktor 1,25 und für Kohlenwasserstoffe um den Faktor 1,92 höher als für den ungehinderten Verkehr.

Die für fünf typische Beispiele im Tagesgang der Verkehrs- und Emissionssituation berechneten Immissionskonzentrationen liegen für Kohlenmonoxid im Bereich von 1,6 - 2,7 mg/m³ und stimmen sehr gut mit den zugehörigen Meßwerten (1,5 - 3 mg/m³) überein. Die berech-

neten Immissionskonzentrationen für Stickoxide liegen im Bereich von 230 - 290 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und sind im Vergleich zu den Meßwerten im Durchschnitt etwa 20 % zu hoch. Beide überschreiten aber nicht die gesetzlichen Grenzwerte.

Die Benzolimmissionskonzentrationen betragen in großen Teilen des unmittelbaren Kreuzungsbereiches und der angrenzenden Straßenschluchten 10 - 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Je nach Windrichtung werden für kleinere Gebiete auch 10 - 20 und in Spitzenzeiten auch 20 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ errechnet. Damit wird der Grenzwert deutlich überschritten, sodaß der Kreuzungsbereich als hochbelastet ausgewiesen ist.

Für das gesamte Stadtgebiet wurde die Verkehrs-, Emissions- und Immissionsentwicklung für die Jahre 1992/93 und 1994 untersucht. In diesem Zeitraum stieg die tägliche Fahrleistung von 4,55 auf 5,24 Mio Kfz*km. Zur bereits berichteten Veränderung der Fahrzeugflotte bezüglich der Anteile der Zweitaktfahrzeuge und Lastkraftwagen kam noch der stark gestiegene Anteil der schadstoffarmen Kfz hinzu (G-Kat, unger.Kat, Diesel). Durch diese Veränderung der Flottenzusammensetzung und der gleichzeitig nach einer neuen Methode ermittelten präziseren Emissionsfaktoren für eine Vielzahl von Fahrzeugschichten ergaben sich bei einer mittleren Reisegeschwindigkeit im Netz von 30 km/h und für das Bezugsjahr 1994/95 folgende mittlere Emissionsfaktoren für Leipzig (in Klammern die Werte für 1992) :

Kohlenmonoxid 5,95 g/km/Kfz (12,52), Stickoxide 1,24 g/km/Kfz (2,16) und Kohlenwasserstoffe 1,94 g/km/Kfz (3,81).

Die jährlichen vom Kfz-Verkehr verursachten Gesamtemissionen betragen 1994/95 unter Berücksichtigung der steigenden Verkehrsbelastung und der sinkenden spezifischen Emissionen bei Kohlenmonoxid 11300 t (19600), bei Stickoxiden 2100 t (2900) und bei Kohlenwasserstoffen 3800 t (5100), unterlagen im Untersuchungszeitraum also einem positiven Trend.

Die Berechnung einer mittleren Schadstoffverteilung im Stadtgebiet wurde mit einem Ausbreitungsmodell auf der Basis des Gaußmodells durchgeführt und im Geographischen Informationssystem ARC/INFO dargestellt. Diese Schadstoffhintergrundbelastungskarten lassen sich wie folgt charakterisieren :

Die höchsten Belastungen treten als mehr oder weniger zusammenhängendes Gebiet im Zentrumsbereich auf. In den übrigen Stadtbezirken ist die Belastung insgesamt niedriger und läßt noch eine Differenzierung in höherbelastete Gebiete etwa längs der Bundesstraßen und in dazwischenliegende Gebiete niedrigerer Belastung erkennen. Die niedrigsten Belastungen registriert man am Stadtrand bzw. im suburbanen Bereich, dabei treten im Nordosten höhere Konzentrationen auf als im Südwesten.

Die Jahresmittelwerte liegen für Kohlenmonoxid im Bereich 20 - 1100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, für Stickoxide im Bereich 10 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit weit unter den Grenzwerten. Dagegen erfordern die Meßwerte für Benzol (5 - 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im zentralen Bereich, 2 - 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in den angrenzenden Stadtbezirken und 1 - 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ am Stadtrand und im suburbanen Raum) auch hier eine besondere Beachtung.

Mit dem Projekt wurde ein methodischer Apparat geschaffen, der für ein lufthygienisches Umweltqualitätsziel "Emissions- und Immissionsminderung" vielseitig einsetzbar ist. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß sowohl eine modellhafte Verfolgung und Auswertung von Ist-Zuständen als auch Simulationen für eine umweltgerechte Verkehrsabwicklung und -verlagerung sowie Verkehrsplanungen im Stadt- und suburbanen Bereich möglich sind. Prognosen auf der Basis von Veränderungen der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte als auch von Veränderungen des Straßennetzes und der Verkehrsbelastung können erstellt bzw. simuliert werden.

4. Literatur

- Abgasprüfstelle Berlin-Adlershof (1991): Pkw-Emissionsfaktoren für das Emissionskataster der Stadt Leipzig des Bezugsjahres 1990, Berichts-Nr. 15101
- AHRENS, G.-A. (1991): Minderung von Schadstoffemissionen im Straßenverkehr durch verkehrsbeeinflussende Maßnahmen, in Bundesforschungsanstalt f. Landeskunde u. Raumordnung (Hrsg.): "Informationen zur Raumentwicklung" 1/2: 31-38
- AHRENS, G.-A., BECKER, E.CH., GARBER, W.-D., GORIBEN, N., GOTTLÖB, D., HABE, A., HÜLSMANN, W., JÄCKER, M., NIEDERLE, W., KÜRER, R., NOLLE, A., ORTSCHIED, J., PANKRATH, J., POLLEHN, W., RICHTER, M., ROB-REGINEK, E., RUDOLF, W., SARTORIUS, R., WIEMANN, A. (1991): Verkehrsbedingte Luft- und Lärmbelastungen, Texte 40/91 des Umweltbundesamtes: 1-194
- Amt für Umweltschutz der Stadt Leipzig (1991): Umweltbericht: 54
- Amt für Umweltschutz der Stadt Leipzig (1995): Umweltbericht: 47-70
- Amt für Verkehrsplanung der Stadt Leipzig (1993): Generalverkehrsplan Leipzig, Verkehrsbelastung Hauptstraßennetz, Analyse 1992/1993
- Amt für Verkehrsplanung der Stadt Leipzig (1994): Generalverkehrsplan Leipzig, Verkehrsbelastung Hauptstraßennetz, Analyse 1994
- Amt für Verkehrsplanung der Stadt Leipzig (1995): Ausgewählte Ergebnisse der Verkehrsentwicklung, Februar 1995
- BAUMBACH, G. (1993): Verkehrsbedingte Schadstoffimmissionsbelastung in Städten und an Autobahnen, Staub - Reinhalt. Luft 53: 267-274
- BAUMÜLLER, J. (1987): Untersuchungen zur Luftbelastung in Stuttgart, in Hohenheimer Umwelttagung "Ökologische Probleme in Verdichtungsgebieten" : 47-66, Hohenheim
- BAUMÜLLER, J., REUTER, U. (1995): Die Entwicklung der Schadstoffbelastung in stark befahrenen Straßen in Stuttgart seit 1985, VDI Berichte 1228: 13-21
- BECKRÖGE, W. (1994): Beispiele der Modellanwendungen im kommunalen Bereich, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 21: 36-50
- BIRR, M., SCHORLING, M. (1980): Berechnung der durch Straßenverkehr verursachten CO-Belastung in Städten, in UBA (Hrsg.): Materialien 4/80: 159-171, Erich Schmidt Verlag Berlin
- BLINDA, S., HOPF, A. (1993): Handbuch zur Anwendung des Ausbreitungsmodells DASIM, Technische Hochschule Darmstadt, Inst. f. Meteorologie
- BLÜMEL, H., LIWICKI, M. (1995): EMISS - ein methodisch neuer Ansatz zur Ermittlung der Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs, VDI Berichte 1228: 441-471
- BRANDT, A., BROSTHAUS, J. (1995): Emissionsmodellierung für die Vorbelastung, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 106-121
- BRANNOLTE, U. (1995): Simulationsmethoden in der Verkehrsplanung und Verkehrstechnik als Basis zur Ermittlung von Kfz-Emissionen, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 39-52

- Bundesforschungsanstalt f. Landeskunde u. Raumordnung (Hrsg.) (1991): Informationen zur Raumentwicklung - Emissionsminderung im Straßenverkehr, Heft 1/2: 1-109
- BUNDESMINISTER FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE & TÜV Rheinland (Hrsg.) (1978): Abgasimmissionsbelastungen durch den Kraftfahrzeugverkehr, Kolloquiumsbericht 13./14. Oktober 1977 in Köln, Verlag TÜV Rheinland Köln
- BUNDESMINISTER FÜR FORSCHUNG UND TECHNOLOGIE & TÜV Rheinland (Hrsg.) (1982): Abgasbelastungen durch den Kraftfahrzeugverkehr im Nahbereich verkehrsreicher Straßen, Kolloquiumsbericht 20./21. Oktober 1981 in Köln, Verlag TÜV Rheinland Köln
- BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.) (1993): Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV, Entwurf)
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg.) (1982): Bewertung von Abgasimmissionen des Straßenverkehrs, in "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 357
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg.) (1986): Umwelt/Flächennutzung/Verkehr - Bewertungen in der städtischen Verkehrsplanung, in "Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik", Heft 490
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (Hrsg.) (1990): Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV) vom 12. Juni 1990, BGBl. I, 1036
- DÄBLER, H.-G. (1991): Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Vegetation, Gustav Fischer Verlag Jena
- DEIMEL, M. (1978): Schadstoffbelastungen im innerstädtischen Bereich, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 150-173
- DEUBER, A. (1978): Belastungsmodelle für stark befahrene Straßenzüge, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 208-221
- DIEGMANN, V., WIEGAND, G. (1995): Berechnung der kfz-bedingten Immissionskonzentrationen für das Leipziger Hauptstraßennetz, IVU - Gesellschaft für Informatik, Verkehrs- und Umweltplanung mbH, Amt für Umweltschutz Stadt Leipzig, 1-56
- DITTMANN, J. (1986): Ausbreitungsmodelle in der Luftreinhaltung unter besonderer Berücksichtigung des Gauß-Modells, in "Informatik im Umweltschutz - Anwendungen und Perspektiven": 197-217, V. Oldenbourg München
- DORFWIRTH, J.R., GOBIET, W., SAMMER, G. (1980): Verkehrsmodelle - Theorie und Anwendung, in Österr. Bundesministerium für Bauten und Technik (Hrsg.): Schriftenreihe "Straßenforschung", Heft 137
- DRÖSEMEIER, E.A. (1992): Schadstoffmessungen an Verkehrsschwerpunkten, VDI-Berichte 952: 189-196
- EBERAN-EBERHORST, R. (1975): Die Abgasemission in Personenkraftwagen, in Österr. Bundesm. für Bauten und Techn. (Hrsg.): Schriftenreihe "Straßenforschung", Heft 36: 1-78

- EICHHORN, J., RIES, R., BELTZ, N. (1995): Naturmessungen verkehrsbedingter Immissionen als Grundlage zur Validierung des mikroskaligen Ausbreitungsmodells MISKAM, VDI Berichte 1228: 473-493
- Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestages (Hrsg.) (1994): Mobilität und Klima, Economica Verlag Bonn
- ESSER, J. (1978): Stickoxid-, Kohlenmonoxid- und Bleiimmissionsmessungen neben Autobahnen in Abhängigkeit von trassen- und verkehrsspezifischen Parametern sowie den meteorologischen Bedingungen, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.) Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 265-279
- FABIAN, P. (1992): Atmosphäre und Umwelt: 81, Springer Verlag Berlin
- FELLENBERG, G. (1992): Chemie der Umweltbelastung: 76, Teubner Studienbücher Chemie, B.G.Teubner Stuttgart
- FIOLIC, R. (1973): Leistungsfähigkeit von Fahrspuren an lichtsignalgeregelten Kreuzungen, in Österr. Bundesministerium für Bauten und Technik (Hrsg.): Schriftenreihe "Straßenforschung", Heft 9: 1-86
- FIOLIC, R. (1974): Methodik der Verkehrserhebungen, Schriftenreihe "Straßenforschung", in Österr. Bundesministerium für Bauten und Technik (Hrsg.): Schriftenreihe "Straßenforschung", Heft 21: 1-114
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.) (1982): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen, MLuS-82, Ausgabe 1982
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.) (1992): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen, MLuS-92, Ausgabe 1992
- Forschungs- und Planungsgruppe Stadt & Verkehr (1994): Studie zur Belastbarkeit des Leipziger Hauptstraßennetzes durch den Kfz-Verkehr, FGS Berlin, Amt für Umweltschutz Stadt Leipzig
- FORTAK, H. (1978): Die Verifikation von simulierten Immissions-Klimatologien in verschiedenen Städten - Bremen, Düsseldorf und Frankfurt, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.) Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 81-103
- FRANK, J. (1980): Verwendung von Immissionsdaten zur Verifizierung von Ausbreitungsmodellen für Kfz-Abgase, in UBA (Hrsg.): Materialien 4/80: 173-194, Erich Schmidt Verlag Berlin
- FRANK, W., DRÖSCHER, F., KOST, W.J., PFEIFER, T. (1995): Das Screeningverfahren STREET zur Beurteilung der Immissionssituation an innerstädtischen Straßen und Kreuzungen, VDI Berichte 1228: 427-439
- FREYER, K., POPP, P., TREUTLER, H.C., WAGLER, D., SCHUHMANN, G. (1996): Abschlußbericht "Untersuchungen zu Wechselbeziehungen zwischen Immissionen und Flächen-nutzung auf strukturtypischen Testflächen in Leipzig", UFZ Leipzig, Sektion Analytik

