

Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Emissionsdaten für
flüchtige organische Verbindungen und Kohlenmonoxid
in Baden-Württemberg

A. Obermeier, R. Friedrich, C. John, A. Voß

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
Universität Stuttgart

Zusammenfassung

Im Rahmen des inzwischen abgeschlossenen Forschungsvorhabens "Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid in Baden-Württemberg" wurden Methoden entwickelt bzw. modifiziert, anhand derer für das Bezugsjahr 1985 stündliche VOC- und CO-Emissionen ausgewählter Emittentengruppen in Baden-Württemberg auf Gemeindeebene bzw. für Rasterflächen unterschiedlicher Größe abgeschätzt werden können. Die VOC-Emissionen wurden dabei in 17 Substanzgruppen untergliedert.

In diesem Bericht werden neben den VOC- und CO-Gesamtemissionen im Jahr 1985 schwerpunktmäßig räumlich und zeitlich hochaufgelöste Emissionsdaten für eine Januar- und eine Septemberwoche dargestellt und erläutert.

Summary

A. Obermeier, R. Friedrich, C. John, A. Voß

Emission Data for VOC and CO with a high Temporal and Spatial Resolution for the State of Baden-Württemberg

In the frame of a research project entitled 'Temporal Variations and Spatial Distribution of Emissions of Volatile Organic Compounds and Carbon Monoxide in the State of Baden-Württemberg', which has been finished already, methods have been developed resp. modified that can be used to assess hourly emissions of VOC and CO for the reference year 1985 from selected source categories for each community resp. for grid elements of different size in the State of Baden-Württemberg. VOC-emissions have been subdivided into 17 classes.

Yearly emissions of VOC and CO in 1985 as well as emission data with a high spatial and temporal resolution for one week in January and one week in September are illustrated and discussed in this paper.

Einführung

Zeitlich und räumlich hochaufgelöste Emissionskataster bilden eine wichtige Grundlage für die weitere Erforschung der Ausbreitung und chemischen Umwandlung von Luftschadstoffen unter Verwendung entsprechender Modelle, die Ursachenanalyse auftretender bzw. möglicher Umwelt- und Gesundheitsbeeinträchtigungen sowie die Identifizierung von Bereichen, in denen Maßnahmen zur Emissionsminderung besonders wünschenswert erscheinen.

Für die Spurengase SO_2 und NO_x stehen aus vorangegangenen Arbeiten hochaufgelöste Emissionskataster für Baden-Württemberg zur Verfügung /Boysen, u.a., 1987/ /Müller, u.a., 1990/. Zur Untersuchung der chemischen Umwandlung von Luftschadstoffen werden jedoch zusätzlich Emissionsdaten für VOC und CO benötigt.

Zielsetzung des hier beschriebenen - inzwischen abgeschlossenen - Vorhabens war es daher, Methoden bereitzustellen, anhand derer stündliche VOC- und CO-Emissionen in Baden-Württemberg gemeindeweise abgeschätzt und auf Rasterelemente unterschiedlicher Größe umgerechnet werden können. Die VOC-Emissionen werden dabei in 17 verschiedene Substanzen bzw. Substanzgruppen unterteilt. Die durchgeführten Arbeiten bauen auf einer vorangegangenen Pilotstudie auf /Friedrich, u.a., 1987/.

Nachfolgend werden einige wesentliche Ergebnisse des Vorhabens zusammenfassend diskutiert. Neben den jährlichen VOC- und CO-Emissionen werden dabei exemplarisch Episodendaten für eine Januar- und eine Septemberwoche des Jahres 1985 vorgestellt. Die Modellgrundlagen sowie weitere Detailergebnisse werden in /Obermeier, u.a., 1990/, /Obermeier, u.a., 1989/ sowie im Schlußbericht /Obermeier, u.a., 1991/ ausführlich erläutert.

Die Episodendaten dienen unter anderem als Eingangsgrößen für atmosphärische Ausbreitungs- und Umwandlungsmodelle, wie sie beispielsweise an der Universität Karlsruhe vorhanden sind /Fiedler, u.a., 1990/.

VOC-Emissionen

Um einen Gesamtüberblick über die Emissionssituation in Baden-Württemberg zu vermitteln, ist in Tab. 1 eine nach Emittentengruppen differenzierte Abschätzung der VOC-Emissionen in Baden-Württemberg für das Jahr 1985 wiedergegeben. Nach dieser Aufstellung ergeben sich aus den betrachteten Emittentenbereichen für Baden-Württemberg VOC-Gesamtemissionen in Höhe von etwa 455 kt/a.

Die Methan-Emissionen aus Mülldeponien, aus der Gasverteilung und aus Verdauungsvorgängen von Kühen sowie natürliche VOC-Emissionen von Laub- und Nadelwäldern sind nur als jährliche Werte abgeschätzt, und in den nachfolgend zu diskutierenden, zeitlich und räumlich hochaufgelösten Episodendaten noch nicht berücksichtigt. Gleiches gilt für die VOC-Emissionen aus den Feuerungsanlagen von Kraftwerken und der Industrie, die das Emissionsniveau kaum beeinflussen. Unter den verbleibenden Quellen, die insgesamt VOC-Emissionen in Höhe von ca. 300 kt/a in

Baden-Württemberg freisetzen, kommt dem Kraftfahrzeugverkehr und der Lösemittelanwendung die mit Abstand größte Bedeutung zu.

