

Hochaufgelöste Emissionskataster für SO₂ und NO_x in Baden-Württemberg

Th.Müller, B.Boysen, R.Friedrich, A.Voß

IER

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung
Universität Stuttgart

Zusammenfassung

Aufbauend auf das im Laufe des TULLA-Experiments erstellte stündliche Emissionskataster für die Stoffe SO₂ und NO_x wurde ein Modell erarbeitet, das es erlaubt, Szenarien der stündlichen Emissionsbelastung für zukünftige Perioden unter Berücksichtigung z.B. meteorologischer Daten in einer räumlichen Auflösung von 1 km * 1 km zu berechnen.

Nachdem in den letzten Zwischenberichten die Modelle für die Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher, Industrie, öffentliche Kraftwerke und Verkehr beschrieben wurden, werden in diesem Zwischenbericht für die Bereiche Haushalte, Kleinverbraucher und Verkehr die Emissionen einer Januar- und einer Juli-Woche des Jahres 1985 den Emissionen einer Januar- und einer Juli-Woche des Jahre 2000 gegenübergestellt.

Emission Inventories for SO₂ and NO_x with a High Temporal and Spatial Resolution for the State of Baden-Württemberg

Th.Müller, B.Boysen, R.Friedrich, A.Voß

Summary

Based on the emission inventory which was elaborated for the State of Baden-Württemberg for the TULLA-measuring-period, in this project a model was developed which is able to calculate hourly emissions for future time periods, for given boundary conditions and based on different scenario-assumptions in a spatial resolution of 1 km * 1 km for the whole state of Baden-Württemberg.

This paper shows results for the sectors Private Households, Road-Traffic and Other Consumers and compares the emissions of two weeks in january and july 1985 to the emissions released during two weeks in january and july 2000.

Einführung

Im Rahmen dieses Projekts wurde ein Instrumentarium entwickelt, das es erlaubt, für beliebige Perioden in der Vergangenheit sowie unter Zugrundelegung verschiedener Annahmen - wie Wetterbedingungen, Wirtschaftsentwicklung der verschiedenen Branchen, Bevölkerungsentwicklung etc. - auch für zukünftige Perioden stündliche Emissionsmengen in einer räumlichen Auflösung von $1\text{ km} * 1\text{ km}$ für das gesamte Gebiet von Baden-Württemberg zu berechnen. Dazu wurden verschiedene Modelle entwickelt und die Ergebnisse verschiedener Rechenläufe untersucht und interpretiert.

Die Ergebnisse dienen einerseits als Eingabegrößen für Ausbreitungsrechnungen, um somit auch Immissionsszenarien für zukünftige Jahre erstellen zu können. Zusätzlich können mit den Ergebnissen dieser Berechnungen Emissionsminderungsmaßnahmen besser hinsichtlich ihrer Wirkung auf zeitlich und örtlich begrenzte kritische Schadstoffkonzentrationen (z.B. bei Smogwetterlagen) beurteilt werden.

Bei der Erstellung der Modelle wurde auch auf Methoden, die im Rahmen von /1/ entwickelt wurden, zurückgegriffen. Das Projekt ist inzwischen inhaltlich abgeschlossen, der Endbericht ist in Vorbereitung und wird in Kürze veröffentlicht werden.

Das Projekt gliederte sich in folgende Schritte:

- Erweiterung der erarbeiteten Modelle der Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher und Industrie und Anpassung an zusätzliche Zeitperioden
- Erstellung eines Kraftwerkseinsatzmodells zur Berechnung der stündlichen Emissionen der einzelnen Kraftwerke Baden-Württembergs
- Untersuchung verschiedener Einflüsse auf die Zeitabhängigkeit der Emissionen des Verkehrssektors
- Entwicklung eines Szenarios für den Energieverbrauch und die Energieversorgung in Baden-Württemberg für das Jahr 2000
- Berechnung eines Referenzszenarios der stündlichen Emissionen während zweier ausgewählter Perioden im Jahr 2000 und Vergleich mit den Emissionen der entsprechenden Perioden im Jahr 1985

Auf die ersten vier Punkte der obigen Aufstellung wurde schon in den letzten beiden Zwischenberichten eingegangen. Im Zwischenbericht '88 wurde das Kraftwerkseinsatzmodell zur Bestimmung der Kraftwerksemissionen beschrieben und auch kurz die angewandten Methoden in den übrigen Sektoren erläutert.

Im Zwischenbericht '89 wurde ausführlich der Sektor Verkehr dargestellt. Hier wurden insbesondere die Probleme bei der Berücksichtigung meteorologischer Einflüsse auf das Verkehrsaufkommen untersucht. Zusätzlich wurden bereits einige Ergebnisse, die die saisonale Schwankungsbreite der Emissionen aller Sektoren am Beispiel des Jahres 1985 verdeutlichen, in den Zwischenbericht

mit aufgenommen. Als dritter Hauptpunkt wurden im letztjährigen Zwischenbericht die Zahlen erläutert, die für die Emissionsberechnungen für das Jahr 2000 zugrundegelegt wurden, wobei auf der Basis in sich konsistenter Annahmen eine denkbare zukünftige Entwicklung des Energiesystems beschrieben wurde.

