

Emissionen und Emissionsminderungsmöglichkeiten in Verdichtungsgebieten am Beispiel der Stadt Stuttgart

R. Friedrich, A. Voß, M. Mattis, B. Boysen

Institut für Kernenergetik und Energiesysteme
Universität Stuttgart

1 Problemstellung

Ziel einer effizienten Umweltpolitik muß es sein, die erwünschten Umweltziele mit einem möglichst geringen volkswirtschaftlichen Aufwand zu erreichen. Voraussetzung für eine solche Umweltpolitik ist daher eine genaue Kenntnis der technischen Möglichkeiten, der Effektivität, d. h. des Minderungspotentials dieser Techniken, und der dabei entstehenden Kosten.

Da die einsetzbaren Mittel zur Erreichung umweltpolitischer Ziele begrenzt sind, kommt es darauf an, die knappen Mittel so einzusetzen, daß der größtmögliche Effekt erreicht wird. Wegen der komplexen Zusammenhänge und der Vielzahl von Einflußparametern im Energiesystem bedarf es zur Analyse dieser Frage quantitativer systemtechnischer Methoden.

Ziel der hier beschriebenen Untersuchungen ist daher die Erarbeitung systemtechnischer Methoden zur Analyse und Bewertung von Emissionsminderungsstrategien für Ballungsgebiete sowie die exemplarische Anwendung dieser Methoden für die Stadt Stuttgart zur Identifizierung effizienter Maßnahmen zur Verminderung von SO_2 - und NO_x -Emissionen.

Dazu werden die derzeitigen und die zukünftig (bis zum Jahr 2000) zu erwartenden Emissionen in Stuttgart stadtteilweise bestimmt sowie Maßnahmen und Techniken zur Emissionsminderung charakterisiert. Anschließend wird die Durchführung verschiedener Maßnahmen simuliert. Anhand der spezifischen Minderungskosten (SMK), definiert als Quotient aus den entstehenden Kosten und Emissionsminderungen, werden diese Maßnahmen bewertet. Die SMK einer Maßnahme geben an, wieviel DM bei Durchführung der Maßnahme pro nicht mehr emittiertem kg Schadstoff eingesetzt werden müssen.

2 Derzeitige Emissionen in Stuttgart

Insgesamt wurden im Gemeindegebiet von Stuttgart 1985 10 kt SO_2 (1 kt = 1000 t) und 16,5 kt NO_x emittiert. Abb. 1 und 2 zeigen die SO_2 - und NO_x -Emissionen in Stuttgart 1985 differenziert nach Emittentengruppen. Hauptsächlichste Emittenten bei SO_2 sind die öffentlichen Kraftwerke mit einem Anteil von 57 %, bei NO_x ist es der Verkehr mit 66 %. Der Anteil der Industrie an den Emissionen liegt mit 17,5 % bei SO_2 und 6 % bei NO_x deutlich unter dem Landesdurchschnitt. Dies liegt daran, daß vor allem Betriebe der Grundstoffindustrie (dazu gehören z. B. Zement, Papier, Chemie) einen hohen Energieverbrauch und damit hohe Emissionen aufweisen. Die Grundstoffindustrie ist jedoch in Stuttgart kaum vertreten. Die Haushalte und Kleinverbraucher tragen mit 18,9 % bei SO_2 und 7,8 % bei NO_x zu den Emissionen bei, jedoch ist ihr Anteil an den Immissionen an kalten Tagen wegen der niedrigen Quellhöhen und des temperaturbedingt erhöhten Energieverbrauchs wesentlich höher.

Die Abb. 3 und 4 zeigen die räumliche Verteilung der Emissionen. Bei SO_2 ergeben sich Emissionsschwerpunkte an den Kraftwerkstandorten. Beim NO_x ist zudem die Lage der Hauptverkehrsstraßen maßgebend.

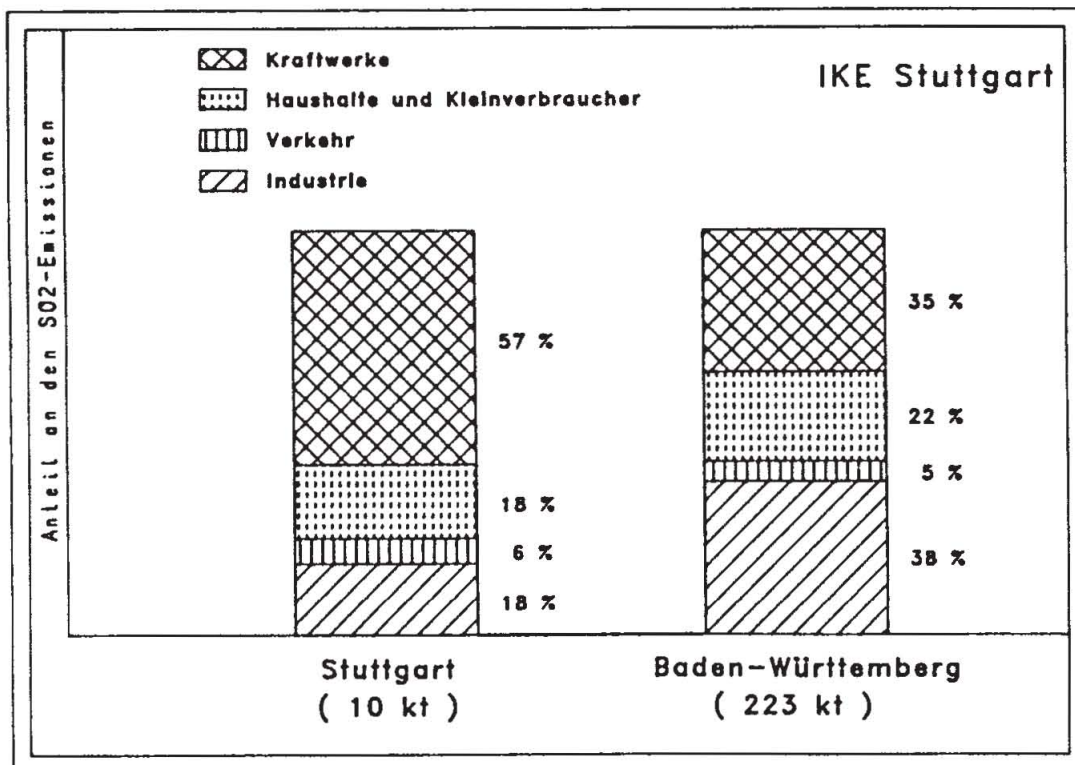


Abb. 1: Anteil der Emittentengruppen an den SO_2 -Emissionen in Stuttgart 1985 und - zum Vergleich - in Baden-Württemberg