- GABRIEL, B. (1980): Verdichtungserscheinungen im Verkehrsfluß als Parameter zur Beschreibung des Verkehrsablaufs, in Österr. Bundesministerium für Bauten und Technik (Hrsg.): Schriftenreihe "Straßenforschung", Heft 132: 1-53
- GARBEN, M., GIEHLER, R., LIWICKI, M., WIEGAND, G., DONNER, U. (1992): Kfz-Belastbarkeitsstudie der Berliner Innenstadt - Luft- und Lärmbelastung, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz (Hrsg.), Berlin: 1-57
- GARBEN, M., WIEGAND, G., BENDER, W., STROBEL, B., WAGNER, G., BIERSCHENK, H., HECK, H.-M., BUILTJES, P., YAMARTINO, R.J., STERN, R. (1987): Ermittlung der durch Kfz-Emissionen verursachten Immissionsfelder verschiedener Straßentypen, UBA-Forschungsbericht 10402432
- GORIBEN, N. (1991): Möglichkeiten und Grenzen der Schadstoffminderung im Straßenverkehr durch fahrzeugtechnische Maßnahmen, in Bundesforschungsanstalt f. Landeskunde u. Raumordnung (Hrsg.): "Informationen zur Raumentwicklung" 1/2: 19-30
- GORIBEN, N. (1992): Entwicklungen der Kfz-Schadstoffemissionen - Erfordernisse und Möglichkeiten zur Minderung, VDI Berichte 952: 197-222
- GUDEHUS, V. (1987): Ermittlung und Bewertung verkehrsbedingter Umweltwirkungen in Städten, Diss. TU Braunschweig
- GUTSCHE, B. (1980): Überblick über Verfahren zur Beschreibung des Ausbreitungsverhaltens von Kfz-Emissionen, in UBA (Hrsg.): Materialien 4/80: 39-59, Erich Schmidt Verlag Berlin
- GUTSCHE, B. (1982): Anwendung von Ausbreitungsmodellen für Straßenschluchten, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasbelastungen durch den Kraftfahrzeugverkehr im Nahbereich verkehrsreicher Straßen": 51-59
- HASSEL, D., DURSBECK, F., HEGELMANN, R., SCHALICH, R., WEYRAUTHER, G. (1978): Das Emissionsverhalten von Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1975, Berichte 3/78 des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag Berlin
- HASSEL, D., BROSTHAUS, J., DURSBECK, F., JOST, P., SONNBORN, K.-S. (1983): Das Abgasemissionsverhalten von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1980, Berichte 11/83 des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag Berlin
- HASSEL, D., DURSBECK, F., BROSTHAUS, J., JOST, P., HOFMANN, K. (1987): Das Abgasemissionsverhalten von Personenkraftwagen in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1985, Berichte 7/87 des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag Berlin
- HASSEL, D., WEBER, F.-J. (1991): Ermittlung des Abgas-Emissionsverhaltens von Pkw in der Bundesrepublik Deutschland im Bezugsjahr 1988, Texte 21/91 des Umweltbundesamtes
- HASSEL, D., JOST, P., WEBER, F.-J., DURSBECK, F., SONNBORN, K.-S., PLETTAU, D. (1994): Abgasemissionsfaktoren von Pkw in der Bundesrepublik Deutschland, Berichte 8/94 des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag Berlin

- HASSEL, D., JOST, P., WEBER, F.-J., DURSBECK, F., SONNBORN, K.-S., PLETTAU, D. (1995): Abgasemissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990, Berichte 5/95 des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag Berlin
- HAUSTEIN V. HAUSTENAU, C. (1993): Messungen verkehrsbedingter Luftschadstoffe im Raum München, Universität München, Wiss. Mitteilung Nr. 65 , 1-155
- HOPF, A., MANIER, G. (1992): Simulation der Ausbreitung von Kfz-Emissionen in Städten, Poster zum VDI Kolloquium "Umweltschutz in Städten", Dresden
- HEITS, B., GIESEN, K.-P., MÜLLER, W.J. (1993): Anreicherung von Luftschadstoffen in zwei Straßenschluchten von Hannover, VDI Berichte 1059: 285-301
- HÜTTNER, E., SCHNEIDER, B. (1976): Zur rechnerischen Abschätzung der Ausbreitung von Luftverunreinigungen aus Bodenquellen, Technik und Umweltschutz 15: 164-181
- JOCKEL, W. (1992): Entstehung, Ausbreitung und Minderung von Emissionen aus kalten und niedrigen Quellen, UBA Forschungsbericht 92-10403146: 1-92
- JOST, D. (1978): Überwachung kraftfahrzeugbedingter Immissionen in Meßnetzen, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 107-113
- JOST, D. (1980): Darlegung der Immissionssituation, Materialien 4/80 des Umweltbundesamtes: 61-83, Erich Schmidt Verlag Berlin
- JOST, D. (1996): Die neue TA Luft, KRdL im VDI und DIN (Hrsg.), Stand Mai 1996
- JOST, P. (1978): Ausbreitungsverhältnisse im Nahbereich von Autobahnen/Prognosemodell, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 250-264
- JOST, P. (1980): Ausbreitung im Nahbereich freiliegender Straßen, in UBA (Hrsg.): Materialien 4/80: 129-148, Erich Schmidt Verlag Berlin
- JOST, P., HASSEL, D. (1995): Spezifische Emissionen des Pkw- Nutzfahrzeugverkehrs - Emissionsfaktoren, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 74-89
- JOST, P., LEISEN, P., ULLRICH, J. (1992): Über den Einfluß geschwindigkeitsbegrenzender Maßnahmen auf die Reduzierung der NO₂- und Benzolemissionen neben Schnellstraßen, in Tagung "Abgasemissionen und Immissionen durch den Straßenverkehr", TU Graz: 1-19
- JOUMARD, R. (1982): Ausbreitungsmodelle für Verkehrs-Immissionen in Straßenschluchten und Vergleich zu französischen Messungen, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasbelastungen durch den Kraftfahrzeugverkehr im Nahbereich verkehrsreicher Straßen": 187-206
- KÄMPF, R., MANIER, G., SEIBERT, W. (1995): Verkehrsdaten durch automatische Video- und Geräuschanalyse, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 31-38
- KÖLLE, P., JÜNGLING, K. (1989): Strömungsmechanische Berechnung der Schadstoffausbreitung in Straßenschluchten, Staub - Reinhalt. Luft 49: 251-254

- KOHOUTEK, P., LENZ, H.P. (1995): Einfluß der Kraftstoffzusammensetzung auf die Benzol-Emissionen benzinbetriebener Pkw, VDI-Berichte 1228: 293-313
- Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN (Hrsg.) (1986): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27.02.1986
- Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN (Hrsg.) (1988): Stadtklima und Luftreinhaltung: 225, Springer Verlag Berlin
- Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN (Hrsg.) (1992): Umweltschutz in Städten, Kolloquiumsbericht 20.-22. Mai Dresden, VDI Berichte 952
- Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN (Hrsg.) (1994): Ausbreitung von Kfz-Emissionen, Schriftenreihe Band 21, Düsseldorf
- Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN (Hrsg.) (1995): Ausbreitung von Kfz-Emissionen, Schriftenreihe Band 22, Düsseldorf
- KOMOROWSKI, K. (1978): Förderungsvorhaben des BMFT im Bereich der Luftreinhaltung in Ballungsgebieten, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 12-15
- Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.) (1990): Statistische Mitteilung 11
- Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.) (1995): Statistische Mitteilungen, Reihe 2 : Kraftfahrzeuge, Sonderheft 2, Verlag Metzler-Poeschel Stuttgart
- KRAUSE, K.-H., LUNG, TH. (1993): Immissionsprognostik von Geruchsstoffeinträgen im Rahmen von Genehmigungsverfahren, Staub - Reinhalt. Luft 53: 419-423
- KROPP, L. (1978): Zeitliche und räumliche Abhängigkeit der Immissionen, abgeleitet aus emissionsseitigen und meteorologischen Bedingungen, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 64-80
- KROPP, L. (1980): Ausbreitung im Stadtbereich, in UBA (Hrsg.): Materialien 4/80: 149-158, Erich Schmidt Verlag Berlin
- KRUSE, G. (1995): Methoden zur Erfassung von Verkehrsdaten, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 21-30
- KUTZNER, K., DIEKMANN, H., REICHENBÄCHER, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Meßergebnisse nach der 23.BImSchV in Berlin, VDI Berichte 1228: 23-34
- Landesanstalt für Immissionsschutz NRW (LIS) (1987): Die Simulation der Immissionsbelastung mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen, INFO 17
- Landesanstalt für Immissionsschutz NRW (LIS) (1990): TEMES - ortsfeste automatische Luftqualitätsüberwachung, INFO 12, 2. Aufl.
- Landesanstalt für Immissionsschutz NRW (LIS) (1991): TEMES-Jahresbericht
- LEISEN, P. (1978): Windkanaluntersuchungen zur Simulation von Immissionsituationen in verkehrsreichen Straßenschluchten, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 223-247

- LEISEN, P. (1982): Abgasimmissionsbelastung in bebauten Stadtstraßen, Möglichkeiten der Ausbreitungsmodellierung, in Tagung "Straße - Landschaft - Umwelt", Essen, Haus der Technik: 1-27
- LEISEN, P. (1986): Ermittlung von Kfz-Emissionsfaktoren mit Hilfe von Immissionsmessungen, VDI Berichte 608: 505-535
- LEISEN, P. (1992): Abschätzung verkehrsbedingter Luftbelastungen durch Modelluntersuchungen und anhand praktischer Beispiele, VDI Berichte 952: 253-275
- LEISEN, P., JOST, P., SONNBORN, K.S. (1982): Modellierung der Schadstoffausbreitung in Straßenschluchten - Vergleich von Außenmessungen mit rechnerischer und Windkanalsimulation, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasbelastungen durch den Kraftfahrzeugverkehr im Nahbereich verkehrsreicher Straßen": 207-234
- LLEWELYN, R.P. (1983): An Analytical Model for the Transport, Dispersion and Elimination of Air Pollutants emitted from a Point Source, Atmosph. Environment, 17 No.2: 249-256
- LOHMEIER, A. (1994): Modellrechnungen, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 21: 76-87
- LUDES, G. (1992): Prognose kfz-bedingter Immissionen in Innenstädten mit dem numerischen Modell MISKAM, Poster zum VDI-Kolloquium "Umweltschutz in Städten", Dresden
- MANIER, G. (1994): Ausbreitungsrechnung, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 21: 51-75
- MANIER, G. (1995): Verkehrsflußsimulation, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 66-73
- MANIER, G., LOHMEYER, A. (1994): Darstellung der Ergebnisse, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 21: 88-102
- MANIER, G., KÄMPF, R., MARBURG-GRUBER, K., SEIBERT, W. (1995): Auswirkungen von Maßnahmen auf die Immissionskonzentration, VDI Berichte 1228: 495-525
- MOHRY, H., RIEDEL, H.-G. (1979): Reinhaltung der Luft, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig
- MOHRY, H., TOMCZAK, G., HÜTTER, W. (1975): Programme zur Berechnung gas- und staubförmiger Immissionen für die EDVA Robotron 300, Techn. und Umweltschutz 11: 13-28
- MOUSSIOPOULOS, N., OEHLER, W., ZELLNER, K. (1992): Kraftfahrzeugemissionen und Ozonbelastung, Springer Verlag Berlin
- PETERSEN, R. (1992): Ansätze für den stadtgerechten Verkehr : Vermeiden - Verlagern - Beruhigen, VDI Berichte 952: 329-348
- PFEFFER, H.-U. (1991): Immissionen im Einflußbereich des Kraftfahrzeugverkehrs, Staub - Reinhalt. Luft 51
- PFEIFER, TH., FRANK, W., KOST, J., DRÖSCHER, F. (1995): Einfache Ermittlung der verkehrsbedingten Emissionen an Straßen und Kreuzungen nach 23. BImSchV, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 152-164
- POPP, P., FREYER, K., OPPERMAN, G., TREUTLER, H.C. (1995): Messung von BTX-Immissionskonzentrationen im Stadtgebiet und im Umland von Leipzig, VDI Berichte 1228: 35-45

- Regierungspräsidium Leipzig (Hrsg.) (1990): Emissionskataster der Stadt Leipzig
- Regierungspräsidium Leipzig (Hrsg.) (1992): Luftreinhalteplan 1992, Leipzig
- ROMBERG, E., NIEMANN, H.-J. (1988): Windkanaluntersuchungen über die Ausbreitung von Abgasen an Hochleistungsstraßen, in Umweltbundesamt (Hrsg.): Fachgespräch "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 137-178
- RUDELSTORFER, K., TIEFENTHALER, H., MOLT, W. (1978): Grundlagen und Berechnungen zur Klassifizierung von Emissionen des Straßenverkehrs, in Österr. Bundesministerium für Bauten und Technik (Hrsg.): Schriftenreihe "Straßenforschung", Heft 90: 1-87
- RUDOLF, W. (1980): Zum Problem der Kfz-Abgase und photochemischer Smog, in UBA (Hrsg.): Materialien 4/80: Erich Schmidt Verlag Berlin: 195-212
- SATTLER, TH., JAESCHKE, W. (1988): Immissionsprofile anorganischer Spurengase in Straßenschluchten, Staub - Reinhalt. Luft 48: 297-306
- SCHNEIDER, B., STREICHER, D. (1979): Berechnung der Ausbreitung von Kraftfahrzeug-Emissionen, Technik und Umweltschutz 23: 50-61
- SCHÜRMAN, D., STAAB, J. (1987): Messung von Automobilabgasen bei Straßenfahrten, MTZ Motortechnische Zeitschrift 48: 35-39
- SCHULTZ, H. (1986): Grundzüge der Schadstoffausbreitung in der Atmosphäre, Verlag TÜV Rheinland Köln
- SEIFERT, B., ULLRICH, D. (1978): Erfassung von kraftfahrzeugbedingten Kohlenwasserstoffimmissionen, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 174-184
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz (Hrsg.) (1992): Studie "Luft- und Lärmbelastung in der Berliner Innenstadt durch den Kfz-Verkehr", Berlin
- SIEVERS, U., ZDUNKOWSKI, W.G. (1986): A Mikroskale Urban Climate Model, Beitr. Phys. Atmosph. 59: 13-40
- SOBOTKA, H. (1978): Meßtechnische Erfassung von Immissionssituationen in verkehrsreichen Straßenschluchten, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 125-147
- SOBOTKA, H., LEISEN, P. (1979): Meßtechnische Erfassung und Darstellung Kfz-bedingter CO-Immissionen unter Berücksichtigung meteorologischer Einflüsse, in Verkehrs- und Straßenbauseminar "Umweltbelastung durch verkehrsbedingte Schadstoffe" (FH Aachen), FH Texte 18: 121-173
- STEINER, K. (1978): Simulation des Verkehrsablaufs, in Österr. Bundesministerium für Bauten und Technik (Hrsg.): Schriftenreihe "Straßenforschung", Heft 97: 1-31
- STEVEN, H. (1995): Modellierung der Kfz-Emissionen im Stadtverkehr - Status-Quo, Prognose, Maßnahmen der Fahrzeugtechnik und der Verkehrsbeeinflussung, VDI Berichte 1228: 527-562