Tab. 1: Abgeschätzte jährliche VOC-Emissionen in Baden-Württemberg im Jahr 1985

Emittentenbereich	VOC-Emissionen	
	kt/a	%
Stationäre Feuerungen	15.2	3.3
- Kraftwerke, Müllverbrennung etc. ²⁾	1.0	
- Industrie ²⁾	2.5	
- Haushalte/Kleinverbraucher	11.7	
Straßenverkehr	153.2	33.7
- Abgase	115.6	
- Benzinverdunstung aus Kfz	37.6	
Prozess-Emissionen (ohne Feuerung)	169.0	37.1
- Lösungsmittel	113.5	
- Benzinumschlag	12.7	
- Raffinerien	4.7	
- Chemische Industrie ¹⁾	1.1	
- Herst. von Spanplatten	0.5	
- Herst. von Wein, Bier, Spirituosen	0.5	
- Gasverteilungsnetz ²⁾	26.0	
- Mülldeponien ²⁾	10.0	
Sonstige (biogene) Quellen	118.0	26.0
- Wiederkäuer ²⁾	70.0	
- Nadel- und Laubwälder ²⁾	48.0	
Summe	ca. 455.0	100.0

1) Daten nur für Anlagen in Stuttgart, Karlsruhe und Mannheim

2) bei der räumlichen und zeitlichen Auflösung der Emissionen derzeit noch nicht berücksichtigt

Eine weitergehende Unterteilung der Lösemittlemissionen, differenziert nach Produktgruppen, ist Tab. 2 zu entnehmen. Nach dieser Abschätzung stellen Anstrichmittel mit Abstand die wichtigste Produktgruppe dar. Rund 50 % der Lösemittlemissionen sind auf deren Anwendung zurückzuführen. Mit einem Anteil von 15 % stehen an zweiter Stelle Chemikalien zur Oberflächenbehandlung und Textilreinigung, während unter den sonstigen Produkten vor allem eine Vielzahl von Verbrauchsgütern mit sehr unterschiedlichen Einsatzzwecken im Haushalt zusammengefaßt ist.

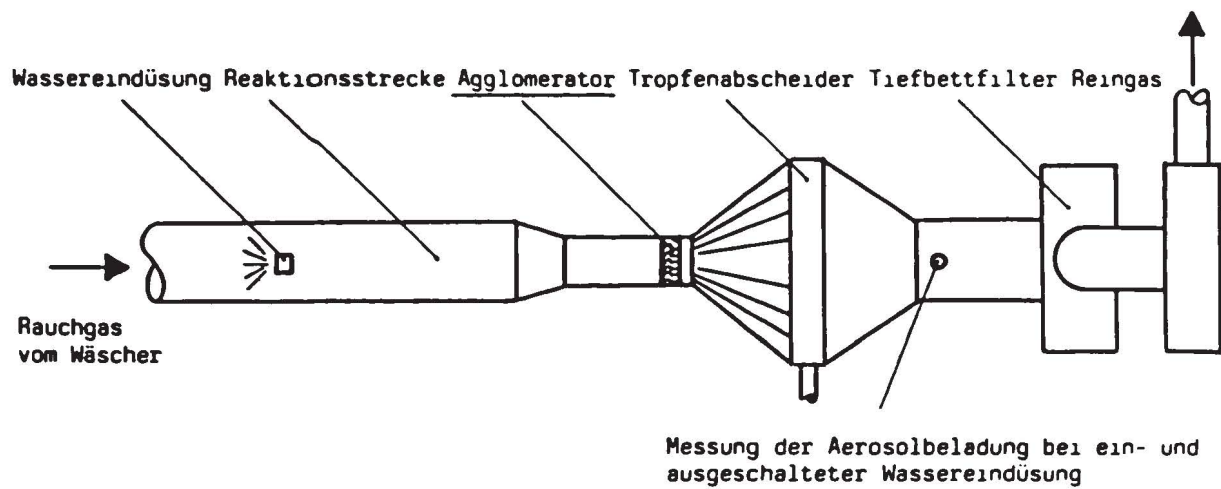


Bild 7: Aufbau bei den ersten Versuchen im Großkraftwerk Mannheim zum Test von Agglomeratoren /5/

Optimierung der Katalysatorzusammensetzung im Fall der selektiven Reduktion von Stickoxiden durch Ammoniak bei instationärer Reaktionsführung in einem weiten Temperaturbereich

M. Kotter und H.-G. Lintz

Institut für Chemische Verfahrenstechnik
Universität Karlsruhe

Zusammenfassung

Nach einer geeigneten Vorbehandlung zeigen die bei der selektiven Reduktion von Stickoxiden benutzten Tränkkontakte mit V_2O_5 und TiO_2 als aktiven Komponenten eine verringerte Aktivität bei der SO_2 -Oxidation. Diese Verbesserung des Katalysators gelingt mit Hilfe einer ammoniakalischen Wäsche. Zusätzlich wird das Standzeitverhalten der Kontakte durch die Vorbehandlung günstig beeinflusst.

