

RAINER THOSS

Zur Planung des Umweltschutzes

1. Einleitung

Für eine Analyse der Probleme, die im Zusammenhang mit einer Verbesserung des Umweltschutzes und der damit verbundenen Planung des Einsatzes staatlicher Instrumente zu erörtern sind, empfiehlt sich eine grobe Einteilung in zwei Problemkreise (vgl. Abb. 1):

Der erste Komplex umfaßt Probleme, die mit dem Anfall unerwünschter Stoffe zusammenhängen, d. h. mit Giftstoffen und Abfallstoffen, die in Produktionsprozessen und beim Konsum von Gütern und Dienstleistungen anfallen. Diese Stoffe sind zusätzliche Outputs, die bei den genannten Aktivitäten als Kuppelprodukte entstehen. Man brauchte diesen Substanzen bisher kaum Beachtung zu schenken, weil erstens die Konzentration dieser Stoffe in den Trägermedien bisher noch nicht zu stark war und weil zweitens das Problembewußtsein der Bürger noch nicht geschaffen war.

In einem zweiten Problemkreis werden unter dem Begriff des Umweltschutzes auch alle diejenigen Probleme diskutiert, die mit dem Flächenbedarf für Wohnen, Arbeiten und Verkehr zusammenhängen, weil dieser Flächenbedarf im allgemeinen durch Verminderung der Regenerationsflächen gedeckt wird. Für die Produktion von Gütern und Dienstleistungen werden in zunehmendem Maße Flächen in Anspruch genommen, die bisher der Erholung der Menschen, der Regeneration von Luft und Wasser sowie dem Naturschutz dienten. Sie werden neuerdings als Input in der gewerblichen Wirtschaft und von den Haushalten benötigt, während sie vorher entweder für Nahrungsmittelproduktion, Holzerzeugung oder Erholung genutzt oder gar als Naturschutzklaven von jeder wirtschaftlichen Nutzung freigehalten wurden.

Bei den unerwünschten Stoffen handelt es sich um gasförmige, flüssige und feste Bestandteile, die ebenso ein Ergebnis des Produktionsprozesses sind wie die am Ende die Produktionsstätte verlassenden nützlichen Produkte, d. h. es handelt sich um ein Problem der Kuppelproduktion. Die Maßnahmen des Umweltschutzes müssen deshalb beim Produktionsprozeß und der Standortverteilung der Industrie ansetzen.

Die Diskussion der Umweltprobleme der Flächennutzung wird dadurch erschwert, daß im Bereich der Flächennutzung unter dem Stichwort „Umweltschutz“ häufig wirtschaftliche Flächennutzungsansprüche vertreten werden, die der Umwelt nicht weniger schaden als die im Namen des Umweltschutzes bekämpften Flächenansprüche aus dem gewerblichen Bereich und dem Verkehrssektor. Die Freizeitindustrie, aber auch die Landwirtschaft benutzen das Wort Umweltschutz häufig dazu, ihren wirtschaftlichen Flächenansprüchen die Weihe einer höheren Ethik zu

verleihen. Insofern muß man die versteckte Konkurrenz unterschiedlicher wirtschaftlicher Flächenansprüche bei der Umweltplanung beachten. Nur der strenge Naturschutz führt zu keinem Eingriff in den Naturhaushalt, während alle Nutzungsarten stets einen mehr oder minder großen Eingriff in die ökologischen Systeme zur Folge haben.

Abbildung 1 gibt für beide Problemkreise die Alternativen an, die für einen Umweltschutz im Sinne des unten behandelten Nichtverursachungs-Prinzips zur Verfügung stehen: Für eine Verminderung des Flächenbedarfs für die gewerbliche Produktion, für den Wohnungsbau und den Verkehr stehen prinzipiell zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Die eine besteht darin, die Produktion – oder zumindest das Wachstum der Produktion – zu drosseln. Wenn die Produktion in einer Volkswirtschaft nicht weiter wächst, entsteht voraussichtlich auch kein zusätzlicher Flächenbedarf, es sei denn, die Wohn- und Produktionsgewohnheiten der Bevölkerung würden sich stark verändern.