- Umweltbundesamt (Hrsg.) (1980): Kolloquium zu Fragen der Ausbreitungsrechnung für Abgasemissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr, 1. März 1979 in Berlin, Materialien 4/80, Erich Schmidt Verlag Berlin
- Umweltbundesamt (Hrsg.) (1988): Fachgespräch "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr", 24. Februar 1987 in Berlin, Texte 9/88
- VDI-Gesellschaft Fahrzeug- und Verkehrstechnik (Hrsg.) (1995): Emissionen des Straßenverkehrs - Immissionen in Ballungsgebieten, Tagungsbericht 7./8. September 1995 Berlin, VDI Berichte 1228
- WAGLER, D. (1993): 1. Zwischenbericht "Modellierung der Ausbreitung Kfz-bedingter Schadstoffe an ausgewählten Verkehrsknotenpunkten der Stadt Leipzig", Uni Leipzig, IINU
- WALDEYER, H. (1978): Die Darstellung des Kraftfahrzeugverkehrs als Linienquelle - Bereitstellung der erforderlichen Basisdaten, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasimmissionsbelastungen durch den Kfz-Verkehr": 191-207
- WALDEYER, H., LEISEN, P. (1985): Minderung der Emissionsbelastung durch verkehrsbeeinflussende Maßnahmen, Schriftenreihe der TU Graz 42, 199-227
- WALDEYER, H., SOBOTKA, H., LEISEN, P. (1980): Abgasbelastung innerhalb von Straßenschluchten, in UBA (Hrsg.): Materialien 4/80: 107-128, Erich Schmidt Verlag Berlin
- WALDEYER, H., LEISEN, P., MÜLLER, W.R. (1982): Die Abhängigkeit der Immissionsbelastung in Straßenschluchten von meteorologischen und verkehrsbedingten Einflußgrößen, in BMFT & TÜV Rheinland (Hrsg.): Kolloquiumsbericht "Abgasbelastungen durch den Kraftfahrzeugverkehr im Nahbereich verkehrsreicher Straßen": 85-113
- WALDEYER, H., HASSEL, D., JOST, P., WEBER, F.J. (1995): Ermittlung des realen Emissionsverhaltens von Pkw und Nfz in der Bundesrepublik Deutschland, VDI Berichte 1228: 263-278
- WALZER, P. (1995): Spezifische Emissionen des Pkw- und Nutzfahrzeugverkehrs - Entwicklungstendenzen, in KRdL (Hrsg.): Schriftenreihe 22: 90-105
- WEBSTER, F.V., COBBE, B.M. (1966): Traffic Signals, Road Research Technical Paper No. 56, Her Majesty's Stationary Office, London
- WERNER, H. (1992): Wintersmog in der ehemaligen DDR, Teil II, Staub - Reinhalt. Luft 52: 239-244
- WERNER, H., BERGER, F. (1992): Wintersmog in der ehemaligen DDR, Teil I, Staub - Reinhalt. Luft 52: 119-126
- WIEGAND, G., GARBEN, M. (1994): Modellierung der Immissionsbelastung in Innenstädten durch den Kfz-Verkehr, Staub - Reinhalt. Luft 54: 219 - 223
- ZAHN, W., KOLLMANN, K., MIKULIC, L. (1995): Moderne Abgasreinigungsanlagen am Pkw-Ottomotor, VDI Berichte 1228: 373-387

Anhang

Tabellen A1 - A7

Tabelle A 1 : Emissionen am 15.07.92, 15:30 Uhr

Streckenbezeichnung	Länge (m)	CO-Emission mg/s	NO _x -Emission ηg/s
Eisenbahnstraße (von West nach Ost)			
1. Abschnitt	133,6	401,06	3367,0
2. Abschnitt	45,0	167,31	1135,0
Stauzone 1	30,0	129,66	742,0
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	26,58	211,8
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	32,66	189,8
Stauzone 2	40,0	130,40	963,2
3. Abschnitt	5,0	11,88	122,7
4. Abschnitt	159,4	226,67	3983,8
Hermann-Liebmann-Str. (von Nord nach Süd)			
1. Abschnitt	48,4	69,99	828,6
2. Abschnitt	30,0	73,56	511,4
Stauzone 1	15,0	40,80	254,1
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 1. Abschnitt	5,0	27,83	205,4
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 2. Abschnitt	5,0	31,41	196,2
Stauzone 2	10,0	21,20	131,0
3. Abschnitt	35,0	71,19	461,0
4. Abschnitt	10,0	20,34	131,7
5. Abschnitt	25,0	19,20	339,5
6. Abschnitt	10,0	7,68	135,8
7. Abschnitt	16,7	12,83	226,8
Ludwigstraße (von West nach Ost)			
1. Abschnitt	203,6	128,27	1076,6
Stauzone 1	5,0	4,62	38,8
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	7,34	61,6
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	5,59	46,9
Stauzone 2	5,0	3,52	29,6
2. Abschnitt	199,4	95,71	801,6
Konradstraße (von West nach Ost)			
1. Abschnitt (bis H.-Liebmann-Str.)	216,8	45,53	381,6
2. Abschnitt (ab H.-Liebmann-Str.)	206,2	37,12	311,4
Hedwigstraße	98,0	14,70	123,5
Thümmelstraße	100,1	15,02	126,1
Hildegardstraße	209,9	31,49	264,4

Tabelle A 2 : Emissionen am 23.09.93, 13:00 Uhr

Streckenbezeichnung	Länge (m)	CO-Emission mg/s	NO _x -Emission ηg/s	HC-Emission mg/s	Benzol-Emission ηg/s
Eisenbahnstraße (von West nach Ost)					
1. Abschnitt	168,6	142,77	3108,9	36,08	90,20
2. Abschnitt	25,0	49,95	471,0	13,55	33,88
Stauzone 1	15,0	34,66	282,0	9,47	23,68
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	16,66	204,8	2,82	7,05
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	17,09	203,4	2,93	7,33
Stauzone 2	30,0	62,00	563,4	16,03	40,08
3. Abschnitt	5,0	7,32	93,6	1,87	4,68
4. Abschnitt	169,4	137,79	3157,6	34,12	85,30
Hermann-Liebmann-Str. (von Nord nach Süd)					
1. Abschnitt	53,4	36,15	804,2	9,67	24,18
2. Abschnitt	25,0	36,99	385,5	10,03	25,08
Stauzone 1	15,0	25,43	232,5	6,89	17,23
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 1. Abschnitt	5,0	17,08	209,6	2,88	7,20
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 2. Abschnitt	5,0	16,67	198,6	2,88	7,20
Stauzone 2	10,0	14,01	125,0	3,98	9,95
3. Abschnitt	25,0	33,68	312,0	9,58	23,95
4. Abschnitt	10,0	5,20	119,6	1,38	3,45
5. Abschnitt	20,0	10,40	239,2	2,77	6,93
6. Abschnitt	25,0	13,00	299,0	3,46	8,65
7. Abschnitt	16,7	14,47	199,7	2,31	5,78
Ludwigstraße (von West nach Ost)					
1. Abschnitt	203,6	36,16	785,9	9,12	22,80
Stauzone 1	5,0	1,30	28,4	0,33	0,83
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	2,07	45,1	0,52	1,30
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	1,58	34,3	0,40	1,00
Stauzone 2	5,0	0,99	21,6	0,25	0,63
2. Abschnitt	199,4	26,99	586,2	6,82	17,05
Konradstraße (von West nach Ost)					
1. Abschnitt (bis H.-Liebmann-Str.)	216,8	12,83	277,5	3,21	8,03
2. Abschnitt (ab H.-Liebmann-Str.)	206,2	10,48	226,8	2,64	6,60
Hedwigstraße	98,0	4,16	90,2	1,04	2,60
Thümmelstraße	100,1	4,24	92,1	1,06	2,65
Hildegardstraße	209,9	8,90	193,1	2,23	5,58

Tabelle A 3 : Emissionen am 29.09.93, 14:30 Uhr

Streckenbezeichnung	Länge (m)	CO-Emission mg/s	NO_x- Emission ηg/s	HC- Emission mg/s	Benzol- Emission ηg/s
Eisenbahnstraße (von West nach Ost)					
1. Abschnitt	153,6	243,3	3603,5	57,57	143,93
2. Abschnitt	30,0	84,99	730,2	18,55	46,38
Stauzone 1	25,0	82,19	606,5	17,92	44,80
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	22,87	235,8	3,54	8,85
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	22,48	222,7	3,33	8,33
Stauzone 2	35,0	94,26	808,5	24,51	61,28
3. Abschnitt	5,0	9,69	116,4	2,43	6,08
4. Abschnitt	164,4	184,75	3866,7	42,51	106,28
Hermann-Liebmann-Str. (von Nord nach Süd)					
1. Abschnitt	43,4	40,57	768,2	10,16	25,40
2. Abschnitt	35,0	70,99	618,1	19,33	48,33
Stauzone 1	15,0	34,82	263,1	9,56	23,90
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 1. Abschnitt	5,0	22,13	225,7	3,53	8,83
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 2. Abschnitt	5,0	23,22	232,8	3,33	8,33
Stauzone 2	10,0	17,35	132,4	4,54	11,35
3. Abschnitt	30,0	50,11	398,4	13,07	32,68
4. Abschnitt	5,0	3,44	67,3	0,87	2,18
5. Abschnitt	20,0	13,77	269,2	3,48	8,70
6. Abschnitt	25,0	17,16	336,5	4,36	10,90
7. Abschnitt	16,7	11,50	224,8	2,91	7,28
Ludwigstraße (von West nach Ost)					
1. Abschnitt	203,6	67,64	1001,7	16,00	40,00
Stauzone 1	5,0	2,44	36,1	0,58	1,45
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	3,87	57,3	0,92	2,30
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	2,95	43,7	0,70	1,75
Stauzone 2	5,0	1,86	27,5	0,44	1,10
2. Abschnitt	199,4	50,49	749,7	11,92	29,80
Konradstraße (von West nach Ost)					
1. Abschnitt (bis H.-Liebmann-Str.)	216,8	24,02	355,6	5,68	14,20
2. Abschnitt (ab H.-Liebmann-Str.)	206,2	19,59	288,7	4,62	11,55
Hedwigstraße	98,0	7,78	115,6	1,84	4,60
Thümmelstraße	100,1	7,95	118,1	1,88	4,70
Hildegardstraße	209,9	16,67	247,7	3,95	9,88

Tabelle A 4 : Emissionen am 01.10.1993, 10:00 Uhr

Streckenbezeichnung	Länge (m)	CO-Emission mg/s	HC-Emission mg/s	Benzol-Emission µg/s
Eisenbahnstraße (von West nach Ost)				
1. Abschnitt	158,6	187,81	46,88	117,20
2. Abschnitt	30,0	76,06	18,77	46,93
Stauzone 1	20,0	58,44	14,50	36,25
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	20,05	3,15	7,88
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	21,57	3,45	8,63
Stauzone 2	40,0	113,78	27,00	67,50
3. Abschnitt	5,0	14,22	3,38	8,45
4. Abschnitt	159,4	170,91	40,87	102,18
Hermann-Liebmann-Str. (von Nord nach Süd)				
1. Abschnitt	53,4	41,88	11,01	27,53
2. Abschnitt	25,0	40,52	10,43	26,08
Stauzone 1	15,0	27,73	7,16	17,90
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 1. Abschnitt	5,0	21,94	3,41	8,53
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 2. Abschnitt	5,0	19,68	3,19	7,98
Stauzone 2	15,0	24,49	6,86	17,15
3. Abschnitt	25,0	39,23	10,96	27,40
4. Abschnitt	15,0	8,82	2,29	5,73
5. Abschnitt	25,0	14,70	3,81	9,53
6. Abschnitt	10,0	5,88	1,52	3,80
7. Abschnitt	16,7	9,82	2,55	6,38
Ludwigstraße (von West nach Ost)				
1. Abschnitt	203,6	50,57	12,62	31,55
Stauzone 1	5,0	1,82	0,46	1,15
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	2,89	0,72	1,80
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	2,21	0,55	1,38
Stauzone 2	5,0	1,39	0,35	0,88
2. Abschnitt	199,4	37,73	9,41	23,53
Konradstraße (von West nach Ost)				
1. Abschnitt (bis H.-Liebmann-Str.)	216,8	17,95	4,47	11,18
2. Abschnitt (ab H.-Liebmann-Str.)	206,2	14,64	3,67	9,18
Hedwigstraße	98,0	5,82	1,45	3,63
Thümmelstraße	100,1	5,95	1,48	3,70
Hildegardstraße	209,9	12,47	3,11	7,78

Tabelle A 5 : Emissionen am 07.10.93, 18:00 Uhr

Streckenbezeichnung	Länge (m)	CO-Emission mg/s	HC-Emission mg/s	Benzol-Emission µg/s
Eisenbahnstraße (von West nach Ost)				
1. Abschnitt	148,6	338,09	76,95	192,38
2. Abschnitt	35,0	117,29	25,14	62,85
Stauzone 1	25,0	97,02	20,70	51,75
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	23,84	3,49	8,73
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	26,10	3,72	9,30
Stauzone 2	40,0	125,76	32,87	82,18
3. Abschnitt	5,0	11,34	2,86	7,15
4. Abschnitt	159,4	209,36	47,53	118,83
Hermann-Liebmann-Str. (von Nord nach Süd)				
1. Abschnitt	53,4	51,92	12,82	32,05
2. Abschnitt	25,0	47,19	12,41	31,03
Stauzone 1	15,0	32,00	8,50	21,25
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 1. Abschnitt	5,0	24,20	3,77	9,43
Kreuzung mit Eisenbahnstr., 2. Abschnitt	5,0	25,74	3,45	8,63
Stauzone 2	10,0	18,22	5,00	12,50
3. Abschnitt	35,0	61,22	16,70	41,75
4. Abschnitt	10,0	6,67	1,64	4,10
5. Abschnitt	25,0	16,67	4,10	10,25
6. Abschnitt	10,0	6,67	1,64	4,10
7. Abschnitt	16,7	11,13	2,74	6,85
Ludwigstraße (von West nach Ost)				
1. Abschnitt	203,6	97,16	22,11	55,28
Stauzone 1	5,0	3,50	0,80	2,00
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 1. Abschnitt	5,0	5,56	1,27	3,18
Kreuzung mit H.-Liebmann-Str., 2. Abschnitt	5,0	4,24	0,96	2,40
Stauzone 2	5,0	2,67	0,61	1,53
2. Abschnitt	199,4	72,50	16,51	41,28
Konradstraße (von West nach Ost)				
1. Abschnitt (bis H.-Liebmann-Str.)	216,8	34,52	7,85	19,63
2. Abschnitt (ab H.-Liebmann-Str.)	206,2	28,13	6,39	15,98
Hedwigstraße	98,0	11,17	2,55	6,38
Thümmelstraße	100,1	11,41	2,60	6,50
Hildegardstraße	209,9	23,93	5,46	13,65

