

Zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Emissionen von SO₂, NO_x und gasförmigen organischen Verbindungen in Baden-Württemberg

B.Boysen, R.Friedrich, Th.Müller, A.Obermeier, A.Voss

Institut für Kernenergetik und Energiesysteme (IKE)
Universität Stuttgart

Zusammenfassung

Im Rahmen der verstärkten Bemühungen um die Luftreinhaltung nimmt eine möglichst exakte Bestimmung der räumlichen und zeitlichen Emissionen einen immer wichtigeren Raum ein.

Das IKE hat im Laufe des TULLA-Experimentes ein stündliches Emissions-Kataster für die Stoffe SO₂ und NO_x in einer Auflösung von 1 km mal 1 km erstellt. Teile dieser Ergebnisse werden in diesem Kurz-Bericht dargestellt.

Darauf aufbauend erarbeitet das IKE zur Zeit ein Gesamtmodell, das es erlaubt, Szenarien stündlicher Emissionen auch für zukünftige Perioden unter bestimmten äusseren Randbedingungen berechnen zu können. Damit wird es möglich sein, die Auswirkungen verschiedenen Umweltschutzmaßnahmen auf Emissionen festzustellen und damit besonders effiziente Maßnahmen zu ermitteln. Außerdem können diese Daten für die Untersuchung der Ausbreitung und Transformation bei beliebigen Wetterlagen verwendet werden. Des weiteren wird in einer Pilotstudie untersucht, mit welchen Methoden ein in Raum und Zeit hoch aufgelöstes Kataster außer für die Schadstoffe SO₂ und NO_x auch für die gasförmigen organischen Verbindungen erstellt werden kann.

Temporal and Spatial Allocation of SO₂-, NO_x- and VOC-Emissions in Baden-Württemberg

B.Boysen, R.Friedrich, Th.Müller, A.Obermeier, A.Voss

Summary

In the context of the air pollution control there is an intensified effort to determine the various emissions.

During the TULLA-measuring-period the IKE has elaborated an emission inventory in a spatial allocation of 1 km * 1 km and a temporal allocation of one hour for the substances SO₂ and NO_x.

In addition to that the IKE is working on a model which will be able to calculate hourly emissions for future time-periods. The results depend on the boundary conditions given. Thus the effects of measures for environmental protection can be estimated. Furthermore these data are input data for the investigation of the spreading and transformation of emissions for different weather situations.

Another project the IKE is concerned with is a pilot study which develops methods to make an emission inventory for volatile organic compounds (VOC). The spatial and temporal resolution should be the same as in the inventories for the substances SO₂ and NO_x.

Problemstellung

In der anhaltenden Diskussion über die Luftreinhaltung wurde in letzter Zeit der quantitativen Erforschung von Emissionen immer mehr Gewicht beigemessen. Bisher lagen, wenn überhaupt, nur Summenwerte der Emissionen über größere Gebiete vor. Die tatsächliche Höhe, der zeitliche Verlauf und die exakten Quellpunkte sind jedoch auch von außerordentlicher Bedeutung. Diese Informationen sind zum Beispiel notwendig, um Eingabedaten für Ausbreitungsmodelle zu haben, diese zu verifizieren und damit Erkenntnisse über die gesamte Schadstoffkette von der Emission über den Transport bis zur Deposition und damit über die tatsächliche Umweltschädigung zu erhalten. Dies wurde im Projekt TULLA durchgeführt. Innerhalb dieses Projekts hat das IKE über eine Periode von 12 Tagen die stündlichen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg in einer Auflösung von 1 km mal 1 km erfasst.

Eine weitere wichtige Fragestellung im Bereich der Luftreinhaltung ist, wie sich die Umweltschutzmaßnahmen, die heute verwirklicht werden, in der Zukunft auf die tatsächlichen Emissionspitzen unter bestimmten äußeren Randbedingungen wie Wetterlagen, geographische Lage etc. auswirken.

Das Projekt "Ermittlung und Analyse des zeitlichen Verlaufs und der räumlichen Verteilung der derzeitigen und zukünftigen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg" soll daher unabhängig von bestimmten Untersuchungszeiträumen für beliebige Perioden in der Vergangenheit bzw., unter Zugrundelegung verschiedener Annahmen wie Wetterbedingungen, Wirtschaftsentwicklung der verschiedenen Branchen, Bevölkerungsentwicklung etc. auch in der Zukunft stündliche Emissionsmengen berechnen.

Die Pilotstudie "Emissionskataster für gasförmige organische Verbindungen" untersucht welche Vorgehensweise bei der Erstellung eines Emissionskatasters zu wählen ist. Emissionen gasförmiger organischer Verbindungen werden in zunehmendem Maße als mögliche Ursachen auftretender Umweltschädigungen diskutiert. Beispielhaft seien hier die Schäden durch die verstärkte Bildung von Photooxidantien aus Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden sowie durch die Reduzierung des Ozongehaltes durch halogenierte Kohlenwasserstoffe genannt.

