

Entwicklung der Emissionen in Baden-Württemberg – Maßnahmen und Wirkungen

Als Handlungsgrundlage für eine erfolgreiche Luftreinhaltepolitik sind fundierte statistische Informationen über die Menge und Herkunft der Emissionen wichtig. Für eine Überprüfung der Effektivität der getroffenen Maßnahmen ist weiter eine regelmäßige und flächendeckende statistische Erfassung der Emissionsentwicklung erforderlich. Um diesen Informationsbedarf zu decken, berechnet das Statistische Landesamt die jährlichen Emissionen für die wichtigsten Schadstoffe. Die Großfeuerungsanlagen-Verordnung (13. BImSchV) von 1983 und die TA Luft von 1986 mit ihren emissionsbegrenzenden Regelungen sind inzwischen in den alten Bundesländern weitgehend umgesetzt worden. Durch die Nachrüstung bei Großfeuerungsanlagen, die Stilllegung von veralteten Anlagen sowie den Bau von Neuanlagen konnten die Emissionen bundesweit deutlich gemindert werden. Diese Erfolge bei der Umsetzung der Luftreinhaltebestimmungen werden durch die Ergebnisse der Emissionsberechnungen des Statistischen Landesamtes, wie im folgenden Beitrag gezeigt wird, bestätigt.

Im Gegensatz zu den Konzentrationen von Schadstoffen in der Luft, den sogenannten Immissionen, die als Ergebnis laufender Messungen anfallen, lassen sich statistische Daten über Emissionen flächendeckend nur durch Berechnungen gewinnen. Emissionen entstehen im wesentlichen bei der Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Heizöl oder Gas; sie lassen sich daher auf der Basis der jeweiligen Verbrauchsmengen unter Verwendung spezifischer Emissionsfaktoren ermitteln. Dabei hängt der Umfang der von den hier betrachteten Emittentengruppen – öffentliche Wärmekraftwerke, industrielle Feuerungsanlagen, Hausbrand und Straßenverkehr – ausgehenden Belastungen entscheidend von den eingesetzten Brennstoffen und den jeweils verwendeten Techniken ab. Ausführungen zur Methode der Emissionsberechnungen verbunden mit ausführlichen tabellarischen Darstellungen der Ergebnisse sind in Statistischen Berichten sowie der Reihe „Statistik von Baden-Württemberg“ veröffentlicht.¹

Im vorliegenden Beitrag wird die Emissionssituation für die Schadstoffe Schwefeldioxid, Stickoxid, Kohlenmonoxid und Staub dargestellt. Über die Emissionen an Kohlendioxid und flüchtigen Kohlenwasserstoffen (VOC) wurde in früheren Beiträgen² berichtet.

Deutliche Abnahme der Emissionen seit 1975

Die Emissionen an anorganischen Gasen und an Stäuben aus der Verbrennung fossiler Energieträger in Baden-Württemberg

¹ Statistischer Bericht, „Emissionen von Schwefeldioxid, Stickoxid, Kohlenmonoxid und Staub in Baden-Württemberg 1993 – Kreisergebnisse“ (Artikel-Nr. 3624 93002); Statistik von Baden-Württemberg, Band 505, Daten zur Luftbelastung 1993.

² Büringer, Helmut: Emissionen klimarelevanter Gase in Baden-Württemberg, in: Baden-Württemberg in Wort und Zahl, Heft 2/1995. – Büringer, Helmut/Walker, Michael: Ozonbelastung und Verkehrsemissionen, in: Baden-Württemberg in Wort und Zahl, Heft 7/1993, S. 238.

berg beliefen sich 1993 auf insgesamt 1 060 100 t. Die mengenmäßigen Anteile und die Umweltschwere der einzelnen Schadstoffkomponenten sind allerdings sehr verschieden. Im einzelnen verteilen sich die Emissionen 1993 auf 74 800 t Schwefeldioxid (SO₂), 273 500 t Stickoxide (NO_x), 688 400 t Kohlenmonoxide (CO) und 23 400 t Staub (Tabelle 1). Auch die zeitliche Entwicklung der Emissionsmengen ist bei den einzelnen Schadstoffkomponenten teilweise sehr unterschiedlich verlaufen.



Der Autor: Dipl.-Geograph Walter Stenius ist Referent im Referat „Umweltbeobachtung, Ökologie, Umweltökonomische Gesamtrechnungen“ des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg.