Tabelle A 6/1 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
1	Althner Str.	143,70	25000	25500	34,198	4,018	9,252	17,218	2,551	6,041
2	Althner Str.	160,25	25000	25000	32,534	3,916	8,765	16,066	2,436	5,618
3	Alttranstädter Str.	336,82	12250	12300	12,230	1,693	3,212	6,060	1,056	2,062
4	Am Gothischen Bad	283,37	27450	27450	28,825	3,879	7,604	14,236	2,414	4,875
5	Am Ritterschloßchen	1023,53	15350	19800	12,491	1,943	3,189	7,957	1,560	2,640
6	Am Sandberg	1018,26	15480	15480	12,607	1,963	3,226	6,229	1,222	2,069
7	An der Tabaksmühle	378,25	27850	29000	26,959	3,791	7,039	13,860	2,454	4,702
8	An der Tabaksmühle	875,02	15350	24000	12,727	1,957	3,257	9,822	1,903	3,265
9	Annaberger Str.	183,45	0	6900	0,000	0,000	0,000	4,178	0,652	1,449
10	Antonienstr.	293,63	28900	28900	30,015	4,058	7,901	14,814	2,523	5,063
11	Antonienstr.	483,87	42550	39400	38,922	5,652	10,100	17,788	3,256	5,990
12	Antonienstr.	307,92	26000	24000	26,625	3,632	7,005	12,130	2,082	4,140
13	Antonienstr.	314,71	26000	27000	26,457	3,622	6,956	13,566	2,337	4,630
14	Antonienstr.	910,04	28450	33500	23,476	3,623	6,012	13,653	2,656	4,541
15	Arno-Nitzsche-Str.	1180,35	12600	23950	10,104	1,587	2,578	9,484	1,877	3,141
16	Arno-Nitzsche-Str.	444,81	10100	14800	9,409	1,353	2,448	6,806	1,232	2,298
17	Arthur-Hoffmann-Str.	190,80	32130	37050	38,831	4,848	10,381	22,109	3,481	7,675
18	Arthur-Hoffmann-Str.	632,83	15730	16450	13,678	2,047	3,525	7,063	1,332	2,364
19	Arthur-Hoffmann-Str.	926,93	16480	17350	13,564	2,097	3,467	7,055	1,376	2,345
20	Arthur-Hoffmann-Str.	536,86	0	9000	0,000	0,000	0,000	3,978	0,735	1,336
21	Arthur-Nagel-Str.	728,39	8950	8950	7,615	1,154	1,962	3,762	0,718	1,258
22	August-Bebel-Str.	697,54	0	12200	0,000	0,000	0,000	5,159	0,980	1,725
23	August-Bebel-Str.	794,48	0	10450	0,000	0,000	0,000	4,331	0,832	1,442
24	August-Bebel-Str.	1142,43	0	7800	0,000	0,000	0,000	3,097	0,612	1,025
25	Autobahn	3177,01	28900	32800	21,745	3,550	5,487	12,189	2,508	3,997
26	Autobahn	4773,24	29100	32800	21,612	3,558	5,442	12,031	2,496	3,937
27	Autobahn	1971,64	29100	32800	22,414	3,607	5,676	12,477	2,531	4,107
28	Autobahn	4717,79	29050	29050	21,584	3,554	5,440	10,657	2,211	3,487
29	Autobahn	2178,16	29450	29450	22,554	3,646	5,711	11,137	2,268	3,661
30	B 2 / B 95	1779,11	31950	31750	24,774	3,974	6,286	12,157	2,456	4,005
31	B 2 / B 95	2626,24	31950	31950	24,238	3,941	6,129	11,969	2,452	3,929
32	Bahnhofstr.	1151,02	1550	1550	1,249	0,196	0,323	0,619	0,122	0,207
33	Bayerischer Platz	43,12	32130	37050	47,038	5,352	12,777	26,782	3,843	9,447
34	Beethovenstr.	646,16	0	7450	0,000	0,000	0,000	3,190	0,605	1,067
35	Berggartenstr.	451,26	10000	6450	9,282	1,338	2,409	2,960	0,537	1,001
36	Berliner Str.	663,56	19650	19450	16,957	2,550	4,371	8,291	1,571	2,774
37	Berliner Str.	331,67	28650	28650	28,724	3,961	7,539	14,183	2,464	4,832
38	Berliner Str.	1326,77	16150	16150	12,813	2,025	3,266	6,328	1,260	2,093
39	Bernhard-Göring-Str.	1103,63	12690	8200	10,242	1,604	2,612	3,267	0,646	1,081
40	Bernhard-Göring-Str.	634,00	14590	8200	12,686	1,898	3,272	3,519	0,665	1,176

Tabelle A 6/2 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
41	Bornaische Str.	1592,59	7050	19250	5,510	0,881	1,401	7,432	1,494	2,453
42	Bornaische Str.	486,91	12300	9900	11,235	1,633	2,913	4,466	0,818	1,505
43	Bornaische Str.	531,88	9000	9000	8,077	1,184	2,090	3,985	0,736	1,339
44	Bornaische Str.	262,71	12300	20850	13,230	1,756	3,496	11,077	1,851	3,805
45	Bornaische Str.	679,53	12300	9900	10,572	1,593	2,720	4,202	0,797	1,405
46	Bornaische Str.	1172,63	13400	13400	10,750	1,690	2,741	5,309	1,052	1,757
47	Bornaische Str.	1115,86	3000	3000	2,422	0,379	0,623	1,199	0,237	0,400
48	Brandenburger Str.	146,76	29450	29450	39,881	4,711	10,771	19,693	2,931	6,905
49	Brandenburger Str.	506,22	29450	29450	26,688	3,900	6,918	13,178	2,426	4,435
50	Brandenburger Str.	430,99	35500	36000	33,308	4,770	8,676	16,684	3,010	5,643
51	Brandenburger Str.	336,17	8600	8600	8,594	1,189	2,261	4,249	0,741	1,451
52	Brandenburger Str.	218,61	35500	36000	40,718	5,225	10,842	20,396	3,298	7,052
53	Breite Str.	368,89	24750	27100	24,115	3,382	6,308	13,033	2,301	4,423
54	Breitenfelder Str.	941,48	0	11150	0,000	0,000	0,000	4,525	0,882	1,504
55	Breitenfelder Str.	322,60	0	11100	0,000	0,000	0,000	5,547	0,961	1,896
56	Breitscheidstr.	347,56	0	7400	0,000	0,000	0,000	3,616	0,633	1,230
57	Brückenstr.	2319,81	7960	16450	6,074	0,982	1,534	6,199	1,265	2,036
58	Brückenstraße	1106,62	9100	16450	7,340	1,148	1,867	6,554	1,292	2,171
59	Brüderstr.	224,84	14560	10000	16,532	2,133	4,401	5,600	0,911	1,930
60	Brünner Str.	690,36	15000	20000	12,861	1,941	3,309	8,469	1,609	2,830
61	Brünner Str.	606,55	24000	29850	21,023	3,130	5,424	12,911	2,426	4,325
62	Burghausener Str.	470,17	1960	1960	1,805	0,262	0,472	0,894	0,163	0,303
63	Chemnitz Str.	528,15	16150	16150	14,518	2,129	3,764	7,170	1,325	2,413
64	Chemnitz Str.	2902,78	5000	10350	3,778	0,615	0,957	3,854	0,791	1,261
65	Chemnitz Str.	487,32	11760	16150	10,740	1,563	2,786	7,287	1,334	2,457
66	Connewitzer Str.	1196,02	5000	7600	4,006	0,629	1,024	3,004	0,595	0,994
67	Coppistr.	695,36	10800	11900	9,252	1,398	2,384	5,031	0,956	1,680
68	Coppistr.	638,01	10800	8900	9,381	1,406	2,422	3,809	0,718	1,272
69	Cottaweg	1295,60	0	4250	0,000	0,000	0,000	1,673	0,333	0,556
70	Delitzscher Str.	336,67	31650	32200	31,595	4,370	8,283	15,876	2,764	5,408
71	Delitzscher Str.	765,42	31650	33000	26,720	4,070	6,859	13,759	2,640	4,589
72	Delitzscher Str.	883,37	19580	23350	16,219	2,497	4,159	9,543	1,852	3,170
73	Delitzscher Str.	1732,63	4140	4140	3,217	0,516	0,818	1,590	0,322	0,525
74	Delitzscher Str.	323,57	34550	35100	34,884	4,794	9,169	17,500	3,029	5,969
75	Delitzscher Str.	306,60	21890	26700	22,441	3,057	5,898	13,513	2,318	4,613
76	Delitzscher Str./Del. Landstr.	2180,53	16300	17700	12,480	2,015	3,154	6,692	1,363	2,200
77	Demmeringstr.	114,66	9170	12500	13,428	1,528	3,652	9,032	1,296	3,184
78	Dieskaustr.	295,37	22250	22050	23,067	3,126	6,075	11,289	1,928	3,860
79	Dieskaustr.	551,03	11700	11700	10,430	1,536	2,698	5,148	0,955	1,728
80	Dieskaustr.	607,42	13170	8750	11,533	1,716	2,974	3,788	0,710	1,272

Tabelle A 6/3 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
81	Dieskaustr.	364,96	13170	14500	12,867	1,798	3,363	6,989	1,232	2,371
82	Dieskaustr.	1340,53	12250	12250	9,709	1,538	2,474	4,797	0,957	1,587
83	Dieskaustr.	174,11	11700	11700	14,686	1,797	3,941	7,248	1,117	2,525
84	Dieskaustr.	571,31	17650	17650	15,628	2,311	4,038	7,713	1,437	2,587
85	Dittrichring	844,66	41650	38900	34,695	5,326	8,897	15,998	3,092	5,324
86	Dölitzer Str.	338,50	0	7400	0,000	0,000	0,000	3,642	0,635	1,239
87	Dortmunder Str.	1321,86	0	6975	0,000	0,000	0,000	2,735	0,544	0,906
88	Dresdner Str.	486,43	15600	20050	14,250	2,074	3,695	9,039	1,654	3,043
89	Dresdner Str.	199,74	22330	32250	26,505	3,339	7,077	18,907	3,004	6,558
90	Dresdner Str.	536,16	15600	22650	13,975	2,057	3,614	10,020	1,854	3,368
91	Dresdner Str.	289,26	30000	27600	31,301	4,224	8,246	14,220	2,418	4,866
92	Dübener Landstr.	904,39	23900	17000	19,738	3,042	5,056	6,927	1,346	2,301
93	Dübener Landstr.	2258,86	23900	19850	18,271	2,952	4,627	7,495	1,529	2,464
94	Eisenacher Str.	183,29	0	3300	0,000	0,000	0,000	2,002	0,314	0,696
95	Eisenbahnstr.	621,84	0	12650	0,000	0,000	0,000	5,443	1,023	1,820
96	Eisenbahnstr.	590,04	26700	26700	23,503	3,490	6,068	11,602	2,170	3,889
97	Eisenbahnstr.	834,68	25200	25500	21,027	3,224	5,395	10,503	2,030	3,495
98	Emil-Fuchs-Str.	780,75	13440	20250	11,320	1,725	2,911	8,412	1,615	2,801
99	Engelsdorfer Str.	185,18	6500	6500	7,950	0,985	2,125	3,920	0,612	1,360
100	Erich-Zeigner-Allee	570,04	9750	12050	8,637	1,280	2,235	5,275	0,984	1,772
101	Erich-Zeigner-Allee	291,18	17700	14800	18,431	2,490	4,856	7,608	1,295	2,602
102	Erich-Zeigner-Allee	959,44	5650	5550	4,629	0,717	1,180	2,246	0,437	0,746
103	Essener Str.	424,05	20100	24150	18,925	2,705	4,925	11,232	2,022	3,799
104	Essener Str.	558,41	11300	11700	10,050	1,481	2,600	5,135	0,954	1,723
105	Essener Str.	429,48	11220	17500	10,534	1,509	2,743	8,113	1,463	2,742
106	Essener Str.	545,97	20100	20100	17,945	2,645	4,639	8,859	1,645	2,973
107	Eutritzscher Str.	400,13	39350	37850	37,570	5,327	9,803	17,841	3,185	6,043
108	Eutritzscher Str.	551,28	39950	36500	35,605	5,254	9,210	16,056	2,982	5,389
109	Floßplatz	398,39	26700	30150	25,519	3,614	6,657	14,222	2,537	4,815
110	Franz-Flemming-Str.	586,88	8450	11950	7,447	1,105	1,924	5,199	0,974	1,743
111	Franz-Flemming-Str.	974,93	5300	4000	4,334	0,674	1,106	1,611	0,314	0,533
112	Friedhofsweg	506,83	3800	3300	3,441	0,500	0,888	1,477	0,273	0,497
113	Friedrich-Bosse-Str.	346,48	0	9600	0,000	0,000	0,000	4,692	0,821	1,594
114	Friedrich-Ebert-Str.	688,93	12300	12550	10,549	1,591	2,713	5,314	1,007	1,776
115	Friedrich-Ebert-Str.	614,08	19860	21550	17,360	2,591	4,481	9,298	1,749	3,113
116	Friedrich-Ebert-Str.	567,92	12300	12550	10,901	1,613	2,816	5,492	1,021	1,844
117	Friedrich-Ebert-Str.	432,16	13250	13350	12,419	1,779	3,227	6,179	1,114	2,088
118	Friedrichshafener Str.	630,27	5800	5800	5,047	0,757	1,302	2,494	0,471	0,835
119	Friedrichshafener Str.	131,81	0	4650	0,000	0,000	0,000	3,282	0,478	1,160
120	Friedrichshafener Str.	838,53	6150	7300	5,127	0,787	1,313	3,001	0,580	0,996