Im folgenden wird zuerst auf die Emissionserhebung im Rahmen des "TULLA"-Projekts (Feinmaschiges Kataster der SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg für die Zeit der TULLA-Meßkampagne) und die "Ermittlung und Analyse des zeitlichen Verlaufs und der räumlichen Verteilung der derzeitigen und zukünftigen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg" eingegangen, danach werden kurz die Ergebnisse der Pilotstudie "Emissionskataster für gasförmige organische Verbindungen" dargestellt.

Feinmaschiges Kataster der SO₂- und NO_x-Emissionen für die Zeit der TULLA-Meßkampagne und Ermittlung und Analyse der derzeitigen und zukünftigen Emissionen in Baden-Württemberg

Wie schon in der Problemstellung aufgeführt, baut das Vorhaben "Ermittlung und Analyse des zeitlichen Verlaufs und der räumlichen Verteilung der derzeitigen und zukünftigen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg" auf dem Projekt "Feinmaschiges Kataster der SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg für die Zeit der TULLA-Meßkampagne" auf. In diesem - inzwischen abgeschlossenen - Projekt wurde ein stündliches Emissionskataster, nach Emissionengruppen getrennt, für Baden-Württemberg für die Zeit der TULLA-Meßkampagne (18. bis 29. März 1985) in einer Auflösung von 1 km mal 1 km für die Schadstoffe SO₂ und NO_x erstellt (Siehe auch /1/).

Dazu wurden sämtliche Betreiber von Feuerungsanlagen über 10 MW über ihre stündlichen Brennstoffverbräuche bzw., wenn bekannt, über ihre stündlichen Emissionen während der Meßkampagne befragt. Aus den Energieverbräuchen konnten dann die jeweiligen Emissionen unter Verwendung von anlagenspezifischen Emissionsfaktoren berechnet werden.

Für sämtliche Emissionen aus Anlagen mit einer Feuerungsleistung kleiner 10 MW wurden Modelle entwickelt, die die Emissionen aufgrund von bekannten Daten angeben, die auf Gemeindeebene vorliegen, wie Gebäudedaten der privaten Haushalte, Beschäftigtendaten in Industrie und bei den Kleinverbrauchern, Angaben über Schüler in einer Gemeinde etc. . Damit ist für diese Bereiche eine sehr genaue räumliche Zuordnung von Emissionen möglich. Die zeitliche Zuordnung wurde - für jede Gemeinde getrennt - mit Hilfe von externen Parametern wie Temperatur, Gradtagszahl, Produktionsindex etc. ermittelt.

Für den Sektor Verkehr basiert die räumliche Verteilung der außerörtlichen Verkehrsemissionen auf den Verkehrszählungen 1980 und 1985 und der Straßendatenbank Baden-Württemberg, die sämtliche Kreisstraßen, Landesstraßen, Bundesstraßen und Autobahnen beinhaltet. Die Innerorts-Verkehrsemissionen wurden räumlich den Siedlungsflächen der Gemeinden zugeordnet. Die zeitliche Verteilung basiert auf den stündlichen Ergebnissen von ca. 90 kontinuierlich arbeitenden Verkehrsmeßstellen, die über ganz Baden-Württemberg verteilt sind.

Abb.1 zeigt beispielhaft als ein Ergebnis dieses Projekts die NO_x-Emissionen am Freitag, den 29.3. 1985, zwischen 16.00 und 17.00 Uhr. Zu dieser Stunde wurde die größte Menge an NO_x in der Untersuchungsperiode emittiert. Hauptsächlich war dies dem zu dieser Zeit besonders hohen Verkehrsaufkommen zuzuschreiben.

FR 29.03. 16.00 BIS 17.00 UHR RASTER 1x 1 KM

SEKTOR: GESAMT

NOX

☐	VON 0.0 - 1.0 KG / RASTER
■	VON 1.0 - 5.0 KG / RASTER
■	VON 5.0 - 10.0 KG / RASTER
■	VON 10.0 - 50.0 KG / RASTER
■	VON 50.0 - 100.0 KG / RASTER
■	VON 100.0 - 3000.0 KG / RASTER