Die SO₂-Emissionen sind seit 1975 um 73 % drastisch zurückgegangen (Schaubild 1). Der Hauptrückgang erfolgte dabei Ende der 80er Jahre im Zuge der Umsetzung der Großfeuerungsanlagen-Verordnung. Zum Teil gegenläufige Entwicklungen in den Hauptemittentenbereichen haben bei den NO_x-Emissionen zu einem weitaus geringeren Minderungserfolg geführt. Trotz eingeleiteter Minderungsmaßnahmen in den Sektoren „öffentliche Wärmekraftwerke“ und „Industrie“ nahm der Gesamtausstoß an NO_x bis 1988 zu, weil durch die anhaltende Zunahme der Fahrleistungen im Straßenverkehr die verkehrsbedingten NO_x-Emissionen weiter anstiegen. Erst ab 1989 gingen die NO_x-Emissionen insgesamt zurück. Die Entwicklung der CO-Emissionen wird noch deutlicher als beim NO_x durch den Straßenverkehr beeinflusst. Trotzdem sind die Emissionen seit 1985 um 27 % gesunken. Wie bei den NO_x-Emissionen ist die Einführung des geregelten Katalysators für die Trendumkehr entscheidend. Die Staub-Emissionsfracht zeigt nur eine geringe Abnahme seit 1985 um 11 %. Diese Minderung wurde in erster Linie durch Maßnahmen bei den stationären Feuerungsanlagen erreicht; die Entwicklung im Bereich Straßenverkehr ist hier mit jährlichen Emissionszunahmen nach wie vor gegenläufig (Tabelle 1).

Die Emissionsfrachten der einzelnen Luftschadstoffe und deren Entwicklung sind durch unterschiedliche Herkunftsschwerpunkte sowie Entstehungsprozesse bestimmt. Auch die möglichen Maßnahmenbündel zur Emissionsminderung unterscheiden sich teilweise grundlegend. Deshalb erfolgt die Ana-

Tabelle 1

Schwefeldioxid-, Stickoxid-, Kohlenmonoxid- und Staub-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Energieträger in Baden-Württemberg 1975 bis 1993 nach Emittentengruppen

Emittentengruppe	Jahr	Schwefeldioxid-Emissionen (SO ₂)	Stickoxid-Emissionen (NO _x)	Kohlenmonoxid-Emissionen (CO)	Staub-Emissionen
		1 000 t			
1. Öffentliche Wärmekraftwerke ¹⁾	1975 . . .	91,6	58,5	.	.
	1980 . . .	82,6	63,9	.	.
	1985 . . .	79,6	60,0	2,9	1,3
	1990 . . .	18,3	21,8	1,8	1,5
	1993 . . .	14,9	16,0	1,8	0,9
2. Industrie	1975 . . .	103,8	41,2	.	.
	1980 . . .	104,3	44,6	.	.
	1985 . . .	71,9	36,5	7,6	4,6
	1990 . . .	52,0	36,5	8,7	3,7
	1993 . . .	29,0	29,1	5,9	1,8
3. Haushalte und sonstige Kleinverbraucher ²⁾	1975 . . .	69,0	17,7	.	.
	1980 . . .	50,0	18,7	.	.
	1985 . . .	48,1	19,0	134,6	6,2
	1990 . . .	20,2	16,4	81,0	3,1
	1993 . . .	20,8	17,8	72,8	2,7
4. Straßenverkehr	1975 . . .	12,9	184,6	.	.
	1980 . . .	10,9	223,1	.	.
	1985 . . .	11,4	217,8	802,3	14,2
	1990 . . .	9,5	229,7	750,1	17,0
	1993 . . .	10,1	210,6	607,9	18,0
Insgesamt	1975 . . .	277,3	302,0	.	.
	1980 . . .	247,8	350,3	.	.
	1985 . . .	211,0	333,3	947,5	26,3
	1990 . . .	100,0	304,4	839,6	25,3
	1993 . . .	74,8	273,5	688,4	23,4

¹⁾ Einschließlich Heizkraftwerke, Fernheizwerke und kommunale Hausmüll- und Klärschlammverbrennungsanlagen. – ²⁾ Dienstleistungs-, Handelsbetriebe, Kleingewerbe, öffentliche Einrichtungen, Landwirtschaft und militärische Einrichtungen.

lyse der seitherigen Entwicklung differenziert nach den Emittentengruppen: öffentliche Wärmekraftwerke, industrielle Feuerungsanlagen, Haushalte und sonstige Kleinverbraucher sowie Straßenverkehr.³

Die Entwicklung der NO_x-Emissionen aus öffentlichen Kraftwerken zeigte einen ähnlichen Verlauf, allerdings mit einer zeitlichen Verzögerung von ein bis zwei Jahren. Im Vergleich

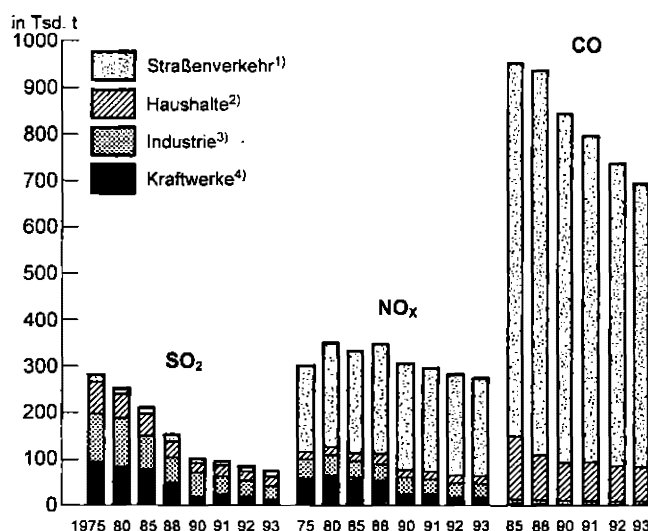
Alle Kraftwerke mit Entschwefelungs- und Entstickungsanlagen ausgerüstet

