

Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid in Baden-Württemberg

A. Obermeier, R. Friedrich, A. Voß

Institut für Kernenergetik und Energiesysteme (IKE)
Universität Stuttgart

Zusammenfassung

Es wird ein Emissionskataster für flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Kohlenmonoxid (CO) für Baden-Württemberg erstellt, welches auf der Basis der heutigen Gegebenheiten den zeitlichen Verlauf der Emissionen verschiedener Emittentengruppen sowohl räumlich als auch nach organischen Stoffen bzw. Stoffgruppen differenziert angibt.

Die Anwendungen lösungsmittelhaltiger Produkte in den Sektoren Industrie, Kleinverbraucher und Haushalte bzw. die Abgase von Kraftfahrzeugen tragen mit etwa 152 000 t/a bzw. 108 000 t/a in erheblichem Umfang zu den anthropogenen VOC-Emissionen in Baden-Württemberg bei. Methoden zur Abschätzung der Lösungsmittel-Emissionen sowie bisherige Ergebnisse für beide angesprochenen Emittententypen sollen hier diskutiert werden.

Temporal and Spatial Allocation of VOC- and CO-Emissions in Baden-Württemberg

Summary

In the context of this project an emission inventory for volatile organic compounds (VOC) and carbon monoxide (CO) is going to be made for the area of Baden-Württemberg. Based on actual conditions temporal variation and spatial allocation of the emissions of important source categories will be outlined, taking into account a split-up of VOC-emissions into several compounds resp. groups of compounds.

Solvent use of industry, other consumers and households as well as exhaust gases from vehicles contribute for about 152 000 t/y resp. 108 000 t/y to anthropogenic VOC-emissions in Baden-Württemberg. Methods for estimating solvent emissions and preliminary results for both source types mentioned will be discussed.

Einleitung und Übersicht

Mit fortschreitendem Kenntnisstand über den Einfluß von Luftschadstoffen auf den Menschen und dessen Umwelt finden flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Kohlenmonoxid (CO) zunehmende Beachtung.

Ein wesentlicher Grund hierfür ist in den Abbaureaktionen zu sehen, denen diese Verbindungen in der Troposphäre in Anwesenheit von Stickoxiden und solarer Strahlung unterworfen sind. Dabei bilden sich Ozon und andere Photooxidantien. Diese sekundären Luftschadstoffe stehen im Verdacht, an der Entstehung neuartiger Waldschäden maßgeblich beteiligt zu sein. Außerdem werden einige - in der Troposphäre weitgehend inerten - Halogenkohlenwasserstoffe als Ursache für den zunehmenden Abbau von Ozon in der Stratosphäre angesehen.

Eine eingehende Beurteilung der Umweltrelevanz dieser Luftschadstoffe setzt jedoch die genaue Kenntnis der Emissionen in ihrem zeitlichen Verlauf, ihrer räumlichen Verteilung sowie in ihrer stofflichen Zusammensetzung voraus.

Ziel dieses Projektes ist, eine entsprechende Emissionsdatenbasis für VOC und CO für Baden-Württemberg bereitzustellen. Aus der Vielzahl der zu erfassenden Emittententypen werden im vorliegenden Zwischenbericht die Lösungsmittel-Anwendung sowie die Kraftfahrzeug-Abgase herausgegriffen, da beide Quellen in erheblichem Umfang an den VOC-Gesamtemissionen beteiligt sind. Außerdem entstammt der überwiegende Teil der CO-Gesamtemissionen den Kraftfahrzeug-Abgasen. Es werden sowohl Methoden zur Abschätzung der Emissionen dieser Quelltypen diskutiert als auch vorläufige Ergebnisse dargestellt.

Lösungsmittel

Nach den jüngsten Ermittlungen des Umweltbundesamtes wurden 1986 ca. 930 000 t an Lösungsmitteln in der Bundesrepublik Deutschland freigesetzt /1/. Dies entspricht einem Anteil von mehr als 38 % an den gesamten anthropogenen VOC-Emissionen.

Abschätzung von Verbrauchsmengen

Im folgenden soll dargestellt werden, wie der Lösungsmittelverbrauch in Baden-Württemberg - nach Anwendungsbereichen differenziert - aus allgemein zugänglichen Statistiken abgeschätzt werden kann. Beispielhaft werden dabei vor allem die Anstrichmittel herausgegriffen, da diese mit ca. 350 000 t/a - davon mehr als 55 % im Industriesektor - wesentlich zu den Lösungsmittellemissionen in der Bundesrepublik Deutschland beitragen.

Tab. 1 gibt in aggregierter Form die Jahresproduktion sowie den Inlandsverbrauch lösungsmittelhaltiger Produkte in der Bundesre-

publik Deutschland für 1985 wieder. Der Inlandsverbrauch errechnet sich aus der Inlandsproduktion sowie Exporten und Importen.