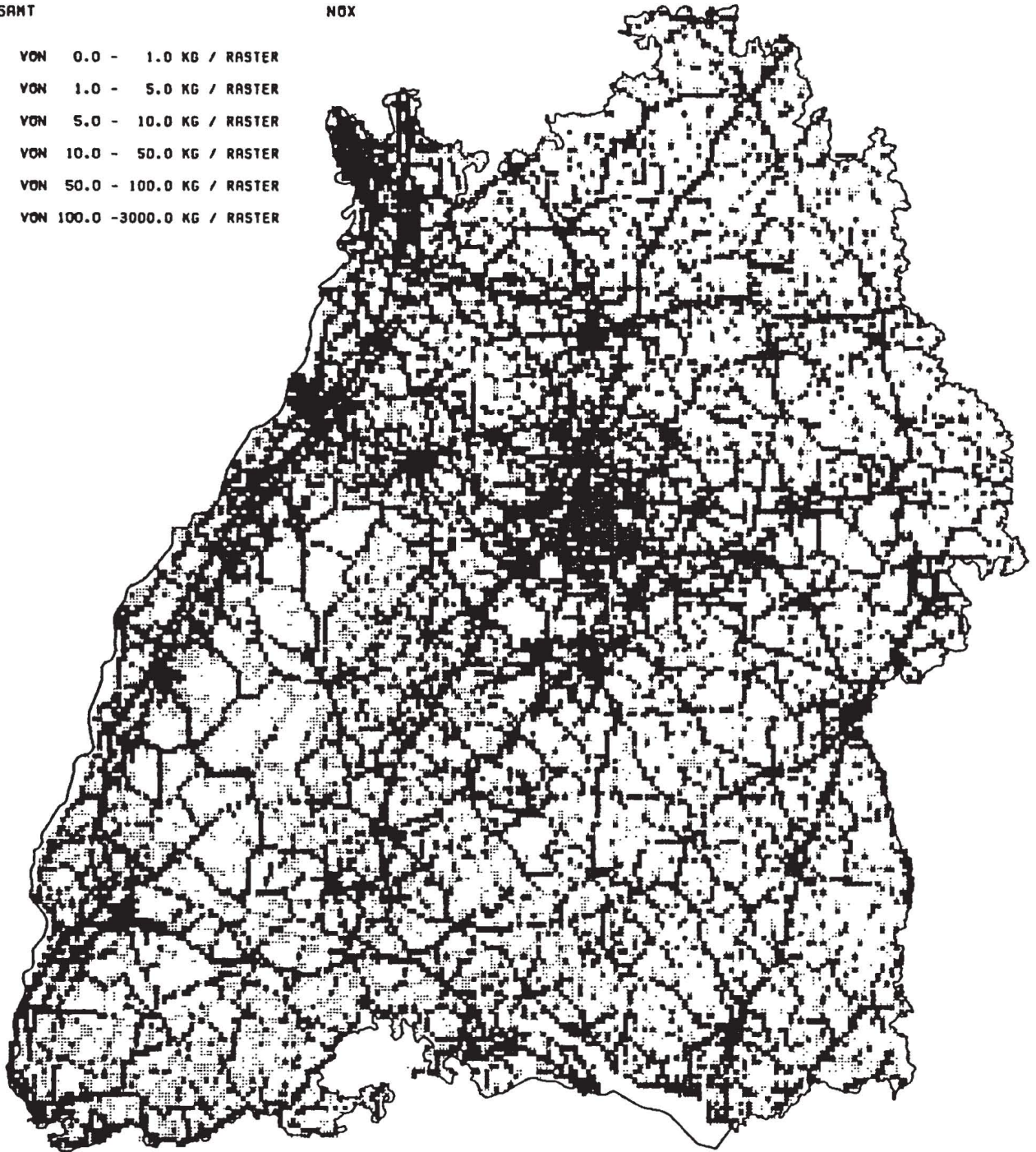


Abb. 1 : Nox-Emissionen in Baden-Württemberg am 29.3. 1985
zwischen 16.00 und 17.00 Uhr

Abb. 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der NO_x-Emissionen, getrennt nach Sektoren, für ganz Baden-Württemberg über die gesamte Untersuchungsperiode (auf der x-Achse sind die 288 Stunden des Untersuchungszeitraums aufgetragen).

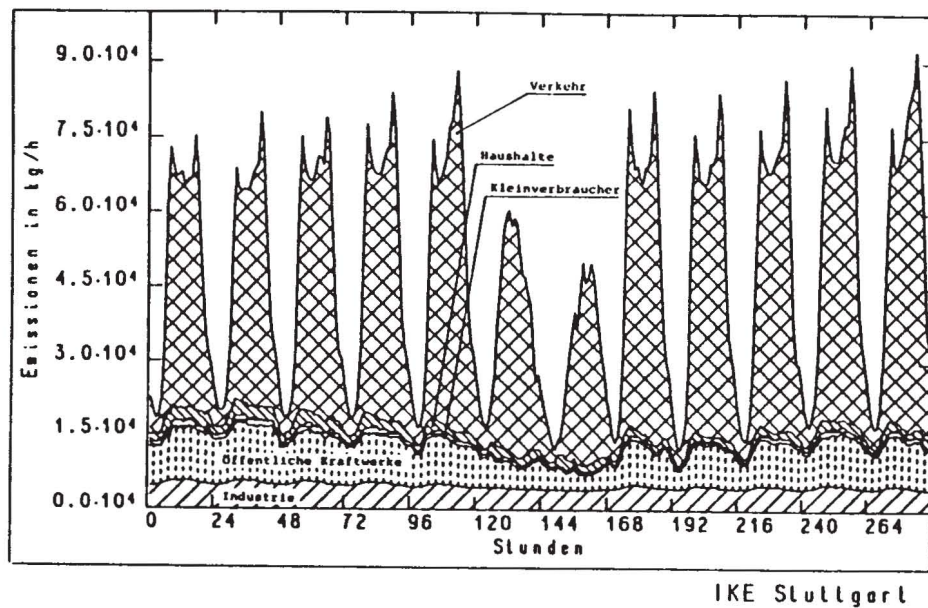


Abb. 2 : Zeitlicher Verlauf der NO_x-Emissionen während der TULLA Untersuchungsperiode (18.3. - 29.3. 1985) in Baden-Württemberg

Die in diesem ersten Projekt ermittelten SO₂- und NO_x-Emissionsdaten dienen in erster Linie als Eingabegrößen für ein an der Universität Karlsruhe entwickeltes Ausbreitungsmodell, das mit diesen Daten und den im Untersuchungszeitraum gewonnenen Immissions-Meßdaten verifiziert werden soll.