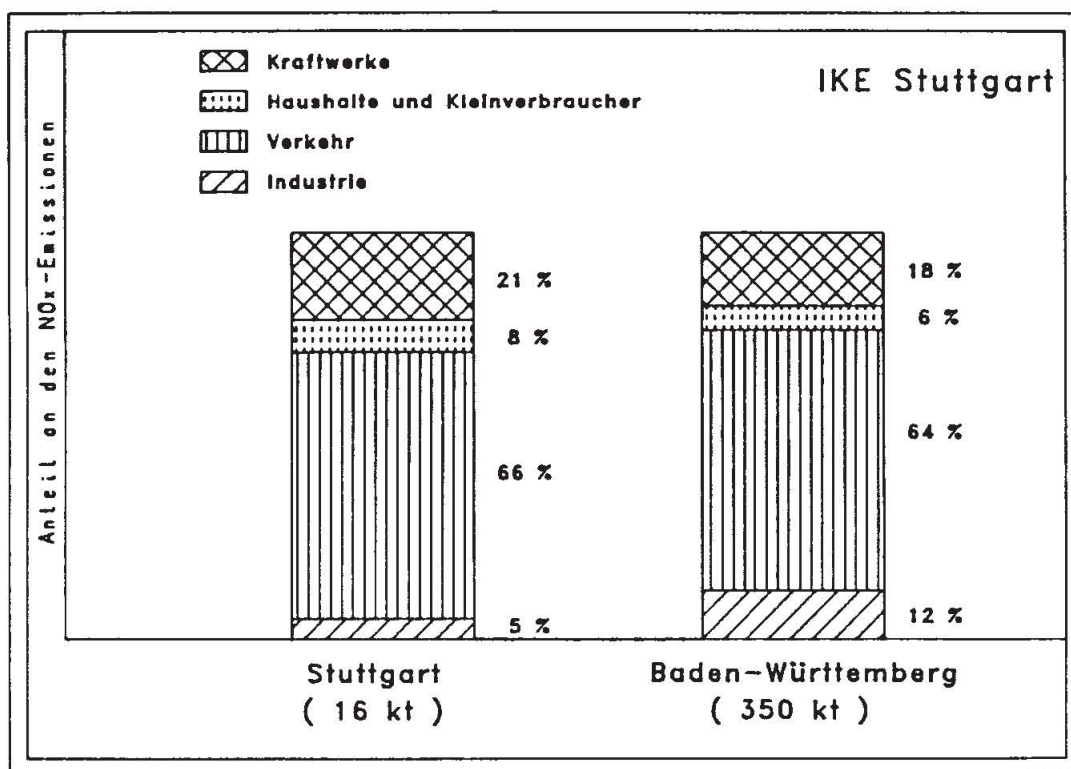


Abb. 2: Anteil der Emittentengruppen an den NO_x-Emissionen in Stuttgart 1985 und - zum Vergleich - in Baden-Württemberg

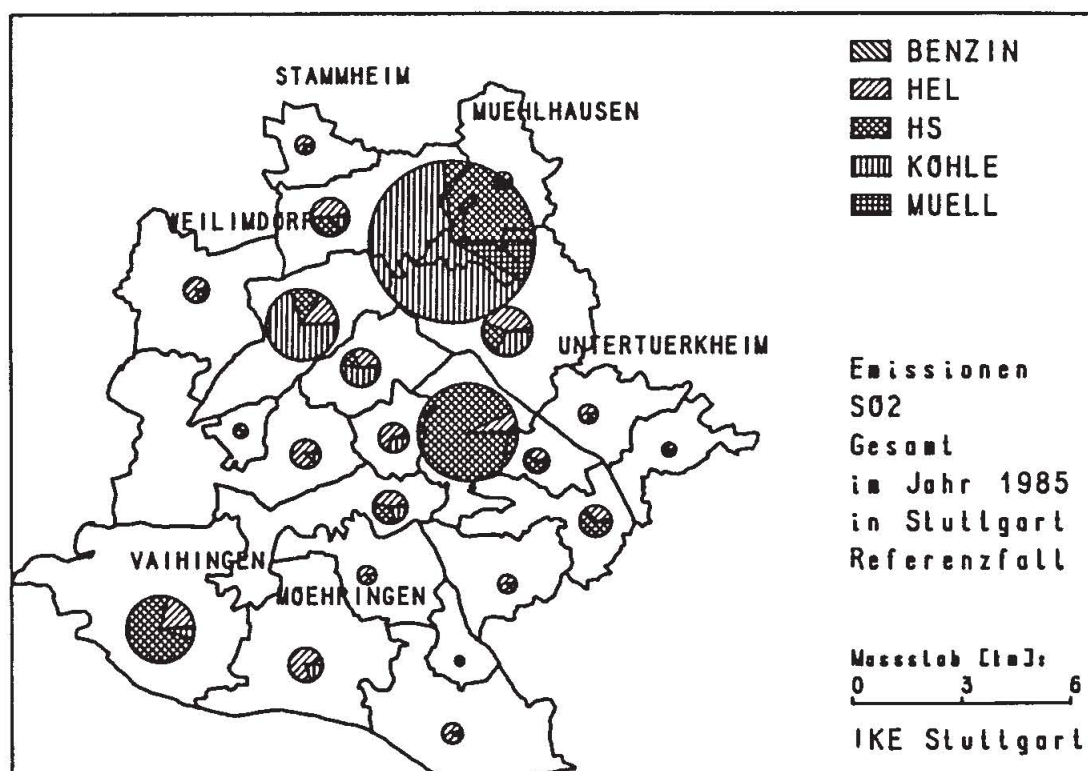


Abb. 3: SO₂-Emissionen in Stuttgart 1985 (HEL = leichtes Heizöl und Diesel, HS = schweres Heizöl)