Die Modelle wurden im Verlauf des letzten Jahres noch so erweitert, daß diese Szenarioannahmen übernommen werden können. Im folgenden soll auf die Ergebnisse dieser Berechnungen eingegangen werden und die Emissionen der Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher und Verkehr in einer Sommer- und einer Winterperiode im Jahr 1985 den Emissionen im Jahr 2000 gegenübergestellt werden.

Sektor Haushalte

In den Abb. 1 und 2 sind jeweils die SO₂- und NO_x-Emissionen der Haushalte für eine Sommerperiode und eine Winterperiode von jeweils einer Woche aufgetragen. Um den zeitlichen Verlauf der Emissionen besser miteinander vergleichen zu können, wurde für das Jahr 2000 die gleichen Wetterverhältnisse wie für 1985 angenommen. Es wurden hierzu zum einen die Wetterdaten einer Woche in Januar (14. bis 20. Januar 1985) und zum anderen die Wetterdaten einer Woche im Juli (1. Juli bis 7. Juli 1985) herangezogen.

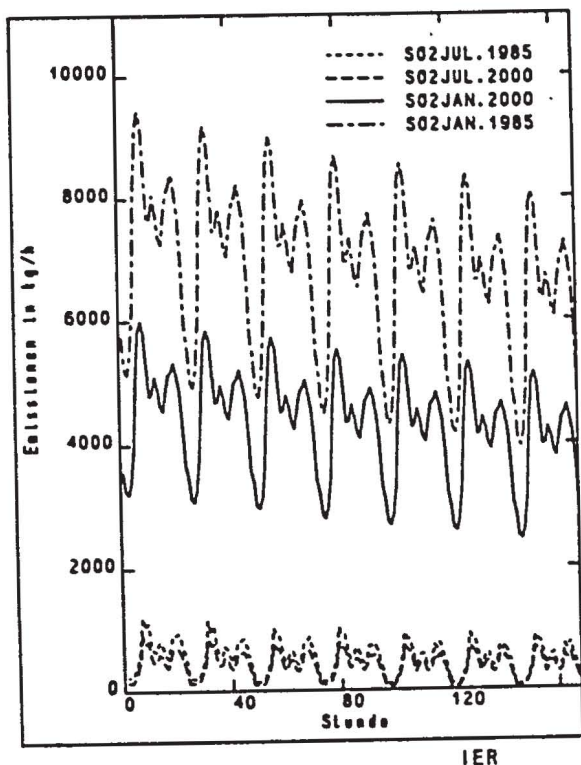
Zusätzliche Perioden im März und Dezember wurden mit dem Modell ebenfalls untersucht. Die hier dargestellten Ergebnisse sollen jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die zwei genannten Perioden begrenzt bleiben. Für das Jahr 2000 wurde für Vergleichszwecke die Winterwoche vom 10.1.2000 - 16.1.2000 und die Sommerwoche vom 3.7. - 9.7.2000 ausgewählt.

Auf die generellen Unterschiede zwischen Winter- und Sommerganglinie der Emissionen wurde schon im Zwischenbericht des vergangenen Jahres eingegangen, daher sollen hier mehr die Unterschiede zwischen den beiden Jahren betrachtet werden.

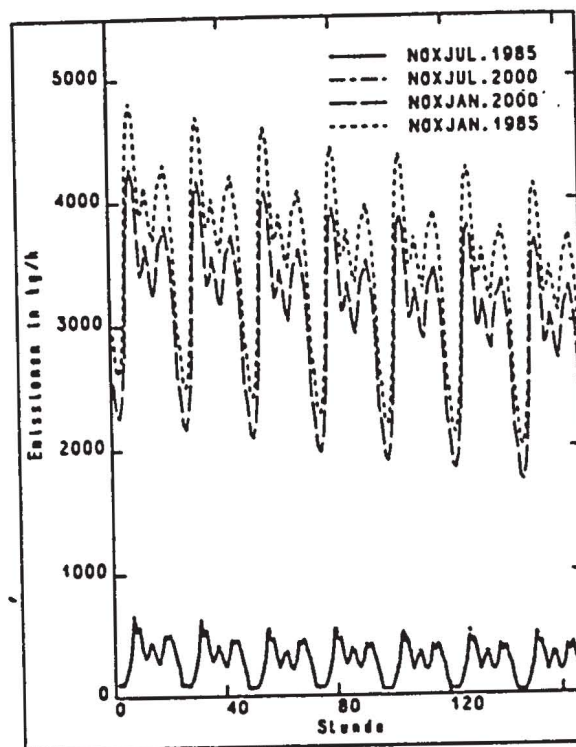
Die im letzten Zwischenbericht beschriebenen Maßnahmen führen generell dazu, daß sich das Emissionsniveau im Sektor Haushalte insgesamt vermindern wird. Im besonderen trifft dies auf die SO₂-Emissionen zu, wo mit einer Senkung von fast 40 % über den 15-Jahre-Zeitraum im Sektor Haushalte zu rechnen ist. Dieser starke Rückgang wird durch drei unterschiedliche Faktoren verursacht:

- Verminderung des Energiebedarfs der Haushalte um gut 10 % aufgrund von Nutzungsgradverbesserungen der Heizungsanlagen, zusätzlichen Dämmmaßnahmen etc.
- Reduktion des Schwefelgehaltes im leichten Heizöl
- Substitution von leichtem Heizöl durch Gas

Bei den NO_x-Emissionen führen die Annahmen insgesamt zu einer Minderung von gut 10 %. Dies ist in erster Linie auf den Rückgang des Energieverbrauchs, in zweiter Linie auf den Einsatz NO_x-armer Brenner zurückzuführen.



IER



IER

Abb. 1: SO₂-Emissionen der Haushalte 1985 und 2000

Abb 2: NO_x-Emissionen der Haushalte 1985 und 2000

Bei der Betrachtung der beiden Darstellungen (Abb. 1 und 2) fällt auf, daß die Emissionsminderungen 2000 gegenüber 1985 im Sommer und im Winter verschieden groß ausfallen. Insbesondere beim Schadstoff NO_x ist in den beiden Sommerwochen - dargestellt durch die beiden unteren, fast deckungsgleichen Kurven (Abb. 2) - auf dem Bild praktisch kein Unterschied zwischen den Werten von 1985 und 2000 zu erkennen. Im Gegensatz dazu sind zwischen den beiden Winterwochen - den jeweils oberliegenden Kurven in Abb. 2 - deutliche Unterschiede zu sehen.

Dies ist darauf zurückzuführen, daß sich die beschriebenen Einsparmaßnahmen in größerem Maße auf den Raumwärmesektor auswirken als auf den Prozesswärmesektor, der bei den privaten Haushalten der Brauchwasserbereitung, Kochen, Waschen etc. entspricht.

Einsparmaßnahmen beim Warmwasser beschränken sich rein auf Wirkungsgradverbesserungen. Dem steht ein höherer Komfortbedarf mit gleichzeitigem größeren Warmwasserbedarf gegenüber. Während den getroffenen Annahmen zufolge der Raumwärmebedarf der privaten Haushalte bis zum Jahr 2000 um ca. 14 % zurückgeht, wird beim Endenergiebedarf zur Warmwasserbereitung noch mit einer Steigerung von ca. 10 % zu rechnen sein. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß Einsparmaßnahmen auf dem Stromsektor nicht zu Emissionseinsparungen im Haushaltssektor führen, weil die Emissionen zur Stromgewinnung dem Umwandlungssektor und somit den öffentlichen Kraftwerken angelastet werden.

In Tabelle 1 sind die Gesamtemissionen der vier untersuchten Wochen einander gegenübergestellt.

Tab. 1: Gesamtemissionen der privaten Haushalte in den untersuchten Sommer- bzw. Winterwochen (in t pro Woche)

	1985 t	SO ₂ 2000 t	Diff %	1985 t	NO _x 2000 t	Diff %
Sommer	89.15	66.67	-25.22	46.71	49.01	+4.92
Winter	1148.30	726.21	-36.76	586.39	519.07	-11.48
Quotient	12.88	10.89	---	12.55	10.59	---

Betrachtet man die Zahlen in Tabelle 1 so stellt man fest, daß unter den getroffenen Annahmen im Winter mit einer erheblichen Abnahme der Emissionen - insbesondere der SO₂-Emissionen - zu rechnen ist. Im Sommer fällt der Rückgang der Emissionen jedoch erheblich geringer aus, bei den NO_x-Emissionen aus dem Haushaltsbereich kann im Sommer sogar eher noch von einer Steigerung bis zum Jahr 2000 ausgegangen werden. Der Quotient zwischen den Emissionen in der Winterwoche und den Emissionen in der Sommerwoche, der in der untersten Zeile der Tabelle 1 aufgeführt ist, zeigt außerdem noch, daß die beschriebenen Effekte zu einer Vergleichmäßigung des Jahresganges führen werden.

Sektor Kleinverbraucher

Für den Bereich der Kleinverbraucher werden die Ergebnisse in ähnlicher Form wie bei den Haushalten einander gegenübergestellt (Abb. 3 u. 4).