In dem Vorhaben "Ermittlung und Analyse des zeitlichen Verlaufs und der räumlichen Verteilung der derzeitigen und zukünftigen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg" wird dieses Kataster nun so erweitert, daß es auch möglich ist, außerhalb der untersuchten Periode für quasi beliebige Zeiträume die Emissionen aufgrund bestimmter Annahmen im voraus zu bestimmen. Zudem können in Verbindung mit dem erwähnten Ausbreitungsmodell typische Immissionen und deren Herkunft für beliebige Wetterlagen, Jahreszeiten und Tageszeiten abgeschätzt werden. Dadurch können umweltpolitische Entscheidungen, die heute zu treffen sind, hinsichtlich ihrer Wirkung auf die räumliche und zeitliche Verteilung bewertet werden.

Die einzelnen durchzuführenden Arbeiten gliedern sich dabei wie folgt :

Haushalte :

Für den Bereich der Haushalte werden die Methoden aus dem TULLA-Projekt weiterentwickelt. Die Dateien wurden von vorneherein so angelegt, daß eine kontinuierliche Fortschreibung der Gebäude- und Wohnungsdaten möglich ist. Zusätzlich wird ein Modell entwickelt, das mit Hilfe von vorliegenden regionalen Daten zur Bevölkerungsentwicklung die Wohngebäudestruktur und den zu erwartenden Energieverbrauch pro Gemeinde und damit auch die zu erwartenden Emissionen unter Zugrundelegung verschiedener Annahmen (zukünftige Durchführung von Maßnahmen zur Energieeinsparung, geändertes zukünftiges Benutzerverhalten, zukünftige Wohnraumsprüche etc.) für beliebige Jahre in der Zukunft neu berechnet.

Zur Ermittlung der stündlichen Emissionen können dann die bereits entwickelten Modelle verwendet werden, die aufgrund von Parametern wie Außentemperatur und anderen klimatischen Daten (die an bestimmte Vergleichsjahre in der Vergangenheit angelehnt werden können), über verschiedene Nutzergewohnheiten und unter Zugrundelegung einer ebenfalls auf Fortschreibungen beruhenden Energieträgerstruktur die Schadstoffausstöße berechnen.

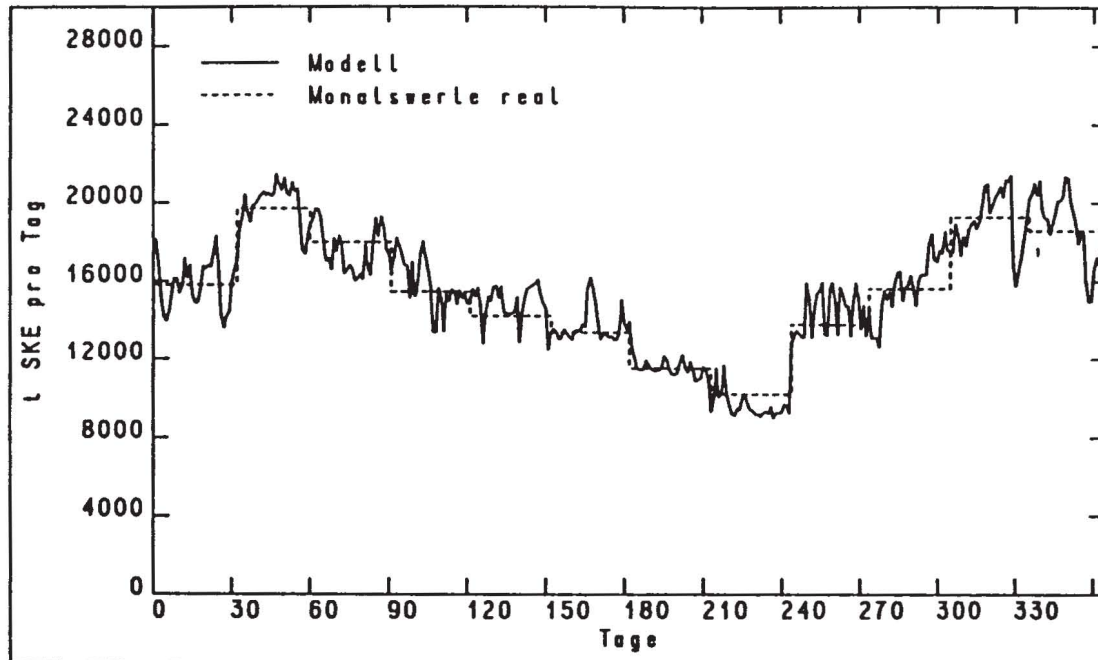
Kleinverbraucher :

