

Untersuchung von umweltpolitischen Instrumenten zur
Durchsetzung von effizienten Maßnahmen zur Luftreinhaltung

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

Verschiedene Instrumente der Umweltschutzpolitik wie Auflagen, Abgaben, Zertifikate, Ausgleichsregelung, Subventionen und freiwillige Vereinbarungen sollen auf ihre Effizienz, d. h. vor allem auf ihre Fähigkeit, gewünschte Emissionsminderungen mit den geringstmöglichen Kosten zu erreichen, hin untersucht werden. Insbesondere soll ermittelt werden, welche Parameter, Parameterwerte usw. bei "intelligenten" Auflagenlösungen gewählt werden müssen, damit möglichst die optimalen Maßnahmen zur Schadstoffminderung durchgeführt werden. Dazu werden die Auswirkungen des Einsatzes verschiedener Instrumente anhand von Modellrechnungen ermittelt. Die jeweils entstehenden Kosten und Minderemissionen werden berechnet und mit denen verglichen, die bei Durchführung von optimalen Maßnahmen mit den geringsten Kosten pro kg vermiedenem Schadstoff erreicht werden. Darüberhinaus werden weitere Kriterien wie Durchsetzbarkeit, Schnelligkeit der Umsetzung, Verwaltungsaufwand, Auswirkungen auf den Wettbewerb usw. zur Bewertung herangezogen.

Summary

Evaluation of instruments for realising efficient measures for
emission control

R. Friedrich, M. Mattis, A. Voß

Different approaches to environmental protection such as standards, charges, marketable permits, subsidies, offset policies and voluntary agreements will be investigated with regard to their efficiency, that means the ability to lower the emission with the least costs possible.

Using scenarios of the future development of the SO₂- and NO_x-emissions in Baden-Württemberg, the effects of different instruments are evaluated. Costs and reductions of emissions are evaluated and compared. Other criteria such as rapidity and degree of realization, costs for administration, economic consequences, a.s.o. are also used for the evaluation.

1 Problemstellung

Es ist Ziel jeder Politik, mit den gegebenen Ressourcen eine möglichst hohe Wohlfahrt zu erreichen, wobei der Begriff der Wohlfahrt auch die Umweltqualität mit erfaßt. Daraus läßt sich - etwas vereinfacht - im Rahmen der ökonomischen Theorie der Umwelt die folgende Handlungsanweisung für eine rationale Umweltpolitik ableiten:

Die Umweltpolitik hat dasjenige Niveau der Luftschadstoffbelastung anzustreben, bei dem die Grenzkosten der Schadstoffminderung gerade den Grenzschäden, die durch die Schadstoffemissionen entstehen, entsprechen.

Die dabei einzusetzenden Schäden, die von Luftschadstoffen hervorgerufen werden, umfassen nicht nur monetär wenigstens im Prinzip leicht erfaßbare Schäden - z. B. Verwitterung und Verschmutzung von Außenflächen-, sondern auch monetär schwieriger zu bewertende negative Wirkungen wie Gesundheitsschäden oder Waldschäden, bis hin zu Nachteilen wie Verminderung des Erholungswertes oder negativen Empfindungen.

Diese Handlungsanweisung betrachtet nur Schadenssummen, nicht aber die Verteilung der Schäden auf einzelne Individuen. Sie muß daher im allgemeinen ergänzt werden durch ein Ausschlußkriterium, das den individuellen Schaden jedes einzelnen Menschen begrenzt bzw. vermeidet.

Um im folgenden einige Punkte besser verdeutlichen zu können, ist die genannte Handlungsanweisung in Abb. 1 schematisch dargestellt.

Ausgehend von einer Situation mit geringem Einsatz von Umweltschutzmaßnahmen (U_0) sind die Kosten der Umweltverbesserung sowie die Kosten der Umweltbelastung (einschl. der nicht monetär berechenbaren Nachteile) jeweils über dem Niveau der Umweltbelastung aufgezeichnet. Die Summe dieser Kurven ergibt die Kurve der Gesamtkosten bzw. Gesamtnachteile, deren Minimum der optimale Zu-

stand ist. Notwendige Bedingung für ein Minimum dieser Kurve ist, daß die Ableitung der Kurve bzw. die gesamten Grenzkosten Null sind, woraus die obengenannte Bedingung (Grenzkosten = Grenzscha- den) resultiert.

