

Kosten-Effektivitäts-Analyse von Maßnahmen zur Reduzierung der
SO₂- und NO_x-Emissionen in Ballungsgebieten am Beispiel der
Stadt Stuttgart

M. Mattis, B. Boysen, R. Friedrich, A. Voß
Institut für Kernenergetik und Energiesysteme
Universität Stuttgart

Zusammenfassung

Kosten und Effektivität verschiedener Maßnahmen zur Reduzierung von SO₂- und NO_x-Emissionen in großen Städten werden am Beispiel der Stadt Stuttgart untersucht. Dazu werden SO₂- und NO_x-Emissionen bis zum Jahr 2000 in Stuttgart in allen Sektoren stadtteilweise berechnet.

Anschließend werden Maßnahmen zur Minderung von SO₂- und NO_x-Emissionen in den Sektoren (Kraftwerke, sonstige genehmigungsbedürftige Anlagen, nicht genehmigungsbedürftige Anlagen, Verkehr) identifiziert und analysiert. Ihre Anwendung wird simuliert und die dabei entstehenden Kosten und Emissionsminderungen ermittelt. Aus den Ergebnissen werden Empfehlungen für eine möglichst effiziente Umweltpolitik abgeleitet.

Summary

Cost-Effectiveness-Analysis of Strategies to Reduce SO₂- and NO_x-
Emissions in Urban Areas

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

On the example of the city of Stuttgart costs and effectiveness of several methods to reduce the SO₂ and NO_x-emissions are investigated. Therefore the present and the future SO₂- and NO_x-emissions are calculated. They are split up into four sectors: power plants, plants >1 MW_{th}, plants < 1 MW_{th} and transportation. Furthermore the calculations give the results for each of Stuttgart's city-districts separately.

Subsequently measures for the reduction of SO₂- and NO_x-emissions in all sectors are identified and analyzed. To determine the costs and the reduction of the emissions the application of abatement-methods is simulated. Suggestions for an environmental policy as efficient as possible are deduced from the result of these calculations.

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. Ausgehend von den spezifischen Minderungskosten einzelner emissionsmindernder Maßnahmen lassen sich dann kosteneffizientere Emissionsminderungsstrategien entwickeln.

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. Hauptsächlichste Emitter 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 hohe Emissionen aufweisen. Die Grundstoffindustrie ist jedoch in Stuttgart kaum vertreten. Die Haushalte und Kleinverbraucher tragen mit 18,9 % bei SO_2 und 7,3 % 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.

3 Die Entwicklung der Emissionen und Maßnahmen zur Emissionsminderung

3.1 Öffentliche Kraftwerke

Die Technischen Werke der Stadt Stuttgart AG betreiben in Stuttgart-Gaisburg ein Kraftwerk mit 2 Blöcken und ein Heizkraftwerk mit derzeit 3 Kesseln sowie eine Gasturbine, in Münster steht ein Sammelschienenkraftwerk mit 4 Kesseln, 3 Müllkesseln sowie separat 3 Gasturbinen. Aufgrund der Bestimmungen der GFAVO (einschließlich der Dynamisierungsklausel), von Vereinbarungen im Rahmen zweier Kommissionen der Landesregierung /1 bis 4/ und von freiwilligen zusätzlichen Leistungen der TWS werden bzw. wurden umfangreiche Schadstoffminderungsmaßnahmen durchgeführt.

Diese Maßnahmen führen trotz steigendem Stromverbrauch /4/ zu einer Abnahme der SO₂-Emissionen von 5,6 kt/a 1985 auf 1,2 kt/a im Jahr 2000, d. h. um 78 % (Abb. 1) 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 %.

1986 sind die Emissionen gegenüber 1985 angestiegen, weil in diesem Jahr - bedingt u. A. 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 SO₂
- für die Maßnahmen zur NO_x-Minderung (insbesondere SCR-Anlagen): 10 DM/kg NO_x.