Die dominierenden Schadstoffkomponenten bei den Wärmekraftwerken sind Schwefeldioxid und Stickoxid. Kohlenmonoxid und Staub haben sowohl absolut als auch gemessen am jeweiligen Gesamtausstoß geringere Bedeutung (Tabelle 1). Die SO₂-Emissionen aus öffentlichen Kraftwerken betragen 1993 noch 14 900 t. Dies entspricht einem Anteil an den gesamten SO₂-Emissionen von 20 %. Gegenüber 1975 wurde eine Verminderung um 84 % erreicht (Tabelle 2). Diese Entwicklung resultiert entscheidend aus der Installation von Entschwefelungsanlagen (REA-Anlagen) bei den Kohlekraftwerken. Nach der Großfeuerungsanlagen-Verordnung von 1986 erfolgte der forcierte Ausbau dieser Anlagen, so daß bereits 1990 alle Kohlekraftwerke mit REA-Anlagen ausgerüstet waren, deren Betrieb zwischenzeitlich weiter optimiert wurde. Im Durchschnitt erreichen diese Anlagen einen SO₂-Abscheidungsgrad von ca. 88 %.

³⁾ Emissionen übriger Verkehrsträger: Eisenbahn, Schiffsverkehr und Flugverkehr sind von vergleichsweise untergeordneter Bedeutung. Zudem verursacht die Regionalisierung der Emissionen dieser Teilbereiche einen unverhältnismäßig hohen methodischen Aufwand. Deshalb sind diese Verkehrsbereiche in den Gesamtemissionsberechnungen nicht einbezogen. Die Schadstofffrachten für 1993 auf Landesebene wurden mit 700 t SO₂, 8 000 t NO_x, 2 700 t CO und 800 t Staub abgeschätzt.

Schaubild 1

Schwefeldioxid (SO₂)-, Stickoxid (NO_x)- und Kohlenmonoxid (CO)-Emissionen in Baden-Württemberg 1975 bis 1993 nach Emittentengruppen



1) Einschließlich Zugmaschinen. – 2) Einschließlich sonstige Kleinverbraucher. – 3) Industrielle Feuerungen einschließlich Prozeßfeuerungen. – 4) Einschließlich Fernheizwerke, kommunale Müll- und Klärschlammverbrennungsanlagen.

Tabelle 2

Emissionen sowie ausgewählte Indikatoren in Baden-Württemberg 1975 bis 1993 nach Emittentengruppen

Merkmal	Jahr	Emittentengruppe			
		Öffentliche Wärmekraft- werke ¹⁾	Industrie	Haushalte und sonstige Kleinverbraucher ²⁾	Straßenverkehr
		Index 1975 bzw. 1985 = 100			
1. Schwefeldioxid- Emissionen	1975 . . .	100,0	100,0	100,0	100,0
	1980 . . .	90,2	100,5	72,5	84,5
	1985 . . .	86,9	69,3	69,7	88,4
	1990 . . .	20,0	50,1	29,3	73,6
	1993 . . .	16,3	27,9	30,1	78,3
2. Stickoxid-Emissionen	1975 . . .	100,0	100,0	100,0	100,0
	1980 . . .	109,2	108,3	105,6	120,9
	1985 . . .	102,6	88,6	107,3	118,0
	1990 . . .	37,3	88,6	92,7	124,4
	1993 . . .	27,4	70,6	100,6	114,1
3. Kohlenmonoxid- Emissionen	1985 . . .	100,0	100,0	100,0	100,0
	1990 . . .	62,1	114,5	60,2	93,5
	1993 . . .	62,1	77,6	54,1	75,8
4. Staub-Emissionen	1985 . . .	100,0	100,0	100,0	100,0
	1990 . . .	115,4	80,4	50,0	119,7
	1993 . . .	69,2	39,1	43,5	126,8
5. Energieverbrauch an fossilen Energieträgern ³⁾	1975 . . .	100,0	100,0	100,0	100,0
	1980 . . .	98,1	108,2	107,5	119,3
	1985 . . .	96,6	92,5	106,7	120,2
	1990 . . .	118,2	98,3	96,5	142,6
	1993 . . .	111,4	97,6	110,0	162,7
6. Beschäftigte im Verarbeitenden Gewerbe	1975 . . .	X	100,0	X	X
	1980 . . .	X	100,8	X	X
	1985 . . .	X	94,0	X	X
	1990 . . .	X	102,7	X	X
	1993 . . .	X	93,8	X	X
7. Produktion ⁴⁾	1975 . . .	100,0	100,0	X	X
	1980 . . .	97,0	122,8	X	X
	1985 . . .	91,0	127,9	X	X
	1990 . . .	127,0	149,7	X	X
	1993 . . .	109,0	138,4	X	X
8. Wohnbevölkerung (Stand 31.12.)	1975 . . .	X	X	100,0	X
	1980 . . .	X	X	101,2	X
	1985 . . .	X	X	101,3	X
	1990 . . .	X	X	107,3	X
	1993 . . .	X	X	111,8	X
9. Jahresfahrleistung der Pkw, Lkw und Busse	1975 . . .	X	X	X	100,0
	1980 . . .	X	X	X	119,8
	1985 . . .	X	X	X	138,7
	1990 . . .	X	X	X	171,0
	1993 . . .	X	X	X	181,8