Die Vorgehensweise ist hier ähnlich wie im Bereich der privaten Haushalte. Anstelle von Gebäudedaten werden jedoch Beschäftigtenzahlen, Schülerzahlen etc. verwendet. Die zeitliche Auflösung wird über die Außentemperatur, das Benutzerverhalten und über Arbeitszeitregelungen in den verschiedenen Bereichen ermittelt. Ein weiteres Teilmodell bildet die möglichen Entwicklungen der jeweiligen Branchen und damit deren Energieverbrauch bzw. deren Emissionen innerhalb der nächsten Jahrzehnte ab.

Industrie mit Anlagengrößen unter 10 MW :

Für die Industrieanlagen mit einer Feuerungsleistung unter 10 MW (thermisch) existiert ebenfalls ein Modell, das aufgrund von Eingangsgrößen wie Temperatur, Produktionsindex und Gradtagszahl die Emissionen einer jeden Gemeinde in Baden-Württemberg unabhängig von einer bestimmten Untersuchungsperiode berechnen kann.

In Abb. 3 zeigt die durchgezogene Linie den mit dem Modell berechneten täglichen Brennstoffverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg für das Jahr 1983. Die gestrichelte Linie gibt den jeweiligen tatsächlichen Monatsdurchschnittswert des täglichen Endenergieverbrauchs 1983 an, den das Statistische Landesamt mit Hilfe der monatlichen Industrierichterstattung ermittelt hat.



IKE Stuttgart

Abb. 3 : Täglicher Brennstoffverbrauch des Verarbeitenden Gewerbes in Baden-Württemberg 1983

Feuerungsanlagen über 10 MW :

Aus der Befragung der Betreiber von größeren Feuerungsanlagen über 10 MW thermisch stehen stündliche Brennstoffeinsätze während der TULLA-Kampagne zur Verfügung.

Diese Befragungsdaten wurden ausgewertet und in neue Modelle eingebaut, die aufgrund der Umfrageergebnisse während dieser Kampagne nun die Emissionen auch für andere Zeiträume analog der Vorgehensweise bei kleineren Feuerungen bestimmen können.

Kraftwerke :

Eine spezielle Stellung unter den Großemittenten nehmen die öffentlichen Kraftwerke ein. Aufgrund ihrer hohen Feuerungswärmeleistung ist ihr punktueller Einfluß auf Ausbreitungsrechnungen so groß, daß Unsicherheiten über die tatsächlichen Betriebszeiten für die Verwendung in Ausbreitungsmodellen von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Aus diesem Grund ist es für Episodenrechnungen unerlässlich, den tatsächlichen stündlichen Brennstoffverbrauch bzw., wenn möglich sogar die stündlichen Emissionen direkt bei den Betreibern abzufragen. Dies wurde während des TULLA- Experiments getan.

Ziel der derzeitigen Untersuchung ist es jedoch, typische Emissionsszenarien für bestimmte zukünftige Jahreszeiten und Wetterlagen unter Berücksichtigung bestimmter wirtschaftlicher, (umwelt-)politischer und sonstiger Entscheidungen zu erstellen; Stromnachfrage und Strombedarfsdeckung müssen daher in Abhängigkeit von verschiedenen anderen Größen durch Modelle erfaßt werden.

Abb. 4 zeigt die tatsächliche monatliche Stromnachfrage in Baden-Württemberg in den Jahren 1983 bis 1985 und dazu den durch das Modell aufgrund der äußeren Parameter errechneten Bedarf, jeweils unterteilt in Industrie und sonstige Verbraucher. Zu erkennen ist, daß die monatlichen Werte gut mit Hilfe von Modellen nachzubilden sind. Diesen monatlichen Schwankungen der Stromnachfrage werden außerdem noch Wochen- und Monatsganglinien überlagert.