Bei der Betrachtung der Abbildungen fällt das Wochenende deutlicher ins Auge, ansonsten zeigen die Ergebnisse ähnliche Verhältnisse wie bei den privaten Haushalten.

Bei den Sommerwerten (die in den Abbildungen 3 und 4 jeweils die beiden unteren Kurven repräsentieren) wird der Einfluß der Gradtagszahl besonders deutlich. Die Tagesmitteltemperaturen, die in der betreffenden Woche Anfang Juli 1985 herrschten, lagen in Baden-Württemberg - regional verschieden - im Bereich von 15 °C. Am Montag war der kälteste Tag der betrachteten Periode. An diesem Tag wurde die Heizgrenze, die im Modell bei 15 °C angesetzt wird, in drei der vier Klimazonen, in die das Gesamtgebiet unterteilt ist, unterschritten. Dies führt zu einer deutlichen Zunahme der Gesamtemissionen in Baden-Württemberg an diesem Tag.

Am darauffolgenden Dienstag stiegen die Temperaturen in allen Landesteilen stark an, was zu einer deutlichen Verminderung der Emissionen führte. Am Mittwoch und Donnerstag gingen die Temperaturen in den kältesten Regionen Baden-Württembergs erneut unter die Heizgrenze zurück. Dies führte in den betreffenden Gebieten wieder zu einem Anstieg der Emissionen, für ganz Baden-Württemberg hatte dies insgesamt wieder einen geringen Anstieg der Emissionsbelastung zur Folge.

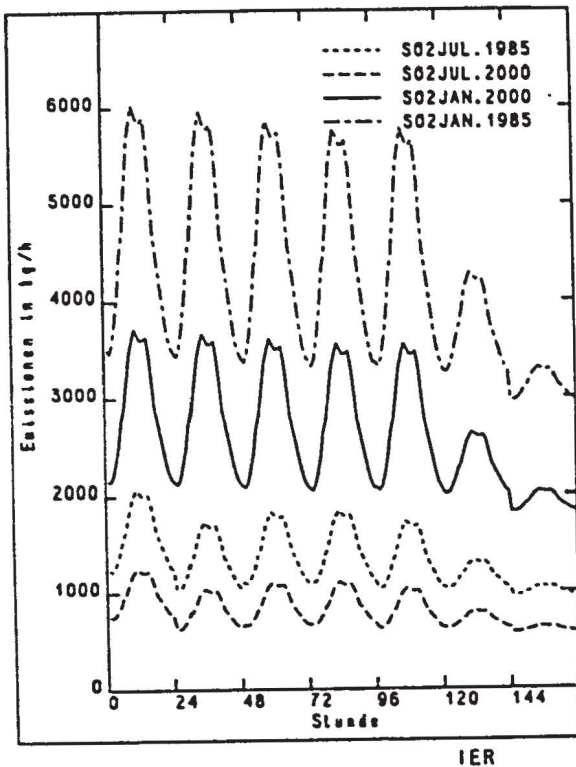


Abb. 3: SO₂-Emissionen der Kleinverbraucher 1985 und 2000

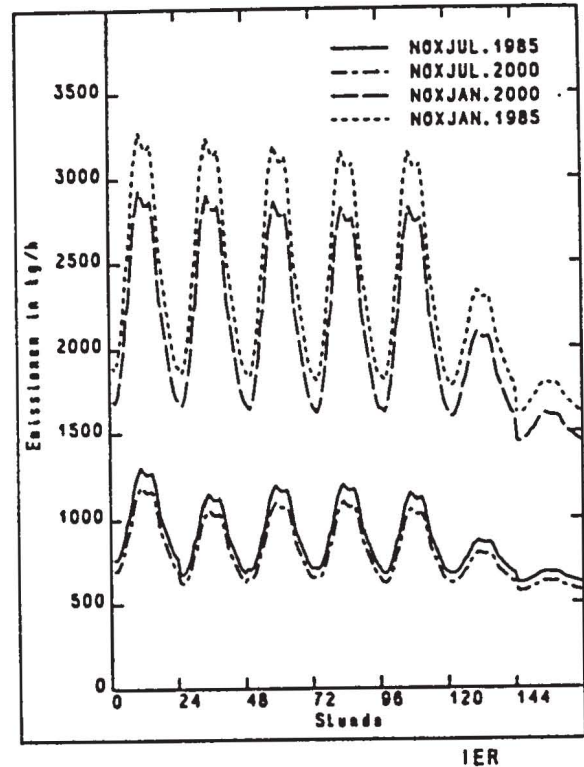


Abb. 4: NO_x-Emissionen der Kleinverbraucher 1985 und 2000

Was die Entwicklung der Emissionen bis zum Jahr 2000 betrifft, so wird der gesamte jährliche Endenergiebedarf der Kleinverbraucher - unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen - im Gegensatz zu den erwarteten Verhältnissen bei den privaten Haushalten nicht wesentlich abnehmen. Er dürfte vielmehr für die nächsten Jahre im großen und ganzen auf dem Niveau von 1985 verharren. Allerdings wird der Anteil des Stroms überproportional ansteigen, was zu einer Emissionsminderung vor Ort führen wird. Zusätzlich werden durch Entschwefelung des leichten Heizöls, Substitution von Kohle, leichtem und schwerem Heizöl die SO₂-Emissionen um knapp 40 % abnehmen. Durch zusätzliche Energieträgersubstitution und technische Minderungsmaßnahmen dürften die NO_x-Emissionen um knapp 10 % sinken.