¹⁾ Einschließlich Heizkraftwerke, Fernheizwerke und kommunale Hausmüll- und Klärschlammverbrennungsanlagen. – ²⁾ Dienstleistungs-, Handelsbetriebe, Kleingewerbe, öffentliche Einrichtungen, Landwirtschaft und militärische Einrichtungen. – ³⁾ Umfaßt Heizöl, Kohle, Gas, Holz und sonstige Energieträger wie Müll, Klärschlamm, Altreifen, Sulfitablaugen. – ⁴⁾ Stromerzeugung bei den öffentlichen Wärmekraftwerken; Nettoproduktionsindex bei der Industrie.

zu 1975 wurde eine Minderung um 73 % erzielt. Die absolute NO_x-Emissionsfracht betrug 1993 noch 16 000 t, so daß sich der Anteil an den gesamten NO_x-Emissionen von 19 % auf 6 % verringerte. Die Minderung wurde vor allem durch den Einbau nachgeschalteter Entstickungsanlagen erreicht, mit denen im Mittel ein Abscheidegrad von 85% erzielt wird.

Ein weiterer wichtiger Faktor für die Emissionsentwicklung im Bereich der öffentlichen Kraftwerke, neben der Ausstattung mit Rauchgasreinigungsanlagen, ist die Zusammensetzung der eingesetzten Energieträger. Die Stromerzeugung der öffentlichen Stromerzeugungsanlagen in Baden-Württemberg ist seit 1975 um rund 160 % gestiegen. Dabei ist die Stromerzeugung der fossil befeuerten Wärmekraftwerke in den 90er Jahren wieder auf das Niveau von 1975 gesunken. Der Anteil der Kernkraftwerke an der Stromerzeugung ist am stärksten gestiegen und betrug 1993 63 % an der gesamten Stromproduktion. Darüber hinaus fanden erhebliche Strukturveränderungen beim Einsatz fossiler Energieträger statt. 1975 betrug

der Kohleanteil nur 43 %, dafür wurden Heizöl (33 %) und Gas (21 %) stärker eingesetzt. In den 90er Jahren dominiert der Einsatz von Kohle, mit ca. 80 % Anteil. Der Verbrauch fossiler Energieträger ist im Zeitraum 1975 bis 1993 um 11 % gestiegen (Tabelle 2). Dabei stieg der Verbrauch von 1975 bis 1991 um 25 % an und sank nach diesem Höchststand bis 1993 um 11 % wieder ab.

Im Zuge der Umsetzung der Luftreinhaltebestimmungen im Kraftwerksbereich wurden seit 1975 insgesamt rund 3 Mrd. DM investiert. Der Anteil der Investitionen für die Luftreinhaltung an den gesamten Investitionen betrug in diesem Zeitraum ca. 5 %. Die in erster Linie durch Sekundärmaßnahmen erreichte Verbesserung der Luftqualität ist allerdings auch mit Nachteilen in anderen Umweltbereichen verbunden. So entstehen durch die Entschwefelung der Rauchgase große Mengen an sogenannten REA-Gipsen, die zu entsorgen sind. Bislang konnte fast die gesamte Menge von jährlich 200 000 t als Rohstoff in der Gips- und Zementindustrie verarbeitet werden.