Produktgruppe	Produktion [kt]	Inlandsverbrauch [%]	Inlandsverbrauch [kt]
Anstrichmittel u. Verdünner	1318	82	1081
Druckfarben	188	82	154
Klebstoffe	450	83	374
industrielle Hilfsmittel	401	36	145
Industrie-Reiniger	103	100	103
Bautenschutzmittel u. ä.	232	97	225
Körperpflegemittel	182	97	177
Putz- u. Pflegemittel	226	95	215

Tab. 1: Produktion und Inlandsverbrauch lösungsmittelhaltiger Produkte in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1985

In Material- und Wareneingangs-Statistiken des Bergbaus und Verarbeitenden Gewerbes sowie des Baugewerbes sind Angaben zum Anteil von Chemikalien an den ebenfalls ausgewiesenen Materialkosten in den einzelnen Wirtschaftsgruppen enthalten /2, 3, 4/. Dieser Anteil schwankt im Verarbeitenden Gewerbe beispielsweise zwischen 0.5 % im Bereich Mineralölverarbeitung und 50.2 % im Bereich Herstellung von Kunststoffwaren. Für einige Wirtschaftsgruppen enthalten diese Statistiken darüber hinaus eine weitergehende Differenzierung der Chemikalien in verschiedene Produktgruppen. Im Bereich Gummiverarbeitung sind dies z.B.:

- Kunststoffe und synthetischer Kautschuk, auch synthetischer Latex
- Anorganische Grundstoffe und Chemikalien
- Organische Grundstoffe und Chemikalien, z.B. Weichmacher und Wachse
- Farbstoffe, Farben, Lacke, Verdünnungen u.ä.
- Klebstoffe und Bindemittel, Kautschukhilfsmittel, z.B. Plastifiziermittel, Vulkanisationsbeschleuniger, Alterungsschutzmittel, Treibmittel, Lösungsmittel u.ä.

Eine mengenmäßige Zuordnung bestimmter Chemikaliengruppen in die verschiedenen Anwendungsbereiche auf der Basis der anfallenden Kosten kann aber nur dann sinnvoll vorgenommen werden, wenn keine allzu großen Preisdifferenzen zwischen den verschiedenen Produkten einer Chemikaliengruppe auftreten.

Abb. 1 zeigt beispielhaft den Produktionswert verschiedener Anstrichmittel. Wie daraus zu entnehmen ist, bewegt sich der Produktionswert hochwertiger Lacke und Anstrichmittel, die vor allem in zahlreichen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes eingesetzt werden, etwa zwischen 6 und 8 DM/kg. Dispersionsfarben,

Putze und andere Spachtelmassen, die vorwiegend im Baubereich verwendet werden, liegen mit ca. 2 bis 3 DM/kg deutlich darunter. Da aber zumindest eine grobe Trennung der Einsatzgebiete dieser Produktgruppen möglich ist, kann der jeweilige Anstrichmittel-Verbrauch anhand der anfallenden Materialkosten ermittelt werden.