Summary

M. Kotter, H.-G. Lintz

Optimization of Catalyst Composition for Selective Catalytic Reduction of Nitrogen Oxides by Ammonia under Transient Conditions.

The impregnation type catalysts used contain V_2O_5 and TiO_2 as active components. After an adequate pretreatment they show a reduced activity in the SO_2 -oxidation. This reduction is achieved by a treatment in an ammoniacal solution. Additionally the pretreatment improves the catalyst characteristics during the time on stream.

Karlsruhe und Mannheim als Gebiete mit den höchsten Emissionsbelastungen gut zu erkennen. Wesentlich geringere Emissionen je Rasterelement sind demgegenüber im Bereich des Schwarzwaldes, der Schwäbischen Alb sowie in den nordöstlichen Landesteilen zu verzeichnen.

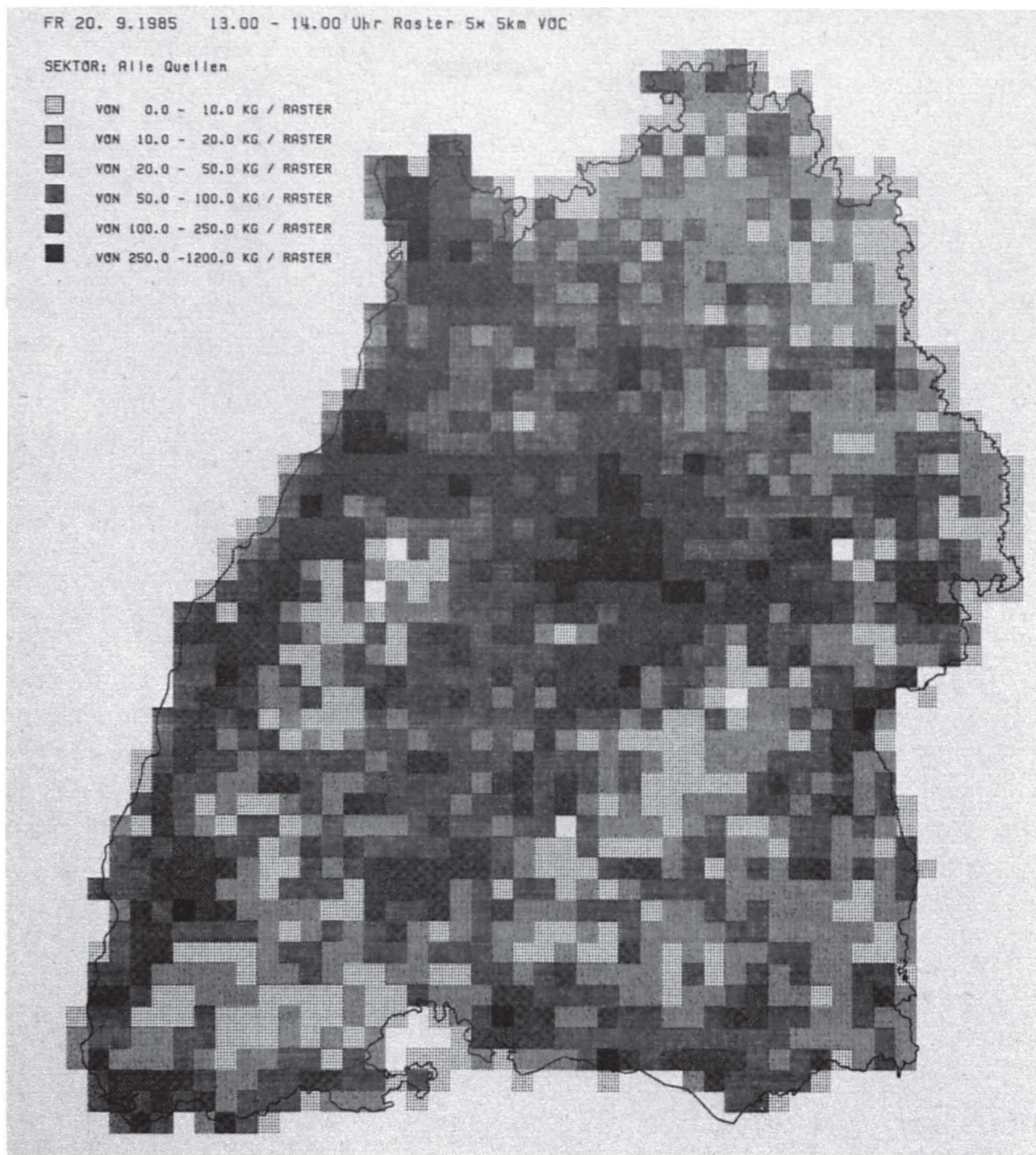


Abb. 3: Räumliche Verteilung der VOC-Gesamtemissionen aller betrachteten Emittentenbereiche in Baden-Württemberg am Freitag, den 20.09.1985, zwischen 13.00 bis 14.00 Uhr