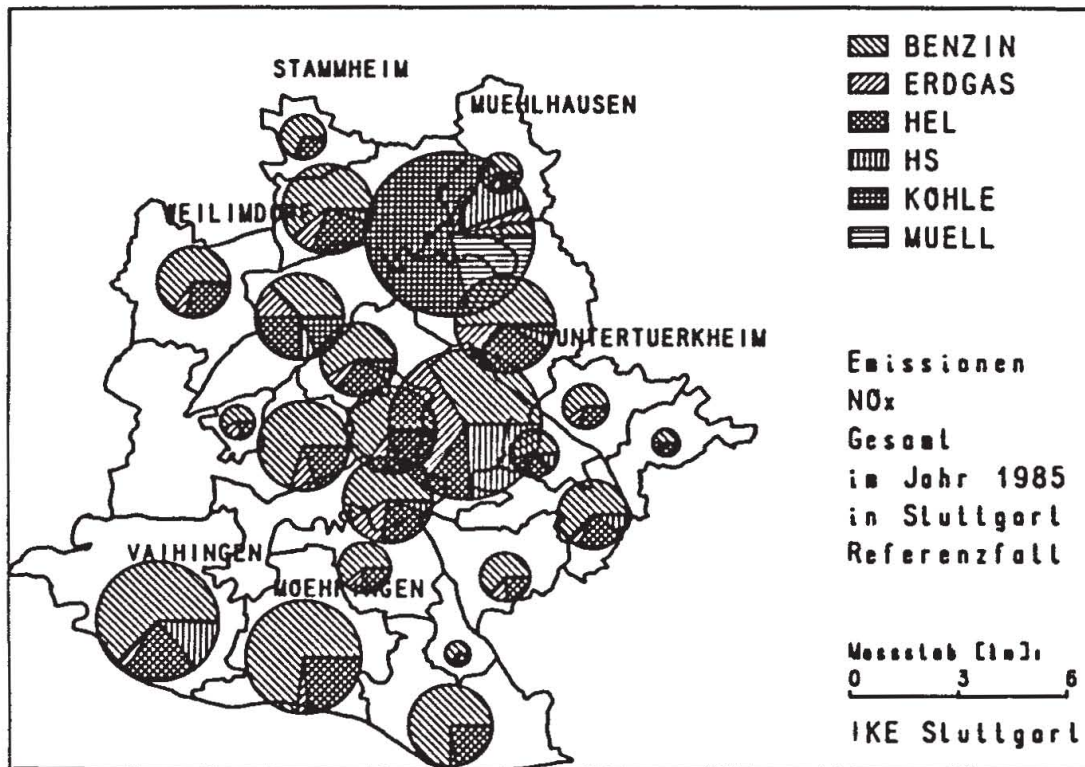


Abb. 4: NO_x-Emissionen in Stuttgart 1985 (HEL = leichtes Heizöl und Diesel, HS = schweres Heizöl)

3 Die Entwicklung der Emissionen und Maßnahmen zur Emissionsminderung

3.1 Öffentliche Kraftwerke

Die Technischen Werke der Stadt Stuttgart AG betreiben in Stuttgart je ein Kraftwerk in Gaisburg mit 4 Blöcken, ein Kraftwerk in Münster mit 4 Blöcken, ein Müllheizkraftwerk und 4 Gasturbinen. Aufgrund der Bestimmungen der GFAVo (einschließlich der Dynamisierungsklausel), von Vereinbarungen im Rahmen von zwei Kommissionen der Landesregierung /4 bis 7/ und von freiwilligen zusätzlichen Leistungen der TWS werden bzw. wurden die folgenden Schadstoffminderungsmaßnahmen durchgeführt (in Klammern die Zeitpunkte der Inbetriebnahme bzw. der Umstellung):
Heizkraftwerk Gaisburg:

- Umstellung von schwerem auf leichtes Heizöl und Erdgas (1983)
- Installation NO_x-armer Brenner und sonstiger Primärmaßnahmen (1984-1988)
- Bau von zwei neuen Kesseln mit Kohlewirbelschichtfeuerung (ca. 1988/89 und 1990/91)

Kraftwerk Gaisburg:

- Umstellung von schwerem Heizöl auf leichtes Heizöl und Erdgas (1988)
- Durchführung von Primärmaßnahmen zur NO_x-Minderung (1988)

Kraftwerk Münster:

- Rauchgasentschwefelungsanlage (Kalkwaschverfahren) (1988)
- Rauchgasentstickungsanlage (SCR-Verfahren) (1986/87)
- Durchführung von Primärmaßnahmen zur NO_x -Minderung (1985)

Müllverbrennungsanlage:

- Rauchgaswaschanlage (1988).

Diese Maßnahmen führen trotz steigendem Stromverbrauch zu einer Abnahme der SO_2 -Emissionen von 5,6 kt/a 1985 auf 1,2 kt/a im Jahr 2000, d. h. um 78 % (Abb. 5) und zu einer Abnahme der NO_x -Emissionen von 3,5 kt/a 1985 auf 1,3 kt/a im Jahr 2000, d. h. um 64 %.

Bei der Berechnung dieser Zahlen wurde von einem linearen Zuwachs des Stromverbrauchs von durchschnittlich 2,5 %/a und von einem planmäßigen Zubau des Kernkraftwerks Neckarwestheim II, an dem die TWS AG beteiligt sind, ausgegangen. 1986 sind die Emissionen gegenüber 1985 angestiegen, weil in diesem Jahr - bedingt durch einen längeren Stillstand des Kraftwerks Neckarwestheim I - eine erhöhte Menge an schwerem Heizöl mit mittlerem Schwefelgehalt eingesetzt wurde.

Die bereits erwähnten spezifischen Minderungskosten (SMK) betragen

- für die Rauchgasentschwefelungsanlagen (ohne Müllverbrennungsanlage) im Durchschnitt 4,5 DM/kg SO_2
- für die Maßnahmen zur NO_x -Minderung (insbesondere SCR-Anlagen): 10 DM/kg NO_x .

Diese Zahlen stellen, da die Durchführung dieser Maßnahmen beschlossen und akzeptiert ist, einen Maßstab für die Bewertung zusätzlicher Maßnahmen in anderen Sektoren dar. Die Durchführung der Maßnahmen kostet insgesamt ca. 70 Mio DM/a.

Folgende Schlußfolgerungen lassen sich ableiten:

- Mittel- und langfristig werden die technischen Möglichkeiten zur Schadstoffminderung ausgeschöpft, da nach 1988 alle Blöcke, die Kohle oder schweres Heizöl einsetzen und nicht in Kaltreserve gehen, mit Entschwefelungs- und Entstickungsanlagen versehen sind.
- Kurzfristig (d. h. 1987/88) werden die in Abb. 5 gezeigten Emissionsminderungen dann verwirklicht, wenn Menge und Schwefelgehalt des eingesetzten schweren Heizöls begrenzt bleiben.