Die Emissionsminderungen sind im Sektor der Kleinverbraucher gleichmäßiger über das Jahr verteilt als dies für den Sektor der privaten Haushalte der Fall ist. Dadurch ergeben sich in diesem Sektor auch im Sommer höhere Emissionsminderungen. Dies liegt darin begründet, daß hier der Anteil der Raumwärme am gesamten Endenergieverbrauch (incl. Strom) mit gut 50% bedeutend geringer ausfällt als bei den Haushalten (knapp 80%). Auch werden bei den Kleinverbrauchern zukünftig nur geringe Unterschiede zwischen den Zuwachsraten von Raumwärme und Warmwasserbedarf erwartet. Lediglich bei der Nachfrage nach sonstiger Prozesswärme muß mit größeren Zuwachsraten gerechnet werden.

Tabelle 2 zeigt die zusammengefaßten Emissionswerte für SO₂ und NO_x für die vier betrachteten Wochen 1985 und 2000.

Tab. 2: Gesamtemissionen in den vier untersuchten Wochen im Sektor Kleinverbraucher

	SO ₂			NO _x		
	1985 t	2000 t	Diff %	1985 t	2000 t	Diff %
Sommer	227.13	136.96	-39.70	146.94	135.14	-8.03
Winter	716.08	441.24	-38.38	389.23	348.81	-10.38
Quotient	3.15	3.22	----	2.65	2.58	----

Sektor Verkehr

Für die Abschätzung der Emissionen des Sektors Verkehr im Jahr 2000 müssen Annahmen über die Veränderung der Fahrleistung, die Einführung von Schadstoffminderungsmaßnahmen und über die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte getroffen werden.

Bezüglich der Einführung von Emissionsminderungsmaßnahmen für NO_x wird davon ausgegangen, daß bis zum Jahr 2000 ein Großteil der Fahrzeuge mit einem geregelten Katalysator ausgerüstet sein wird. Dies gilt für fast alle Fahrzeuge mit einem Hubraum über 2000 ccm. Ein weiterer Anteil der Fahrzeugflotte wird mit unregulierten Katalysatoren ausgerüstet sein, hauptsächlich betroffen hiervon sind Fahrzeuge der Hubraumklasse 1400 bis 2000 ccm. Der Anteil von Pkw mit Dieselantrieb an der gesamten Pkw-Flotte wird im Jahr 2000 unter den getroffenen Annahmen rund 13% betragen.

Zur SO₂-Minderung bis zum Jahr 2000 wird den Modellannahmen zufolge nur die Reduktion des Schwefelgehaltes im Dieselmotorkraftstoff, die seit dem 1.3.1988 gesetzlich vorgeschrieben ist, beitragen.

Bei den nachfolgenden Betrachtungen ist zu berücksichtigen, daß die verschiedenen Emissionen aus dem Verkehrssektor mit unterschiedlichen Methoden berechnet werden. Die Abschätzung der SO₂-Emissionen beruht auf der Ermittlung der verbrauchten Kraftstoffmenge. Die NO_x-Emissionen werden über die im betrachteten Zeitraum zurückgelegte Fahrtstrecke, verknüpft mit streckenabschnittsspezifischen Merkmalen (mittlere gefahrene Geschwindigkeiten, Kurvigkeit etc.), ermittelt.

Bei der Berechnung der verbrauchten Kraftstoffmenge wird angenommen, daß sich der spezifische Verbrauch der Fahrzeuge bis zum Jahr 2000 gegenüber 1985 um ca. 15% verringern wird. Die gesamte Fahrleistung der Flotte, d.h. die von allen Fahrzeugen zurückgelegte Strecke, steigt nach /3/ und /4/ von 1985 bis 2000 bei den Pkw um ca. 29%, bei den Lkw um ca. 31% an. Der Anstieg der Fahrleistung wird mit über 40% auf den Autobahnen deutlich höher angenommen als auf den anderen Straßentypen mit ca. 23% (einschließlich Innerortsverkehr).

Die Vorgehensweise zur Ermittlung des zeitlichen Verlaufs der Emissionen beruht auf Auswertungen der Verkehrsstärken an den

automatischen Zählstellen des Landes Baden-Württemberg im Verlauf mehrerer Jahre.