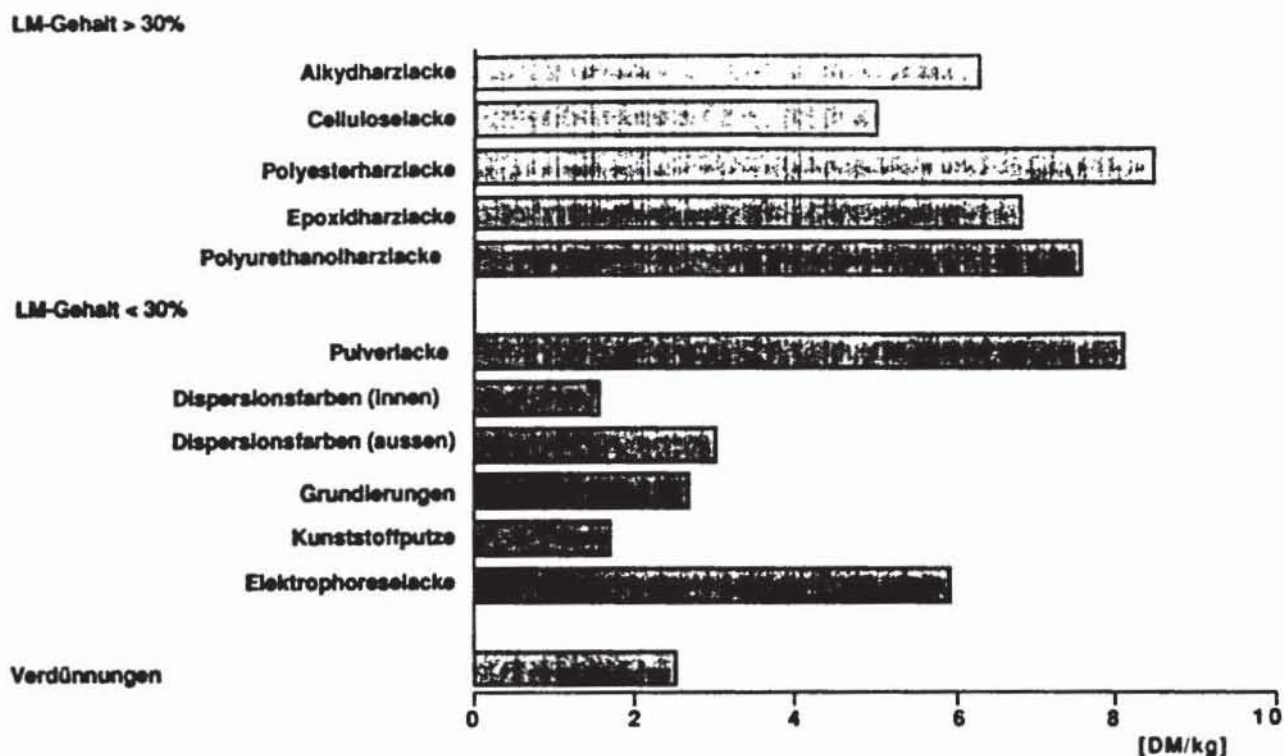


Abb. 1: Produktionswert von Anstrichmitteln in DM/kg

Zur Abschätzung der in den einzelnen Anwendungsbereichen verbrauchten Lösungsmittelmengen ist der Lösungsmittelgehalt der verwendeten Anstrichstoffe zu berücksichtigen. Je nach Beschichtungsverfahren werden die vom Hersteller gelieferten Anstrichmittel in der Regel mit zusätzlichen Lösungsmitteln verdünnt. Dies gilt insbesondere für die vielfach eingesetzte Spritzlackierung. In /5/ ist eine Zusammenstellung von ca. 500 Anstrichmitteln enthalten, wobei der Lösungsmittelgehalt im gebrauchsfertigen Zustand in verschiedenen Anwendungsbereiche aufgeführt ist. Den Abb. 2 und 3 ist zu entnehmen, wieviele Anstrichmittel mit einem bestimmten Lösemittelgehalt für einzelne Einsatzbereiche vorhanden sind.

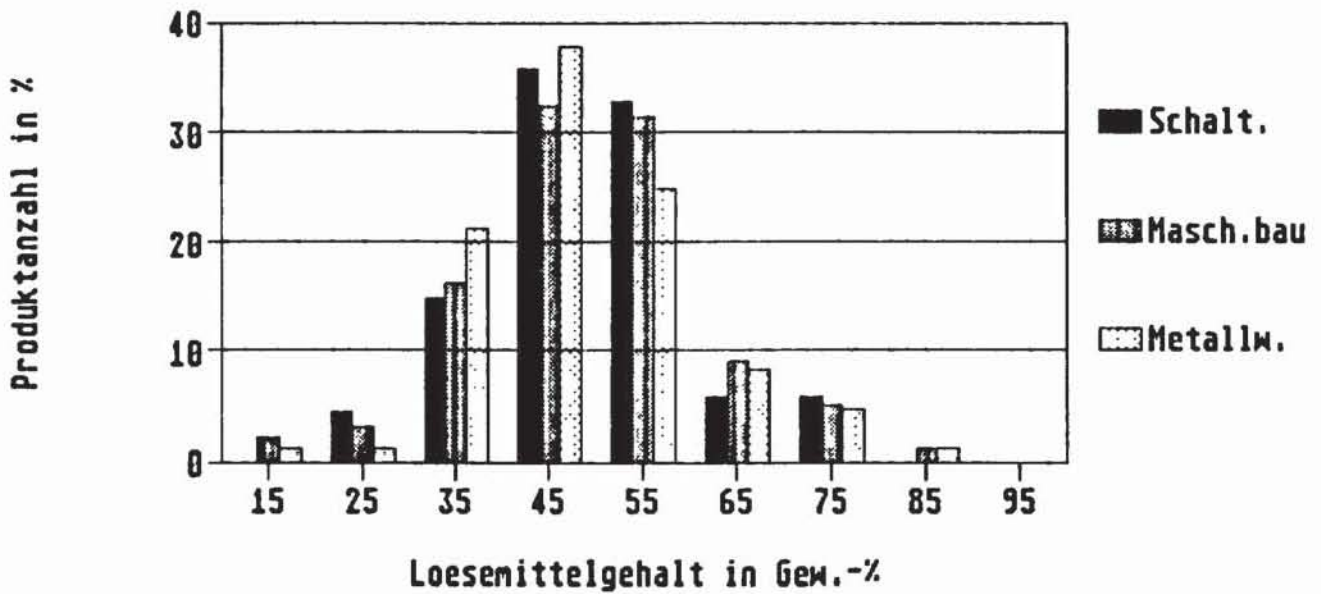


Abb. 2: Lösemittelgehalt von Anstrichmitteln zur Beschichtung von Schaltanlagen, Metallwaren und Produkten des Maschinenbaus