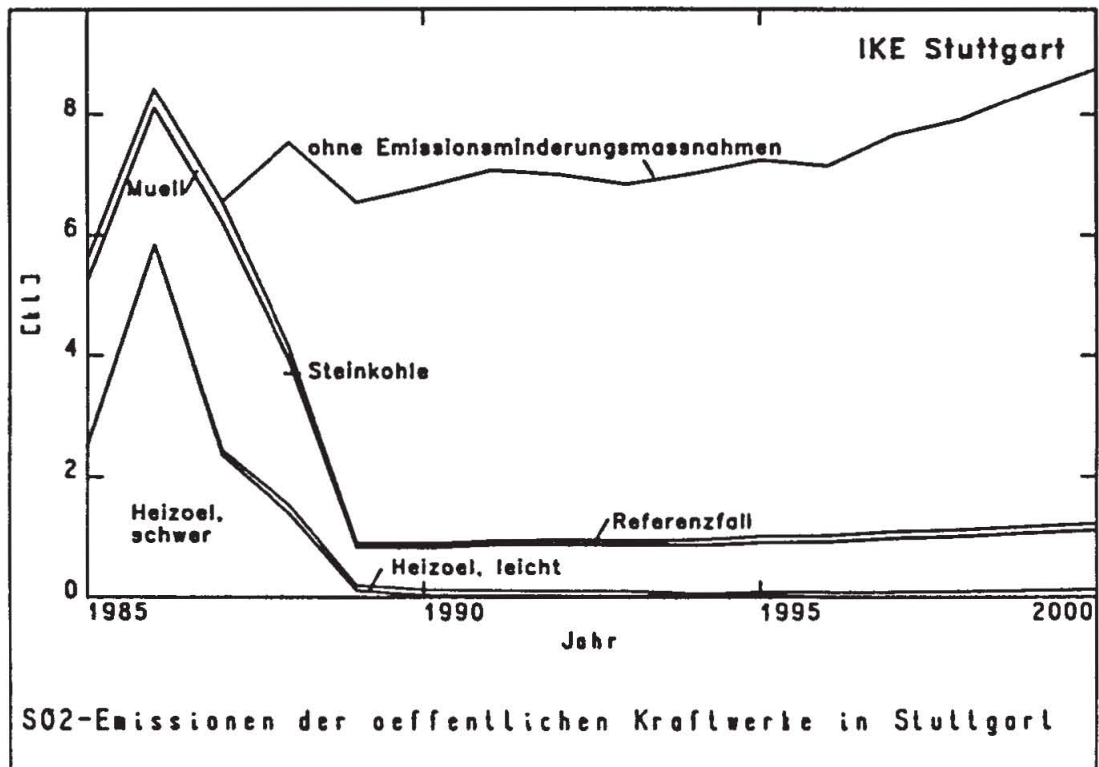


Abb. 5: SO₂-Emissionen aus öffentlichen Kraftwerken in Stuttgart ohne Emissionsminderungsmaßnahmen und bei Durchführung der beschriebenen Maßnahmen (Kurve Referenzfall)

3.2 Genehmigungsbedürftige Anlagen (ohne öffentliche Kraftwerke)

In Stuttgart gibt es neben den öffentlichen Kraftwerken 175 Anlagen, die nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftig sind, davon 80 industrielle Anlagen und 95 Anlagen von sog. "Kleinverbrauchern", z. B. Krankenhäuser, Universität, Dienstleistungsunternehmen usw. Diese Anlagen verfügen über insgesamt 360 Kessel. 3 Anlagen unterliegen der GFAVo, da sie eine Feuerungsleistung von mehr als 50 MW besitzen.

Die vorliegenden Planungen weisen aus, daß in den nächsten Jahren (bis 1990) erhebliche Brennstoffsubstitutionen vorgesehen sind. So wird insbesondere schweres Heizöl, aber auch Kohle durch leitungsgebundene Energieträger (Gas, Fernwärme, Strom) ersetzt.

Durch diese Substitutionen und die Neufassung der TA Luft werden die SO₂-Emissionen sehr deutlich von 2,4 kt/a 1985 auf 0,7 kt/a bis 1990 (um 70 %) zurückgehen (Abb. 6, Kurve Ref⁺). Beim NO_x (Abb. 7, Kurve Ref⁺) ist der Rückgang (von 1,2 kt/a 1985 auf 0,5 kt/a 1990 um 53 %) etwas weniger deutlich, weil auch gasbefeuerte Anlagen noch in nennens-

wertem Umfang NO_x emittieren.

Ohne die geplanten Umrüstungen von Anlagen auf Gas und Fernwärme und ohne die Neufassung der TA Luft, aber unter Berücksichtigung von Energieeinsparungen, würden die SO_2 - und NO_x -Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen etwa konstant bleiben (Abb. 6 und 7, oberste Kurven).

Die darunterliegenden Kurven zeigen jeweils die erreichten Emissionsniveaus durch

- die geplante Umrüstung von ölgefeuerten Anlagen auf Gas (Minderung um $0,65 \text{ kt SO}_2/\text{a}$ und $0,2 \text{ kt NO}_x/\text{a}$)
- die geplante Umrüstung auf Fernwärme (Minderung ca. $0,8 \text{ kt SO}_2/\text{a}$ und $0,25 \text{ kt NO}_x/\text{a}$, dafür geringere Mehremissionen bei den Heizkraftwerken)
- die Auswirkungen der Neufassung der TA Luft (Kurve Ref⁺, Minderung $0,1 \text{ kt SO}_2/\text{a}$ und $0,2 \text{ kt NO}_x/\text{a}$; SMK 3 DM/kg SO_2 , $8,4 \text{ DM/kg NO}_x$).

Darüberhinaus sind noch weitere Minderungen durch eine forcierte Fernwärmeausbaustrategie von ca. $0,15 \text{ kt SO}_2/\text{a}$ und $0,1 \text{ kt NO}_x/\text{a}$ möglich.