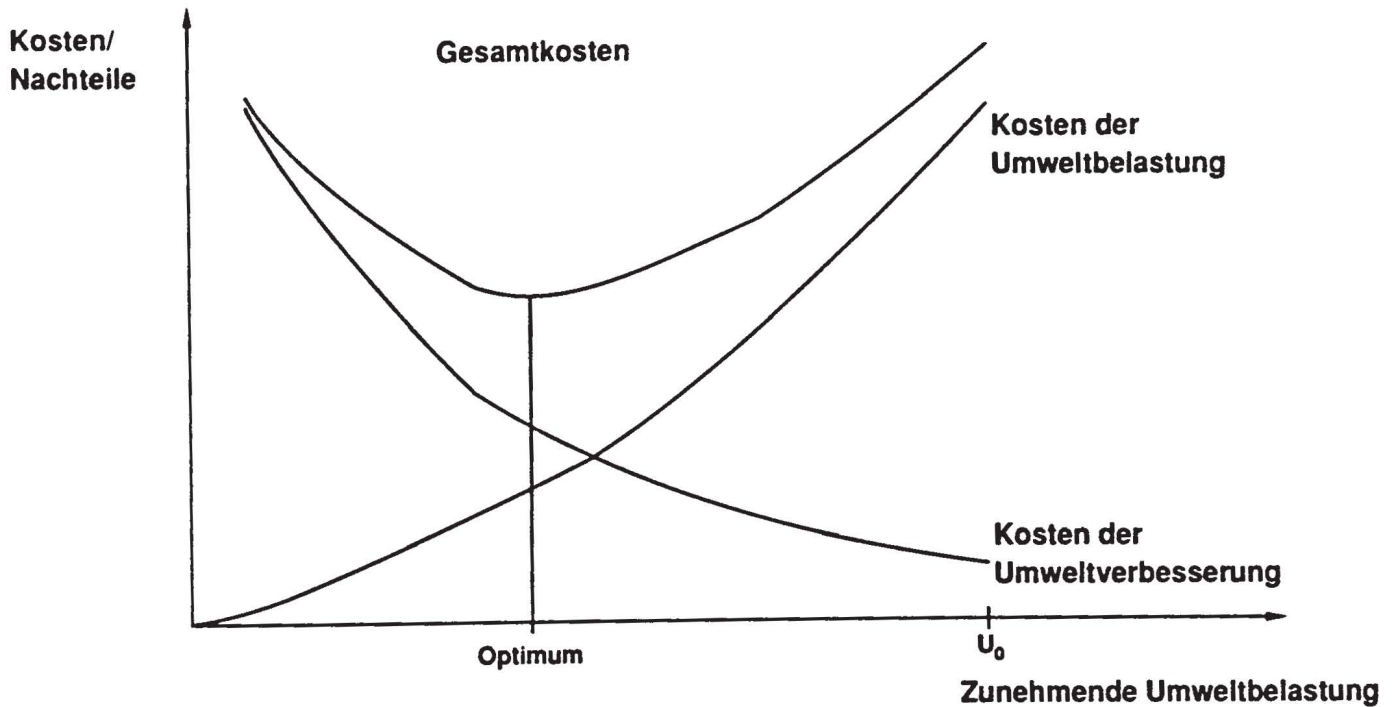


Abb. 1: Schematische Darstellung der Kosten/Nachteile der Umweltnutzung.

Um diese theoretische Überlegung wenigstens ansatzweise in praktische Handlungsanweisungen für die Umweltpolitik umsetzen zu können, sollen die folgenden Fragestellungen im Rahmen dieses Projekts mit Hilfe systemtechnischer Methoden untersucht werden:

- Welche Kombination bzw. Reihenfolge von Maßnahmen führt zu einer vorgegebenen Umweltqualität mit minimalen Kosten? Welches sind somit die effizientesten Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen, die den gewünschten Effekt mit den geringstmöglichen volkswirtschaftlichen Kosten bzw. Nachteilen erreichen?
- Wie, d. h. durch den Einsatz welcher umweltpolitischer Instrumente läßt sich erreichen, daß gerade die effizientesten Maßnahmen durchgeführt werden?