Tabelle A 6/4 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
121	Friesenstr.	1221,85	6270	7150	5,012	0,787	1,278	2,827	0,561	0,938
122	Garskestr.	343,60	6280	5100	6,236	0,863	1,635	2,498	0,437	0,848
123	Garskestr.	867,42	6280	6850	5,214	0,800	1,336	2,810	0,545	0,936
124	Geithainer Str.	330,76	0	5400	0,000	0,000	0,000	2,677	0,466	0,913
125	Geithainer Str.	1210,25	0	7200	0,000	0,000	0,000	2,843	0,563	0,941
126	Georg-Schumann-Str.	1557,87	23600	22550	18,476	2,947	4,698	8,711	1,748	2,872
127	Georg-Schumann-Str.	394,11	28650	31350	27,457	3,884	7,169	14,836	2,644	5,029
128	Georg-Schumann-Str.	713,25	20000	20300	17,065	2,582	4,390	8,556	1,631	2,860
129	Georg-Schumann-Str.	284,98	20000	23300	20,967	2,822	5,531	12,061	2,047	4,129
130	Georg-Schumann-Str.	643,13	14850	17700	12,878	1,933	3,319	7,580	1,431	2,536
131	Georg-Schumann-Str.	227,25	23600	24850	26,690	3,452	7,100	13,882	2,262	4,794
132	Georg-Schumann-Str.	511,03	25300	25250	22,883	3,347	5,929	11,273	2,075	3,792
133	Georg-Schumann-Str.	376,83	20000	22850	19,383	2,724	5,068	10,932	1,934	3,710
134	Georg-Schumann-Str.	324,18	28650	15150	28,909	3,973	7,593	7,543	1,304	2,569
135	Georg-Schwarz-Str.	79,35	19700	19700	28,839	3,283	7,833	14,236	2,042	5,020
136	Georg-Schwarz-Str.	664,95	14400	15100	12,423	1,866	3,200	6,434	1,218	2,153
137	Georg-Schwarz-Str.	1464,02	14200	10200	11,171	1,773	2,841	3,966	0,793	1,311
138	Georg-Schwarz-Str.	67,32	19700	19700	28,839	3,283	7,833	14,236	2,042	5,020
139	Georg-Schwarz-Str.	187,02	19700	19700	24,001	2,985	6,420	11,847	1,857	4,114
140	Georgiring	521,95	32000	34300	28,821	4,224	7,461	15,251	2,815	5,127
141	Gerberstr.	441,86	49000	49000	45,715	6,564	11,896	22,569	4,082	7,624
142	Gerhard-Ellrodt-Str.	2433,33	0	4000	0,000	0,000	0,000	1,499	0,305	0,490
143	Gerhard-Ellrodt-Str.	568,44	6900	6900	6,113	0,904	1,576	3,015	0,562	1,009
144	Gerhard-Ellrodt-Str.	417,48	5040	7000	4,763	0,677	1,239	3,266	0,586	1,105
145	Gerichtsweg	291,82	0	8100	0,000	0,000	0,000	4,166	0,710	1,427
146	Gerichtsweg	304,65	0	18450	0,000	0,000	0,000	9,354	1,604	3,193
147	Gießerstr.	828,08	1430	13100	1,195	0,184	0,309	5,407	1,044	1,803
148	Gießerstr.	544,00	1430	6500	1,279	0,190	0,333	2,864	0,530	0,960
149	Gießerstr.	241,10	1430	8050	1,585	0,208	0,424	4,402	0,723	1,517
150	Goethesteig	965,10	8100	8700	6,638	1,030	1,700	3,522	0,690	1,170
151	Goethestr.	629,20	0	16000	0,000	0,000	0,000	6,883	1,298	2,308
152	Gofliser Str.	723,89	10160	15000	8,647	1,313	2,223	6,303	1,204	2,103
153	Gördelerring	218,58	50680	61300	58,130	7,461	15,476	34,710	5,609	11,991
154	Gorkistr.	244,77	19900	18150	21,919	2,873	5,806	9,873	1,629	3,399
155	Gorkistr.	76,06	19900	18150	29,131	3,317	7,911	13,122	1,880	4,632
156	Gorkistr.	987,18	19900	18150	16,259	2,525	4,154	7,324	1,431	2,432
157	Grimmaischer Steinweg	170,99	22330	32250	28,246	3,445	7,586	20,149	3,100	7,029
158	Gundorfer Str.	492,21	1960	1960	1,788	0,261	0,467	0,885	0,163	0,300
159	Gustav-Adolf-Str.	618,33	15000	15500	13,095	1,955	3,377	6,684	1,258	2,240
160	Gustav-Esche-Str.	1513,56	10350	19800	8,117	1,291	2,057	7,671	1,538	2,532

Tabelle A 6/5 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
161	Hallesche St.	2135,00	13230	13230	10,141	1,638	2,566	5,006	1,019	1,644
162	Hallesche Str.	913,21	9070	9070	7,478	1,155	1,911	3,691	0,718	1,275
163	Hans-Beimler-Str.	427,74	0	6900	0,000	0,000	0,000	3,197	0,576	1,078
164	Hans-Driesch-Str.	220,76	15980	15100	18,265	2,345	4,862	8,524	1,380	2,946
165	Hans-Driesch-Str.	461,57	15980	22650	14,768	2,130	3,840	10,332	1,878	3,487
166	Hans-Driesch-Str.	68,24	15980	16650	23,401	2,660	6,363	12,034	1,727	4,244
167	Hans-Driesch-Str.	662,85	15980	16650	13,794	2,070	3,555	7,094	1,344	2,371
168	Hans-Driesch-Str.	461,32	3150	8000	2,906	0,420	0,749	3,649	0,665	1,230
169	Hans-Driesch-Str.	653,40	18590	32200	16,080	2,411	4,140	13,756	2,600	4,604
170	Hans-Driesch-Str.	404,12	18590	28850	17,705	2,511	4,615	13,569	2,427	4,595
171	Harkortstr.	139,95	30150	30150	41,754	4,875	11,292	20,608	3,032	7,236
172	Harkortstr.	298,86	30560	30560	31,569	4,282	8,304	15,581	2,662	5,321
173	Hauptstr.	625,01	5690	5690	4,963	0,743	1,287	2,456	0,463	0,826
174	Hauptstr.	64,41	19400	19400	28,409	3,231	7,726	14,027	2,009	4,951
175	Heinrich-Rau-Str.	1182,08	3450	3450	2,765	0,434	0,703	1,364	0,270	0,450
176	Heinrothstr.	132,44	0	6100	0,000	0,000	0,000	4,294	0,626	1,516
177	Heiterblickallee	1999,07	16900	15950	13,010	2,094	3,298	6,057	1,229	1,990
178	Hermann-Liebmann-Str.	421,38	11310	12400	10,670	1,525	2,786	5,776	1,038	1,955
179	Hermann-Liebmann-Str.	325,40	12000	20000	12,099	1,662	3,181	9,954	1,724	3,394
180	Hermann-Liebmann-Str.	227,89	12000	18300	13,560	1,751	3,608	10,206	1,665	3,519
181	Hermann-Liebmann-Str.	252,07	11310	8400	12,340	1,627	3,275	4,532	0,753	1,563
182	Hermann-Liebmann-Str.	107,12	12000	12000	17,575	1,998	4,783	8,678	1,243	3,065
183	Hohentichelstr.	1047,53	13600	15650	11,038	1,724	2,818	6,272	1,231	2,080
184	Holzäuser Str.	1468,33	0	7150	0,000	0,000	0,000	2,782	0,558	0,921
185	Holzäuser Str.	282,55	10070	19150	10,587	1,424	2,797	9,938	1,684	3,403
186	Holzäuser Str.	132,57	10070	19150	14,321	1,654	3,890	13,444	1,955	4,732
187	Holzäuser Str.	1029,21	9880	8950	8,038	1,252	2,057	3,598	0,705	1,196
188	Industriest.	502,50	5750	9000	5,220	0,760	1,353	4,030	0,739	1,356
189	Jahnallee	365,30	30500	29600	29,793	4,171	7,795	14,274	2,516	4,847
190	Jahnallee	373,47	31400	30650	30,497	4,279	7,970	14,697	2,598	4,988
191	Jahnallee	639,45	30500	29600	26,479	3,967	6,827	12,686	2,393	4,245
192	Jahnallee	175,51	30250	30950	37,843	4,642	10,154	19,119	2,955	6,662
193	Jahnallee	535,78	11920	14200	10,681	1,568	2,761	6,283	1,162	2,112
194	Johannisallee	695,80	0	14200	0,000	0,000	0,000	6,004	1,140	2,006
195	Johannisplatz	85,85	22330	32250	32,695	3,719	8,885	23,322	3,346	8,233
196	Johannisplatz	88,48	22710	25500	33,251	3,785	9,038	18,431	2,645	6,500
197	Karl-Heine-Str.	171,00	10000	20000	12,643	1,545	3,389	12,492	1,921	4,356
198	Karl-Heine-Str.	606,38	27700	26600	24,271	3,615	6,270	11,498	2,158	3,849
199	Karl-Heine-Str.	568,98	16950	12900	15,020	2,224	3,885	5,649	1,053	1,899
200	Karl-Heine-Str.	832,32	16950	18200	14,147	2,170	3,630	7,503	1,450	2,499

Tabelle A 6/6 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
201	Karl-Liebnecht-Str.	576,58	16850	16850	14,892	2,209	3,846	7,353	1,374	2,465
202	Karl-Liebnecht-Str.	476,62	16100	20500	14,773	2,145	3,836	9,293	1,698	3,135
203	Karl-Liebnecht-Str.	527,38	22500	22500	20,228	2,968	5,242	9,989	1,846	3,360
204	Karl-Liebnecht-Str.	58,71	14200	20500	20,793	2,364	5,652	14,827	2,127	5,236
205	Karl-Liebnecht-Str.	589,12	16850	16850	14,834	2,205	3,829	7,324	1,372	2,455
206	Karl-Liebnecht-Str.	635,37	18850	18840	16,387	2,452	4,231	8,082	1,525	2,703
207	Karl-Tauchnitz-Str.	203,75	32900	25900	38,746	4,905	10,335	15,071	2,404	5,225
208	Karl-Tauchnitz-Str.	892,18	9100	10675	7,523	1,159	1,920	4,354	0,844	1,445
209	Karl-Tauchnitz-Str.	538,09	13050	12250	11,682	1,718	3,019	5,421	1,006	1,824
210	Käthe-Kollwitz-Str.	647,51	19250	22400	16,680	2,502	4,303	9,580	1,810	3,204
211	Käthe-Kollwitz-Str.	670,31	25000	40100	21,541	3,240	5,552	17,055	3,233	5,700
212	Käthe-Kollwitz-Str.	484,17	21160	25600	19,350	2,811	5,018	11,563	2,117	3,898
213	Kickerlingsberg	1223,18	0	4400	0,000	0,000	0,000	1,731	0,343	0,570
214	Kieler Str.	844,82	11900	11900	9,912	1,520	2,540	4,892	0,945	1,627
215	Kiewer Str.	1179,69	19450	16150	15,598	2,451	3,980	6,397	1,265	2,120
216	Kiewer Str.	961,93	13170	11700	10,794	1,671	2,758	4,733	0,923	1,571
217	Kiewer Str.	870,50	13170	14000	10,927	1,679	2,797	5,735	1,110	1,908
218	Kiewer Str.	875,20	10670	10100	8,845	1,360	2,262	4,135	0,802	1,376
219	Kirschbergstr.	1257,23	10000	5600	7,967	1,257	2,026	2,205	0,439	0,730
220	Klingerweg	390,49	6150	9700	5,906	0,834	1,541	4,601	0,818	1,560
221	Knautnaundorfer Str.	3148,42	2700	2700	2,033	0,332	0,514	1,004	0,207	0,330
222	Koburger Str.	621,92	11000	11000	9,596	1,435	2,478	4,741	0,893	1,589
223	Koburger Str.	1524,53	11220	17850	8,797	1,403	2,235	6,908	1,384	2,278
224	Koburger Str.	630,30	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
225	Kohlgartenstr.	1110,77	15350	13700	12,382	1,936	3,157	5,461	1,078	1,811
226	Kommandant-Prendel-Allee	849,30	1010	5250	0,844	0,130	0,222	2,153	0,415	0,715
227	Kommandant-Prendel-Allee	441,99	1010	6150	0,946	0,137	0,253	2,831	0,512	0,956
228	Könnertstr.	749,38	12750	15500	10,800	1,639	2,776	6,484	1,242	2,164
229	Könnertstr.	622,10	6150	11400	5,363	0,801	1,382	4,904	0,921	1,639
230	Kregelstr.	536,69	15500	4500	13,887	2,043	3,597	1,989	0,368	0,668
231	Kurt-Eisner-Str.	467,30	24300	24300	22,395	3,237	5,819	11,056	2,013	3,729
232	Kurt-Eisner-Str.	231,02	16600	16350	18,660	2,418	4,953	9,079	1,483	3,134
233	Kurt-Eisner-Str.	320,55	22520	22300	22,796	3,126	5,989	11,148	1,926	3,804
234	Kurt-Eisner-Str.	123,55	16600	16350	24,302	2,764	6,600	11,825	1,695	4,176
235	Lagerhofstr.	121,20	15350	15350	22,471	2,556	6,101	11,089	1,589	3,909
236	Landsberger Str.	2951,87	6710	6710	5,062	0,824	1,275	2,496	0,512	0,816
237	Landsberger Str.	1589,80	6760	13975	5,280	0,844	1,338	5,388	1,083	1,774
238	Landsberger Str.	481,18	6870	17600	6,291	0,914	1,633	7,962	1,456	2,686
239	Landsberger Str.	540,48	4370	14600	3,908	0,576	1,009	6,448	1,195	2,166
240	Lange Reihe	305,41	0	5000	0,000	0,000	0,000	2,537	0,435	0,868