Tab. 3: Abgeschätzte Zusammensetzung der VOC-Emissionen in der Woche vom 14.01.1985 bis 20.01.1985 (Angaben in % der Gesamtemission)

	Verkehr	Lösemittel	Sonstige Quellen	Summe
VOC-Gesamt	44.6	40.5	14.9	100.0
Methan	2.3	0.0	1.1	3.4
Ethan	0.4	0.0	<0.1	0.4
Propan u.a. Alkane	17.2	4.4	9.1	30.6
Ethen	2.6	0.0	0.3	2.9
Propen	1.1	0.0	0.2	1.2
Buten u.a. Alkene	2.8	0.2	0.9	3.8
Benzol	1.8	0.0	0.4	2.2
Toluol	4.0	3.5	0.3	7.8
Xylol u.a. Aromaten	8.9	4.0	0.5	13.4
Formaldehyd	0.9	0.0	1.2	2.1
Acetaldehyd u.a. Aldehyd.	0.7	0.0	0.5	1.2
Ketone	0.2	1.6	0.1	1.9
Alkohole	0.0	4.1	0.1	4.2
Ester	0.0	7.0	<0.1	7.0
CKW	0.0	5.1	<0.1	5.1
FCKW	0.0	3.2	<0.1	3.2
sonstige VOC	1.7	7.7	0.3	9.7

Tab. 4: Abgeschätzte Zusammensetzung der VOC-Emissionen in der Woche vom 16.09.1985 bis 22.09.1985 (Angaben in % der Gesamtemission)

	Verkehr	Lösemittel	Sonstige Quellen	Summe
VOC-Gesamt	57.3	36.4	6.3	100.0
Methan	2.5	0.0	0.1	2.6
Ethan	0.4	0.0	<0.1	0.4
Propan u.a. Alkane	24.1	4.3	4.6	33.0
Ethen	2.8	0.0	<0.1	2.8
Propen	1.2	0.0	<0.1	1.2
Buten u.a. Alkene	4.3	0.2	0.5	4.9
Benzol	2.2	0.0	0.1	2.3
Toluol	5.1	3.0	0.2	8.3
Xylol u.a. Aromaten	11.0	3.6	0.1	14.7
Formaldehyd	1.0	0.0	0.2	1.1
Acetaldehyd u.a. Aldehyd.	0.8	0.0	<0.1	0.8
Ketone	0.3	1.5	0.1	1.8
Alkohole	0.0	3.7	0.1	3.8
Ester	0.0	6.4	<0.1	6.4
CKW	0.0	4.7	<0.1	4.7
FCKW	0.0	2.8	<0.1	2.8
sonstige VOC	1.9	6.4	0.3	8.5

Die Anteile einzelner Komponenten bzw. Substanzgruppen an den jeweiligen VOC-Gesamtemissionen während der ausgewählten Episoden sind in den Tabellen 3 bzw. 4 angegeben.

Nach diesen Abschätzungen läßt sich der Straßenverkehr als Hauptemittent von reinen Kohlenwasserstoffen identifizieren, während die Emissionen sauerstoff- und halogenhaltiger Kohlenwasserstoffe vor allem auf die Verwendung von lösemittelhaltigen Produkten zurückzuführen sind. Für einen Teil der im Lösemittelbereich ausgewiesenen "sonstigen VOC" ist eine Zuordnung zu den anderen genannten Gruppen nur deshalb nicht möglich, weil dazu geeignete Informationen fehlen. Das bedeutet also nicht, daß es sich um grundsätzlich andere Substanzgruppen handelt.

Festzustellen ist auch, daß die Zusammensetzung der VOC-Emissionen während beider Perioden vergleichsweise geringe Unterschiede aufweist. Die Anteile einzelner Substanzen bzw. Substanzgruppen an den jeweiligen Gesamtemissionen zeigen relative Änderungen in Höhe von 10 bis 30 %.

CO-Emissionen

Einen Überblick über die abgeschätzten CO-Jahresemissionen des Straßenverkehrs und der Feuerungen in Baden-Württemberg gibt Tab. 5.

Die ausgewiesenen CO-Gesamtemissionen in Höhe von ca. 920 kt im Jahr 1985 werden zu rund 87 % von Kraftfahrzeugabgasen verursacht. Unter den Feuerungsanlagen sind Feststofffeuerungen mit kleiner Wärmeleistung, die bevorzugt in den Sektoren Kleinverbraucher und Haushalte anzutreffen sind, besonders emissionsrelevant.