- Inwieweit läßt sich - bei Anwendung der vorgenannten Handlungsanweisung für eine rationale Umweltpolitik - das anzustrebende Niveau der Luftschadstoffbelastung heute bereits abschätzen?

Um diese Fragen zu beantworten, wird folgendermaßen vorgegangen:

Zunächst wird eine Datenbank erstellt, die detaillierte Daten über die Emittentenstruktur in Baden-Württemberg enthält. Da auch die Möglichkeiten einer Regionalisierung der Abgaben oder Auflagen diskutiert werden sollen, werden die Daten kreisweise erhoben und bereitgestellt. Aufbauend auf diesen Daten wird zunächst ein Referenzszenario der Entwicklung der Emittentenstruktur sowie deren Energieverbrauch und deren Emissionen erstellt. Davon ausgehend wird die Durchführung verschiedener Emissionsminderungsmaßnahmen sowie Maßnahmenkombinationen simuliert, dabei werden insbesondere die Effektivität, d. h. die erreichte Schadstoffminderung, und die dabei entstehenden Kosten bzw. sonstigen Nachteile ermittelt. Die Berücksichtigung von Kombinationen von Maßnahmen ist dabei immer dann erforderlich, wenn sich bei gleichzeitiger Durchführung der Maßnahmen Effektivität und/oder Kosten von Maßnahmen gegenseitig beeinflussen.

Anschließend werden die Maßnahmen bzw. -kombinationen nach steigenden spezifischen Minderungskosten (Kosten pro kg weniger emittiertem Schadstoff) geordnet. Die Simulation der sukzessiven Durchführung dieser Maßnahmen - beginnend mit der Maßnahme mit den geringsten spezifischen Minderungskosten - ergibt dann die maximale Emissionsminderung in Abhängigkeit von den dazu erforderlichen Kosten. Trägt man die Kosten über den noch verbleibenden Emissionen auf, so erhält man eine Kostenkurve, die der Kostenkurve der Umweltverbesserung in Abb. 1 dann entspricht, wenn man - stark vereinfachend - annimmt, daß der durch Luftschadstoffemissionen beeinflusste Teil der Umweltbelastung proportional zu den Emissionen ist; unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen, unterschiedliche Emissions-Wirkungs-Beziehungen und Synergismen werden also vernachlässigt. Entsprechende Kostenkurven werden in Kap. 2 dieses Statusberichts vorgestellt.

Diese Kurven geben an, welche Mindestkosten für das Erreichen eines vorgebenen Emissionsminderungsniveaus aufzuwenden sind, bzw. welches minimale Emissionsniveau bei vorgegebenen Kosten erreichbar ist. Sie dienen daher als Maßstab zur Bewertung der Effizienz der verschiedenen umweltpolitischen Instrumente, deren Wirkung im nächsten Arbeitsschritt simuliert werden soll. Dazu werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Instrumente wie Abgaben, Zertifikate, Zuschüsse, Auflagen, Ausgleichs- und Blasen- ('bubble'-)lösungen zusammengestellt. Die Simulation der Maßnahmen zeigt zunächst die Effizienz der Maßnahmen im Vergleich zur optimalen Lösung auf. Daneben werden aber auch andere Kriterien wie Durchsetzbarkeit, Schnelligkeit der Umsetzung, Auswirkungen auf Wettbewerb und Energiesysteme usw. untersucht.

In einem weiteren Arbeitsschritt werden Daten über die Kosten der Umweltverschmutzung durch Luftschadstoffe zusammengetragen, um Anhaltspunkte über die Kosten der Umweltbelastung durch die emittierten Schadstoffe zu erhalten.

Die Bearbeitung des Vorhabens hat sich 1987 verzögert, sodaß im folgenden nur Zwischenergebnisse vorgelegt werden können, der Hauptteil der Arbeiten wird im Jahr 1988 durchgeführt werden.