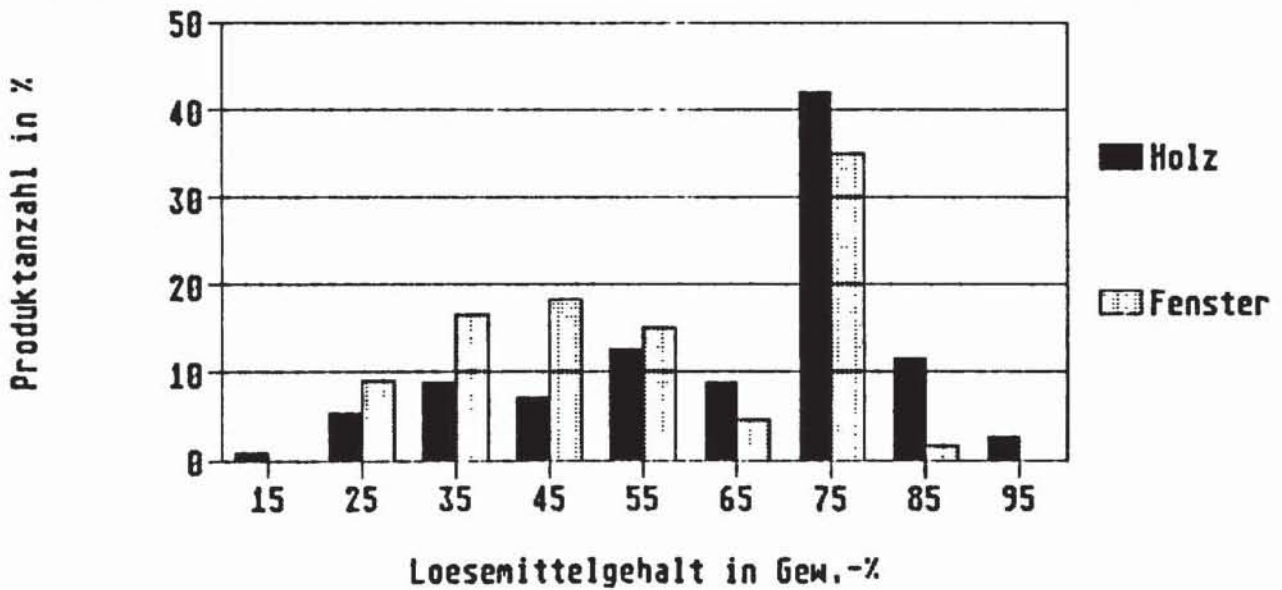


Abb. 3: Lösemittelgehalt von Anstrichmitteln zur Beschichtung von Holz und Holzmöbeln (Innenbereich) sowie Fenstern und Türen (Außenbereich)

Während bei der Metallbeschichtung die meisten Anstrichmittel einen Lösungsmittelgehalt von ca. 50 % aufweisen, gibt es im Bereich der Holzverarbeitung zahlreiche Produkte mit einem höheren Lösungsmittelgehalt von etwa 75 %.

Anhand der somit zur Verfügung stehenden Datenbasis kann zunächst der Lösungsmittelverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland in den verschiedenen Anwendungsbereichen abgeschätzt werden. Unter Berücksichtigung des Beschäftigten- bzw. Umsatzanteils der Wirtschaftsgruppen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bevölkerungsanteils läßt sich der Lösungsmittelverbrauch in Baden-Württemberg abschätzen. Tab. 1 zeigt die Ergebnisse für ausgewählte Bereiche des Verarbeitenden Gewerbes.

Wirtschaftsbereich	Verbrauch	
	[t/a]	[%]
Maschinenbau	7000	12.3
Straßenfahrzeugbau	15000	26.3
Elektrotechnik	10700	18.8
Herst. v. EBM-Waren	2800	4.9
Holzverarbeitung	4600	8.1
Herst. v. Kunststoffwaren	4400	7.7
sonstige Bereiche	12400	21.9
Verarbeitendes Gewerbe (gesamt)	56900	100.0

Tab. 1: Abgeschätzter Verbrauch von Lösungsmitteln bei der Anwendung von Anstrichmitteln im Verarbeitenden Gewerbe in Baden-Württemberg für 1985

Abschätzung der Emissionen

Geht man davon aus, daß ungefähr 80 % der bei Beschichtungsprozessen im Verarbeitenden Gewerbe verbrauchten Lösungsmittel in die Atmosphäre freigesetzt werden, betragen die VOC-Emissionen in diesem Bereich ca. 47 000 t/a. Weitere 24 000 t werden, berücksichtigt man den Bevölkerungsanteil Baden-Württembergs, in den Bereichen Kleinverbraucher und Haushalte verbraucht und aufgrund fehlender Maßnahmen zur Emissionsminderung auch vollständig emittiert. Insgesamt liegen die Lösungsmittel-Emissionen aus Anstrichmitteln in Baden-Württemberg im Jahr 1985 somit in der Größenordnung von 71 000 t.