Tabelle A 6/7 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
241	Leinestr.	655,79	0	19950	0,000	0,000	0,000	8,524	1,613	2,855
242	Leipziger Str.	2580,04	8670	15500	6,582	1,068	1,663	5,813	1,190	1,909
243	Leipziger Str.	699,92	15600	15600	13,345	2,018	3,431	6,589	1,256	2,199
244	Leipziger Str.	1125,89	13230	13320	10,656	1,670	2,716	5,300	1,046	1,757
245	Leipziger Str.	1007,76	6760	6760	5,508	0,858	1,404	2,718	0,534	0,900
246	Leipziger Str.	75,57	6760	6760	9,891	1,128	2,681	4,882	0,702	1,718
247	Leipziger Str.	657,97	8050	8050	6,958	1,043	1,795	3,435	0,648	1,150
248	Leipziger Str.	1480,76	13250	16800	10,409	1,655	2,641	6,438	1,289	2,123
249	Leipziger Str.	997,87	16000	19700	13,062	2,031	3,344	7,936	1,554	2,632
250	Leutzscher Allee	484,91	19950	20600	18,245	2,653	4,743	9,300	1,704	3,133
251	Lindenallee	994,49	10380	8900	8,479	1,318	2,174	3,581	0,700	1,185
252	Lindenthaler Str.	526,00	4370	13050	3,929	0,577	1,015	5,789	1,070	1,943
253	Lindenthaler Str.	1411,64	5920	5920	4,672	0,742	1,191	2,309	0,462	0,764
254	Lindenthaler Str.	166,14	0	3300	0,000	0,000	0,000	2,087	0,321	0,728
255	Linkelstr.	623,30	7280	7750	6,345	0,949	1,634	3,333	0,626	1,115
256	Linkelstr.	250,48	6100	7750	6,670	0,880	1,773	4,178	0,691	1,435
257	Listplatz	58,81	15350	13700	22,471	2,556	6,101	9,912	1,424	3,501
258	Löbauer Str.	167,59	0	8450	0,000	0,000	0,000	5,323	0,814	1,858
259	Löbauer Str.	188,13	0	8450	0,000	0,000	0,000	5,072	0,795	1,762
260	Ludolf-Colditz-Str.	412,47	18100	12600	17,153	2,444	4,470	5,898	1,058	1,997
261	Ludolf-Colditz-Str.	444,42	8700	7550	8,105	1,168	2,109	3,470	0,626	1,171
262	Ludwig-Hupfeld-Str.	995,90	17000	16400	13,876	2,155	3,544	6,607	1,292	2,191
263	Ludwig-Hupfeld-Str.	286,68	17000	17000	17,785	2,396	4,685	8,778	1,490	3,002
264	Lützner Str.	426,08	15400	20400	14,483	2,072	3,769	9,476	1,707	3,204
265	Lützner Str.	704,24	16640	23100	14,223	2,152	3,658	9,752	1,858	3,257
266	Lützner Str.	603,07	20000	15300	17,539	2,611	4,529	6,627	1,243	2,222
267	Lützner Str.	1079,90	25600	24800	20,714	3,237	5,291	9,903	1,949	3,279
268	Lützner Str.	455,23	26200	30750	24,280	3,504	6,313	14,064	2,555	4,743
269	Lützner Str.	655,17	30250	30250	26,159	3,924	6,741	12,913	2,440	4,320
270	Lützner Str.	468,53	20000	21050	18,421	2,665	4,787	9,574	1,745	3,230
271	Lützner Str.	490,64	30250	22750	27,592	4,012	7,160	10,240	1,876	3,447
272	Lützner Str.	1060,78	23560	22500	19,102	2,979	4,881	9,008	1,770	2,988
273	Lützner Str.	522,39	15400	13900	13,867	2,034	3,589	6,176	1,139	2,075
274	Lützowstr.	443,14	8280	14800	7,719	1,106	2,006	6,811	1,233	2,300
275	Lützowstr.	380,25	10160	9850	9,821	1,386	2,566	4,710	0,836	1,602
276	Marschnerstr.	573,34	8550	9350	7,562	1,120	1,950	4,089	0,763	1,374
277	Marschnerstr.	551,28	23100	23300	20,590	3,038	5,328	10,256	1,907	3,444
278	Martin-Luther-Ring	274,83	43000	43000	45,588	6,100	12,034	22,509	3,795	7,713
279	Max-Liebermann-Str.	1150,91	14650	13950	11,775	1,849	3,004	5,535	1,094	1,831
280	Max-Liebermann-Str.	502,25	22300	21350	20,245	2,953	5,253	9,566	1,759	3,218

Tabelle A 6/8 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
281	Max-Liebermann-Str.	1188,79	18000	18550	14,425	2,267	3,681	7,339	1,452	2,430
282	Menckestr.	122,69	0	17050	0,000	0,000	0,000	12,337	1,770	4,359
283	Merseburger Landstr.	1490,25	23250	23250	18,263	2,904	4,642	9,016	1,806	2,975
284	Merseburger Str.	798,75	16650	14025	13,972	2,136	3,584	5,817	1,121	1,941
285	Merseburger Str.	1031,56	26450	22700	21,510	3,350	5,500	9,115	1,789	3,024
286	Merseburger Str.	178,12	16650	24850	20,696	2,550	5,547	15,262	2,369	5,317
287	Merseburger Str.	147,94	16650	12350	22,462	2,659	6,062	8,228	1,229	2,883
288	Merseburger Str.	1254,85	16050	16050	12,794	2,016	3,259	6,317	1,254	2,089
289	Militzer Str.	2064,10	4200	4200	3,224	0,519	0,813	1,588	0,322	0,520
290	Militzer Str.	1030,60	1960	1960	1,595	0,249	0,410	0,790	0,155	0,263
291	Militzer Str.	460,90	0	8900	0,000	0,000	0,000	4,054	0,737	1,364
292	Mockauer Brücke	46,22	16260	23350	23,804	2,709	6,466	16,870	2,420	5,947
293	Mockauer Str.	545,64	12150	12150	10,848	1,601	2,806	5,358	0,996	1,799
294	Mockauer Str.	374,74	9250	9250	8,975	1,262	2,344	4,432	0,785	1,503
295	Mockauer Str.	453,02	12900	15950	11,973	1,725	3,119	7,301	1,326	2,461
296	Mockauer Str.	122,78	12900	23350	18,894	2,150	5,145	16,870	2,420	5,947
297	Mockauer Str.	191,07	16260	23350	19,640	2,453	5,250	13,919	2,191	4,828
298	Möckernsche Str.	79,58	10000	12350	14,635	1,667	3,970	8,928	1,283	3,148
299	Möckernsche Str.	495,14	10000	6500	9,100	1,327	2,356	2,917	0,534	0,981
300	Naunhofer Str.	268,75	9400	10000	10,036	1,336	2,649	5,268	0,885	1,804
301	Naunhofer Str.	402,94	0	3300	0,000	0,000	0,000	1,554	0,279	0,526
302	Naunhofer/Augustiner/Bockstr.	1284,33	0	3300	0,000	0,000	0,000	1,297	0,259	0,428
303	Nordplatz	230,87	0	8400	0,000	0,000	0,000	4,672	0,764	1,616
304	Nürnberg Str.	638,24	13540	11350	11,758	1,761	3,031	4,868	0,918	1,630
305	Nürnberg Str.	218,29	19900	24100	22,833	2,929	6,073	13,655	2,204	4,719
306	Oberdorfer Str.	398,55	7910	7910	7,561	1,071	1,975	3,734	0,667	1,266
307	Ossietzkyst.	638,92	16050	11700	13,936	2,087	3,593	5,014	0,945	1,678
308	Oststr.	750,83	0	12450	0,000	0,000	0,000	5,209	0,999	1,739
309	Oststr.	1699,04	0	6650	0,000	0,000	0,000	2,556	0,516	0,844
310	Otto-Schmiedt-Str.	1127,45	0	3300	0,000	0,000	0,000	1,313	0,261	0,434
311	Papiermühlstr.	750,51	9890	11500	8,376	1,273	2,154	4,806	0,919	1,603
312	Paunsdorfer Str.	857,28	20750	20750	17,250	2,650	4,420	8,515	1,648	2,832
313	Permoserstr.	1357,67	19580	19325	15,502	2,453	3,950	7,556	1,509	2,497
314	Permoserstr.	747,33	16980	20725	14,385	2,186	3,695	8,671	1,660	2,893
315	Pfaffendorfer Str.	433,38	15400	19800	14,427	2,069	3,753	9,162	1,653	3,097
316	Pfaffendorfer Str.	217,53	15400	18400	17,691	2,270	4,706	10,443	1,688	3,611
317	Pfaffendorfer Str.	377,06	11590	19800	11,227	1,578	2,930	9,474	1,677	3,216
318	Philipp-Reis-Str.	728,97	0	3300	0,000	0,000	0,000	1,386	0,266	0,462
319	Philipp-Rosenthal-Str.	122,54	29450	36850	43,115	4,910	11,716	26,638	3,822	9,397
320	Philipp-Rosenthal-Str.	684,44	15000	18850	12,878	1,942	3,314	7,996	1,518	2,675

Tabelle A 6/9 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
321	Philipp-Rosenthal-Str.	517,88	15000	27150	13,531	1,982	3,504	12,101	2,233	4,074
322	Philipp-Rosenthal-Str.	631,27	13000	23250	11,310	1,693	2,917	9,987	1,881	3,343
323	Platner Str.	362,35	24550	17050	24,032	3,361	6,290	8,248	1,453	2,806
324	Platner Str.	86,80	24550	24550	35,943	4,094	9,770	17,750	2,547	6,264
325	Plautstr.	970,66	14100	14100	11,543	1,789	2,948	5,695	1,112	1,889
326	Plautstr.	381,87	14100	10500	13,616	1,916	3,553	5,007	0,890	1,698
327	Plovdiver Str.	931,65	4200	7150	3,453	0,533	0,879	2,911	0,568	0,970
328	Prager Str.	414,48	24630	26900	23,322	3,319	6,081	12,571	2,255	4,252
329	Prager Str.	562,35	18550	15950	16,474	2,434	4,261	6,988	1,302	2,343
330	Prager Str.	326,60	24630	24630	24,803	3,409	6,514	12,244	2,120	4,174
331	Prager Str.	619,63	20725	21450	18,090	2,701	4,668	9,245	1,739	3,097
332	Prager Str.	278,15	20725	21450	21,892	2,934	5,779	11,188	1,890	3,834
333	Prager Str.	190,64	20725	24450	25,059	3,129	6,705	14,605	2,298	5,076
334	Prager Str.	542,90	22400	20550	20,022	2,948	5,180	9,068	1,681	3,046
335	Prager Str.	1001,57	28240	28240	23,042	3,580	5,893	11,378	2,227	3,777
336	Prager Str.	1035,54	13250	16600	10,765	1,677	2,745	6,658	1,306	2,207
337	Prager Str.	174,23	22710	25500	28,497	3,492	7,650	15,797	2,441	5,502
338	Prager Str.	290,35	22710	13250	23,671	3,196	6,239	6,812	1,159	2,326
339	Prager Str.	487,68	22710	25500	20,740	3,016	5,383	11,497	2,108	3,872
340	Prager Str.	1667,30	13250	16600	10,317	1,650	2,614	6,381	1,284	2,102
341	Probstheidaer Str.	824,52	5000	7600	4,181	0,640	1,075	3,135	0,605	1,043
342	Probstheidaer/Karl-Jungbl.-Str	1058,51	5380	8150	4,364	0,682	1,118	3,259	0,640	1,079
343	Querstr.	659,20	15000	7450	12,956	1,946	3,336	3,179	0,604	1,064
344	Rackwitz Str.	295,78	27450	27450	28,449	3,856	7,494	14,050	2,400	4,805
345	Rackwitz Str.	468,00	1360	9600	1,257	0,180	0,331	4,363	0,795	1,469
346	Rackwitz Str.	958,24	1360	6850	1,119	0,172	0,290	2,776	0,543	0,923
347	Rathenaustr.	569,59	0	2550	0,000	0,000	0,000	1,110	0,205	0,370
348	Ratzelstr.	599,70	24000	28050	21,065	3,133	5,436	12,158	2,277	4,077
349	Ratzelstr.	790,54	15000	18900	12,606	1,925	3,234	7,841	1,506	2,612
350	Ratzelstr.	605,08	10290	21250	9,018	1,344	2,329	5,339	1,039	1,777
351	Ratzelstr.	914,08	10290	13100	8,486	1,312	2,173	5,339	1,039	1,777
352	Ratzelstr.	766,58	15000	19100	12,661	1,928	3,250	7,958	1,525	2,653
353	Richard-Lehmann-Str.	343,00	11900	12750	11,820	1,637	3,097	6,252	1,090	2,128
354	Richard-Lehmann-Str.	245,01	13000	16050	14,316	1,878	3,796	8,726	1,441	3,003
355	Richard-Lehmann-Str.	1086,23	16240	8000	13,132	2,053	3,353	3,193	0,630	1,057
356	Richard-Lehmann-Str.	895,97	17700	8000	14,632	2,257	3,746	3,264	0,635	1,084
357	Richard-Lehmann-Str.	118,52	13000	16050	19,033	2,168	5,174	11,601	1,663	4,093
358	Richard-Lehmann-Str.	453,81	11300	13000	10,482	1,507	2,726	5,954	1,082	2,010
359	Riebeckstr.	463,13	18000	24250	16,622	2,402	4,323	11,053	2,014	3,727
360	Riebeckstr.	554,07	18000	21200	16,031	2,366	4,150	9,330	1,735	3,137