2 Kostenkurve der Emissionsminderung

Wie bereits erwähnt, wurde in einem ersten Schritt zunächst ein Referenzfall ermittelt, der als Ausgangspunkt für die Berechnung der Emissionsminderungen bei Einsatz verschiedener Instrumente dient.

Er beschreibt somit die SO_2 - und NO_x -Emissionen, die entstehen würden, wenn keine zusätzlichen Emissionsminderungsmaßnahmen, auch nicht die bereits eingeleiteten neueren Maßnahmen (TA Luft, Großfeuerungsanlagenverordnung, neue EG-Grenzwerte für PKW) durchgeführt würden.

Ausgehend von diesem Referenzfall wurde die Anwendung verschiedener Maßnahmen simuliert. Nach Ordnung der verschiedenen Maßnahmen nach ansteigenden spezifischen Minderungskosten wurden die in Abb. 2 und 3 enthaltenen Kostenkurven ermittelt.

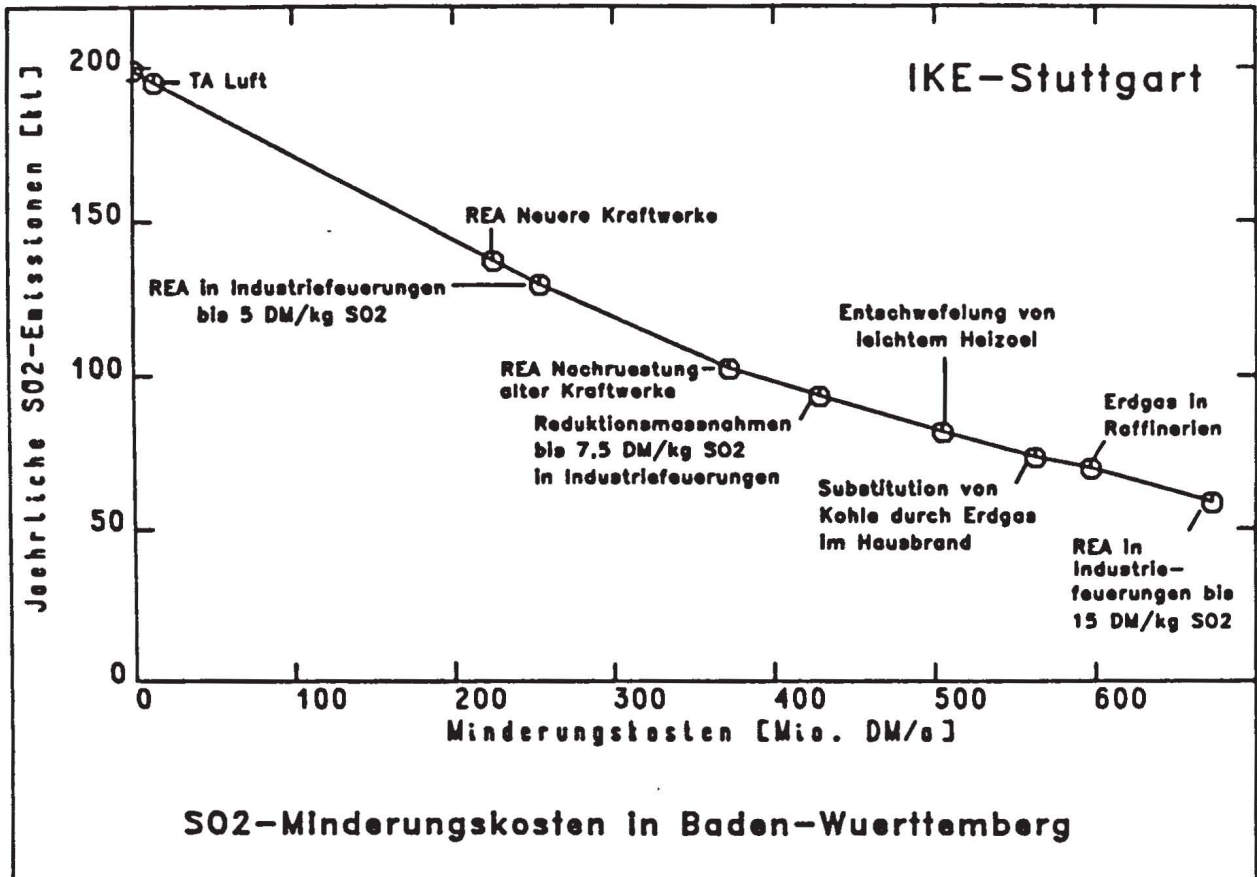


Abb. 2: Kosten der Reduzierung von SO₂-Emissionen in Baden-Wuerttemberg in Abhängigkeit von den erreichten jährlichen Emissionen - vorläufiges Ergebnis.

Bei beiden Kurven wurden, um die Übersichtlichkeit zu wahren, zahlreiche Einzelmaßnahmen in der Darstellung zu Maßnahmebündeln zusammengefaßt. Bei der SO₂-Kurve wurden Maßnahmen bis zu spezifischen Minderungskosten von 15 DM/kg SO₂ berücksichtigt. Es sind weitere Maßnahmen mit höheren spezifischen Kosten vorhanden. Bereits bis 15 DM/kg SO₂ ist eine Minderung um über 70% möglich; die Grenzkosten der untersuchten Maßnahmen nehmen von 1 bis 15 DM/kg SO₂ zu.