Um die spätere Zuordnung der Emissionen zu einzelnen Katasterquadraten zu ermöglichen, werden - analog zu der Vorgehensweise in /1/ - alle Straßenabschnitte der Straßendatenbank Baden-Württemberg /5/ für die Ermittlung der Emissionswerte des Außerortsverkehrs als Grundlage benutzt. Der innerörtliche Verkehr wird mit Hilfe eines zusätzlichen gemeindespezifischen Modells ermittelt.

In den Abb. 5 bis 8 sind die Ergebnisse der Untersuchungen für die schon in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten Perioden dargestellt (je eine Januar- und Juliwoche der Jahre 1985 und 2000). Abb. 5 und 6 zeigen den Verlauf der SO₂-Emissionen, Abb. 7 und 8 die NO_x-Emissionen, die im Sektor Verkehr von größerer Bedeutung sind, da dieser Sektor im Jahresmittel ca. 70 % dieser Emissionen verursacht.

Die SO₂-Emissionen entstehen vorwiegend bei der Verbrennung von Dieselkraftstoff. Da der Grenzwert für den maximalen Schwefelanteil im Dieselkraftstoff im Jahr 1988 auf 0,2 % abgesenkt wurde - und auch weiterhin mit einem Rückgang des Schwefelgehaltes zu rechnen ist - wird bis zum Jahr 2000 mit einem Rückgang der SO₂-Emissionen aus dem Verkehrs-Sektor trotz steigender Fahrleistungen gerechnet.

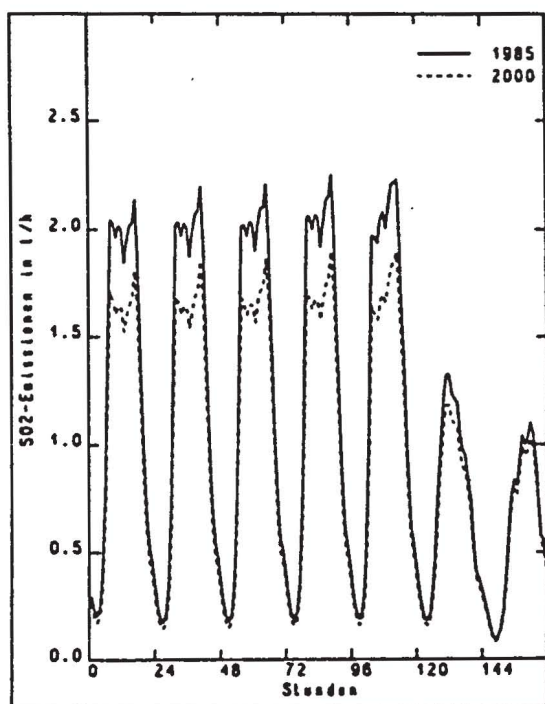


Abb. 5: SO₂-Emissionen des Verkehrs im Januar 1985 und 2000

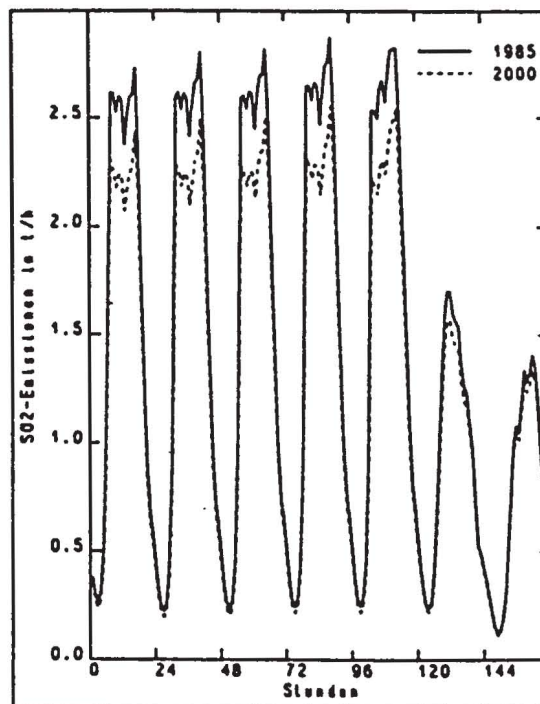


Abb 6: SO₂-Emissionen des Verkehrs im Juli 1985 und 2000

Aufgrund unterschiedlicher Dieselfahrzeug-Anteile am Gesamtverkehrsaufkommen zu verschiedenen Jahreszeiten (z.B. erhöhter Freizeit- und Urlaubsverkehr und damit erhöhter Fahrleistungen der

benzingetriebenen Fahrzeuge in den Sommermonaten) wirken sich die Emissionsminderungen im Sommer und im Winter verschieden aus. In der Januarwoche sinken die SO_2 -Emissionen von 1985 bis 2000 um etwa 15%, in der Juliwoche sind es ca. 11%.