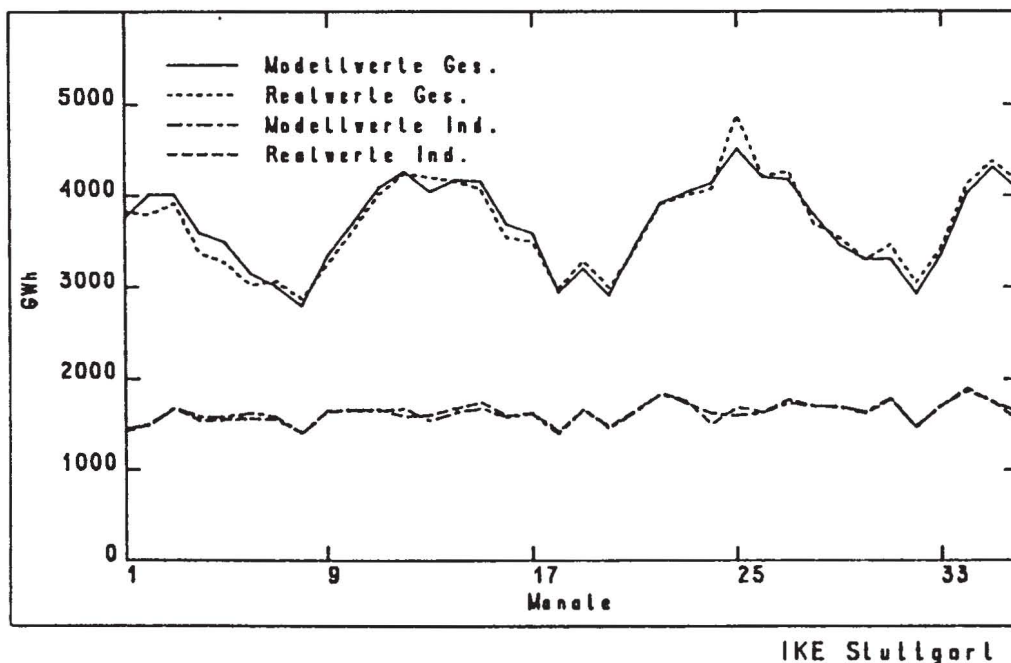


Abb. 4 : Monatliche Stromnachfrage 1983 bis 1985 in Baden-Württemberg

Zusätzlich wird zur Zeit noch ein Modell entwickelt, das die Deckung der so ermittelte Stromnachfrage durch die verschiedenen Kraftwerke nach plausiblen Gesichtspunkten (Einteilung in Grundlast, Mittellast, Spitzenlast, Kostenoptimierung) vornimmt.

Verkehr :

Die hohe räumliche Auflösung im Sektor Verkehr kann mit Hilfe der Verkehrszählungen 1980 und 1985 durchgeführt werden. Diese bilden die Basis für Szenarien der künftigen Entwicklung des Verkehrsaufkommens und dessen räumlicher Verteilung.

Um die hohe zeitliche Auflösung zu erreichen, muß auch in diesem Sektor ein Modellansatz entwickelt werden, welches anhand von diversen Einflußfaktoren, z.B. Temperaturen, Niederschlagsmengen, Produktionsindex, Ferientagen usw. eine Berechnung der stündlichen Werte der Emissionen ermöglicht.

Die bisherigen Auswertungen haben gezeigt, daß gerade Ferienzeiten (Baden-Württemberg unterliegt durch seine geographische Lage nicht nur dem Einfluß der Schulferien im eigenen Land) und sonstige unregelmäßige Einflüsse im Sektor Verkehr besonderer Beachtung bedürfen. Der Temperatureinfluß ist dagegen gering.

Emissionskataster für gasförmige, organische Verbindungen

- Pilotstudie -

Emissionen gasförmiger organischer Verbindungen werden in zunehmendem Maße als mögliche Ursachen auftretender Umweltschädigungen diskutiert.

Im Rahmen dieses Vorhabens ist ein Konzept für die Aufstellung eines Emissionskatasters für gasförmige organische Verbindungen in Baden-Württemberg zu entwickeln. Um die Verwendung der Ergebnisse als Eingangsgrößen für Ausbreitungsmodelle zu gewährleisten, ist die differenzierte Bestimmung einzelner Schadstoffe bzw. Schadstoffgruppen, sowie eine feine zeitliche und räumliche Auflösung des Emissionskatasters erforderlich.

Auswahl der zu erfassenden Schadstoffe

Die Zahl der flüchtigen organischen Verbindungen, welche in den Emissionen verschiedener Quellen qualitativ nachgewiesen wurden, ist in den letzten Jahren aufgrund verbesserter Analysemethoden sehr stark angestiegen. Aus der Fülle an Detailinformationen sind unter Anwendung geeigneter Auswahlkriterien besonders umweltrelevante Spezies zu ermitteln. Hierbei ist zum Beispiel die Reaktivität gegenüber OH-Radikalen, die toxische Wirkung der emittierten Stoffe und deren Folgeprodukte, sowie die gewichtete Menge der Emissionen zu berücksichtigen.

Folgende Stoffgruppen sind gemäß diesen Überlegungen in ein Emissionskataster für flüchtige organische Verbindungen aufzunehmen :

- Alkane
- Olefine
- Aromaten
- Halogenkohlenwasserstoffe
- Alkohole
- Aldehyde
- Ketone und Ester

Innerhalb jeder Stoffgruppe sind die niederen Homologen nach Möglichkeit einzeln auszuweisen. Aufgrund ihrer niedrigen Siedepunkte bilden diese den Hauptanteil an gasförmigen Emissionen. Höhere Homologe jeder Substanzklasse sind entsprechend ihrer Reaktivität zusammenzufassen. Daraus ergeben sich dann folgende Spezies, die in das zu erstellende Kataster übernommen werden sollten :