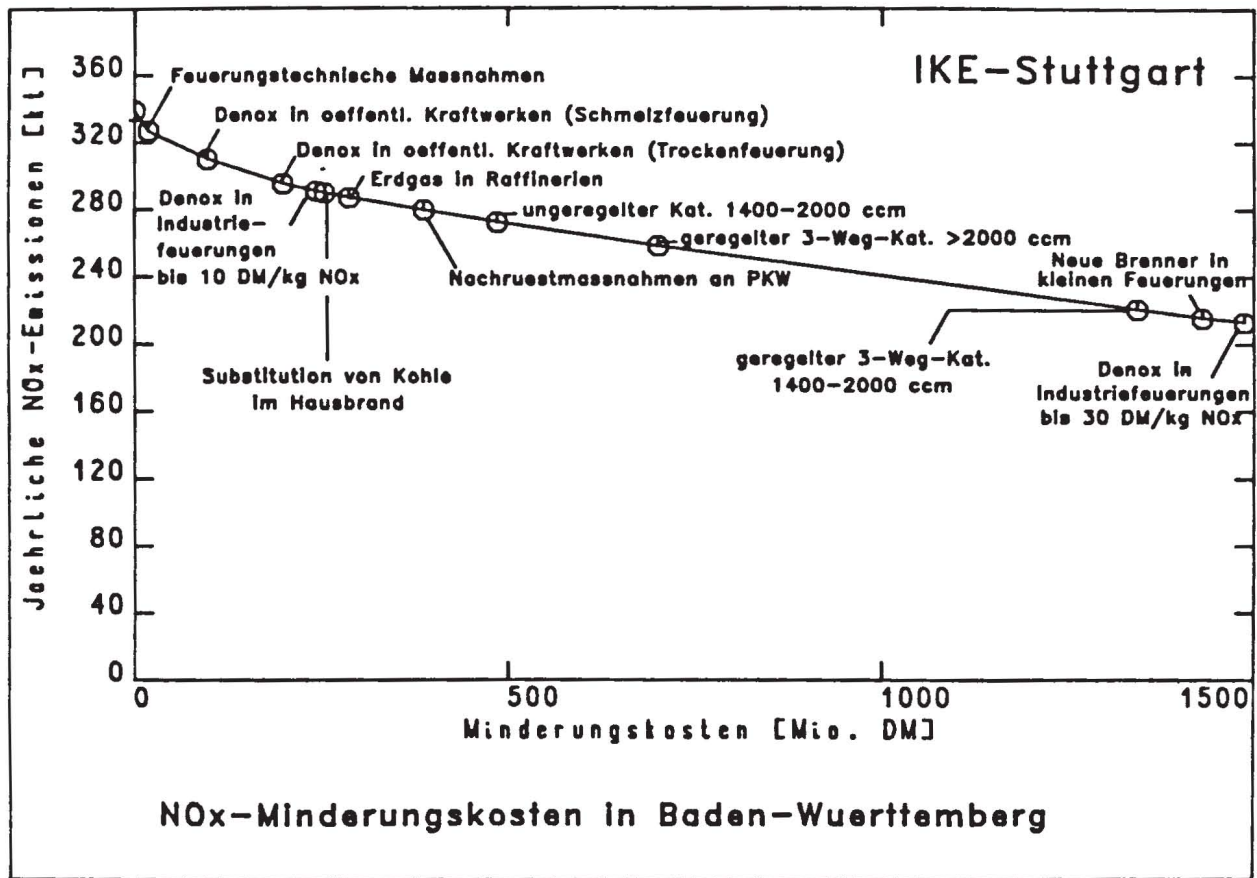


Abb. 3: Kosten der Reduzierung von NO_x-Emissionen in Baden-Wuerttemberg in Abhängigkeit von den erreichten jährlichen Emissionen - vorläufiges Ergebnis.

Beim NO_x wurden Maßnahmen mit spezifischen Minderungskosten bis 30 DM/kg NO_x untersucht - dennoch werden damit nur Minderungen von 37% erreicht. Dies liegt daran, daß der größte Teil der noch verbleibenden NO_x-Emissionen auf den LKW-Verkehr entfällt. Für LKW sind zwar Maßnahmen zur NO_x-Minderung prinzipiell bekannt, z. B. die Ladeluftkühlung, verlässliche Wirkungs- und Kostenangaben für solche Maßnahmen sind jedoch zur Zeit noch nicht verfügbar, sodaß solche Maßnahmen in die Kostenkurve nicht aufgenommen werden konnten.

3 Vergleich und Simulation des Einsatzes umweltpolitischer Instrumente

Der Arbeitsschritt, der den Schwerpunkt der Arbeit bildet, nämlich die Simulation des Einsatzes umweltpolitischer Instrumente, ist noch nicht abgeschlossen, da zunächst die Referenzfälle entwickelt werden mußten. Ebenfalls noch nicht abgeschlossen ist der Vergleich und die systematische Darstellung der Vor- und Nachteile der verschiedenen