Die andere Alternative ist weniger populär: Sie besteht darin, bei wachsender Produktion und wachsender Bevölkerung den Baulandbedarf nicht weiter wachsen zu lassen. Das heißt aber, daß es zu einer größeren Verdichtung auf den bereits jetzt schon bestehenden Siedlungsflächen kommen muß. Dies verträgt sich nur schwer mit einigen Leitbildvorstellungen der Landesplanung, die eine weitere Verdichtung der Bevölkerung und der Arbeitsstätten ablehnen. Aber es dürfte auf lange Sicht die einzige Alternative sein, die für eine wirksame Beschränkung des Flächenbedarfs für Gewerbe, Wohnungsbau und Verkehr besteht. Nur auf diese Weise ist ein Wachstum der Bevölkerung und der Produktion ohne gleichzeitig zunehmende Vernichtung unserer Erholungs- und Naturschutzflächen möglich.

Bei den Problemen, die mit dem Anfall unerwünschter Gift- und Abfallstoffe zusammenhängen, gibt es prinzipiell drei Möglichkeiten, mit umweltschützenden Maßnahmen anzusetzen. Auch hier bietet sich zunächst die Drosselung der Produktion als Ausweg an. Bei konstanter Technik fallen in einem solchen Falle auch entsprechend weniger Schadstoffe an.

Außer der Drosselung der Produktion gibt es zwei Möglichkeiten des Umweltschutzes: Entweder wird das Entstehen des schädlichen Stoffes von Anfang an verhindert. Dieser Weg muß immer dann beschritten werden, wenn es aus technischen oder finanziellen Gründen nicht möglich ist, die produzierten Abfälle und Schadstoffe zu sammeln und dann zu beseitigen. Im anderen Falle muß für eine umweltunschädliche Erfassung und Behandlung der Schad- oder Abfallstoffe gesorgt werden.

Zwischen der Behandlung der oben genannten beiden Problemkreise des Umweltschutzes in der öffentlichen Diskussion gibt es einen wesentlichen Unterschied: Im Zusam-