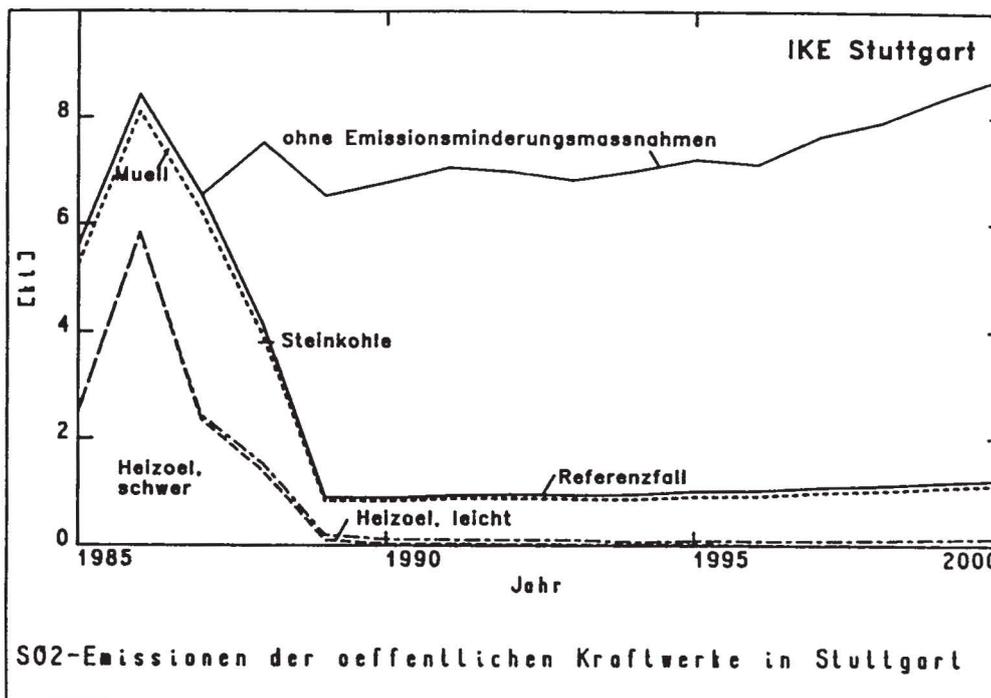


Abb. 1 SO₂-Emissionen der öffentlichen Kraftwerke in Stuttgart

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. 1 gezeigten Emissionsminderungen dann verwirklicht, wenn Menge und Schwefelgehalt des eingesetzten schweren Heizöls begrenzt bleiben.

3.2 Genehmigungsbedürftige Anlagen (ohne öffentliche Kraftwerke)

In Stuttgart gibt es neben den öffentlichen Kraftwerken 175 Anlagen, die nach der alten 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.

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 notwendige Einhaltung der verschärften Grenzwerte der TA Luft und der GFAVO werden die SO_2 -Emissionen sehr deutlich von 2,4 kt/a 1985 auf 0,7 kt/a bis 1990 (um 70 %) zurückgehen. Beim NO_x 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 nennenswertem Umfang NO_x emittieren.

Ohne die geplanten Umrüstungen von Anlagen auf Gas und Fernwärme und ohne die Grenzwerte der TA Luft und der GFAVO, aber unter Berücksichtigung von Energieeinsparungen, wurden die SO_2 - und NO_x -Emissionen aus genehmigungsbedürftigen Anlagen etwa konstant bleiben.

Es sind noch weitere Minderungen durch eine forcierte Fernwärmeausbaustrategie von ca. 0,15 kt SO_2 /a und 0,1 kt NO_x /a möglich, allerdings müssen dabei die Mehremissionen in den Heizkraftwerken berücksichtigt werden.

Untersucht wurden darüberhinaus weitergehende Möglichkeiten zur Rauchgasreinigung. Günstige SMK für Rauchgasentschwefelungsanlagen ergeben sich vor allem bei Anlagen mit hoher Auslastung z. B. in der Grundstoffindustrie. In Stuttgart sind solche Anlagen kaum vorhanden. Bei der in dieser Beziehung günstigsten Feuer-

rungsanlage in Stuttgart würden die Kosten bei 6 DM/kg SO₂ liegen, 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 ca. 0,02 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 der erreichbaren Minderungseffekte ist allerdings wegen der je nach Feuerungsart, -typ und -einstellung sehr unterschiedlichen Emissionsfaktoren nicht möglich.