Instrumente. Dabei wird Wert darauf gelegt, nicht nur die eher theoretischen Vor- und Nachteile aufzuzeigen, sondern auch praktische Erfahrungen aus bereits erfolgten Anwendungen der Instrumente in die Bewertung mit einfließen zu lassen.

Tab. 1 zeigt in vereinfachter Form ein Zwischenergebnis der Bewertungsschritte. Dargestellt ist eine Auswertung der Anpassungsfähigkeit verschiedener umweltpolitischer Instrumente bei Veränderung der Rahmenbedingungen.

Wie man sich anhand von Abb. 1 leicht klarmachen kann, führt eine Verbesserung oder Kostenverringerung von Schadstoffminderungsmaßnahmen zu einer Verschiebung des Kostenoptimums und damit der anzustrebenden Umweltqualität hin zu geringeren Emissionsniveaus. Dies gilt auch bei einer Erhöhung der Kosten/Nachteile der Umweltschäden z. B. durch neue Kenntnisse auf diesem Gebiet, durch Wertewandel oder auch durch eine höhere Bevölkerungsdichte. Dagegen führt die mit einem Wirtschaftswachstum verbundene Erhöhung der Produktion infolge des für ein gleichbleibendes Emissionsniveau erforderlichen zusätzlichen Minderungsaufwandes u. U. zu einer Erhöhung des anzustrebenden Emissionsniveaus.