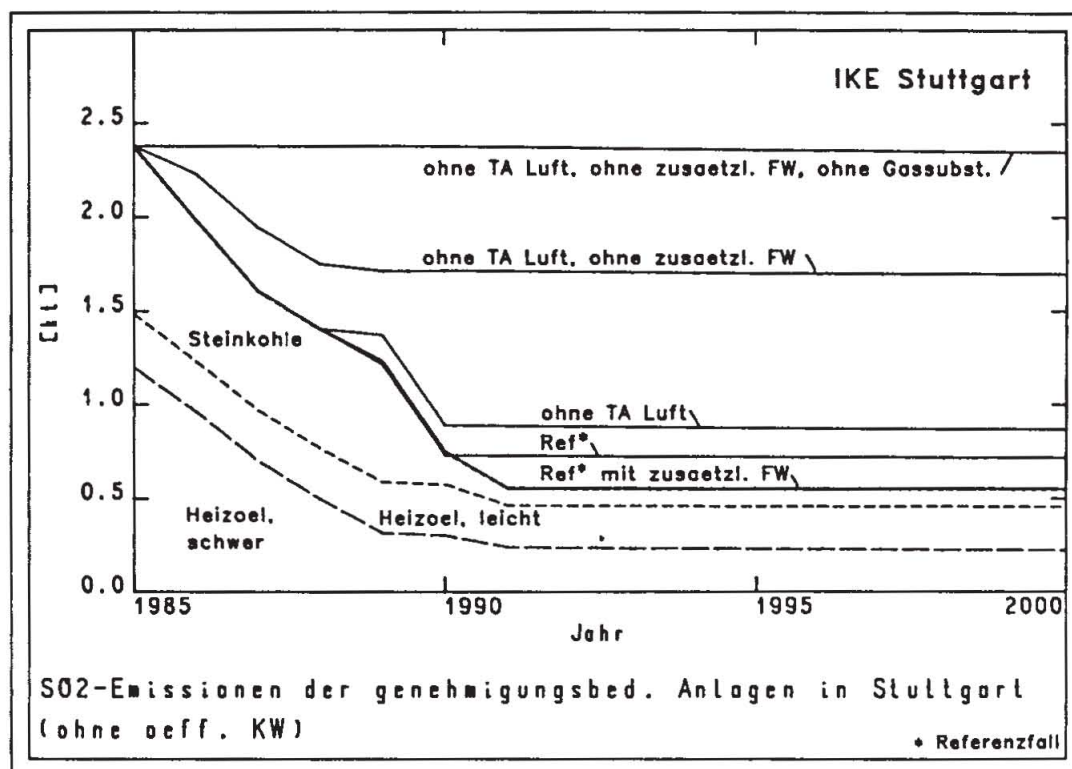


Abb. 6: SO_2 -Emissionen der genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen bei Durchführung verschiedener Maßnahmen (Erläuterung der Maßnahmen im Text)

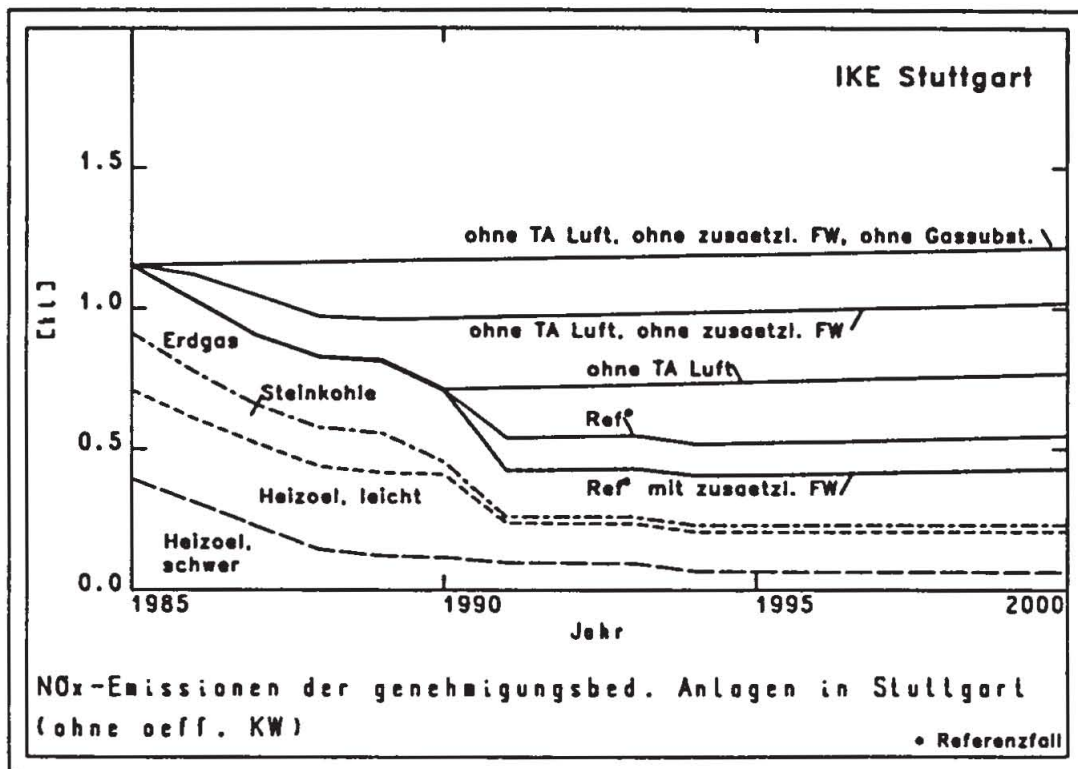


Abb. 7: NO_x-Emissionen der genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen bei Durchführung verschiedener Maßnahmen (Erläuterungen der Maßnahmen im Text)

Untersucht wurden auch verschiedene Möglichkeiten zur Rauchgasreinigung. Günstige SMK für Rauchgasentschwefelungsanlagen entstehen vor allem bei Anlagen mit hoher Auslastung z.B. in der Grundstoffindustrie. In Stuttgart sind solche Anlagen kaum vorhanden. Die günstigste Anlage in Stuttgart würde Kosten von 6 DM/kg SO₂ verursachen, zwischen 10 und 15 DM/kg SO₂ ließen sich 2 weitere Anlagen mit Kohlefeuerungen mit Rauchgasentschwefelungsanlagen versehen, wobei insgesamt Minderungen von 0,18 kt SO₂/a erreichbar wären.

Als Sekundärmaßnahmen zur Entfernung des NO_x aus dem Rauchgas bieten sich insbesondere sog. SCR-Anlagen an. Die günstigste Anlage erreicht hier SMK von 18 DM/kg NO_x, bei Mehrkosten von 0,3 Mio DM/a könnten 0,017 kt NO_x/a weniger emittiert werden. Eine weitere Anlage besitzt SMK von 24 DM/kg NO_x bei einer Minderung von 0,03 kt NO_x/a.

Alle weiteren Anlagen weisen SMK von über 30 DM/kg NO_x, die Mehrzahl der Anlagen sogar SMK von über 100 DM/kg NO_x auf, so daß diese Maßnahmen weniger empfehlenswert sind.

Empfehlenswert ist dagegen die Durchführung von Primärmaßnahmen, bei denen die Entstehung von NO_x während der Verbrennung vermindert wird. Hier ist insbesondere die Einführung NO_x-armer Brenner und die NO_x-

arme Einstellung der Feuerung zu erwähnen. Durch solche Maßnahmen können die Grenzwerte der TA Luft - insbesondere bei Schwerölfeuerungen - erheblich unterschritten werden. Eine Quantifizierung ist allerdings wegen der je nach Feuerungsart, -typ und -einstellung sehr unterschiedlichen Emissionsfaktoren nicht möglich.