3.3 Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen

Die Daten über die nach der 4. BImSchV nicht genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen, insbesondere über die Hausheizungen, wurden dem "Wärmeatlas" der TWS entnommen /5/. Diese Anlagen emittierten 1985 1,1 kt SO₂ und 1,0 kt NO_x. Aufgrund von Energieeinsparungen und Brennstoffsubstitutionen könnte - ohne zusätzliche Maßnahmen - eine Reduktion dieser Emissionen auf 0,7 kt SO₂ und 0,9 kt NO_x bis zum Jahr 2000 erfolgen. Darüberhinaus sind folgende Maßnahmen zur SO₂-Minderung möglich (in Klammern ist das zugehörige Minderungspotential angegeben) und wegen niedriger SMK auch empfehlenswert:

- verstärkte Substitution von Öl durch Gas (ca. 0,3 kt SO₂/a)
- Ersatz vorhandener Öleinzelföfen durch moderne Öleinzelföfen ca. 0,06 kt SO₂/a)
- Ersatz von Kohleöfen durch Gasöfen (ca. 0,1 kt SO₂/a)
- weitergehende Entschwefelung von leichtem Heizöl von 0,28 % auf 0,15 % Schwefelgehalt (ca. 0,3 kt SO₂/a).

Die SMK dieser Maßnahmen liegen im Bereich von 0 bis 17 DM/kg SO₂. Rauchgaswäscher führen derzeit erst ab etwa 200 kW und hoher Auslastung der Anlage zu konkurrenzfähigen SMK.

Zur Reduzierung der NO_x-Emissionen sind folgende Maßnahmen (Abb. 2) möglich:

- Einsatz neuer Brenner (< 50 kW) bzw. Gebläsebrenner mit gestufter Luftzufuhr bei Ölzentralheizungen (ca. 0,07 kt NO_x/a, SMK 8 DM/kg NO_x)

- Einsatz von Brennern mit Edelstahleinsatz in Gas ZH (0,12 kt NO_x, keine Mehrkosten)
- Einsatz von Gasgebläseburnern in Anlagen > 100 kW (0,06 kt NO_x/a, keine Mehrkosten), in Anlagen < 100 kW (ca. 0,12 t SMK ca. 13 DM/kg NO_x)
- Einsatz neuer Gasspezialkesseln mit überstöchiometrisch vor-mischendem Brenner (0,2 kt NO_x/a, SMK 9 DM/kg NO_x).
- Edelstahl- und Keramikeinsätze bei Gaseinzelöfen und -etagen-heizungen (0,09 kt NO_x/a, kaum Mehrkosten)