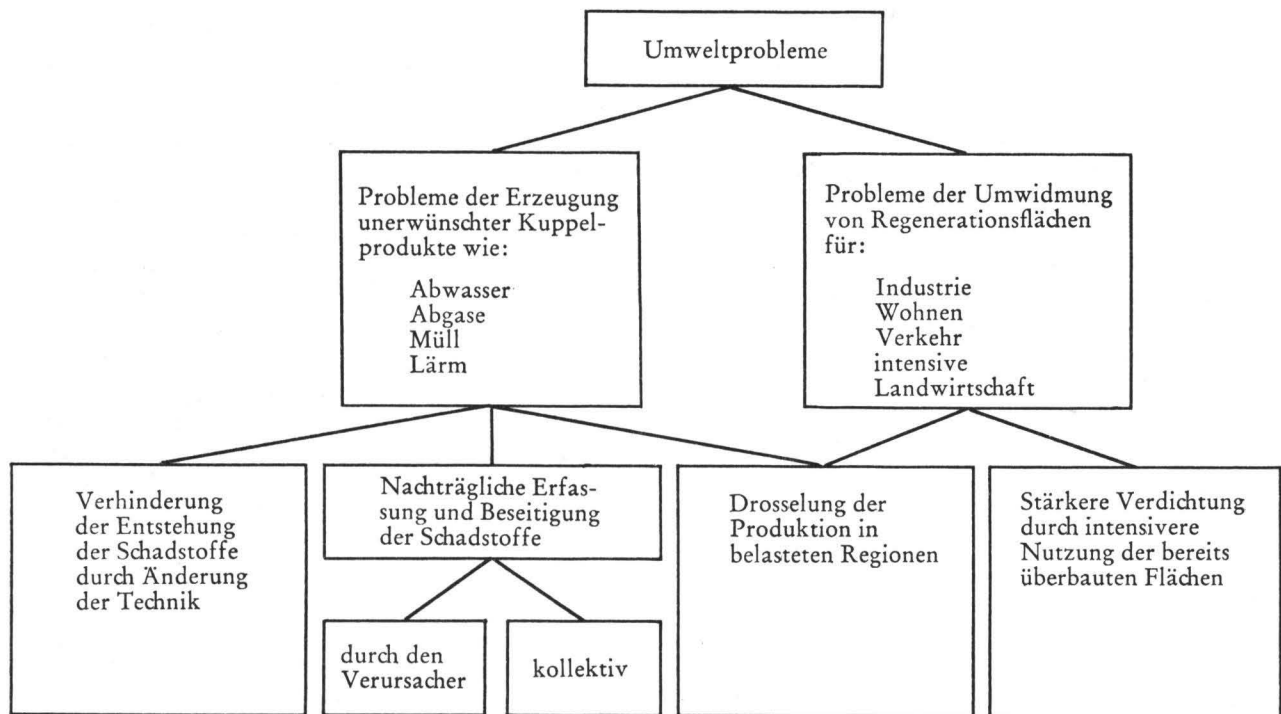


Abb. 1: Umweltprobleme und Möglichkeiten zu ihrer Lösung

menhang mit den Problemen der Flächennutzung ist es unbestritten, daß eine den verschiedenen gesellschaftlichen Zielen entsprechende Aufteilung der Flächen nicht durch selbsttätig wirkende Mechanismen, zum Beispiel den Marktmechanismus, herbeigeführt werden kann. Die Notwendigkeit einer ordnenden Einflußnahme des Staates auf die Flächennutzung wird deshalb allgemein akzeptiert.

Demgegenüber ist die Notwendigkeit für lenkende Eingriffe des Staates im Zusammenhang mit den aus der Erzeugung unerwünschter Substanzen resultierenden Problemen noch keineswegs allgemein anerkannt. Die Diskussion wird hier durch Mißverständnisse über das sogenannte „Verursacherprinzip“ belastet, in dem man einen selbsttätigen Wirkungsmechanismus gefunden zu haben glaubt, der in der Regel den Schutz der Umwelt bewirkt, ohne daß man direkt auf die Produktionsprozesse und die Standortverteilung der gewerblichen Wirtschaft Einfluß zu nehmen brauchte.

Ziel des ersten Teils dieses Aufsatzes ist es zu zeigen, daß nur unter sehr speziellen technischen und wirtschaftlichen Bedingungen von der Einführung des Verursacherprinzips im engeren Sinne – verstanden als nachträgliche Anlastung der Sozialen Zusatzkosten – die erwartete wohltätige Wirkung auf die Umwelt ausgeht. Infolgedessen kann der Staat bei der Regelung der mit unerwünschten Kuppelprodukten zusammenhängenden Probleme ebensowenig auf gezielte Eingriffe verzichten, wie dies bei der Lösung der Flächennutzungsprobleme möglich ist.

Voraussetzung für eine Planung der zu ergreifenden Maßnahmen ist wegen der Vielfalt der miteinander verflochtenen Probleme eine Entscheidungsvorbereitung mit

Hilfe multiregionaler Entscheidungsmodelle, mit denen die zweckmäßigste räumliche Verteilung der wirtschaftlichen Aktivitäten und die erforderlichen Ansprüche an die Produktions- und Entsorgungstechnik in den einzelnen Teilräumen simultan bestimmt werden können. Über den Aufbau solcher Modelle wird im zweiten Teil des Aufsatzes berichtet werden.