Tab. 5: Jährliche CO-Emissionen aus Feuerungen und Kfz-Abgasen in Baden-Württemberg (1985)

Emittentenbereich	CO-Emissionen	
	kt/a	%
Feuerungen	123.0	13.4
- Kraftwerke, Müllverbrennung etc. ¹⁾	2.8	0.3
- Industrie ¹⁾²⁾	8.2	0.9
- Haushalte/Kleinverbraucher	112.0	12.2
Straßenverkehr	796.0	86.6
- Pkw	756.9	82.4
- Lkw	39.1	4.2
Summe	919.0	

1) bei der räumlichen und zeitlichen Auflösung der Emissionen derzeit noch nicht berücksichtigt

2) ohne prozeßbedingte Emissionen von Feuerungsanlagen

Für die Januarwoche verdeutlicht Abb. 4 den zeitlichen Verlauf der CO-Emissionen der in dem Kataster bisher berücksichtigten Quellen, d.h. den Abgasemissionen des Straßenverkehrs und der Feuerungen in den Sektoren Haushalte und Kleinverbraucher. CO-Emissionen aus öffentl. Kraftwerken und Industriefeuerungen sind noch nicht enthalten.

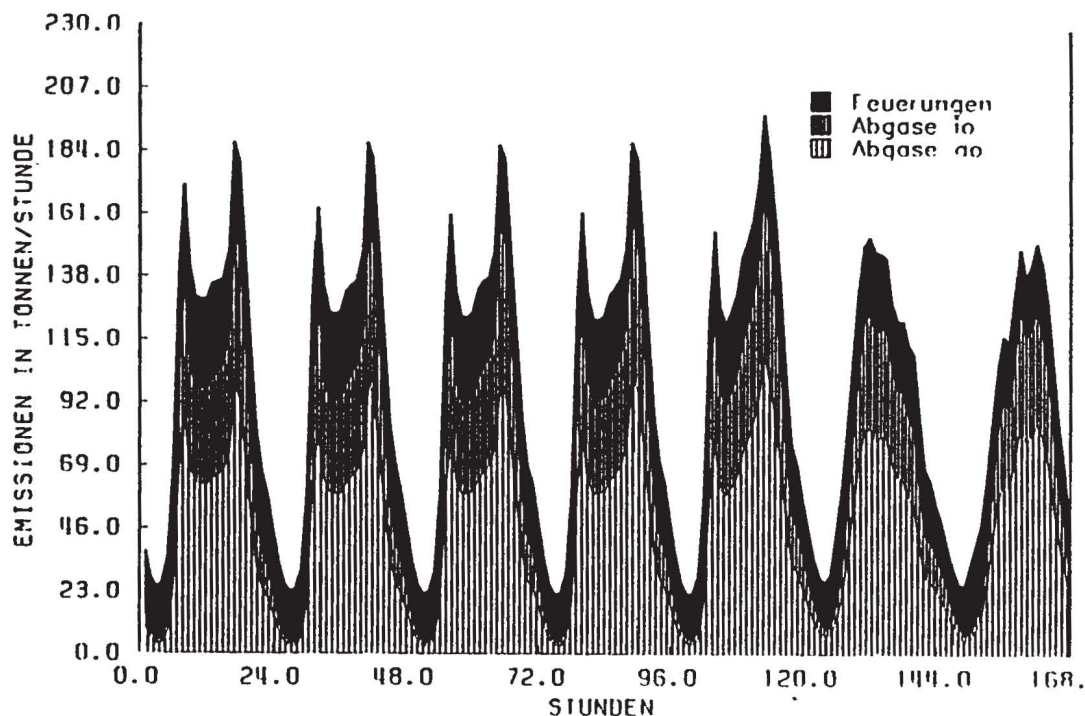


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf der CO-Emissionen in Baden-Württemberg in der Woche vom 14.01. bis 20.01.1985 (kumulierte Darstellung)

Die Gesamtemissionen während der Januarwoche betragen rund 16 700 t. Der Straßenverkehr weist einen Anteil von 73 % auf, wobei etwa ein Drittel der Abgasemissionen innerorts (in Abbildung 5 mit "io" bezeichnet) freigesetzt wird. Die Feuerungen von Haushalten bzw. Kleinverbrauchern sind mit etwa 24 bzw. 3 % an den gesamten Emissionen beteiligt.

Die CO-Emissionen in der Septemberwoche sind mit 17 600 t nur wenig höher als in der Januarwoche. Jedoch ergeben sich deutliche Unterschiede in den Anteilen der Emittentenbereiche. Die Emissionen aus Feuerungen der Haushalte und Kleinverbraucher sind mit Anteilen von 2.5 % bzw. 1.7 % an den Gesamtemissionen nahezu vernachlässigbar. Der zeitliche Verlauf der CO-Emissionen zeigt demzufolge eine für Kraftfahrzeugabgase typische Charakteristik.

Die räumliche Verteilung der CO-Emissionen ist in Abb. 5 beispielhaft für die Stunde mit den höchsten Gesamtemissionen während der untersuchten Perioden dargestellt. Deutlich hervorgehoben sind die CO-Emissionen des Straßenverkehrs in den Ballungsgebieten und auf den stark frequentierten Autobahnabschnitten.