Zur Unterstützung der Durchsetzung der aufgezeigten Emissionsminderungen erscheinen folgende Maßnahmen geeignet:

- konsequente Nutzung der Dynamisierungsklauseln der TA Luft und der GFAVo durch die Genehmigungsbehörden
- Bereitstellung von Erdgas und Fernwärme zu konkurrenzfähigen Preisen zur Unterstützung der geplanten Brennstoffumstellungen
- Durchführung von Demonstrationsvorhaben zur Rauchgasreinigung bei Feuerungen für schweres Heizöl und Kohle mit hoher Auslastung (z. B. bei gemeindeeigenen Feuerungsanlagen)
- regelmäßige Überprüfung und NO_x -arme Einstellung von Feuerungsanlagen.

3.3 Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen

Die Daten über die nicht nach der 4. BImSchV genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen, insbesondere über die Hausheizungen, wurden dem 'Wärmeatlas' der TWS entnommen /2/. Diese Anlagen emittierten 1985 1,4 kt SO_2 und 1,1 kt NO_x . Aufgrund von Energieeinsparungen und Brennstoffsubstitutionen könnte - ohne zusätzliche Maßnahmen - eine Reduktion dieser Emissionen auf 0,9 kt SO_2 und 1,0 kt NO_x im Jahr 2000 erfolgen. Darüber hinaus sind folgende Maßnahmen zur SO_2 -Minderung möglich (in Klammern ist das zugehörige Minderungspotential angegeben) und wegen niedriger SMK auch empfehlenswert:

- verstärkte Substitution von Öl durch Gas (0,3 kt SO_2 /a)
- Ersatz vorhandener Öleinzelföfen durch moderne Öleinzelföfen (0,06 kt SO_2 /a)
- Ersatz von Kohleöfen durch Gasöfen (0,1 kt)
- weitergehende Entschwefelung von leichtem Heizöl von 0,3 % auf 0,15 % Schwefelgehalt (0,3 kt SO_2 /a).

Die Durchführung der letztgenannten Maßnahmen halbiert die Effizienz der drei erstgenannten Maßnahmen.

Rauchgaswäscher führen derzeit erst ab etwa 200 kW zu konkurrenzfähigen SMK. Wegen des benötigten schwitzwassersicheren Kamins ist ihre Einführung beim Altbau zudem nur eingeschränkt möglich.

Zur Reduzierung der NO_x -Emissionen sind folgende Maßnahmen möglich:

- Einsatz von Blaubrennern (≤ 50 kW) bzw. Gebläsebrenner mit gestufter Luftzufuhr bei Ölzentralheizungen (0,1 kt NO_x /a, SMK 8 DM/kg NO_x)
- Einsatz von Brennern mit Edelstahleinsatz in Gaszentralheizungen (0,15 kg NO_x /a, keine Mehrkosten)
- Einsatz von Gasspezialkesseln mit überstöchiometrisch vormischendem Brenner für Gaszentralheizungen (0,25 kt NO_x /a, SMK 9 DM/kg NO_x)
- Edelstahl- und Keramikeinsätze bei Gaseinzelöfen und -etagenheizungen (0,1 kt NO_x /a, kaum Mehrkosten)
- Einsatz von Gasgebläsebrennern in Anlagen >100 kW (0,09 kt NO_x /a, keine Mehrkosten)

Die Durchführung dieser Maßnahmen ist wegen der durchweg geringen SMK empfehlenswert, entsprechende Techniken sind auf dem Markt oder zumindest als Prototyp vorhanden. Mit einer Kombination aller Maßnahmen sind maximal Minderungen von 0,4 kt NO_x /a erreichbar. Darüberhinaus tragen natürlich alle Energieeinsparmaßnahmen zur Schadstoffminderung bei.

Gesetzliche Regelungen zur Durchsetzung der genannten Maßnahmen fehlen derzeit. Eine weitgehende Durchsetzung erfordert daher:

- eine einheitliche Herabsetzung des maximalen Schwefelgehalts des leichten Heizöls im Rahmen der EG
- eine ausreichend niedrige Festlegung der Emissionsgrenzwerte entsprechend dem aufgezeigten Stand der Technik (siehe auch /1/) bei der Neufassung der 1. BImSchV.

Abgesehen davon bieten sich auf kommunaler Ebene folgende Instrumente an:

- Messung der Emissionen von NO_x -armen Brennern und Anlagen im praktischen Betrieb
- Information der Bevölkerung über schadstoffarme Anlagen, Empfehlungen des Einsatzes solcher Anlagen
- Gewährung von Investitionszuschüssen für den Einbau schadstoffarmer Kessel und Brenner.

3.4 Verkehr

Zur Untersuchung der Emissionen im Verkehr stehen Daten über die Verkehrsbeziehungen der einzelnen Verkehrszellen in und um Stuttgart und über Verkehrsmengen auf den Durchgangsstraßen zur Verfügung /3/:

Die NO_x -Emissionen des Straßenverkehrs betragen 1985 11 kt NO_x . Zur Abschätzung der zukünftigen Entwicklung wurde in Anlehnung an /3/ angenommen, daß von 1985 bis 2000 die Verkehrsleistung der PKW um insgesamt 5 %, die der LKW um 15 % zunimmt. Ohne technische Maßnahmen zur Schadstoffminderung - abgesehen von der zu erwartenden technischen Verbesserung der Motoren - ergibt sich ein leichter Anstieg der Emissionen auf ca. 11,7 kt NO_x /a bis 2000 (obere Kurve in Abb. 9). Dabei werden die Mehremissionen bei den LKW durch einen von ca. 10 % auf 20 % steigenden Anteil von Dieselfahrzeugen bei den PKW zum Teil kompensiert.

Würden alle neu zugelassenen PKW die neuen EG-Grenzwerte ab dem dafür vorgesehenen Zeitpunkt gerade erfüllen, so ergäbe sich eine Minderung gegenüber dem Fall ohne Maßnahmen von ca. 10 % im Jahr 2000 (siehe Kurve "EG-Grenzwerte" in Abb. 8).

Die tatsächlichen Emissionen werden aber niedriger liegen, weil

- der Einsatz schadstoffarmer Fahrzeuge zum Teil bereits vor dem Zeitpunkt des Inkrafttretens der EG-Grenzwerte erfolgt, z. B. aufgrund der damit verbundenen Steuererleichterungen und
- die zum Einsatz kommenden Techniken, insbesondere der Dreiwegekatalysator mit Lambdasonde, z. T. wesentlich niedrigere spezifische Emissionen als gefordert erreichen.

Nimmt man an, daß der Anteil der Neufahrzeuge mit Katalysator

- in der Hubraumklasse 1400 bis 2000 cm^3 von 1985 bis 1993
- in der Hubraumklasse 2000 von 1985 bis 1989

kontinuierlich auf 100 % anwächst, und daß bis 1993 neben dem geregelten zum Teil auch der unregelmäßige Katalysator eingesetzt wird, so sinken dadurch die NO_x -Emissionen des Verkehrs in Stuttgart von etwa 11 kt/a auf etwa 8,5 kt/a um ca. 21 % ab (Kurve "Referenzfall" in Abb. 8, die Annahmen sind detailliert in /1/ erläutert).