In ähnlicher Weise wirken sich die über die Woche variierenden Dieselanteile an den Fahrleistungen (z.B. verminderter Dieselanteil an den Wochenenden verursacht durch das Sonntagsfahrverbot für Lkw) verschieden auf die Emissionsminderungen bis zum Jahr 2000 aus. Aus den Abbildungen 5 und 6 wird ersichtlich, daß an den Werktagen eine deutliche Reduktion der Emissionen zwischen dem Jahr 1985 und dem Jahr 2000 zu erwarten ist. Am Wochenende ist jedoch fast keine Verminderung zwischen den beiden Jahren zu erkennen.

Beispielsweise beträgt die Minderung am Freitag bis zum Jahr 2000 im Januar ca. 16%, im Juli nur ca. 11%. Am Samstag hingegen sind die Emissionen im Januar 2000 knapp 10% niedriger als 1985, an einem Juli-Samstag beträgt der Unterschied ungefähr 7%. Am Sonntag ist der Unterschied in den SO_2 -Emissionen zwischen 1985 und 2000 mit ca. 6% Differenz im Januar und nur noch etwa 4% im Juli am geringsten.

Sowohl bei den SO_2 -Emissionen als auch bei den NO_x -Emissionen ist ein Rückgang zwischen 1985 und 2000 zu verzeichnen (Abb. 7 und 8). Die Verminderung der Emissionen wird durch den Einsatz der Katalysator-Technologie bei Pkw mit Otto-Motoren verursacht. Die dadurch mögliche Minderung der NO_x -Emissionen liegt im Januar bei knapp 16%, im Juli bei ca. 13%.

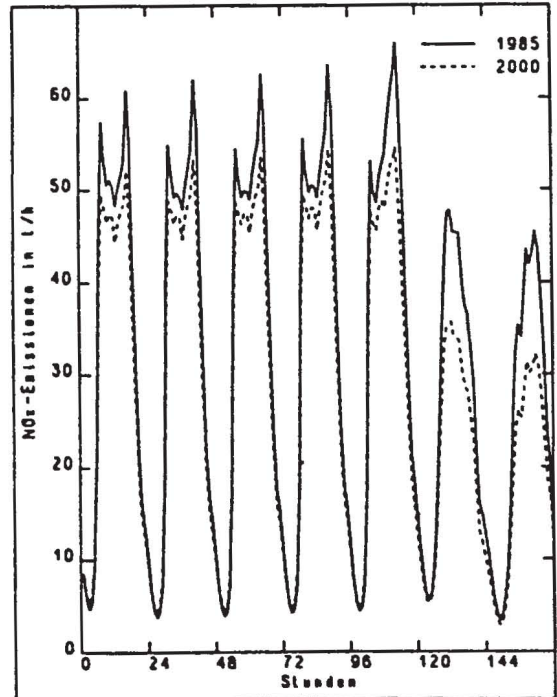
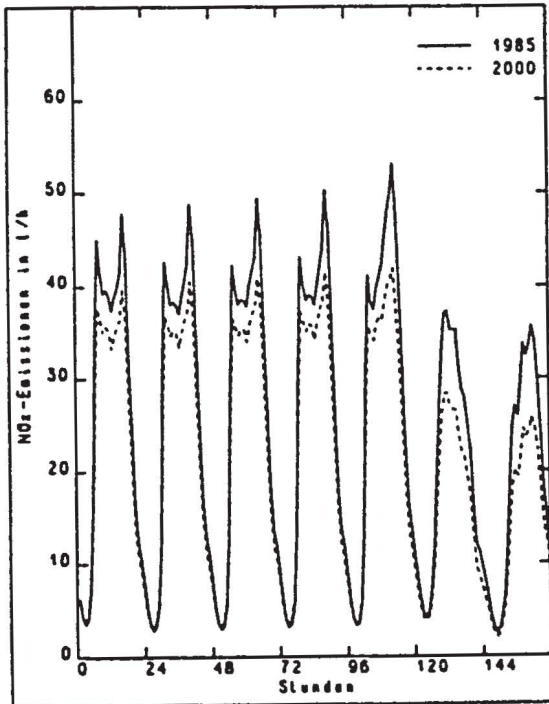


Abb. 7: NO_x -Emissionen des Verkehrs im Januar 1985 und 2000

Abb 8: NO_x -Emissionen des Verkehrs im Juli 1985 und 2000

Die prozentuale Reduktion der NO_x-Emissionen zwischen 1985 und dem Jahr 2000 ist an den Wochenenden höher als an den Werktagen. Da für die Lkw keinerlei Emissionsminderungsmaßnahmen unterstellt werden und ihr Anteil am Wochenendverkehr sehr gering ist, fällt die durch Minderungsmaßnahmen an Pkw hervorgerufene Gesamtminde- rung am Wochenende prozentual höher aus als an Wochentagen. Am Freitag sinken die Emissionen daher zwischen 1985 und 2000 im Januar um knapp 16%, im Juli nur um 12%. Am Samstag ist die Reduktion mit ca. 22% im Januar und Juli deutlich höher. Am Sonntag - dem Tag mit dem geringsten Lkw-Anteil - führt dies sowohl im Januar als auch im Juli zu einer Minderung von rund 25%.