Übersicht 1

Charakterisierung und Herkunft der Schadstoffkomponenten

Schadstoff	Eigenschaft	Wirkung	Herkunft
1. Schwefeldioxid (SO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> – farblos – stechend riechendes Gas 	<ul style="list-style-type: none"> – schädigende Wirkung auf die Atemwege – Hautreizungen – Schäden an den Pflanzen – Versauerung der Gewässer – Korrosionsschäden an Materialien 	<ul style="list-style-type: none"> – Verbrennen schwefelhaltiger Energieträger – Kraftwerke, industrielle Feuerungsanlagen, Kleinfeuerungsanlagen, Diesel-Lkw und Busse
2. Stickoxid (NO _x)	<ul style="list-style-type: none"> – Oxide des Stickstoffes (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid) 	<ul style="list-style-type: none"> – Atemwegserkrankungen – Schäden an den Pflanzen, Waldschäden – Vorläufersubstanz für die Entstehung von Ozon – Überdüngung von Böden und Gewässer 	<ul style="list-style-type: none"> – Verbrennen fossiler Energieträger durch Reaktion mit dem Luftstickstoff – Kraftwerke, industrielle Feuerungsanlagen, Kleinfeuerungsanlagen, Straßenverkehr
3. Kohlenmonoxid (CO)	<ul style="list-style-type: none"> – farblos – geruchloses Reingas 	<ul style="list-style-type: none"> – Blockiert die Sauerstoffaufnahme im Blut 	<ul style="list-style-type: none"> – Unvollständige Verbrennung organischer Energieträger – Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe, Straßenverkehr
4. Staub	<ul style="list-style-type: none"> – in der Luft verteilte feste Teilchen – Unterteilung in Grobstäube und Feinstäube 	<ul style="list-style-type: none"> – Schwermetalle können durch Anreicherung in der Nahrungsmittelkette Giftwirkungen verursachen – Rußpartikel können Cancer verursachen 	<ul style="list-style-type: none"> – Verbrennen fester Energieträger – Industrielle Prozesse – Natürliche Quellen – Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe, industrielle Prozeßanlagen – Straßenverkehr

Trotz Produktionszunahme deutliche Reduzierung der Emissionen bei der Industrie

Auch bei der Emittentengruppe der industriellen Feuerungsanlagen stehen die SO₂- und NO_x-Emissionen im Vordergrund. CO- und Staub-Emissionen spielen eine vergleichsweise geringe Rolle (Tabelle 1). Die SO₂-Emissionen der Industrie betragen 1993 noch 29 000 t. Das entspricht einem Anteil von knapp 40 % der gesamten energieverbrauchsbedingten SO₂-Emissionen im Land. Mit der Umsetzung der Großfeuerungsanlagen-Verordnung sowie der TA Luft⁴ wurde auf eine breite Palette ganz unterschiedlicher Maßnahmen zurückgegriffen. Damit wurde eine Verringerung der SO₂-Emissionen um 72 % gegenüber 1975 erreicht (Tabelle 2). Ein Großteil der Emissionsminderung wurde durch Primärmaßnahmen⁵, insbesondere die Umstellung von Heizöl-S-Feuerungen auf schwefelarmes Heizöl EL oder auf Gas bzw. den Einsatz von Fernwärme erzielt. Sekundärmaßnahmen⁶ in Form von Rauchgasentschwefelung wurden nur bei einigen wenigen Großfeuerungsanlagen eingesetzt.

Die Entwicklung der industriellen NO_x-Emissionen weist einen deutlich anderen Verlauf auf als die der SO₂-Emissionen. Der NO_x-Emissionsrückgang ist deutlich langsamer verlaufen; mit 29 100 t im Jahr 1993 lagen die NO_x-Emissionen um 29 % niedriger als im Jahr 1975. Diese gegenüber SO₂ deutlich geringere Minderung liegt hauptsächlich an den verschiedenartigen Entstehungsursachen und damit unterschiedlichen Möglichkeiten zur Emissionsminderung. Zur Reduzierung der NO_x-Emissionen sind zusätzliche kostenintensive Maßnahmen er-

forderlich, die in erster Linie bei großen Feuerungsanlagen wirtschaftlich betrieben werden können. Bei vielen mittleren Anlagen mit NO_x-Emissionen im Bereich der Industrie sind die Voraussetzungen bislang eher ungünstig.

Kohlenmonoxid wird aus industriellen Feuerungsanlagen nur in relativ geringen Mengen emittiert. Der CO-Emissionsanteil an den Gesamtemissionen liegt unter 1 %. Die Staub-Emissionen erreichten 1993 mit 1 800 t einen Anteil von 18 %, diese Fracht konnte seit 1985 (4 600 t) merklich verringert werden.

Ein wesentlicher Faktor für die Entwicklung der industriellen Emissionen ist, wie bereits festgestellt, der Gesamteinsatz sowie die Zusammensetzung der fossilen Energieträger in den industriellen Feuerungsanlagen. Die Einsatzmenge insgesamt in den Jahren 1975 bis 1993 ist nach einem deutlichen Rückgang bis 1985, trotz steigender Produktion, seither weitgehend konstant geblieben (Tabelle 2). Allerdings ist im gleichen Zeitraum der Stromverbrauch um 54 % angestiegen. Die Anteile an Heizöl EL und Heizöl S wurden stark vermindert, dafür wird mehr Kohle, Gas und Fernwärme eingesetzt.