Tab. 1: Anpassung von umweltpolitischen Instrumenten an veränderte Randbedingungen (H = zu hohes, N = zu niedriges, O = optimales Emissionsniveau)

Emissionsniveau bei			
neue Randbedingungen	Auflagen	Abgaben	Zertifikate
verbesserte Minderungstechniken	H	N/O	H
Inflation	O	H	O
Erhöhung der Kosten der Umweltschäden	H	H	H
Produktionserhöhung	H/O	H/O	N

In Tab. 1 wird nun für einige Instrumente dargestellt, ob diese Instrumente die entsprechenden Anpassungen des Emissionsniveaus automatisch vornehmen oder ob dazu laufend Änderungen der Grenzwerte, Abgaben usw. erforderlich sind, bzw. ob das sich einstellende Emissionsniveau ohne Änderungen zu hoch oder zu niedrig ist. Es zeigt sich, daß kein Instrument in der Lage ist, in allen Fällen ohne von außen kommende Eingriffe die richtige Adaption vorzunehmen. Keines der Instrumente vermag Erhöhungen der Kosten der Umweltschäden ohne automatische Eingriffe richtig zu verarbeiten. Eine Erhöhung der Produktion wird bei der Zertifikatlösung wegen fehlender zusätzlicher Emissionsmöglichkeiten erschwert. Verbesserte Minderungstechniken führen nur bei der Abgabenslösung automatisch zu dem erwünschten niedrigeren Emissionsniveau. Die Abgabe muß andererseits ständig erhöht werden, um die Inflation zu berücksichtigen.

Dieses Beispiel zeigt bereits, daß es Instrumente, die allen anderen eindeutig überlegen sind, nicht gibt. Es ist vielmehr eine Abwägung der Vor- und Nachteile erforderlich, deren Ergebnis je nach Anwendungsfall unterschiedlich ausfallen wird.

4 Möglichkeiten zur Abschätzung der Umweltschäden

Die derzeit eingeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung der SO_2 - und NO_x -Emissionen, z. B. die Großfeuerungsanlagenverordnung, weisen spezifische Minderungskosten von ca. 3-5 DM/kg SO_2 bzw. ca. 0,5 - 10 DM/kg NO_x auf. Nach der eingangs dargestellten Handlungsanweisung sollten die Grenzkosten der Schadstoffminderung, also die Maxima der genannten Bandbreite, etwa gleichgroß sein wie die Grenzkosten der Umweltschäden/-nachteile durch diese Schadstoffe.

Eine exakte Erfassung der Umweltschäden ist beim derzeitigen Stand des Wissens nicht möglich, jedoch existieren erste Abschätzungen, sodaß zumindest der Versuch gemacht werden kann, zu prüfen, ob die Größenordnungen der Kosten von Emissionsminderungen und Emissionsschäden ähnlich sind.

Eine Abschätzung, die nicht nur Teilbereiche wie etwa die Waldschäden analysiert, sondern umfassend ist, wurde in /1/ vorgestellt. Danach betragen die direkt monetär erfaßbaren Schäden der Luft mindestens 11 bis 18 Mrd. DM/a in der Bundesrepublik Deutschland, darunter 2,3 - 5,8 Mrd. Gesundheitsschäden, 2,3 Mrd. DM Materialienschäden, 5,5 - 8,8 Mrd. DM Waldschäden.

Dies wird zudem in /1/ nur als Untergrenze angesehen, da nicht alle Schäden erfaßt werden konnten, z. B. fehlen luftverschmutzungsbedingte Herz- und Kreislauferkrankungen, Schäden an kulturhistorischen Baudenkmalern und luftverschmutzungsbedingte Textilreinigungskosten.

Um auch die immateriellen Schäden wie z. B. die Beeinträchtigung des Wohlbefindens berücksichtigen zu können, wurde zudem die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für bessere Luft in Umfragen untersucht. Daraus wurden Kosten bzw. Nachteile der Luftverschmutzung von 48 Mrd. DM/a abgeleitet /1/.

Da die Definition der Umweltschäden auch immaterielle Werte umfaßt, ist für den angestrebten Vergleich die zweite, höhere Zahl heranzuziehen. Allerdings ist die hohe Diskrepanz zwischen monetär eindeutig feststellbaren und subjektiven Kosten nicht unproblematisch, da ein hoher 'immaterieller' Anteil der Schäden bei möglichem Wertewandel auch erhebliche Änderungen der Kosten der Umweltbelastung und daher auch der wünschenswerten Umweltbelastung nach sich zieht. In solchen Fällen sind flexible Instrumente, die nachträgliche Änderungen des zu erreichenden Emissionsniveaus leicht erlauben, von Vorteil.