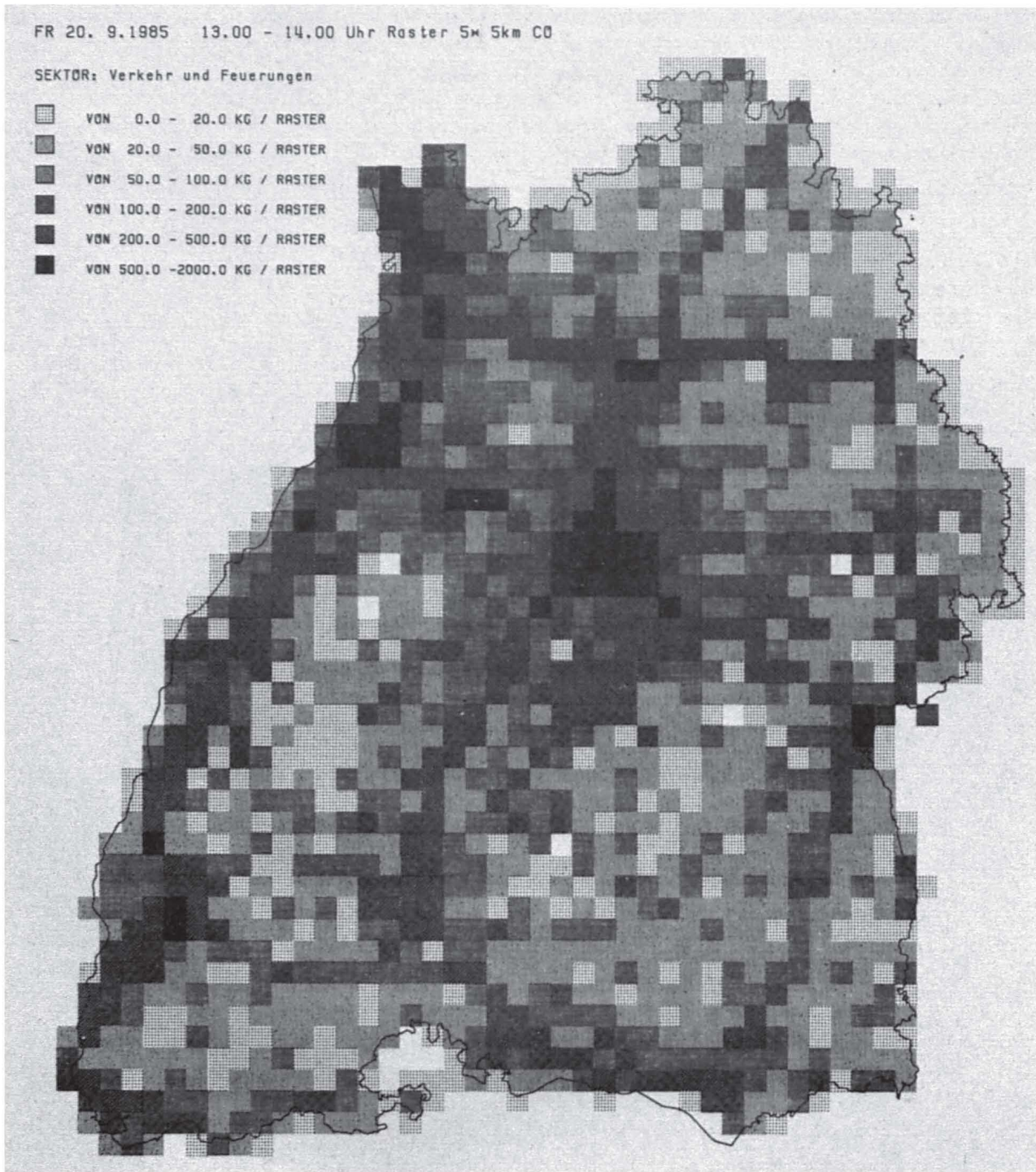


Abb. 5: Räumliche Verteilung der CO-Emissionen in Baden-Württemberg am Freitag, den 20.09.1985 in der Zeit von 13.00 bis 14.00 Uhr

Fehlerabschätzung und Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Genauigkeit der Emissionsdaten

Die hier diskutierten Emissionsdaten werden, sofern keine Einzelangaben zu besonders emissionsrelevanten Anlagen verfügbar sind, größtenteils anhand von spezifischen Emissionsfaktoren sowie verschiedenen statistischen Daten ermittelt. Bei dieser Vorgehens-

weise kann nicht davon ausgegangen werden, daß die Ergebnisse den tatsächlichen Emissionen exakt entsprechen. Zum einen können die spezifischen Emissionsfaktoren fehlerbehaftet sein, zum anderen ist es möglich, daß das zur Verfügung stehende statistische Datenmaterial die emissionsverursachenden Aktivitäten nicht ganz zutreffend beschreibt. Teilweise müssen vereinfachende Annahmen getroffen werden, die dazu dienen, den Berechnungsaufwand in vertretbaren Grenzen zu halten sowie trotz unvollständiger Ausgangsdaten Emissionsabschätzungen vornehmen zu können.