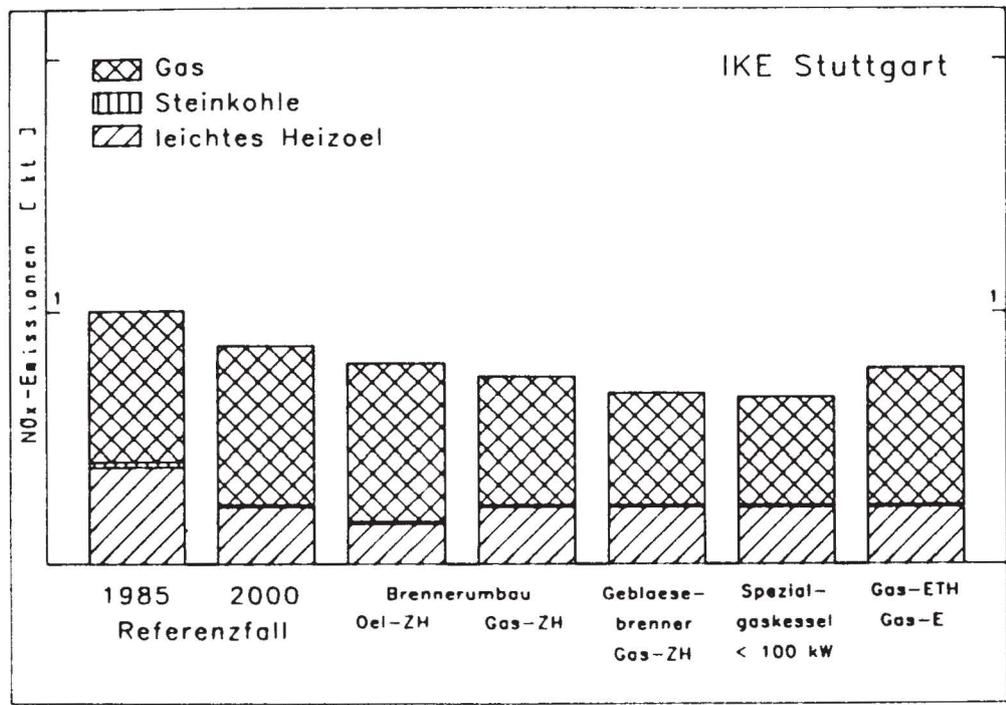


Abb. 2: NO_x-Emissionen der nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen im Referenzfall und bei Durchführung verschiedener Maßnahmen

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.

3.4 Verkehr

Für den Sektor Verkehr beruhen die Emissionsberechnungen auf den Daten der Verkehrsuntersuchung des Nachbarschaftsverbandes Stuttgart aus dem Jahr 1981 /6/. Die Rechnungen ergeben für das Jahr 1985 ca. 11 kt NO_x- und ca. 0,6 kt SO₂-Emissionen. An den NO_x-Emissionen ist der LKW-Verkehr zu 42 % beteiligt. Beim SO₂ liegt der Anteil bei ca. 65 %.

Bis zum Jahr 2000 wird mit einer Steigerung des PKW-Verkehrs von 5 % und des LKW-Verkehrs von 15 % gerechnet. Läßt man den Einsatz von Emissionsminderungsmaßnahmen außer acht, berücksichtigt jedoch den höheren Dieselanteil am PKW-Bestand, so ergeben sich im Jahr 2000 NO_x-Emissionen von 11,7 kt NO_x.