Dabei ist berücksichtigt, daß der Katalysator erst bei einer Betriebstemperatur von ca. 300 °C mit vollem Rückhaltegrad arbeitet. Diese Temperatur wird nach einem Kaltstart erst nach ca. 1 bis 3 Minuten bzw. 1 bis 3 km erreicht. Im Stadtverkehr wird dadurch der mittlere Rückhaltegrad des Katalysators um durchschnittlich ca. 12 - 14 Prozentpunkte gegenüber den Rückhaltegrad bei warmem Motor gemindert.

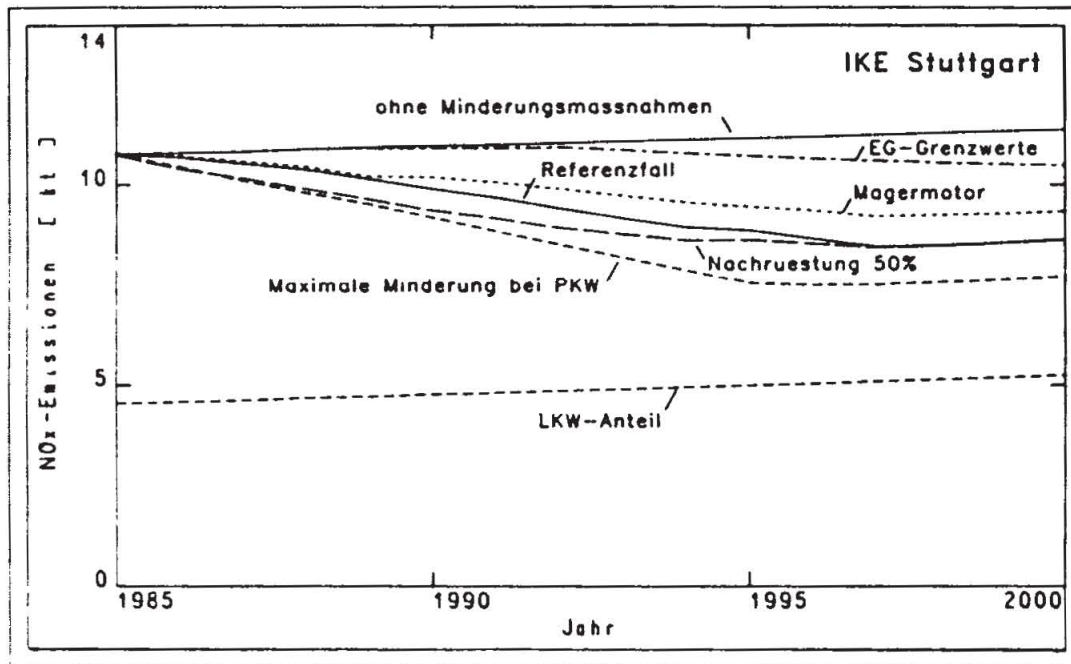


Abb. 8: NO_x-Emissionen des Verkehrs in Stuttgart bei Durchführung verschiedener Maßnahmen zur Minderung von NO_x-Emissionen, Erläuterung siehe Text

Für die im Referenzfall berücksichtigten Maßnahmen zur Schadstoffminderung müssen die Autofahrer bzw. die Steuerzahler ca. 27 Mio DM/a aufwenden. Die SMK für den geregelten Katalysator betragen je nach Hubraumklasse ca. 15-20 DM/kg NO_x. Die SMK für den unregulierten Katalysator liegen mit ca. 16-24 DM/kg NO_x höher, da dieser zwar billiger ist, andererseits aber geringere Emissionsminderungen aufweist.

Würden ab 1990 statt geregelten Katalysatoren Magermotoren bei Neufahrzeugen zum Einsatz kommen, so ergäbe sich eine Erhöhung der NO_x-Emissionen gegenüber dem Referenzfall um 0,8 kt NO_x/a bzw. 9 % (Kurve "Magermotor" in Abb. 8).

Eine Reduzierung der Emissionen über den Referenzfall hinaus kann langfristig vor allem durch eine möglichst weitgehende Einführung des geregelten Dreiwegekatalysators erreicht werden, da dieser die höchsten Abscheidegrade erreicht. Würde ab Mitte 1986 jedes Neufahrzeug mit einem Hubraum von mehr als 1000 cm³ mit geregeltem Katalysator versehen, so würden die NO_x-Emissionen gegenüber dem Referenzfall um 10 % auf 7,7 kt NO_x/a absinken (Abb. 8, Kurve "Maximale Minderung bei PKW").

Um schneller wirksame Schadstoffminderungen zu erreichen, müssen Altfahrzeuge nachgerüstet werden, z. B. mit Abgasrückführung und unreguliertem Katalysator. Werden diese Maßnahmen in den nächsten Jahren so

eingesetzt, daß etwa 50 % der Altfahrzeuge nachgerüstet werden, so ergibt sich der in Abb. 8, Kurve "Nachrüstung 50 %" dargestellte Emissionsverlauf.

Im Jahr 2000 werden ca. 5,2 kt NO_x/a , das sind über 60 % der gesamten Emissionen des Verkehrs im Referenzfall, durch LKW verursacht. Mögliche Minderungsmaßnahmen bei LKW sind z.B. Aufladung und Ladeluftkühlung. Da Daten in diesem Bereich weitgehend fehlen, ist eine Quantifizierung der Auswirkungen solcher Maßnahmen nicht möglich.

Die SO_2 -Emissionen des Verkehrs steigen im Referenzfall von 0,6 auf 0,8 kt SO_2/a an, weil die Zahl der Dieselfahrzeuge zunimmt. Die einzige empfehlenswerte Maßnahme zur Minderung dieser Emissionen ist die weitergehende Entschwefelung des Dieselkraftstoffs auf ca. 0,15 % Schwefelgehalt. Bei SMK von 6,5 DM/kg SO_2 entstehen dadurch Emissionsminderungen von ca. 0,3 kt SO_2/a .

Über technische Maßnahmen hinaus wurde auch eine Reihe planerischer Maßnahmen untersucht. Langfristig erscheint dabei eine stärkere Nutzungsmischung, durch die die von der Wohnung zum Arbeitsplatz oder zur Naherholung zurückzulegenden Wege verkürzt werden, erstrebenswert.