Nachdem im letztjährigen Kolloquiumsbeitrag bereits Ungenauigkeiten bei der Ermittlung von Emissionen aus Kraftfahrzeugen analysiert wurden /Obermeier, u.a., 1990/, soll nun ein Vergleich von erhobenen VOC-Emissionsdaten mit Modellergebnissen für den Bereich Industrie und Gewerbe in groben Zügen Aufschluß über die Bandbreite möglicher Ungenauigkeiten geben.

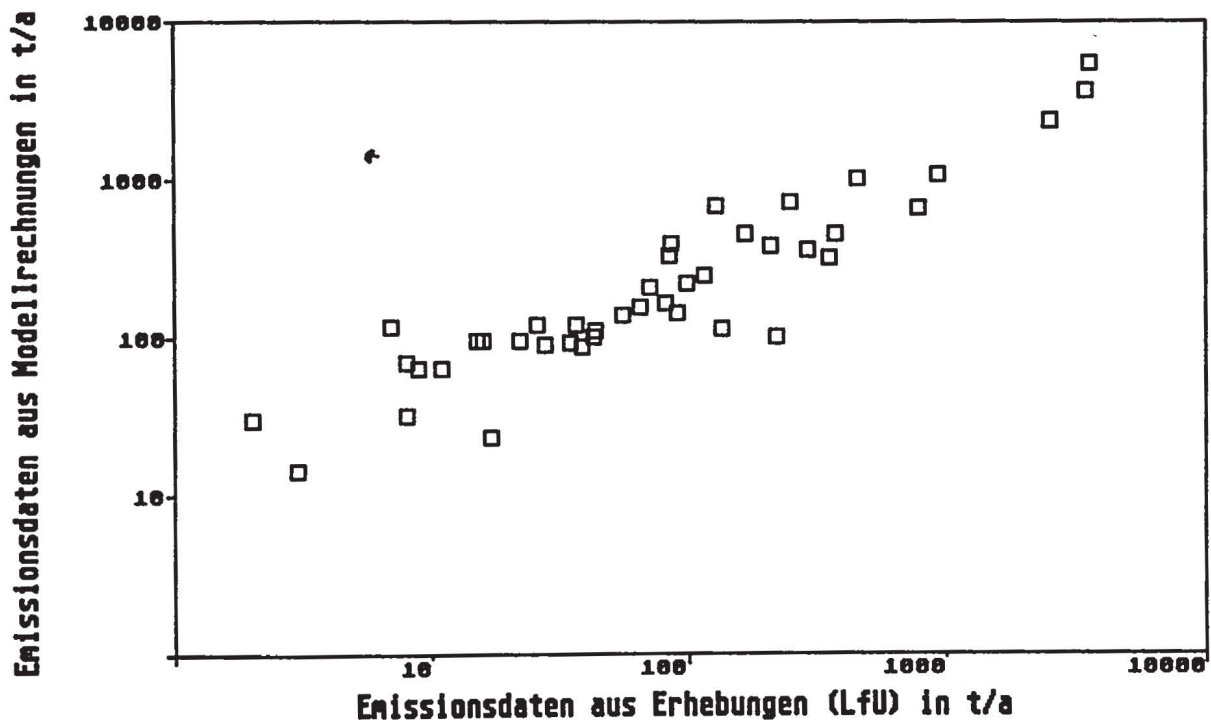


Abb. 6: Vergleich von erhobenen VOC-Emissionsdaten (LfU) und Modellabschätzungen für 42 Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg (Quellgruppe: Industrie und Gewerbe, ohne Feuerungen)

Wie aus Abb. 6 zu ersehen ist, ergeben sich für 42 Städte und Gemeinden in Baden-Württemberg, für die Vergleichswerte zur Verfügung stehen, aus den Modellrechnungen bis auf wenige Ausnahmen höhere Emissionen als aus den Erhebungen. Dies gilt insbesondere für kleine Gemeinden mit einem vergleichsweise niedrigen Emissionsniveau, während für Städte und Gemeinden mit höheren VOC-Emissionen geringere Abweichungen festzustellen sind. Insgesamt werden, abzüglich der direkt übernommenen Punktquellendaten, durch die Modellrechnungen VOC-Emissionen in Höhe von ca. 20 000 t/a und durch die Erhebungen rund 16 000 t/a ausgewiesen.