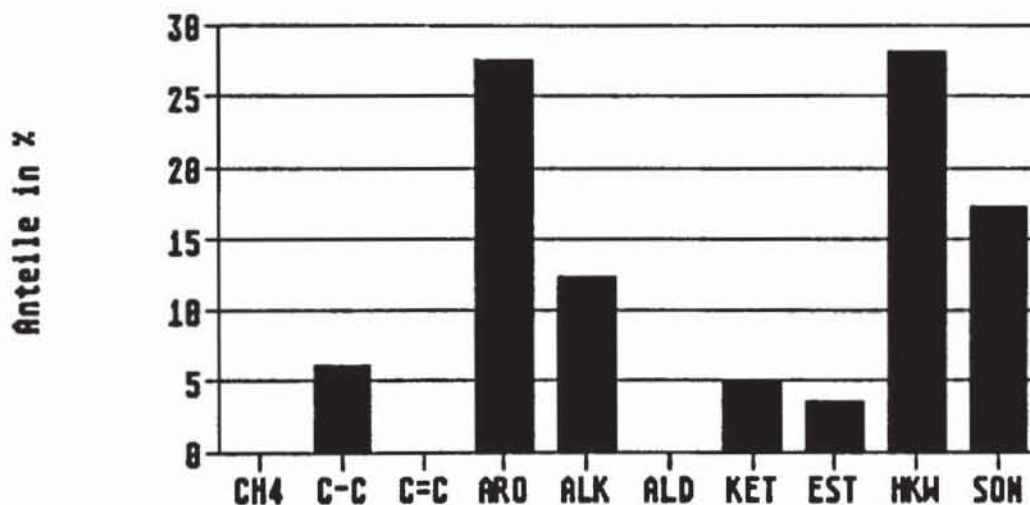
Eine grobe Übersicht von weiteren Lösungsmittel-Emissionen in Baden-Württemberg gibt Tab. 2. Da einerseits nicht alle Emittententypen berücksichtigt sind, es fehlen z. B. Extraktionsprozesse, und andererseits lediglich bei der Anwendung von Beschichtungsmitteln Maßnahmen zur Emissionsminderung berücksichtigt wurden, kann diese Abschätzung bislang nur als Anhaltspunkt für die Höhe der tatsächlich auftretenden Emissionen dienen.

Produkt	Emissionen	
	[t]	[%]
Anstrichmittel	71 000	46.7
Entfettungsmittel	34 300	22.5
Klebstoffe	8 100	5.3
Druckfarben	7 000	4.6
Treibmittel zur Kunststoffverschäumung	5 200	3.4
Chemikalien zur Textilreinigung	2 300	1.5
Konsumgüter	24 300	16.0
Gesamt	152 200	100.0

Tab. 2: Abgeschätzte Lösungsmittel-Emissionen in Baden-Württemberg im Jahr 1985

Zusammensetzung der Emissionen

In Abb. 4 ist eine grobe Abschätzung der Zusammensetzung der Lösungsmittel-Emissionen in Baden-Württemberg wiedergegeben. Die Emissionen aus Konsumgütern für den privaten Gebrauch wurden dabei den sonstigen Verbindungen zugeordnet, da bislang keine ausreichenden Angaben über die Zusammensetzung zur Verfügung stehen.



CH4	Methan	C-C	Alkane	C=C	Olefine
ARO	Aromaten	ALK	Alkohole	ALD	Aldehyde
KET	Ketone	EST	Ester	SON	sonst. VOC
HKW	Halogenkohlenwasserstoffe				

Abb. 4: Abgeschätzte Zusammensetzung der Lösungsmittel-Emissionen in Baden-Württemberg und in der Bundesrepublik Deutschland

Räumliche Verteilung der Emissionen

Wie aus den vorangegangenen Abschnitten hervorgeht, werden Verbrauch und Emissionen an Lösungsmitteln in Baden-Württemberg nach Einsatzbereichen differenziert ermittelt. Für jeden Einsatzbereich gilt es nunmehr Parameter zu ermitteln, die eine räumliche Zuordnung der Emissionen erlauben. Im Haushaltssektor stehen z.B. gemeindeweise aufgeschlüsselte Bevölkerungs-Statistiken sowie die räumliche Verteilung von Siedlungsflächen zur Verfügung. In den Sektoren Kleinverbraucher und Industrie ist z.B. die Nutzung von produktionsbezogenen Energieverbrauchsdaten bzw. von Beschäftigten-Statistiken denkbar. Großemittenten (z.B. Karosserie-Lackierung in der Automobilindustrie) sollten jedoch möglichst als Punktquellen erfasst, und die Emissionen z.B. durch Befragung der Betreiber ermittelt werden.