Kurz- und mittelfristige Maßnahmen haben allerdings - im Vergleich zu technischen Maßnahmen am PKW - ein wesentlich geringeres Potential. An erster Stelle steht hier die Vergleichmäßigung und Verflüssigung des Verkehrs. In Bereichen, wo dies nicht möglich ist, können sog. blaue Ampeln, die den Autofahrer zum Abstellen des Motors bei ampelgeregelten Kreuzungen auffordern, eingesetzt werden (Potential 0,02 kt NO_x/a , SMK 10-40 DM/kg NO_x). Erwägenswert ist auch ein Tempolimit auf viel befahrenen Straßen mit hoher Durchschnittsgeschwindigkeit, wobei dies als vorübergehende Maßnahme bis zur Durchsetzung technischer Maßnahmen, insbesondere des Katalysators, angesehen werden kann. Beim Radwegnetz verhindert die un günstige topographische Lage Stuttgarts eine positive Bewertung (Potential ca. 0,024 kt NO_x/a , SMK ca. 17-40 DM/kg NO_x). Selbst eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens des öffentlichen Nahverkehrs um z. B. 10 % bringt nur ein Minderungspotential von 0,12 kt NO_x/a ; mit schrittweiser Einführung schadstoffarmer Autos vermindert sich dieses Potential zudem auf ca. 0,04 kt NO_x/a .

Eine möglichst weitgehende Minderung der NO_x -Emissionen ist somit vor allem durch den Einsatz technischer Schadstoffminderungsmaßnahmen, insbesondere des geregelten Dreiwegkatalysators, in möglichst vielen Fahrzeugen erreichbar. Kurzfristige Erfolge bedingen zudem die weit-

gehende Nachrüstung von Altfahrzeugen. Mögliche Instrumente zur Durchsetzung dieser Maßnahmen sind z. B., abgesehen von den bereits existierenden Steuererleichterungen,

- eine umfassende Information der Autokäufer und -halter
- freiwillige Vereinbarungen mit der Automobilindustrie bezüglich des Angebots und des Mehrpreises von schadstoffarmen Autos und von Nachrüstungsmaßnahmen bei Altfahrzeugen
- die Unterstützung des Aufbaus eines flächendeckenden Angebots von bleifreiem Benzin,
- die Nachrüstung von Altfahrzeugen im Besitz der öffentlichen Hand.

Darüberhinaus können die Städte durch Durchführung der genannten planerischen Maßnahmen zur Emissionsreduzierung beitragen.

Durch die Schadstoffminderung bei PKW steigt der Anteil der NO_x -Emissionen durch die LKW an. Die bei LKW geplanten Minderungsmaßnahmen (z. B. reduzierte EG-Grenzwerte) führen nicht zu wesentlichen Reduzierungen der NO_x -Emissionen bei LKW. Daher erscheinen Maßnahmen in diesem Bereich erforderlich. Bevor jedoch konkrete Maßnahmen empfohlen werden können, müssen erst Grundlagendaten beschafft und Versuche durchgeführt werden.

4 Zusammenfassung

Die Aussichten auf erhebliche mittel- und langfristige Verbesserungen der Luftschadstoffbelastung in Stuttgart sind gut. Durch die beschlossenen und in die Wege geleiteten umweltpolitischen Maßnahmen, insbesondere

- die Umsetzung der Großfeuerungsanlagenverordnung und der TA Luft
- die geplante Substitution von schwerem Heizöl und Kohle durch Erdgas und Fernwärme
- die Einführung von schadstoffarmen PKW durch neue EG-Grenzwerte und Steuererleichterungen,

werden die SO_2 -Emissionen von ca. 10 kt SO_2 /a 1985 auf ca. 3,5 kt im Jahr 2000, d. h. um ca. 65 %, und die NO_x -Emissionen von ca. 16,5 kt NO_x /a 1985 auf ca. 11,3 kt, d. h. um ca. 32 %, abnehmen. Voraussetzung für diese Minderung ist eine konsequente Umsetzung der bereits vorhandenen Maßnahmen und Instrumente. Die Durchführung dieser Maßnahmen kostet etwa 100 Mio DM/a, davon werden 70 Mio DM/a im Bereich der öffentlichen Kraftwerke eingesetzt.

Weitere Emissionsminderungen sind möglich. Beim SO_2 hat neben verschiedenen sektorspezifischen Maßnahmen insbesondere die weitergehende Entschwefelung des leichten Heizöls und Dieselkraftstoffs besonderes Gewicht.

Aufgrund der prozentual geringeren Emissionsminderung und der relativ hohen Immissionen kommt jedoch einer weitergehenden Verringerung der NO_x -Emissionen größere Bedeutung zu. Hier sind z. B. im Bereich der Hausheizungen Techniken vorhanden, die bei vertretbaren Mehrkosten zu weiteren Minderemissionen (ca. 0,4 kt NO_x /a) führen. Hauptemittent bleibt jedoch auch im Jahr 2000 der Verkehr: Werden hier weitere Emissionsminderungen gewünscht, so ist es erforderlich, neben einer möglichst weitgehenden Einführung von Dreiwegekatalysatoren und der Nachrüstung von Altfahrzeugen, unterstützt durch verkehrsplanerische Maßnahmen, insbesondere auch Maßnahmen zur Verringerung der NO_x -Emissionen der LKW zu entwickeln und durchzusetzen.

Literaturverzeichnis

/1/ A. Voß u. Mitarb.:

Kosten-Effektivitäts-Analyse von Maßnahmen zur Reduzierung der SO_2 - und NO_x -Emissionen in Ballungsräumen am Beispiel der Stadt Stuttgart, Abschlußbericht, KFK-PEF, in Vorbereitung

/2/ Technische Werke der Stadt Stuttgart AG (Hrsg.):

Der Wärmeatlas Stuttgart

Schriftenreihe Energieversorgungskonzepte Band 1, Stuttgart, 1983

/3/ Nachbarschaftsverband Stuttgart (Hrsg.):

Verkehrsuntersuchung im Gebiet des Nachbarschaftsverbandes

Stuttgart und der Landkreise Böblingen, Esslingen und Ludwigsburg; Stuttgart März 1985

/4/ Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.):

Bericht der Arbeitsgruppe "Energiebedarf-Umwelt-Kraftwerksbetrieb", Stuttgart 1983

/5/ Friedrich, R., A. Voß, E. Ruff:

Fünf Vorschläge für reinere Luft, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 34, Heft 8, 1984

- /6/ Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.):
Minderung von Stickoxidemissionen an Kohlekraftwerken in Baden-
Württemberg, Stuttgart 1984
- /7/ Friedrich, R., M. Mattis, A. Voß:
Entstickung in sechs Schritten, Energiewirtschaftliche Tages-
fragen 35, Heft 1, 1985
- /8/ Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.):
Wirtschaftliche Entwicklung-Umwelt - Industrielle Produktion,
Stuttgart 1986