Für die vielfachen Maßnahmen zur Umsetzung von TA Luft sowie der Großfeuerungsanlagen-Verordnung, die in erheblichem Umfang zur Reduzierung der hier betrachteten Schadstoffkomponenten SO₂, NO_x, CO und Staub dienten, hat die Industrie in den Jahren 1975 bis 1993 für Luftreinhaltemaßnahmen 3 025 Mill. DM investiert. Der Anteil an den Gesamtinvestitionen in diesem Zeitraum lag bei 1,3 %.

Auch bei den Haushalten und sonstigen Kleinverbrauchern wurden Emissionsminderungen erreicht

Die Notwendigkeit primärer Maßnahmen zur Minderung der Emissionen bei kleinen und mittleren Feuerungsanlagen wird im Bereich der Haushalte und sonstigen Kleinverbraucher

⁴ TA Luft: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Stand 1986. Wurde als allgemeine Verwaltungsvorschrift gemäß des Bundes-Immissionsschutzgesetzes erlassen.

⁵ Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen durch Brennstoffsubstitution, Verringerung des Schwefelgehaltes, technische Maßnahmen am Brennvorgang, zum Beispiel Kessel usw.

⁶ Dem Brennvorgang nachgeschaltete technische Einrichtungen, die eine Emissionsminderung bewirken, zum Beispiel Rauchgasentschwefelung, -entstaubung.

noch deutlicher als bei der Industrie. Aus Feuerungen dieses Bereichs wurden 1993 rund 20 800 t Schwefeldioxid emittiert, 70 % weniger als im Jahre 1975. Trotzdem ist der SO₂-Emissionsanteil der Haushalte und Kleinverbraucher an den gesamten SO₂-Emissionen von 25 % auf 28 % gestiegen. Der Rückgang der SO₂-Emissionen wurde in erster Linie seit 1986 erreicht und basiert auf der verstärkten Substitution von Kohle und Heizöl durch Gas und Fernwärme einerseits sowie der Herabsetzung des Schwefelgehaltes im Heizöl EL andererseits. Bei den Stickoxid-Emissionen konnten keine durchgreifenden Minderungserfolge erreicht werden. Sie blieben über den gesamten Zeitraum fast konstant bei jährlich etwa 18 000 t NO_x. Dies hängt damit zusammen, daß die vollgezogenen Energieträgersubstitutionen für die NO_x-Emissionsbildung weniger relevant sind.

Die Kohlenmonoxid-Emissionen durch Hausbrand haben den zweitgrößten Anteil mit 11 % an den gesamten CO-Emissionen. Seit 1985 konnten sie um 46 % auf 72 800 t verringert werden. Die Minderung wurde vor allem durch den reduzierten Einsatz an Kohle erreicht, was außerdem zur Folge hatte, daß sich die Staub-Emissionen seit 1985 um 56 % auf 2 700 t verringert haben (Tabelle 1 und 2).

Der Pro-Kopf-Verbrauch an fossilen Energieträgern ist mit 1,16 t SKE/Ea (Steinkohleneinheiten pro Einwohner und Jahr) in etwa unverändert geblieben. Der gesamte Einsatz fossiler Brennstoffe im Bereich „Haushalte und sonstige Kleinverbraucher“ ist in den Jahren 1975 bis 1993 aber um 10 % gestiegen. Die daraus resultierende potentielle Emissionssteigerung wurde durch die Substitution emissionsträchtiger Energieträger ausgeglichen. In den Jahren 1975 bis 1986 hatte der dominierende Energieträger Heizöl EL einen Anteil von 72 bis 77 %. In den 90er Jahren ist er auf 62 bis 65 % gesunken. Entscheidend zurückgegangen ist der Einsatz an Kohle und Heizöl S, deren Anteil im Jahr 1993 mit 1 % bzw. 0,2 % fast vernachlässigbar war. Dagegen hat der Einsatz an Gas und Fernwärme stark zugenommen.

Zunahme des Straßenverkehrs mindert Erfolge durch Katalysatoreinführung

Der Pkw-Bestand in Baden-Württemberg ist seit 1975 um 90 % von 2,8 Mill. auf 5,3 Mill. gewachsen. Beim Lkw-Bestand ist ein Anstieg um 51 % zu verzeichnen. Das Fahraufkommen der gesamten Pkw- bzw. Lkw-Flotte, berechnet als Jahresfahrleistung sämtlicher Kraftfahrzeuge, hat zwar etwas langsamer zugenommen als der Kfz-Bestand, dennoch ist die Summe der im Land gefahrenen km mit Pkw auf Außerorts- und Innerortsstraßen um 81 % auf 68,7 Mill. km gestiegen und die beim Lkw-Verkehr um 52 % auf 8,3 Mill. km. Der Trend zu immer höheren Jahresfahrleistungen ist weiter ungebrochen (Tabelle 2).