Zeitlicher Verlauf der Emissionen

Zur Ermittlung des zeitlichen Verlaufes der Lösungsmittel-Emissionen stehen monatliche Produktionsindices, Angaben zu branchenüblichen Arbeitszeitregelungen und andere Daten zur Verfügung, die auch bei der Bestimmung der SO₂- und NO_x-Emissionen von Feuerungsanlagen Verwendung finden. Während bei Feuerungsanlagen aber keine zeitliche Verzögerung zwischen dem Brennstoffeinsatz und den daraus resultierenden Emissionen auftritt, erfolgen die Emissionen von Lösungsmitteln in vielen Fällen über einen größeren Zeitraum hinweg. Bei der Beschichtung von Oberflächen mit umweltfreundlichen Dispersionslackfarben und anschließender Lufttrocknung konnten nach /7/ z. B. erst nach 8 bis 10 Stunden keine Lösungsmittel-Freisetzung mehr festgestellt werden. Diese Aspekte können den Tagesgang der Emissionen erheblich beeinflussen und sind deshalb soweit als möglich zu berücksichtigen.

Abgas-Emissionen im Straßenverkehr

Bei der Ermittlung von Abgas-Emissionen aus Kraftfahrzeugen gibt es grundsätzlich keine Unterschiede zwischen den Luftschadstoffen SO₂ und NO_x sowie VOC und CO. Daher können die im Rahmen des "TULLA-Projektes" entwickelten Methoden teilweise übernommen werden. Auf die Darstellung der Methoden und Datengrundlagen wird in diesem Zusammenhang verzichtet. Nähere Einzelheiten werden z.B. in /8, 9/ erläutert.

Besondere Berücksichtigung sollte jedoch dem innerstädtischen Verkehr zukommen, da die fahrstreckenbezogenen Emissionsfaktoren von VOC und CO bei niedrigen Geschwindigkeiten in hohem Maße geschwindigkeitsabhängig sind. Ein Vergleich der Emissionen bei flüssigem Stadtverkehr (mittlere Geschwindigkeit 26 km/h) und bei zähflüssigem Stadtverkehr (mittlere Geschwindigkeit 13.5 km/h) verdeutlicht dies. Geht man von einer hohen Verkehrsdichte aus, liegen die Pkw-Emissionen bezüglich NO_x lediglich etwa 5 %, bezüglich VOC und CO dagegen 54 % bzw. 68 % über den Werten, die

man unter der Annahme einer niedrigen Verkehrsdichte erhält. Die zeitliche Änderung der Verkehrsdichte insbesondere in innerstädtischen Bereichen sollte demnach soweit als möglich berücksichtigt werden.

Dies gilt umso mehr, wenn man die Abgas-Emissionen nach Straßentypen differenziert betrachtet. Wie aus Abb. 5 hervorgeht, erfolgen - selbst unter der Annahme eines stets flüssigen Verkehrsablaufs - ca. 39 % der CO-Emissionen und mehr als 43 % der VOC-Emissionen auf innerstädtischen Straßen. Bei den mengenmäßig ebenfalls bedeutsamen NO_x-Emissionen beträgt der Innerorts-Anteil dagegen nur 30 %. Insgesamt belaufen sich die VOC- und CO-Emissionen aus Kraftfahrzeug-Abgasen in Baden-Württemberg auf etwa 108 000 t bzw. 786 000 t im Jahr 1985.

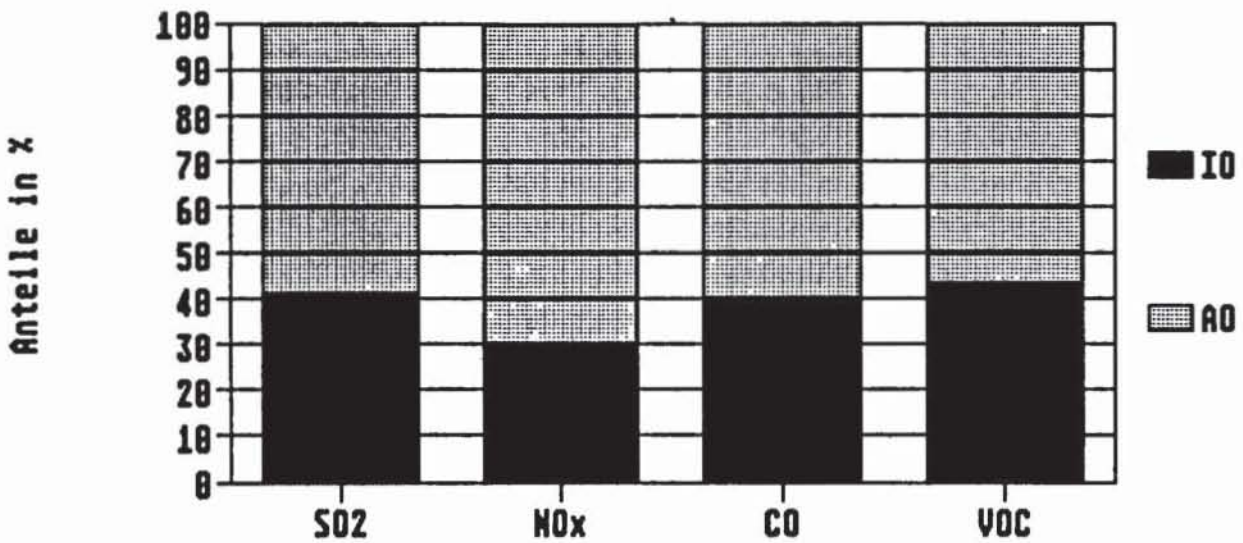


Abb. 5: Abgas-Emissionen im Straßenverkehr in Baden-Württemberg (1985) IO = Innerorts AO = Außerorts

Von Interesse ist auch eine Gegenüberstellung der Beiträge von Pkw und Lkw an den Emissionen von Luftschadstoffen.