Da für Lkw keine Minderungen unterstellt werden, steigt deren Anteil an den gesamten NO_x-Emissionen von ca. 32% im Jahr 1985 auf knapp 46% im Januar 2000 bzw. auf ca. 48% im Juli 2000. Absolut betrachtet steigen die NO_x-Emissionen aus Lkw-Motoren durch die erhöhte Fahrleistung von 1985 bis 2000 im Januar um ca. 20%, im Juli sogar um ca. 31%.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projekts "Ermittlung und Analyse des zeitlichen Verlaufs und der räumlichen Verteilung der derzeitigen und zukünftigen SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg" wurde ein Instrument entwickelt, das es ermöglicht, den zeitlichen und räumlichen Verlauf der SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg unter Annahme von bestimmten äußeren Rahmenbedingungen zu berechnen.

Dieses Instrument wurde dazu verwendet, für vier verschiedene Perioden in den Jahren 1985 und 2000 für jeweils eine Woche stündliche Emissionen zu ermitteln. Die Ergebnisse für die Sektoren Haushalte, Kleinverbraucher und Verkehr wurden in diesem Zwischenbericht vorgestellt und analysiert. Dabei hat sich gezeigt, daß sich Maßnahmen zur Emissionsminderung im Winter und im Sommer - aber auch an den verschiedenen Wochentagstypen - unterschiedlich auf die Emissionssituation auswirken können.

Werden die verschiedenen Schadstoffminderungsmöglichkeiten unter der Zielsetzung betrachtet, daß die höchsten Schadstoffminderungs-raten zu den Zeitpunkten erreicht werden sollten, zu denen ein - spezifisch gesehen - hohes Emissionsniveau vorherrscht, so lassen sich für die untersuchten Sektoren folgende Schlußfolgerungen herleiten:

- Im Haushaltssektor wirken sich die Emissionsminderungen beim SO₂ stärker auf den Raumwärmesektor als auf den restlichen Energieverbrauch aus, Emissionen, die auf die Bereitstellung von Raumwärme zurückzuführen sind, treten aber gerade zu Zeiten hoher SO₂-Gesamtemissionen auf. Damit kann eine gute Übereinstimmung mit den beschriebenen Zielen der Emissionsminderung erreicht werden.
- Im Sektor Verkehr ist hinsichtlich der Minderung der NO_x-Emissionen eine eher gegenläufige Tendenz erkennbar: Auf-

grund des geringen Emissionsminderungspotentials beim Schwerlastverkehr ist gerade zu Verkehrs-Spitzenzeiten mit einer geringeren Emissionsminderungsrate als zu relativ verkehrsarmen Zeiten (Wochenende, Nachtstunden) zu rechnen. Nur zu verkehrsstarken Ferienreisezeiten ist mit einer erhöhten spezifischen Minderungsrate zu rechnen. Bei den SO₂-Emissionen des Verkehrssektors ergeben sich aufgrund der höheren Minderungsraten beim Dieselkraftstoff günstigere Auswirkungen auf die Emissionsspitzen, allerdings sind die SO₂-Emissionen beim Verkehrssektor nur von untergeordneter Bedeutung.

- Im Sektor 'Kleinverbraucher' ist aufgrund der Gleichverteilung der Emissionsminderung über die verschiedenen Energienutzungsarten im Jahresverlauf kein besondere Einfluß von Emissionsminderungsmaßnahmen zu erkennen.

Literatur:

- /1/ B. Boysen et al.
Erfassung stündlicher SO₂- und NO_x-Emissionen in Baden-Württemberg in einer räumlichen Auflösung von 1x1 km für die Zeit der TULLA Meßkampagne
Kernforschungszentrum Karlsruhe, KfK-PEF 21, 1987
- /2/ A. Voß et al.
Perspektiven der Energieversorgung
Gutachten im Auftrag der Landesregierung Baden-Württemberg, Stuttgart, November 1987
- /3/ Der Bundesminister für Verkehr (Herausgeber)
Verkehr in Zahlen 1989
Bundesministerium für Verkehr, Bonn, 1989
- /4/ Prognos AG
Die energiewirtschaftliche Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000
Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft, Basel, Oktober 1989
- /5/ Landesamt für Straßenwesen Baden-Württemberg
Straßendatenbank Baden-Württemberg
Landesamt für Straßenwesen Baden-Württemberg, Stuttgart, 1985