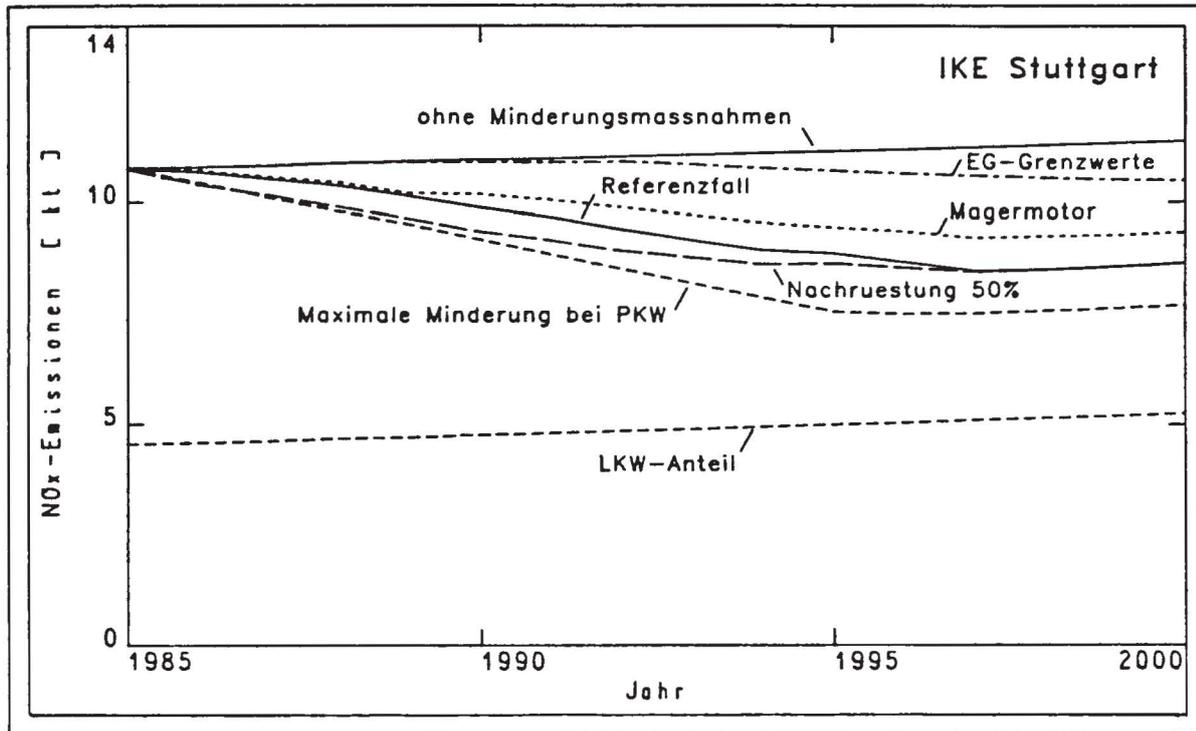


Abb. 3: NO_x-Emissionen des Verkehrs in Stuttgart bei verschiedenen Emissionensminderungsmaßnahmen

Unter der Annahme, daß nur die verabschiedeten gesetzlichen Regelungen gerade erfüllt werden, zeigt sich im Jahr 2000 eine Minderung von 10 % der NO_x-Emissionen (Abb. 3; Kurve EG-Grenzwerte) gegenüber dem Fall, daß keine Minderungsmaßnahmen ergriffen wurden.

Die Emissionen eines Referenzfalls werden niedriger liegen als bei genauer Erfüllung der EG-Grenzwerte, denn

- schon bisher werden schadstoffarme Fahrzeuge zugelassen und
- der geregelte Dreiwegekatalysator erreicht niedrigere Emissionen als von den EG-Grenzwerten gefordert.

Daher wird im Referenzfall ein Anwachsen des Anteils der Fahrzeuge mit geregelter Katalysator in den Hubraumklassen

- über 2000 ccm von 1985 bis 1989 und

- 1400 - 2000 ccm von 1985 bis 1993

auf 100 % angenommen. Bis 1993 wird in der Klasse zwischen 1400 und 2000 ccm teilweise ein unregelmäßiger Katalysator eingesetzt.

In der Klasse bis 1400 ccm werden die Grenzwerte mit Maßnahmen an den Motoren erreicht. Insgesamt sinken die NO_x-Emissionen

im Referenzfall von ca. 11 kt 1985 um 21 % auf ungefähr 8,5 kt im Jahr 2000 (Kurve "Referenzfall").

Die im Referenzfall berücksichtigten Maßnahmen kosten den Autofahrer in Stuttgart im Jahr 2000 ca. 47 Mio DM/a. Dabei betragen die SMK für den geregelten Katalysator je nach Hubraum des Fahrzeuges zwischen 15 und 20 DM/kg NO_x. Die für den unregelmäßigen Katalysator liegen mit ca. 16 bis 24 DM höher, weil seine Kosten zwar geringer sind, er jedoch mit 40 bis 60 % Minderung nicht die Effizienz des geregelten Katalysator von 70 bis 90 % erreicht.

In einem weiteren Fall wird angenommen, daß der Magermotor ab 1990 die Serienreife erreicht hat. Gegenüber dem Referenzfall

würde diese Primärmaßnahme eine Erhöhung um 0,8 kt NO_x oder 9 % bedeuten. Ob und inwieweit beim Einsatz des Magermotors Kosten entstehen, die als Emissionsminderungskosten in Rechnung zu stellen wären, ist nicht bekannt.

Die Emissionen können über den Referenzfall hinaus gemindert werden, indem sämtliche Neufahrzeuge ab 1985 mit dem geregelten Dreiwegekatalysator, ausgestattet werden. Gegenüber dem Referenzfall würde dies eine Reduzierung der Emissionen um 10 % auf 7,7 kt NO_x bewirken. Die Kosten dieser Maßnahme im Jahr 2000 für den Bereich der Stadt in Stuttgart betragen ca. 60 Mio DM/a.