Wie Abb. 6 zeigt, werden die NO_x- und SO₂-Emissionen in Baden-Württemberg zu 38 % bzw. 64 % durch Lkw verursacht. Die VOC- und CO-Emissionen sind dagegen mit 88 % bzw. 97 % überwiegend auf Abgase von Pkw zurückzuführen.

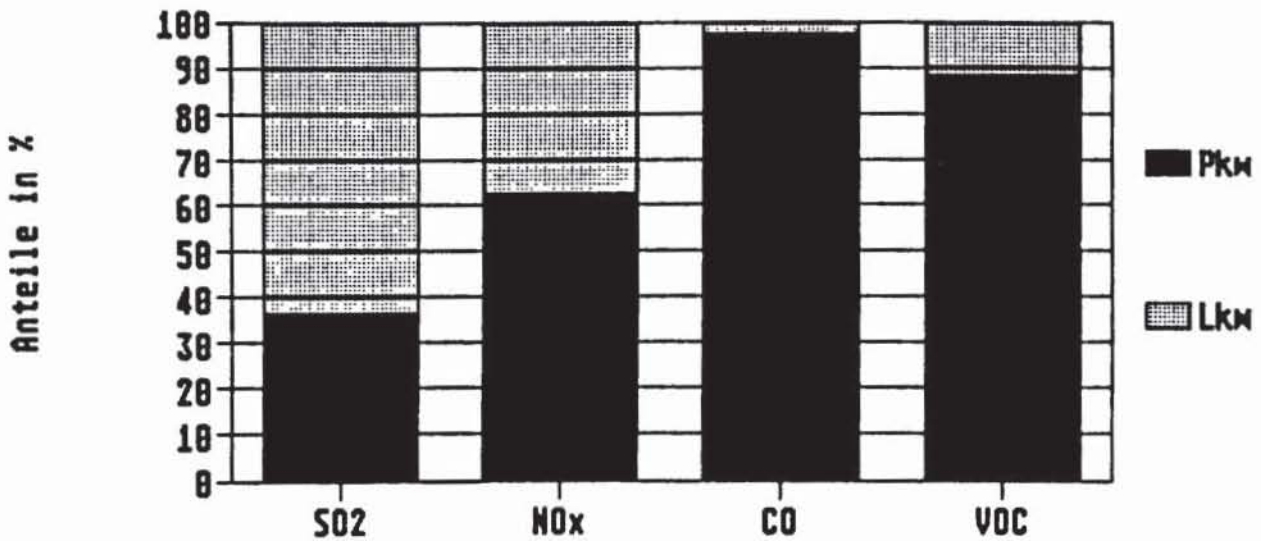


Abb. 6: Anteil von Pkw und Lkw an den Abgas-Emissionen im Straßenverkehr in Baden-Württemberg 1985

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projektes "Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid in Baden-Württemberg" sollen die gegenwärtigen VOC- und CO-Emissionen wichtiger Quelltypen räumlich, zeitlich und nach organischen Stoffen bzw. Stoffgruppen differenziert ermittelt werden. Die zu erwartenden Ergebnisse sollen insbesondere den Anforderungen von atmosphärischen Transport- und Umwandlungsmodellen hinsichtlich Genauigkeit und Detaillierungsgrad genügen.

In dem vorliegenden Zwischenbericht wurde unter anderem dargelegt, wie der jährliche Lösungsmittel-Verbrauch der verschiedenen Anwender in Baden-Württemberg unter Verwendung statistischer Daten abgeschätzt werden kann. Im weiteren Verlauf des Vorhabens gilt es nun zu klären, mit welchen verfügbaren Parametern die zeitliche und räumliche Verteilung der auftretenden Emissionen möglichst exakt beschrieben werden kann. Besondere Aufmerksamkeit ist insbesondere den industriellen Großverbrauchern wie z.B. dem Straßenfahrzeugbau zu widmen. Hierbei müssen bereits durchgeführte Maßnahmen zur Emissionsminderung wie z.B. installierte Abluftreinigungs-Anlagen bzw. der Einsatz lösemittelarmer Lacke berücksichtigt werden.

Weiterhin wurde dargestellt, daß den VOC- und CO-Emissionen im innerörtlichen Straßenverkehr aufgrund der vergleichsweise hohen Emissionsfaktoren bei niedrigen Geschwindigkeiten eine weitaus größere Bedeutung zukommt, als dies z.B. bei den NO_x-Emissionen der Fall ist. In Erweiterung der bestehenden Modelle sollte

deshalb die zeitliche Änderung der Verkehrsdichte und damit der mittleren Fahrgeschwindigkeit als zusätzlicher Parameter berücksichtigt werden.