Die Kosten von 48 Mrd. DM werden nun auf die SO_2 -, NO_x - und CO-Emissionen in der Bundesrepublik bezogen. SO_2 -, NO_x - und CO-Emissionen werden dabei nicht gleich bewertet, sie werden vielmehr - einem Vorschlag in /3/ folgend - mit dem IW1-Immissionsgrenzwert der TA Luft für diese Schadstoffe gewichtet, sodaß 1 kg SO_2 etwa 0,57 kg NO_x oder 71 kg CO äquivalent ist. Andere Schadstoffe werden nicht berücksichtigt, weil sie zumeist mengenmäßig unbedeutender sind oder aber weil Bewertungs- und Vergleichsmaßstäbe - wie etwa im Fall der gasförmigen organischen Verbindungen - nicht einmal ansatzweise vorliegen. Das Vernachlässigen dieser sonstigen Schadstoffe führt natürlich tendenziell zu einer Überschätzung der Kosten pro kg SO_2 und NO_x . Andererseits sind die zugrundegelegten Schadenskosten vor allem im Hinblick auf diese beiden Schadstoffe ermittelt, zumal die möglichen Wirkungen dieser Schadstoffe i.a. genauer bekannt sind als die anderer Schadstoffe.

Bei der so gewählten Vorgehensweise ergeben sich Kosten von 10,5 DM/kg NO_x , 6 DM/kg SO_2 und 0,08 DM/kg CO. Davon machen die monetär erfaßten Schäden - verwendet wird die Obergrenze von 18 Mrd. DM/a - 3,9 DM/kg NO_x , 2,3 DM/kg SO_2 und 0,03 DM/kg CO aus.

Diese näherungsweise ermittelten Zahlen stimmen recht genau mit den Grenzkosten der Schadstoffminderung überein.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die genannten Werte für die Umweltschäden Mittelwerte sind; die Grenzkosten der Emis-

sionen hätten nur beim Fall einer streng linearen Dosis-Wirkungsbeziehung den gleichen Wert.

Zu berücksichtigen ist auch, daß die in der Bundesrepublik deponierte Schwefelmenge nur ca. 77% der emittierten Schwefelmenge beträgt /4/ - für die anderen Schadstoffe liegen solche Bilanzen nicht vor. Mißt man die Schäden eher an der deponierten Schwefelmenge, so würde daraus eine Erhöhung der genannten spez. Schadenskosten folgen.

Zu Kosten gleicher Größenordnung kommt auch eine Untersuchung für Polen /2/. Bei allerdings höheren Immissionskonzentrationen werden dort Schäden von 2,1 DM/kg SO₂ und 4,2 DM/kg NO_x berechnet.

Die jetzt bereits eingeleiteten Maßnahmen zur Luftreinhaltung in Baden-Württemberg werden etwa 2 Mrd. DM/a bzw. etwa 200 bis 400 DM pro Kopf der Bevölkerung kosten. Dies mag andeuten, daß es durchaus lohnend und notwendig ist, zu untersuchen, wie die umweltpolitischen Ziele möglichst effizient, d. h. mit möglichst geringem volkswirtschaftlichem Aufwand erreicht werden können.

Literatur

- /1/ L. Wicke: Die ökologischen Milliarden, München 1986
- /2/ W. Bojarski: Die Ermittlung der gesellschaftlichen Kosten der Gewinnung von Energieträgern als Grundlage der rationalen Energiewirtschaft
XII. Mezinarodni Konference Prumyslove Energetiky, Prag 1987
- /3/ P. Konstantinidis, P. Kieferle, A. Bäder:
Schadstoffbewertung der Hausheizsysteme, Schriftenreihe der BfLR, Band 10, Bonn 1986
- /4/ G. Halbritter u.a.: Immissionsbelastung der Bundesrepublik Deutschland durch Schwefelemissionen, KfK-PEF 12, Band 2, April 1987, S. 418-434