In der Nachrüstung der Altfahrzeuge liegt ein weiteres Emissionsminderungspotential. Im Fall "Nachrüstung 50 %" wird die Annahme getroffen, daß bis zu 50 % der Altfahrzeuge mit AGR oder ungeregeltem Katalysator nachgerüstet werden. Die NO_x-Emissionen werden in diesem Fall schneller sinken, erreichen jedoch im Jahr 1997, wenn fast alle Alt- durch Neufahrzeuge ersetzt sind wieder das Emissionsniveau des Referenzfalles.

Im Jahr 2000 tragen die NO_x-Emissionen aus LKW zu über 60 % zu den NO_x-Emissionen des Verkehrs bei. Im Jahr 1985 waren es nur 42 %. Möglichkeiten zur Emissions-Reduzierung bestehen in der Abgasrückführung und der Ladeluftkühlung, jedoch ist eine Quantifizierung dieser Maßnahmen derzeit nicht möglich.

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.

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 weitgehende Nachrüstung von Altfahrzeugen. Darüberhinaus können die Städte durch Durchführung von 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 weitergehende Maßnahmen in diesem Bereich untersuchenswert.

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
- werden die SO₂-Emissionen wesentlich gesenkt werden.

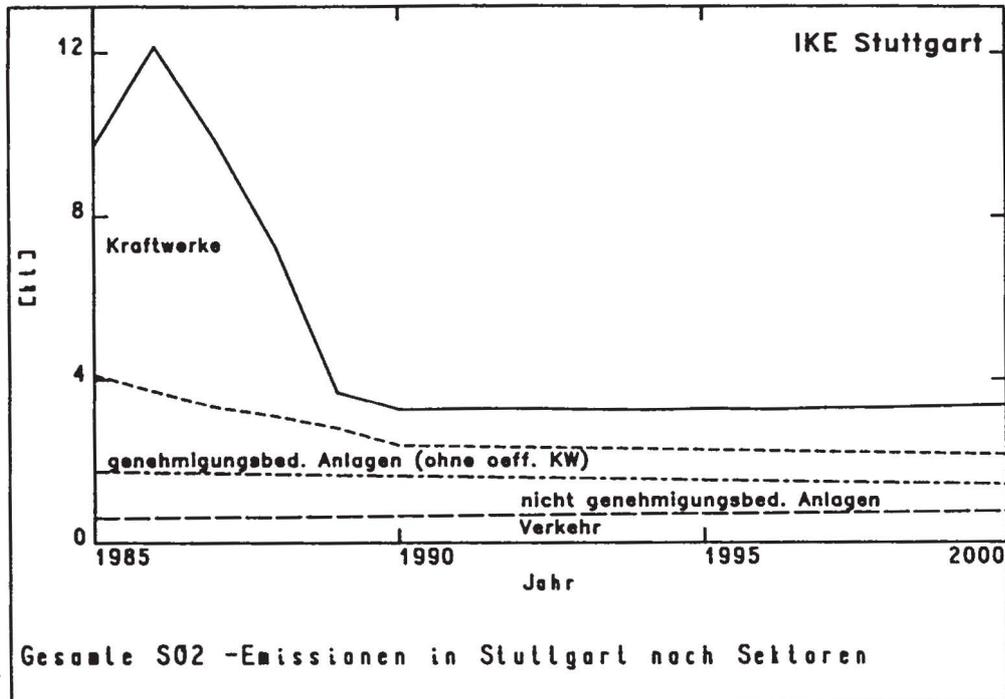


Abb. 4: Gesamte SO₂-Emissionen in Stuttgart nach Sektoren

Abb. 4 zeigt den Verlauf der SO₂-Emissionen bis zum Jahr 2000. Aufgrund der im Abschnitt "Kraftwerke" erwähnten Sachverhalts sind die SO₂-Emissionen von 1985 bis 1986 von 9,7 kt auf ca. 12 kt angestiegen. Sie werden dann auf 3,7 kt im Jahr 1989 und ca. 3,5 kt im Jahr 2000, d. h. um ca. 65 %, absinken. Die wesentlichen SO₂-Reduktionen sind auf Grund der Umsetzung der GFAVO und der TA Luft in den Sektoren Kraftwerke und genehmigungsbedürftige Anlagen zu erwarten.