Tabelle A 6/10 : Hauptstraßennetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
361	Riebeckstr.	322,67	15500	15500	15,661	2,152	4,116	7,735	1,339	2,638
362	Riemannstr.	499,43	0	10300	0,000	0,000	0,000	4,622	0,850	1,556
363	Riemannstr.	166,67	0	10300	0,000	0,000	0,000	6,504	0,996	2,270
364	Riesaer Str.	717,04	17200	17300	14,660	2,220	3,766	7,282	1,388	2,431
365	Riesaer Str.	771,12	22700	22700	19,148	2,917	4,919	9,455	1,815	3,153
366	Rittergutsstr.	572,65	6100	19800	5,401	0,802	1,401	8,654	1,614	2,905
367	Rödelstr.	306,00	40650	45300	41,701	5,679	10,965	22,947	3,938	7,837
368	Rohrteichstr.	145,10	8600	11900	11,714	1,382	3,176	7,996	1,185	2,804
369	Rohrteichstr.	725,47	8600	15250	7,322	1,111	1,889	6,408	1,221	2,140
370	Rosa-Luxemburg-Str.	120,88	10000	9350	14,635	1,667	3,970	6,765	0,971	2,390
371	Rosa-Luxemburg-Str.	545,19	10000	9350	8,928	1,316	2,306	4,127	0,766	1,388
372	Rosa-Luxemburg-Str.	359,21	4450	4450	4,370	0,611	1,150	2,162	0,381	0,738
373	Roscherstr.	564,12	0	8150	0,000	0,000	0,000	3,567	0,664	1,195
374	Roßplatz	291,60	43000	45750	44,755	6,049	11,790	19,612	4,001	8,045
375	Roßplatz	418,69	42050	42050	39,716	5,667	10,351	19,612	3,526	6,635
376	Saalfelder Str.	233,72	16950	16950	18,977	2,467	5,042	9,373	1,535	3,232
377	Saarländer Str.	305,91	0	11300	0,000	0,000	0,000	5,723	0,979	1,955
378	Saturnstr.	434,46	4200	6550	3,930	0,562	1,018	3,027	0,548	1,022
379	Saturnstr.	286,08	0	7300	0,000	0,000	0,000	3,768	0,640	1,286
380	Saturnstr.	511,78	0	11050	0,000	0,000	0,000	4,931	0,909	1,657
381	Schleußiger Weg	1241,37	40650	44400	32,434	5,109	8,259	17,490	3,471	5,783
382	Schomburgstr.	662,46	25250	25250	21,794	3,273	5,612	10,757	2,035	3,596
383	Schönauer Str.	848,67	8820	11550	7,344	1,129	1,885	4,748	0,919	1,580
384	Schönauer Str.	558,92	8820	12450	7,843	1,160	2,031	5,469	1,019	1,838
385	Schönauer Str.	931,34	8000	13450	6,580	1,019	1,682	5,466	1,064	1,818
386	Schönauer Str.	274,44	8950	8050	9,498	1,270	2,513	4,217	0,709	1,447
387	Schönbachstr.	302,10	9400	8950	9,679	1,314	2,544	4,556	0,780	1,559
388	Schulstr.	2269,52	2450	7000	1,876	0,305	0,481	2,641	0,537	0,868
389	Schulze-DelitzschStr.	517,51	4450	4450	4,019	0,589	1,047	1,988	0,367	0,672
390	Schweidenstr.	257,49	20800	20800	22,523	2,981	5,959	11,122	1,855	3,820
391	Schweidenstr.	561,34	15700	21750	13,947	2,062	3,608	9,545	1,777	3,207
392	Schweidenstr.	560,44	20800	18200	18,481	2,733	4,778	7,988	1,488	2,683
393	Semmelweisstr.	419,41	0	6000	0,000	0,000	0,000	2,799	0,505	0,947
394	Semmelweisstr.	195,42	0	9050	0,000	0,000	0,000	5,349	0,847	1,855
395	Semmelweisstr.	366,79	0	10000	0,000	0,000	0,000	4,814	0,850	1,632
396	Seumestr.	2130,38	2700	2700	2,071	0,335	0,525	1,023	0,208	0,337
397	Sievogtstr.	184,60	14650	14700	17,944	2,229	4,806	8,883	1,389	3,084
398	Sievogtstr.	361,11	14650	7800	14,353	2,008	3,757	3,772	0,665	1,281
399	Sommerfelder Str.	692,13	11760	19150	10,079	1,522	2,593	8,105	1,542	2,707
400	Spinnereistr.	491,72	0	11300	0,000	0,000	0,000	5,085	0,930	1,713

Tabelle A 6/11 : Hauptstraßenbenetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
401	Stallbaumstr.	646,71	0	6100	0,000	0,000	0,000	2,615	0,495	0,878
402	Stockstr.	150,20	0	3300	0,000	0,000	0,000	2,184	0,329	0,764
403	Stötteritzer Str.	317,05	9000	9890	9,139	1,249	2,400	4,961	0,856	1,694
404	Stötteritzer Str.	302,62	9000	9000	9,264	1,257	2,436	4,571	0,781	1,560
405	Stralsunder Str.	389,40	0	3800	0,000	0,000	0,000	1,798	0,318	0,607
406	Straße am See	640,18	10800	19850	9,376	1,406	2,421	8,511	1,608	2,850
407	Straße am See	464,44	10800	14850	9,967	1,442	2,593	6,767	1,234	2,282
408	Straße des 18. Oktober	1148,66	12000	7600	9,651	1,511	2,465	3,016	0,596	0,998
409	Talstr.	536,40	14560	10000	13,048	1,919	3,382	4,420	0,820	1,483
410	Tannenwaldstr.	395,55	1550	1550	1,488	0,210	0,394	0,738	0,131	0,253
411	Täubchenweg	454,42	14850	14700	13,766	1,987	3,579	6,723	1,222	2,266
412	Täubchenweg	963,76	14850	12675	12,167	1,889	3,112	5,129	1,003	1,703
413	Tauchaer Str.	589,61	4120	16650	3,629	0,541	0,942	7,237	1,355	2,425
414	Tauchaer Str.	1452,36	6910	9800	5,436	0,863	1,378	3,805	0,762	1,254
415	Theklaer Str.	2490,29	8450	9075	6,428	1,042	1,627	4,937	0,885	1,667
416	Theresienstr.	409,92	1190	10550	1,132	0,158	0,297	2,690	0,984	1,793
417	Theresienstr.	527,52	11560	12000	10,391	1,525	2,690	5,328	0,984	1,793
418	Theresienstr.	753,63	11560	6150	9,782	1,488	2,512	2,568	0,492	0,856
419	Torgauer Str.	318,70	19250	19300	19,521	2,676	5,134	9,659	1,667	3,293
420	Torgauer Str.	802,09	22850	22850	19,169	2,928	4,920	9,463	1,821	3,153
421	Torgauer Str.	409,87	22100	21200	20,983	2,982	5,475	9,946	1,783	3,371
422	Torgauer Str.	408,56	11750	10650	11,162	1,588	2,910	4,993	0,893	1,689
423	Torgauer Str.	916,56	22100	24500	18,222	2,813	4,668	9,972	1,939	3,314
424	Torgauer Str.	685,37	22100	21850	18,976	2,859	4,889	9,262	1,760	3,095
425	Torgauer Str.	606,06	13400	15550	11,739	1,751	3,029	6,722	1,261	2,250
426	Torgauer Str.	990,62	14300	20950	11,678	1,813	2,981	8,447	1,653	2,802
427	Tröndlinring	416,15	49450	53750	46,772	6,668	12,191	25,102	4,507	8,493
428	Uferstr.	418,60	17750	17750	16,762	2,389	4,361	8,270	1,485	2,794
429	Virchowstr.	999,56	8280	11100	6,756	1,047	1,725	4,480	0,878	1,490
430	Virchowstr.	316,15	8280	9300	8,414	1,149	2,209	4,668	0,803	1,594
431	Volbedingstr.	387,80	16050	18500	15,442	2,179	4,033	8,797	1,565	2,987
432	Volbedingstr.	318,96	9330	12700	9,461	1,299	2,492	6,353	1,098	2,165
433	Volksgartenstr.	914,51	0	15500	0,000	0,000	0,000	6,313	1,229	2,099
434	Volksgartenstr.	187,61	0	16600	0,000	0,000	0,000	9,969	1,562	3,461
435	Waldplatz	135,67	18500	18500	26,015	3,019	7,060	12,853	1,879	4,527
436	Waldstr.	904,46	17150	17825	14,162	2,187	3,628	7,268	1,412	2,416
437	Waldstr.	816,30	24550	24550	20,543	3,146	5,271	10,145	1,958	3,379
438	Weidenweg	928,85	5800	13650	4,773	0,740	1,222	5,549	1,080	1,845
439	Wiederitzscher Str.	882,51	5920	5920	4,905	0,756	1,259	2,424	0,471	0,808
440	Wiederitzscher Weg	262,37	14650	14650	15,766	2,095	4,169	7,787	1,304	2,673

Tabelle A 6/12 : Hauptstraßenetz Leipzig, DTV 1992/93 und 1994, Emissionen (g/m/h)

Nr	NAME	Länge (m)	DTV-92	DTV-94	CO-92	NOx-92	NMHC-92	CO-94	NOx-94	NMHC-94
441	William-Zipperer-Str.	1469,24	2900	9350	2,280	0,363	0,580	3,634	0,728	1,201
442	William-Zipperer-Str.	239,54	9170	12500	10,179	1,328	2,702	6,847	1,127	2,356
443	Willy-Brandt-Platz	361,33	59600	62600	58,381	8,157	15,274	30,278	5,330	10,287
444	Willy-Brandt-Platz	76,49	59600	46600	87,254	9,932	23,705	33,676	4,829	11,875
445	Windmühlenstr.	709,65	21750	28050	18,575	2,809	4,784	11,827	2,252	3,951
446	Wendorfer Str.	768,52	12250	8450	10,339	1,576	2,659	3,521	0,675	1,174
447	Wittenberger Str.	627,95	16850	16150	14,670	2,195	3,781	6,947	1,308	2,328
448	Wittenberger Str.	442,29	16850	13900	15,713	2,259	4,086	6,396	1,156	2,158
449	Wittenberger Str.	368,55	16850	16850	16,419	2,303	4,292	8,107	1,433	2,751
450	Wolfgang-Heinze-Str.	499,95	14200	14200	12,903	1,880	3,347	6,369	1,169	2,145
451	Wolfgang-Heinze-Str.	425,66	14200	22000	13,362	1,908	3,481	10,219	1,839	3,455
452	Wundtstr.	857,41	43500	43500	36,164	5,560	9,270	17,858	3,459	5,942
453	Wundtstr.	586,13	35800	34550	31,549	4,686	8,147	15,041	2,813	5,048
454	Wundtstr.	363,45	26700	25800	26,115	3,650	6,831	12,463	2,197	4,235
455	Wundtstr.	1644,15	41550	41350	32,394	5,177	8,223	15,917	3,205	5,246
456	Wundtstr.	1603,01	46550	46550	36,361	5,804	9,236	17,954	3,611	5,920
457	Wurzner Str.	294,73	26300	23650	27,288	3,690	7,187	12,114	2,066	4,141
458	Wurzner Str.	482,46	26300	19450	24,073	3,493	6,248	8,794	1,610	2,965
459	Wurzner Str.	496,47	26300	23650	23,930	3,484	6,206	10,623	1,950	3,576
460	Wurzner Str.	532,66	17200	20150	15,429	2,267	3,990	8,924	1,650	3,000
461	Wurzner Str.	247,77	38050	32600	41,743	5,481	11,059	17,662	2,922	6,077
462	Wurzner Str.	299,94	38050	28800	39,270	5,329	10,337	14,674	2,507	5,015
463	Zöllnerweg	658,72	14650	14650	12,656	1,903	3,261	6,251	1,184	2,091
464	Zschochersche Str.	513,06	15800	16050	14,285	2,090	3,709	7,162	1,320	2,409
465	Zschochersche Str.	966,74	15000	15825	12,286	1,905	3,141	6,403	1,251	2,128
466	Zschochersche Str.	251,05	9750	9750	10,649	1,404	2,823	5,262	0,874	1,811
467	Zschochersche Str.	91,76	27000	24550	39,534	4,498	10,748	17,750	2,547	6,264
468	Zschortauer Str.	1126,95	0	6650	0,000	0,000	0,000	2,647	0,523	0,878
469	Zuckelhäuser Str.	69,43	7910	25000	11,583	1,319	3,151	18,078	2,592	6,382
470	Zweinaundorfer Str.	609,37	1930	1930	1,693	0,254	0,443	0,841	0,159	0,285
471	Zweinaundorfer Str.	311,06	13100	11050	13,380	1,827	3,525	5,567	0,958	1,898
472	Zweinaundorfer Str.	164,47	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
473	Zweinaundorfer Str.	1381,39	13100	14250	10,357	1,642	2,640	5,563	1,111	1,838
474	Zwenkauer Str.	693,73	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
475	Zwenkauer Str.	3876,53	4150	4150	3,101	0,510	0,783	1,532	0,317	0,502
476	Zwickauer Str.	378,36	13390	15000	12,962	1,826	3,388	7,168	1,271	2,431
477	Zwickauer Str.	208,59	0	7600	0,000	0,000	0,000	4,379	0,702	1,515
478	Zwickauer Str.	349,34	13390	19200	13,234	1,843	3,468	9,362	1,639	3,180
479	Zwickauer Str.	841,39	0	10000	0,000	0,000	0,000	4,111	0,796	1,366