<u>Alkane</u>	<u>Olefine</u>	<u>Aromaten</u>	<u>Alkohole</u>
(Methan)	Ethylen	Benzol	Methanol
Ethan	Propylen	Toluol	Ethanol
Propan	Isopren	Alkylbenzole	Butanol
Butan	Terpene	Sonstige	Sonstige
Pentan	Sonstige		
Hexan			
Sonstige			

<u>Aldehyde</u>	<u>Ketone</u>	<u>Ester</u>
Formaldehyd	Aceton	Gesamt
Acetaldehyd	Methylethylketon	
Sonstige	Sonstige	

<u>Halogenkohlenwasserstoffe</u>	<u>Sonstige Verbindungen</u>
Fluorchlorkohlenwasserstoffe	Gesamt
Methylchloride	
Chlorierte Ethane	
Chlorierte Ethylene	
Sonstige	

In jedem Falle ist sicherzustellen, daß die gewählte Unterteilung der emittierten Spezies den Erfordernissen luftchemischer Ausbreitungsmodelle angepaßt werden kann. Ein nicht zu unterschätzendes Problem bei der Erstellung des Emissionskatasters besteht darin, daß für einige Emittentensektoren nur unzureichende Erkenntnisse über die qualitative Zusammensetzung der Emissionen vorliegen. Bisher veröffentlichte Emissionsfaktoren geben oftmals nur einen Summenwert für alle organischen Verbindungen an. Darüber hinaus fehlen häufig Angaben darüber, auf welche Verbindung sich diese Summenwerte beziehen.

Methoden zur Erstellung eines Emissionskatasters

Die Methoden zur Erstellung eines sowohl räumlich als auch zeitlich hoch aufgelösten Emissionskatasters für flüchtige organische Verbindungen müssen sowohl nach den untersuchten Stoffgruppen als auch nach den Verursachern unterschieden werden. Nachfolgend sind die Methoden nach den verschiedenen Verursachern gegliedert dargestellt :

Emissionen aus Feuerungen (Kraft- und Heizkraftwerke, Industrie, Kleinverbraucher, Haushalte)

Für den Bereich der Feuerungsanlagen können aufgrund der zeitlichen und räumlichen Übereinstimmung zwischen Brennstoffverbrauch und Entstehung von Emissionen die Methoden, die schon für die Bestimmung der NO_x- und SO₂-Emissionen entwickelt wurden, größtenteils weiterverwendet werden.

Emissionsfaktoren für die Summenwerte an flüchtigen organischen Verbindungen liegen zwar für verschiedene Brennstoffe und Anlagenarten vor; über die Anteile einzelner Substanzen oder Substanzgruppen an den Emissionen sind jedoch nur lückenhafte Informationen bzw. Abschätzungen vorhanden.

Emissionen aus dem Verkehr :

Betrachtet man im Sektor Verkehr den Teil der organischen Emissionen, der bei der Verbrennung während des Betriebs des Fahrzeugs entstehen, gibt es ebenfalls keine grundsätzlichen Unterschiede zwischen der Methode, Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen zu bestimmen und der Berechnung von SO₂- und NO_x-Emissionen. Daher können auch hier Methoden aus dem "TULLA-Projekt" teilweise übernommen werden. Zusätzlich sind jedoch die Verdunstungsverluste aus den Kraftstofftanks der Fahrzeuge zu berücksichtigen. Die Höhe der Emissionen ist hierbei hauptsächlich von der Umgebungstemperatur und nicht vom Betriebszustand des Fahrzeugs abhängig. Das Verhältnis von Betriebszeit zu Parkzeit eines Fahrzeuges ist im Durchschnitt sehr klein.

Demnach erfolgen die Verdunstungsverluste vorwiegend innerhalb von Siedlungsflächen und nicht auf den Linienquellen des außerörtlichen Verkehrs. Zusätzlich weisen die Verdunstungs-Emissionen eine andere Zusammensetzung auf als die in den Verbrennungsabgasen enthaltenen Kohlenwasserstoffe. Über die quantitative Zusammensetzung der organischen Emissionen liegen für PKW relativ detaillierte Kenntnisse vor. Für LKW, PKW mit Katalysator und andere Verkehrsmittel sind bisher nur Summenwerte bekannt.

Emissionen aus der Industrie (ohne Feuerungen) :

Es sind hier insbesondere diejenigen Branchen zu untersuchen, welche innerhalb der Produktions- und Verarbeitungsprozesse organische Emissionen in nennenswertem Umfang verursachen. Dies sind hauptsächlich: Raffinerien, Kohlenwertstoffindustrie, Gummi- und Kunststoffindustrie, metallverarbeitende Industrie, organisch-chemische Industrie, die anorganisch-chemische Industrie sowie die Nahrungs- und Genußmittelindustrie. Bei diesen Emissionengruppen wird im Gegensatz zu den Emissionen aus Feuerungen oft nur eine geringe Anzahl verschiedener Spezies emittiert. Großbetriebe werden dabei anhand ihres Produktionsvolumens erfasst. Für die verbleibenden Anlagen ist ein Modell zu entwickeln, welches die aus Produktionsstatistiken ermittelten Gesamtemissionen jeder Branche mittels Indikatoren, wie z.B. Energieverbrauch, auf die Gemeinden verteilt. Aufgrund branchenüblicher Arbeitszeitregelungen, dem zeitlichen Verlauf des Energiebedarfs, sowie saisonalen Konjunkturschwankungen, ist eine zeitliche Auflösung der Emissionen zu erreichen.