In Stuttgart ist die räumliche Verteilung der Emissionen wegen der Talkessellage der Innenstadtbezirke von besonderer Bedeutung. Abb. 5 und 6 stellen die Entwicklung der SO₂ Emissionen in den 23 Stadtbezirken nach Sektoren dar. Besonders auffällig ist der Rückgang der SO₂-Emissionen an den beiden Kraftwerksstandorten und aus genehmigungsbedürftigen Anlagen in 2 Stadtbezirken.

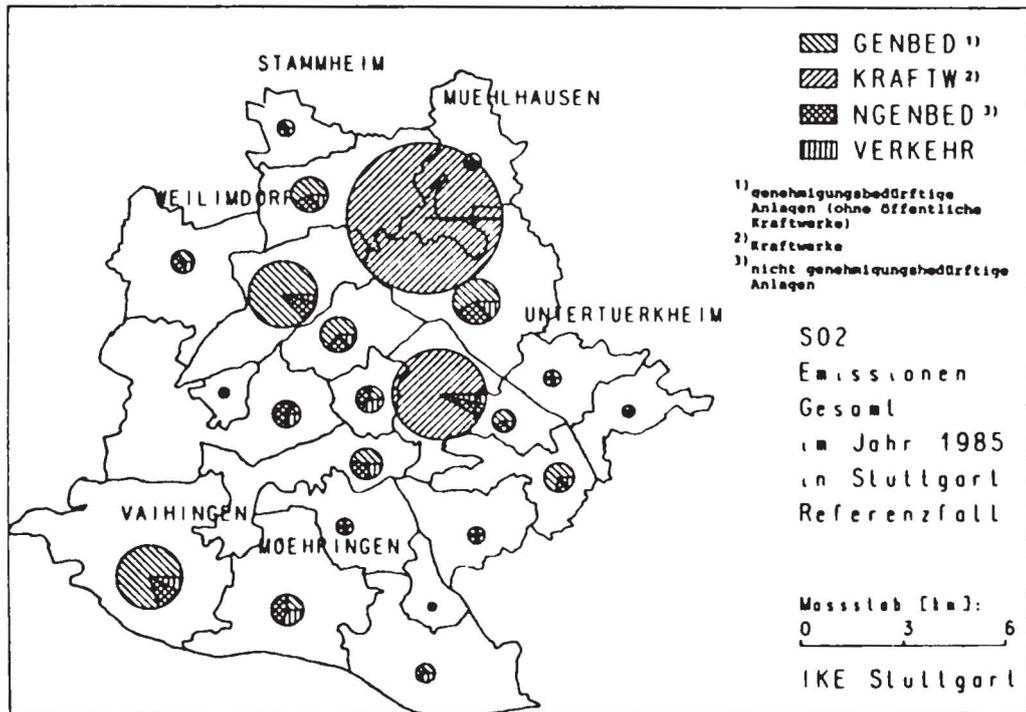


Abb. 5:

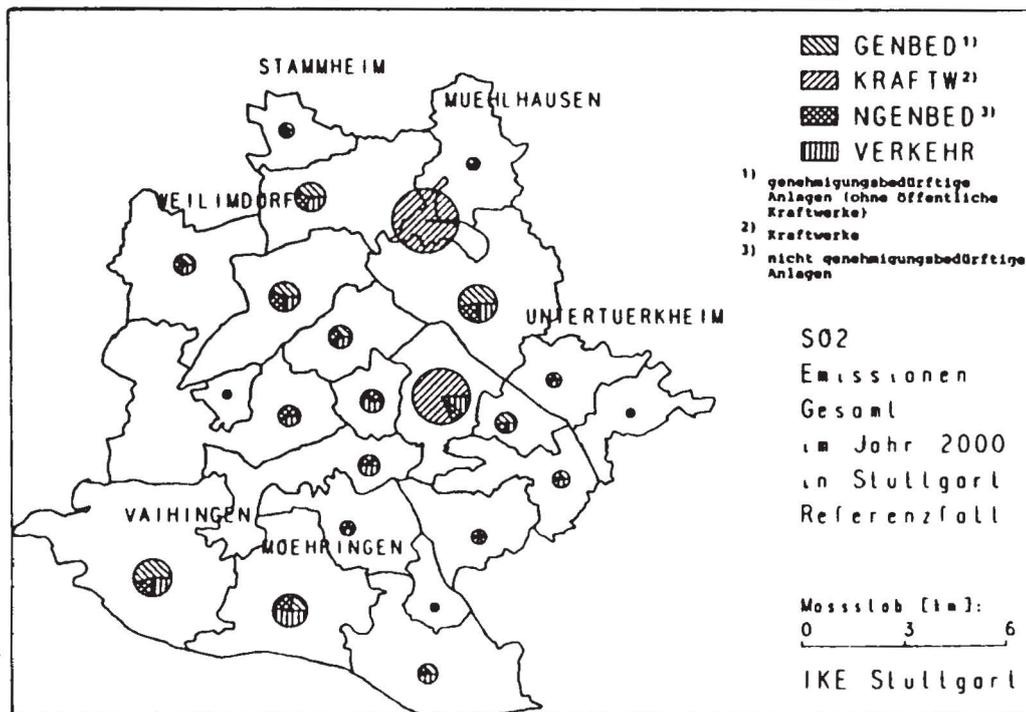


Abb. 6:

Im Jahr 2000 werden die SO₂-Emissionen in den Innenstadtbezirken vorwiegend aus dem Verkehr und den nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen resultieren. Das legt Überlegungen nahe, besonders im Bereich Hausbrand und beim Verkehr auch auf eine weitere SO₂-Minderung zu drängen. Dies ist durch die weitergehende Entschwefelung von leichtem Heizöl und Dieselkraftstoff sowie durch die Substitution von Kohlefeuerungen möglich. Damit wäre auch eine Minderung der SO₂-Emissionsspitzen während der Heizperiode zu

erreichen.

Die NO_x-Emissionen werden vor allem durch die Einführung von schadstoffarmen PKW auf Grund neuer EG-Grenzwerte und zusätzlich auf Grund von Steuererleichterungen gemindert. Sie sinken von ca. 16,5 kt NO_x/a 1985 auf ca. 11,3 kt, d. h. um ca. 32 %. Voraussetzung für diese Minderung ist die konsequente Umsetzung der im Referenzfall beschriebenen Maßnahmen.

Die Durchführung aller Maßnahmen im Referenzfall kostet zusätzlich etwa 120 Mio DM/a, davon werden 70 Mio DM/a im Bereich der öffentlichen Kraftwerke eingesetzt.

Aufgrund der relativ hohen NO_x-Immissionen kommt einer weitergehenden Verringerung der NO_x-Emissionen große 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 für notwendig erachtet, so ist es erforderlich, neben einer möglichst weitgehenden Einführung von Dreibegekatalsatoren und der Nachrüstung von Altfahrzeugen, unterstützt durch verkehrsplanerische Maßnahmen, auch Maßnahmen zur Verringerung der NO_x-Emissionen bei den LKW zu entwickeln und durchzusetzen.

- /1/ Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.):
Bericht der Arbeitsgruppe "Energiebedarf-Umwelt-Kraftwerksbetrieb", Stuttgart 1983
- /2/ Friedrich, R., A. Voß, E Ruff:
Fünf Vorschläge für reinere Luft, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 34, Heft 8, 1984
- /3/ Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.):
Minderung von Stickoxidemissionen an Kohlekraftwerken in Baden-Württemberg, Stuttgart 1984
- /4/ Friedrich, R., M. Mattis, A. Voß:
Entstickung in sechs Schritten, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 35, Heft 1, 1985
- /5/ Technische Werke der Stadt Stuttgart AG (Hrsg.):
Der Wärmeatlas Stuttgart
Schriftenreihe Energieversorgungskonzepte Band 1, Stuttgart, 1983
- /6/ Nachbarschaftsverband Stuttgart (Hrsg.):
Verkehrsuntersuchung im Gebiet des Nachbarschaftsverbandes Stuttgart und der Landkreise Böblingen, Eßlingen und Ludwigsburg; Stuttgart März 1985