Tabelle A 7/1 : Meßwerte

Datum	Uhrzeit	SO2	NO	NO2	CO	NMHC	O3	Staub	Luftdruck	Luftfeuchte	Temperatur	Wind (m/s)	Windrichtung
15.07.92	06:42	65,54	192,52	43,95	2,501	0,43	6,68	107,03	998,1	64,8	18,2	0,43	101
15.07.92	06:57	45,39	251,12	49,87	2,898	0,80	3,81	133,48	998,2	67,3	16,7	0,71	141
15.07.92	07:12	44,04	212,01	56,63	2,400	0,22	3,48	132,87	998,3	69,3	16,5	1,15	150
15.07.92	07:27	35,80	132,60	46,11	1,623	0,00	6,72	119,88	998,3	69,4	16,7	0,98	129
15.07.92	07:42	51,80	210,56	49,15	2,621	0,00	5,10	141,48	998,4	69,7	16,7	1,15	142
15.07.92	07:57	48,23	127,32	45,88	1,354	0,00	8,79	96,50	998,6	69,7	16,9	1,51	151
15.07.92	08:12	73,34	147,97	56,32	1,420	0,00	10,27	99,68	998,7	69,8	16,7	1,61	155
15.07.92	08:27	133,51	146,96	43,50	1,837	0,00	10,86	109,78	998,7	69,5	17,1	1,65	136
15.07.92	08:42	104,10	139,59	46,27	1,718	0,00	13,76	97,56	998,7	68,6	17,2	1,53	150
15.07.92	08:57	79,56	144,53	41,95	1,665	0,00	13,38	75,56	998,7	67,4	17,6	1,46	138
15.07.92	09:12	56,15	75,81	31,77	1,041	0,00	22,49	65,11	998,8	66,7	17,5	1,06	135
15.07.92	09:27	84,80	119,04	44,99	1,695	0,00	17,12	104,92	999,0	65,8	18,1	1,46	138
15.07.92	09:42	145,09	114,66	35,93	1,100	0,00	15,56	81,19	999,2	64,6	18,5	1,58	141
15.07.92	09:59	62,61	136,48	44,60	1,366	0,00	18,86	46,69	999,3	63,6	18,7	1,30	153
15.07.92	10:14	73,42	67,39	26,42	0,787	0,00	30,29	0,00	999,3	62,9	18,7	1,58	136
15.07.92	10:29	45,71	98,09	31,20	1,974	0,05	24,62	0,00	999,2	61,6	19,4	1,46	158
15.07.92	10:44	74,56	61,97	35,86	1,316	0,00	24,21	0,00	999,1	60,7	19,7	1,11	127
15.07.92	10:59	58,79	64,58	28,49	1,302	0,00	26,70	0,00	999,1	59,7	19,6	1,06	144
15.07.92	11:14	64,81	66,61	28,60	1,042	0,00	33,65	59,24	999,3	58,0	20,2	1,27	120
15.07.92	11:29	82,68	73,12	33,61	1,413	0,00	27,81	112,05	999,3	57,5	20,2	1,33	123
15.07.92	11:44	47,90	76,43	25,72	1,436	0,00	32,90	85,42	999,3	55,7	21,0	1,12	132
15.07.92	12:33	25,60	99,03	38,69	0,851	0,00	33,23	45,08	999,3	53,3	21,3	1,27	146
15.07.92	12:48	37,62	55,92	30,51	0,978	0,00	35,71	0,00	999,3	49,9	22,9	1,46	143
15.07.92	13:03	65,82	110,56	54,86	2,200	0,00	31,11	0,00	999,2	48,3	23,1	1,50	148
15.07.92	13:18	39,49	53,41	38,24	1,210	0,00	32,21	0,00	999,3	48,2	22,4	1,56	115
15.07.92	13:33	20,48	30,85	22,91	1,055	0,00	44,32	0,00	999,3	49,7	21,5	1,01	96
15.07.92	13:48	47,58	59,82	24,12	1,581	0,00	34,49	37,60	999,3	49,2	22,2	1,23	141
15.07.92	14:03	59,97	107,97	61,00	2,425	0,00	22,60	68,98	999,3	47,1	23,8	1,49	155
15.07.92	14:18	45,30	109,00	58,88	2,919	0,00	27,14	61,76	999,3	43,9	24,7	1,96	157
15.07.92	14:33	46,69	125,17	60,01	2,496	0,00	27,67	70,29	999,3	43,5	24,7	1,95	155
15.07.92	14:48	43,11	99,17	32,04	2,355	0,00	34,09	63,30	999,3	42,8	25,4	1,09	154
15.07.92	15:03	31,53	81,66	41,19	2,670	0,00	31,13	63,78	999,2	41,1	26,4	1,30	145
15.07.92	15:18	42,66	20,13	19,20	1,227	0,00	52,13	53,41	999,2	41,3	24,6	1,01	115
15.07.92	15:33	24,91	92,75	37,09	2,265	0,00	29,65	64,15	999,3	40,7	25,8	1,08	109
15.07.92	15:48	42,58	63,88	33,63	2,669	0,00	37,47	64,66	999,3	41,2	24,9	1,08	122
15.07.92	16:03	45,22	32,20	30,62	2,138	0,00	40,10	41,53	999,3	41,3	24,3	0,96	117
15.07.92	16:39	99,06	55,54	36,29	2,037	0,00	47,50	42,79	999,2	42,3	23,9	1,27	140
15.07.92	16:54	30,03	132,30	56,36	3,035	0,00	34,01	0,00	999,2	41,6	24,4	1,61	165
15.07.92	17:09	42,66	158,51	46,74	3,738	0,00	19,29	0,00	999,0	41,6	24,7	1,33	159
15.07.92	17:24	33,76	75,11	40,92	2,944	0,00	31,21	0,00	998,8	42,2	24,2	1,36	145

Tabelle A 7/2 : Meßwerte

Datum	Uhrzeit	SO2	NO	NO2	CO	NMHC	O3	Staub	Luftdruck	Luftfeuchte	Temperatur	Wind (m/s)	Windrichtung
15.07.92	17:39	33,24	52,39	30,94	1,859	0,00	49,86	35,10	998,7	41,7	24,3	1,09	139
15.07.92	17:54	32,06	122,19	38,71	3,145	0,00	28,63	64,84	998,8	41,6	24,6	0,24	155
23.09.93	07:33	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
23.09.93	08:03	0,00	0,00	0,00	2,352	0,00	11,91	45,98	990,5	68,2	21,2	0,55	183
23.09.93	08:33	0,00	0,00	0,00	2,421	4,45	8,36	126,44	990,4	73,3	19,3	0,09	183
23.09.93	09:03	0,00	0,00	0,00	2,231	3,44	10,45	131,71	991,0	76,6	18,9	0,07	248
23.09.93	09:33	0,00	0,00	0,00	1,255	2,63	12,16	97,30	991,1	77,4	19,0	0,72	197
23.09.93	10:03	0,00	0,00	0,00	1,374	2,42	16,35	70,71	991,2	76,5	19,7	0,06	69
23.09.93	10:33	0,00	0,00	0,00	1,245	2,29	17,61	89,37	991,7	73,7	20,7	0,04	64
23.09.93	10:33	0,00	0,00	0,00	1,616	2,23	15,96	66,93	991,7	71,4	21,2	0,02	89
23.09.93	11:03	0,00	0,00	0,00	2,420	2,37	16,62	66,93	991,9	69,5	21,6	0,24	103
23.09.93	11:33	0,00	67,00	46,50	1,361	2,06	18,33	88,86	992,3	67,0	22,4	0,91	209
23.09.93	12:03	0,00	60,00	45,40	1,251	1,88	23,41	92,46	992,1	60,9	24,3	0,70	169
23.09.93	12:33	0,00	73,10	53,00	2,191	1,79	22,84	119,40	992,3	54,6	25,9	0,01	91
23.09.93	13:03	0,00	102,70	65,40	2,762	1,83	23,85	116,89	992,3	52,6	26,2	0,00	146
29.09.93	08:04	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
29.09.93	08:34	0,00	147,30	40,70	3,471	0,00	12,08	190,90	996,6	96,7	9,9	0,50	87
29.09.93	09:04	0,00	146,80	38,10	2,357	3,36	13,07	151,47	996,3	96,6	9,9	0,74	74
29.09.93	09:34	0,00	137,50	33,50	1,991	2,68	10,56	90,00	996,3	96,6	10,1	0,57	81
29.09.93	10:04	0,00	144,40	36,80	2,656	2,45	14,31	135,25	996,8	96,1	10,8	0,51	87
29.09.93	10:34	0,00	83,60	32,90	2,372	2,39	12,77	121,30	997,2	95,1	11,4	0,66	159
29.09.93	11:04	0,00	75,50	32,10	2,353	2,21	13,52	107,80	997,2	94,0	12,0	0,63	196
29.09.93	11:34	0,00	120,90	41,70	1,987	2,09	12,22	108,71	997,4	92,4	12,5	1,17	149
29.09.93	12:04	0,00	101,30	41,20	2,340	2,07	12,45	142,41	997,4	89,6	13,1	1,32	174
29.09.93	12:34	0,00	111,90	46,30	2,648	2,03	14,13	125,15	997,2	84,4	14,0	0,97	160
29.09.93	13:04	0,00	90,10	46,50	1,981	1,90	19,03	112,65	996,9	76,8	14,9	1,68	79
29.09.93	13:34	0,00	81,30	55,90	1,976	1,82	24,17	119,39	996,9	71,4	15,7	1,76	99
29.09.93	14:04	0,00	79,90	55,50	1,985	1,76	21,32	128,99	996,9	66,8	16,3	1,50	74
29.09.93	14:34	0,00	146,80	68,80	2,341	1,83	19,67	116,78	996,9	64,5	17,3	1,17	121
01.10.93	06:45	0,00	0,00	0,00	2,429	1,89	18,82	139,27	996,8	62,2	17,4	1,50	105
01.10.93	07:15	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
01.10.93	07:45	0,00	0,00	0,00	3,417	0,00	11,48	104,96	987,6	67,6	8,3	0,71	197
01.10.93	08:15	0,00	0,00	0,00	2,552	0,00	9,14	0,00	988,1	71,8	7,9	0,57	221
01.10.93	08:45	0,00	0,00	0,00	1,956	0,00	11,62	59,71	988,2	73,4	7,9	0,98	231
01.10.93	09:15	0,00	0,00	0,00	1,729	2,84	11,82	153,07	988,1	74,3	8,2	1,27	226
01.10.93	09:45	0,00	0,00	0,00	1,517	2,61	18,20	114,47	987,6	73,2	9,2	1,88	229
01.10.93	10:15	0,00	0,00	0,00	2,51	2,51	21,77	102,89	987,6	72,0	10,1	1,81	230
01.10.93	10:45	0,00	0,00	0,00	1,495	2,49	24,96	105,70	987,5	68,2	12,2	1,94	232
01.10.93	10:15	0,00	0,00	0,00	1,459	2,41	31,01	89,43	986,8	54,7	17,2	2,47	229
01.10.93	10:45	0,00	0,00	0,00	1,369	2,35	35,31	117,53	986,3	52,8	17,8	2,74	233

Tabelle A 7/3 : Meßwerte

Datum	Uhrzeit	SO2	NO	NO2	CO	NMHC	O3	Staub	Luftdruck	Luftfeuchte	Temperatur	Wind (m/s)	Windrichtung
01.10.93	11:15	0,00	0,00	0,00	1,354	2,23	37,22	94,51	985,9	49,4	19,5	2,35	232
01.10.93	11:45	0,00	0,00	0,00	1,540	2,23	36,82	122,54	985,9	46,8	21,1	2,38	234
01.10.93	12:15	0,00	0,00	0,00	1,125	2,15	44,03	101,98	985,4	49,1	19,5	3,02	226
01.10.93	12:45	0,00	0,00	0,00	1,117	2,04	44,68	99,15	984,5	49,2	20,1	2,66	225
01.10.93	13:15	0,00	0,00	0,00	1,820	2,14	33,83	133,23	983,4	47,4	21,5	2,07	192
		0,00	0,00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0
07.10.93	12:21	0,00	0,00	0,00	0,991	0,00	33,93	0,00	990,4	58,3	21,7	1,91	234
07.10.93	12:51	0,00	0,00	0,00	1,323	3,30	35,06	293,62	990,3	55,3	22,8	1,89	217
07.10.93	13:21	0,00	0,00	0,00	0,905	2,80	40,84	58,41	990,2	55,8	21,9	1,96	236
07.10.93	13:51	0,00	0,00	0,00	1,587	2,68	44,95	89,20	990,2	54,0	23,0	1,75	224
07.10.93	14:21	0,00	0,00	0,00	1,336	2,62	44,01	61,74	990,5	51,8	24,0	1,44	210
07.10.93	14:51	0,00	0,00	0,00	1,310	2,58	47,16	57,94	990,5	50,6	23,5	1,52	214
07.10.93	15:21	0,00	0,00	0,00	1,317	2,67	52,80	71,12	990,5	50,0	22,5	1,85	230
07.10.93	15:51	0,00	0,00	0,00	1,462	2,48	50,31	78,44	990,5	50,0	22,1	1,57	227
07.10.93	16:21	0,00	0,00	0,00	2,169	2,48	43,17	95,93	990,4	48,5	23,7	1,08	228
07.10.93	16:51	0,00	0,00	0,00	2,109	2,46	40,78	89,32	990,5	48,6	23,3	0,85	220
07.10.93	17:21	0,00	0,00	0,00	1,839	2,40	32,59	92,00	990,5	49,3	22,5	0,65	226
07.10.93	17:51	0,00	0,00	0,00	2,023	2,43	15,41	107,56	990,5	50,6	22,4	0,71	236
07.10.93	18:21	0,00	0,00	0,00	3,103	2,66	7,57	137,91	990,5	50,8	22,8	0,49	244

Stadtökologische Forschungen

Nr. 1 UFZ-Bericht Nr. 5/1996

Winkler, M.: Untersuchungen zur gepflanzten Vegetation und ihre ökologische Bedeutung

Nr. 2 UFZ-Bericht Nr. 6/1996

Arndt, E. & Pellmann, H.: Ökologische Charakterisierung von Biotopen im urbanen Raum am Beispiel von Modelltiergruppen

Nr. 3 UFZ-Bericht Nr. 8/1996

Frühauf, M., Breuste, I., Breuste, J., Diaby, K., Sauerwein, M., Zierdt, M.: Hallesche Kleingärten. Nutzung und Schadstoffbelastung als Funktion der sozioökonomischen Stadtstruktur und physisch-geographischer Besonderheiten.

Nr. 4 UFZ-Bericht Nr. 9/1996

Heinz, V.: Die Flächennutzung der Stadt Leipzig im klassifizierten Landsat-TM-Bild

Nr. 5 UFZ-Bericht Nr. 10/1996

Freyer, K., Popp, P., Treutler, H.C., Wagler, D., Schuhmann, G.: Untersuchungen zu Wechselbeziehungen zwischen Immissionen und Flächennutzung auf strukturtypischen Testflächen in Leipzig

Nr. 6 UFZ-Bericht Nr. 11/1996

Schulte, G.: Stadtböden - Schadstoffbelastung und -mobilität

Nr. 7 UFZ-Bericht Nr. 12/1996

Keidel, T., Meinel, G., Münchow, B., Netzband, M., Schramm, M.: Erfassung und Bewertung des Versiegelungsgrades befestigter Flächen

Nr. 8 UFZ-Bericht Nr. 16/1996

Keidel, T.: Untersuchungen zur Situation des Wohnumfeldes ostdeutscher Großsiedlungen am Beispiel von Leipzig-Grünau

Nr. 9 UFZ-Bericht Nr. 18/1996

Wagler, D.: Modellierung der Ausbreitung kfz-bedingter Schadstoffe in der Stadt Leipzig

Autor:
Dr. Dietrich Wagler
Universität Leipzig,
Fakultät für Chemie und Mineralogie
Interdisziplinäres Institut für Natur- und Umweltschutz
Augustusplatz 10/11
D-04109 Leipzig
Telefon 0341/9736346
Telefax 0341/9736348

Herausgeber:
Prof. Dr. Jürgen Breuste
Projektbereich Urbane Landschaften
UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH
Permoserstraße 15
D-04318 Leipzig
Telefon 0341/235-2843
Telefax 0341/235-2534