Emissionen der Kleinverbraucher (ohne Feuerungen) :

In diesem Sektor sind ebenfalls diejenigen Branchen zu untersuchen, welche prozessbedingt organische Emissionen verursachen. Als wichtigste Emissionsquellen sind hier zu nennen: Tankstellen, Chemische Reinigungen, Druckereibetriebe, Lackieranlagen und Metallentfettungsanlagen. Bei jeder dieser Branchen ist von einer spezifischen Zusammensetzung der Emissionen auszugehen. Emissionsfaktoren für die Summe organischer Verbindungen sowie die wichtigsten Spezies stehen für die einzelnen Gewerbezweige zur Verfügung. Aus Produktions- bzw. Verkaufsstatistiken sind die jährlichen Emissionen jedes Gewerbezweiges zu ermitteln. Die räumliche Verteilung der Emissionen erfolgt anhand von Beschäftigtenzahlen, Energieverbrauch und ähnlichen Indikatoren. Eine zeitliche Auflösung ergibt sich aus der Berücksichtigung der Arbeits- und Öffnungszeiten sowie dem stündlichen Energiebedarf.

Haushalte (ohne Feuerungen) :

Im Sektor der privaten Haushalte treten organische Emissionen bei der Anwendung lösungsmittel- bzw. treibgasaltiger Verbrauchsartikel auf (Farben, Lacke, Verdünnungen, Reinigungsmittel, Klebstoffe, Spraydosen). Die jährlichen Emissionen leiten sich aus den Verkaufszahlen sowie den Inhaltsstoffen der entsprechenden Produkte ab, wobei für die flüchtigen organischen Verbindungen ein Emissionsfaktor von 100% anzusetzen ist. Eine Verteilung auf die Gemeinden erfolgt nach deren Einwohnerzahl. Der zeitliche Verlauf der Emissionen wird durch das Verbraucherverhalten bestimmt, wobei auch hier entsprechende Annahmen zu treffen sind.

Natürliche Emissionen :

Die Vielfalt der Quellen natürlicher Emissionen organischer Verbindungen reicht von Gräsern, Farnen und Moosen bis hin zu Laub- und Nadelbäumen. Jede Quelle emittiert dabei ein ganzes Spektrum von organischen Verbindungen, so zum Beispiel Olefine, Alkohole, Furane, Isopren und Terpene.

Emissionsfaktoren wurden bisher lediglich für Laub- und Nadelbäume veröffentlicht, wobei in erster Linie Isopren und die Terpene als emittierte Komponenten zu berücksichtigen sind. Zu klären bleibt die Frage, ob die bekannten Emissionsfaktoren, welche größtenteils aus Untersuchungen in den USA stammen, ohne weiteres auf den Waldbestand in Baden-Württemberg anzuwenden sind.

Als Grundlage für eine räumliche Auflösung der Emissionen dient der Waldbestand jeder Gemeinde. Über eine Korrektur der Emissionsfaktoren, welche den Einfluß der Temperatur, der Sonneneinstrahlung und ähnlicher Parameter berücksichtigt, ist anhand meteorologischer Daten eine zeitliche Auflösung der Emissionen möglich.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Projekt "Ermittlung und Analyse des zeitlichen Verlaufs und deren räumlichen Verteilung der derzeitigen und zukünftigen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg" soll es ermöglichen, Entscheidungen im umweltpolitischen Bereich bezüglich Luftreinhaltemaßnahmen schon im Vorhergehen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen. Unter verschiedenen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Voraussetzungen und unter Berücksichtigung verschiedener Umweltschutzmaßnahmen können bei verschiedenen Wetterlagen und zu verschiedenen Jahreszeiten die SO₂- und NO_x-Emissionen und die zu erwartende räumliche und zeitliche Verteilung der Emissionen berechnet werden.

Weil in jüngster Zeit die Bedeutung der gasförmigen organischen Verbindungen in den verschiedenen Erklärungsmodellen für die Waldschäden an Bedeutung gewinnt, müssen auch diese in die Untersuchung mit eingezogen werden. Aus diesem Grund wurde und wird in der durchgeführten Pilotstudie zu diesem Thema untersucht, welche Vorgehensweise für die Erstellung eines Emissionskatasters für gasförmige organische Verbindungen am besten geeignet wäre.

Am Ende wäre dann ein Gesamtinstrument anzustreben, das für kommende Perioden die wichtigsten Schadstoffströme von der Entstehung über den Transport bis hin zur Deposition berechnen kann.

Literatur:

- /1/ Zwischenbericht für das 2. Statuskolloquium des PEF vom 4. bis 7. März 1986