Die festgestellten Abweichungen können auf verschiedenen Ursachen beruhen. Zum einen ist nach den Angaben über die Anzahl der in den Erhebungen berücksichtigten Betriebe anzunehmen, daß nicht alle emissionsrelevanten Bereiche vollständig erfaßt sind. In den Erhebungen im Mittleren Neckarraum sind beispielsweise 292 Druckereibetriebe berücksichtigt, während die Arbeitsstätten-Statistik in dieser Branche 798 Arbeitsstätten ausweist. Auch unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Begriffe "Betrieb" und "Arbeitsstätte" nur bedingt vergleichbar sind, ist anzunehmen, daß nicht alle möglichen Quellen erfaßt sind, und damit die erhobenen Emissionsdaten eher als untere Grenze aufzufassen sind. Ein weiterer Grund für die Abweichungen könnte in der Methodik der Modellrechnungen liegen. Da die abgeschätzten Gesamtemissionen einer Branche anhand von Beschäftigtenstatistiken den Gemeinden zugeordnet werden, ist anzunehmen, daß daraus ein etwas gleichmäßigeres räumliches Verteilungsmuster der Emissionen resultiert, als es der Realität entspricht. In Gemeinden mit nur wenigen Beschäftigten in emissionsrelevanten Branchen macht sich dies deutlicher bemerkbar als in Industriestädten, in denen sich Abweichungen von den verwendeten mittleren Emissionsfaktoren je Beschäftigten eher ausmitteln.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsvorhabens "Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid in Baden-Württemberg" wurden Methoden entwickelt bzw. bestehende Modellansätze modifiziert, anhand derer für das Bezugsjahr 1985 stündliche VOC- und CO-Emissionen wesentlicher Emittentengruppen in Baden-Württemberg auf Gemeindeebene bzw. für Rasterflächen unterschiedlicher Größe abgeschätzt werden können. Die Emissionen an VOC wurden in 17 Substanzgruppen untergliedert.

Die gewonnenen Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die VOC-Emissionen in Baden-Württemberg belaufen sich im Jahr 1985 auf insgesamt rund 450 kt. Mehr als 100 kt entfallen dabei auf Methanquellen, die ebenso wie natürliche Emissionen von Wäldern (ca. 50 kt/a) bisher nicht in zeitlicher und räumlicher Auflösung erfaßt wurden. Etwa zwei Drittel der in den Episodendaten berücksichtigten anthropogenen VOC-Emissionen setzen sich aus reinen Kohlenwasserstoffverbindungen zusammen, gefolgt von sauerstoff- bzw. halogenhaltigen Kohlenwasserstoffen.
- Als maßgebliche anthropogene VOC-Quellen sind die Kraftfahrzeugabgase und die Lösemittelanwendung mit jeweils ca. 115 kt VOC/a zu nennen. Durch die Verdunstung von Benzin aus Kraftfahrzeugen und Lagertanks werden weitere 50 kt VOC/a freigesetzt.
- Für CO ergeben sich in Baden-Württemberg für das Jahr 1985 Gesamtemissionen in Höhe von rund 920 kt. Davon werden ca. 800 kt durch den Kraftfahrzeugverkehr verursacht.

- Der zeitliche Verlauf sowohl der VOC- als auch der CO-Emissionen zeigt deutliche Tag-/Nacht-Unterschiede. Während bei den CO-Emissionen der Einfluß des Berufsverkehrs gut zu erkennen ist, werden die VOC-Emissionsspitzen aus Kraftfahrzeugabgasen durch Emissionen anderer VOC-Quellen überlagert.
- Die räumliche Verteilung der VOC- und CO-Emissionen zeigt deutliche Emissionsschwerpunkte im Großraum Stuttgart sowie in Karlsruhe und Mannheim.

Unter Berücksichtigung möglicher Modellverbesserungen, -ergänzungen und einer entsprechenden Aktualisierung können die entwickelten Methoden u.a. als Basis für die Erarbeitung effizienter Emissionsminderungsstrategien und - in Verbindung mit atmosphärischen Ausbreitungs- und Umwandlungsmodellen - auch Immissionsminderungsstrategien genutzt werden

Literatur

- Boysen, B.; Friedrich, R.; Müller, Th.; Scheirle, N.; Voß, A., 1987:
Erfassung stündlicher SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg in einer räumlichen Auflösung von 1 km * 1 km für die Zeit der TULLA-Meßkampagne
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, KfK-PEF 21, März 1987
- Fiedler, F.; Adrian, G.; Bär, M.; Nester, K.; Vogel, B.; Vogel, H., 1990:
Ausbreitung von Luftschadstoffen über inhomogenem Gelände bei zeitlich veränderlichen Quellen und atmosphärischen Bedingungen
Kernforschungszentrum Karlsruhe, KfK-PEF 61, S. 522 - 538, April 1990
- Friedrich, R.; Obermeier, A.; Voß, A., 1987:
Pilotstudie "Emissionskataster für flüchtige organische Verbindungen"
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, KfK-PEF 22, März 1987
- Müller, Th.; Boysen, B.; Friedrich, R.; Voß, A., 1990:
Ermittlung und Analyse des zeitlichen Verlaufs und der räumlichen Verteilung der derzeitigen und zukünftigen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, KfK-PEF 71, Juli 1990
- Obermeier, A.; Friedrich, R.; Voß, A., 1989:
Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid in Baden-Württemberg
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, KfK-PEF 50, Band 2, S. 537-549, April 1989

Obermeier,A.; Boysen,B.; Friedrich,R.; Müller,Th.; Voß,A., 1990:
Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen
von flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid
in Baden-Württemberg
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, KfK-PEF 61, Band 2,
S. 507-520, April 1990

Obermeier,A.; Friedrich,R.; C. John; Voß,A., 1991:
Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen
von flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid
in Baden-Württemberg
Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, KfK-PEF (Endbericht,
in Druck)