Vor allem aufgrund dieser gewaltigen Expansion bei gleichzeitig beachtlichen Emissionsminderungserfolgen bei Feuerungsanlagen hat der Straßenverkehr zunehmendes Gewicht als Emissionsquelle erhalten. Die Anteile an den Gesamtemissionen sind bei allen Schadstoffkomponenten seit 1975 kontinuierlich gestiegen. Bei den NO_x-, CO- und Staub-Emissionen hat der Straßenverkehr mit Abstand den höchsten Anteil. Bei den Kohlenmonoxid-Emissionen sind es 88 %, bei den Stickoxiden ist der Emissionsanteil mittlerweile auf 77 % gestiegen. Die Partikel-Emissionen machen 77 % der gesamten Staub-Emissionen aus, und auch bei SO₂ hat sich der Verkehrsanteil von 5 % auf 14 % erhöht.

Übersicht 2

Abgrenzung der Emittentengruppen

1. Öffentliche Wärmekraftwerke

Umfaßt öffentliche Wärmekraftwerke, Heizkraftwerke, Fernheizwerke, kommunale Abfallverbrennungs- und Klärschlammverbrennungsanlagen.

2. Industrie

Umfaßt Feuerungsanlagen der Betriebe von Unternehmen mit im allgemeinen 20 und mehr Beschäftigten. Die industriellen Feuerungsanlagen umfassen folgende Anlagenklassen:

- Feuerungsanlagen kleiner 1 MW Feuerungswärmeleistung – nach 4. BImSchV nicht genehmigungspflichtig.
- Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 1-50 MW (TA Luft Anlagen) – nach TA Luft genehmigungspflichtig, Grenzwerte für Emissionen.
- Feuerungsanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 MW und mehr (Großfeuerungsanlagen) – nach Großfeuerungs-Anlagenverordnung (GFAVO) genehmigungspflichtig. Strengere Emissionsgrenzwerte.
- Prozeßfeuerungsanlagen – Rauchgas kommt mit dem zu verarbeitenden Gut direkt in Verbindung (zum Beispiel Zementbrennofen); nach TA Luft genehmigungspflichtig.

3. Haushalte und sonstige Verbraucher

Umfaßt Feuerungsanlagen von Haushalten, Kleingewerbe und Dienstleistungsbetrieben, öffentlichen Einrichtungen, landwirtschaftlichen Betrieben sowie Militäreinrichtungen (= sonstige Verbraucher).

4. Straßenverkehr

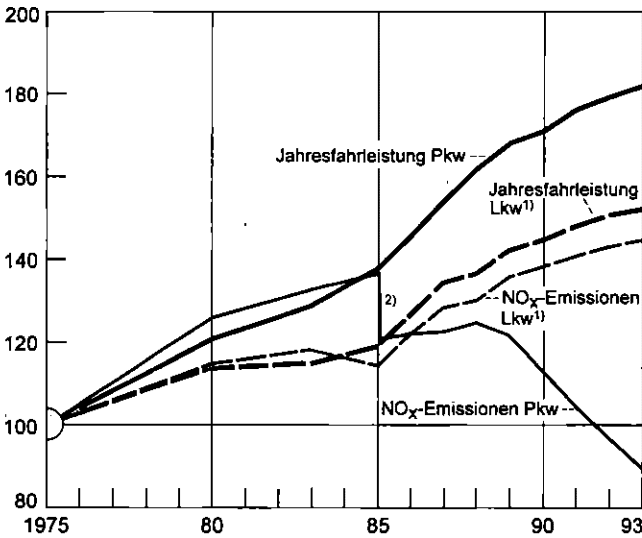
Umfaßt die Fahrzeugarten: Mopeds, Kräder, Pkw mit Schadstoffreinigung, Pkw ohne Schadstoffreinigung, Pkw mit Dieselmotor, Lkw < 2,8 t, Lkw ≥ 2,8 t, Busse, Sattelfahrzeuge und landwirtschaftliche Zugmaschinen.

Trotz einer Trendumkehr bei den jährlichen Emissionen, die vor allem durch die Einführung des geregelten Katalysators bei den Pkw mit Ottomotor und durch einen steigenden Anteil der Diesel-Pkw bewirkt wurde, lag die NO_x-Emissionsfracht des Straßenverkehrs insgesamt 1993 mit 210 600 t um 14 % höher als im Jahr 1975. Die relative Emissionsminderung durch die Abgasreinigung wurde durch die anhaltende Zunahme der Jahresfahrleistungen zunächst vollständig kompensiert. Erst seit 1989 gehen die NO_x-Emissionen beim Pkw-Verkehr leicht zurück (Schaubild 2). Inzwischen liegen diese Pkw-bedingten Emissionen um 10 % niedriger als 1975. Beim Lkw-Verkehr ist der NO_x-Ausstoß dagegen seit 1975 weiter

Schaubild 2

Jahresfahrleistung^{*)} und Stickoxid (NO_x)-Emissionen im Straßenverkehr in Baden-Württemberg 1975 bis 1993

1975 = 100



*) Auf Außer- und Innerortsstraßen. – 1) Lkw ≥ 2,8 t, einschließlich Busse und Sattelfahrzeuge. – 2) Niveaubasenkung durch Berücksichtigung niedriger Emissionsfaktoren.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg

138 08

kontinuierlich angestiegen, und zwar bis 1993 um 45 % auf 117 300 t, weil für Lkw bisher keine vergleichbaren Abgasreinigungsanlagen eingeführt sind. Der Anteil des Lkw-Verkehrs an den NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs hat sich damit von 45 % im Jahr 1975 auf 56 % in 1993 verschoben.