Als weitere wichtige VOC-Quellen sind im Rahmen des Vorhabens insbesondere die Tankatmung bei Kraftfahrzeugen, die Herstellung und Verteilung von Mineralölprodukten, Fermentationsprozesse, Prozesse in der Organisch-Chemischen Industrie, Feuerungsanlagen sowie natürliche Prozesse von Bäumen zu erfassen.

Abschließend vermittelt Tab. 3 einen Eindruck über die Bedeutung verschiedener Quellen hinsichtlich der Gesamtemissionen an VOC und VOC-Substanzgruppen in Baden-Württemberg. Es ist hier anzumerken, daß diese Aufstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann und einzelne Daten einer weitergehenden Überprüfung bedürfen. Dennoch zeigt sich, daß der Straßenverkehr als wesentliche Quelle für Alkane, Alkene, Aromaten und Aldehyde anzusehen ist, die Emissionen von Alkoholen, Ketonen und Estern vorwiegend durch die Anwendung von Lacken und anderen Anstrichmitteln verursacht werden, und Halogenkohlenwasserstoffe größtenteils auf die Anwendung von Entfettungs- und Reinigungsmitteln zurückzuführen sind.

	FEUERUNG [t/a]	KRAFTFAHRZEUGE ABGASSE [t/a]	TANKWAGEN [t/a]	BENZIN- UMSCHLAG [t/a]	RAFFINIERE PROZESSE [t/a]	LACKE [t/a]	ENTFETTUNG [t/a]	KLEB- STOFFE [t/a]	DRUCK [t/a]	KUNST- STOFFE [t/a]	CHEMISCH- REINIGUNG [t/a]	KONSUM- GÜTER [t/a]	WÄLDER [t/a]	ANTHROP QUELLEN [t/a]	SUMME [t/a]
VOC	14082	107608	37608	12163	6304	71112	34348	8080	6979	5202	2318	24291	65812	310095	395907
ME*FRAN	1627	7164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8791	8791
HM-ALFANE	7545	37182	33095	10703	5365	6044	0	2747	572	0	0	0	0	103253	103253
ALKENE	1385	15617	4137	1338	397	0	0	0	0	0	0	0	65812	22874	88686
AROMATEN	1173	38272	376	122	542	38400	0	970	2589	0	0	0	0	82444	82444
ALKOHOLE	0	0	0	0	0	16356	0	566	1787	0	0	0	0	18709	18709
ALDEHYDE	2352	3731	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6083	6083
KETONE	0	480	0	0	0	5689	0	1778	300	0	0	0	0	8247	8247
ESTER	0	0	0	0	0	2844	0	970	1535	0	0	0	0	5349	5349
HALOGEN-FW	0	0	0	0	0	0	34348	808	84	5202	2318	0	0	42760	42760
SONST. VOC	0	5162	0	0	0	1778	0	242	112	0	0	24291	0	31585	31585

Tab. 3: Abgeschätzte VOC-Emissionen verschiedener Emittententypen in Baden-Wuerttemberg (1985)

Literatur

- /1/ Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.):
Umweltpolitik - Drucksache 11/2714
Bonn: Universitäts-Buchdruckerei, 1988
- /2/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):
Material- und Wareneingang im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe
Fachserie 4, Reihe S.5
Mainz: W. Kohlhammer GmbH, 1982
- /3/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):
Material- und Wareneingang im Baugewerbe
Fachserie 4, Reihe S.6
Mainz: W. Kohlhammer GmbH, 1982
- /4/ Statistisches Bundesamt (Hrsg.):
Kostenstruktur der Unternehmen im Bergbau und im Verarbeitenden Gewerbe
Fachserie 4, Reihe 4.3
Mainz: W. Kohlhammer GmbH, 1985
- /5/ O. Lückert (Hrsg.):
Emissionsarm lackieren
Hannover: C. Vincentz Verlag, 1987
- /6/ C. Veldt:
VOC-Composition of Automotive Exhaust and Solvent Use in Europe
2. Annual Acid Deposition and Emission Inventory Symposium, Charleston, South Carolina, 12. - 14.11.1985
- /7/ U. Knecht, H.-J. Weitowitz:
Lösemittelfreisetzung aus schadstoffarmen Anstrichstoffen
Universität Giessen, Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin (1988)
- /8/ B. Boysen, R. Friedrich, Th. Müller, A. Voß:
Methods for the Investigation of Emissions from Road Transport
IIASA/NILU Task Force Meeting on Accuracy of Emission Inventories, Laxenburg (Austria), March 1988
- /9/ B. Boysen, R. Friedrich, R. Kuntze, Th. Müller, H. Steckdaub, A. Voß:
Regionale Energie- und Umweltanalyse für die Region Hochrhein-Bodensee, 3. Zwischenbericht, August 1988