Partikel-Emissionen nehmen zu

Ebenfalls erhöhte Aufmerksamkeit kommt den Partikel-Emissionen zu, wobei hier nur die abgasbedingten Emissionen⁷ betrachtet werden. Sie sind im Zeitraum 1985 bis 1993 um 27 % auf 18 000 t angestiegen. Durch die bisher ergriffenen Maßnahmen, Herabsenkung des Schwefelgehaltes im Dieselmotor und Primärmaßnahmen am Motor, konnte dieser Trend bislang nicht gestoppt werden.

Die insgesamt ungünstige Emissionsentwicklung im Straßenverkehr beruht, trotz der seit 1989 beobachtbaren Trendwende, auf der besonderen Struktur der Emittentengruppe mit vielen Millionen Einheiten kleiner Einzelemittenten, der da-

⁷ Zusätzliche Staub-Emissionen entstehen durch den Abrieb von Reifen und Bremsen.

⁸ Vgl. Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1993, Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

durch erschwerten raschen Umsetzung von Abgasreinigungsmaßnahmen sowie mangelnden Substitutionsmöglichkeiten bei den eingesetzten Energieträgern. Die vergleichsweise späte Entwicklung effektiver Abgasreinigungsanlagen sowie eine nur allmähliche Flottenerneuerung wirken sich negativ aus.

Ausblick

Die Wirkung der durchgeführten Luftreinigungsmaßnahmen und dadurch erzielte Emissionsminderungen, vor allem beim Schwefeldioxid, werden durch die Immissions-Konzentrationsmessungen bestätigt. Die Schwefeldioxidkonzentrationen sind in den 80er Jahren an allen Meßstellen deutlich zurückgegangen. Bei den Stickoxiden ist eine Konzentrationsminderung in der Luft noch nicht eindeutig zu erkennen.⁸ Stickoxide sind eine der Vorläufersubstanzen für die Entstehung von Sommersmog und tragen in beachtlichem Umfang zur Anreicherung von Stickstoff im Boden und damit in der Folge zur Nitratbelastung des Grund- und Quellwassers bei. Insofern ist die weitere Reduktion von NO_x-Emissionen aus stationären Quellen und dem Verkehr von hoher Relevanz. Möglichkeiten dazu bestehen bei allen Hauptemittentengruppen. Während bei den Wärmekraftwerken die Entwicklung in erster Linie von der Inanspruchnahme der fossil befeuerten Kraftwerkblöcke und der Optimierung der Rauchgasreinigungsmaßnahmen abhängig sein wird, sind bei der Industrie, bei den Haushalten und übrigen Bereichen auch technische Weiterentwicklungen denkbar.

Erste vorläufige Ergebnisse der Emissionsberechnungen für das Jahr 1994 zeigen, daß die Wärmekraftwerke ihre Emissionen nochmals deutlich verringern konnten, und zwar die SO₂-Emissionen um 23 % und die NO_x-Emissionen um 21 % im Vergleich zum Jahr 1993. Diese Emissionsminderung erklärt sich im wesentlichen durch die inzwischen vollständig abgeschlossene Installation von Entschwefelungs- bzw. Entstickungsanlagen. Bei der Industrie verringerten sich die SO₂-Emissionen durch Veränderungen beim Brennstoffeinsatz um ca. 7 %, die NO_x-Emissionen um ca. 3 % und die Staub-Emissionen um ca. 6 %. Von besonderem Gewicht für die weitere Entwicklung ist der Straßenverkehr, da sowohl der Pkw- als auch der Lkw-Verkehr aus heutiger Sicht weiter kräftig zunehmen werden. 1994 nahmen die Jahresfahrleistungen der Pkw im Vergleich zu 1993 um 0,7 % auf 69 205 Mill. km und die Lkw-Jahresfahrleistungen um 2,1 % auf 5 868 Mill. km zu. Die NO_x-Emissionen bzw. CO-Emissionen sind mit 2,2 % bzw. 6,7 % deshalb nur leicht zurückgegangen. Durchgreifende Emissionsminderungen können hier wohl nur durch die Kombination mehrerer Maßnahmen erreicht werden. Neben der möglichst raschen Ausstattung aller Pkw mit geregelterm Katalysator wäre auch entsprechende Abgasreinigung bei Lkw und eine allgemeine Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs ein wichtiger Beitrag zur Minderung der Schadstoffemissionen.

Walter Stenius