2. Mögliche Strategien zum Schutz der Umwelt

2.1. Umweltschutz durch Anlastung der sozialen Zusatzkosten (Kompensationsprinzip)

Gegen die alleinige Anwendung des Verursacherprinzips i. e. S. sind sowohl praktische als auch theoretische Argumente vorzubringen. Die praktischen Argumente beziehen sich auf die Erfäßbarkeit und Zurechenbarkeit der sozialen Zusatzkosten.

Auch ohne die durch die Identifikation des Verursachers evtl. entstehenden Schwierigkeiten ist eine Anwendung des Verursacherprinzips problematisch genug. Nicht von ungefähr beziehen sich die meisten Beispiele der theoretischen Nationalökonomie über die Wirkung externer Effekte auf Beziehungen zwischen zwei Firmen, weil in diesem Falle die dem Verursacher anzulastenden sozialen Zusatzkosten zumindest theoretisch exakt aus der Kostenrechnung des Trägers des Umweltschadens zu ermitteln sind. Vor allem dann, wenn Haushalte als Träger der Umweltschäden berücksichtigt werden müssen, ergeben sich sehr komplizierte Bewertungsschwierigkeiten. In Fällen, in denen es um

Krankheiten oder gar Todesfälle geht, wird eine Bewertung leicht als makaber empfunden.

Die meisten Umweltschäden entziehen sich auf diese Weise jeglicher Quantifizierung. Sollte diese in Einzelfällen gelingen, so bliebe immer noch das Problem zu lösen, die entstandenen Schäden den einzelnen Verursachern zuzurechnen, weil in den meisten Fällen eine Vielzahl von Verursachern gemeinsam für die Höhe der verursachten Schäden verantwortlich ist. In solchen Fällen dürfte es ausgeschlossen sein, eine korrekte Zurechnung der sozialen Zusatzkosten durchzuführen, zumal Synergismen beim gemeinsamen Auftreten verschiedener Schadstoffe die Übersichtlichkeit erheblich erschweren.

Nicht unerwähnt bleiben kann in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, daß im allgemeinen zwischen dem Zeitpunkt der Entstehung des Schadstoffes und dem Zeitpunkt der Erkennung des verursachten Schadens ein mehr oder minder großer Abstand liegt, der die korrekte Identifikation des oder der Verursacher weiterhin erschwert.

Aber selbst wenn es gelänge, die entstehenden Umweltschäden korrekt zu bewerten, genau zu erfassen und exakt zuzurechnen, so bliebe doch der zu erwartende Erfolg einer solchen Maßnahme aus theoretischen Gründen zweifelhaft.

Zunächst muß festgestellt werden, daß durch die Anwendung des Verursacherprinzips i. e. S., also durch die nachträgliche Erhebung von Abgaben in Höhe der auf den Verursacher zurückzuführenden sozialen Zusatzkosten, der Umweltschaden keineswegs immer beseitigt wird. Er wird in der Regel nur verringert.

Auch wenn es gelingen würde, die sozialen Zusatzkosten dem Verursacher in voller Höhe anzulasten, so hätte dies nur insoweit einen „Schutz der Umwelt“ zur Folge, als der Verursacher evtl. seine schädigende Aktivität drosselt oder auf ein umweltfreundlicheres Verfahren übergeht. Im ersten Falle bleibt auch nach der Produktionsanpassung des Verursachers noch eine erhebliche Umweltbelastung bestehen¹.

Die Vorstellung, man könne durch „extraordinary restraints“, durch eine entsprechende Besteuerung die sozialen Zusatzkosten zum Verschwinden bringen, geht auf einen Irrtum von *Pigou* zurück. Dieser hatte gemeint, man könne Umweltschäden oder, wie er sich ausdrückt, „divergences between private and social net product“, durch Besteuerung beseitigen (remove). Die Besteuerung des Verursachers in Höhe der entstehenden sozialen Zusatzkosten würde dazu führen, daß ein dem externen Effekt entsprechender Betrag in die Kostenrechnung des Verursachers eingeht. Seine Kostenfunktion werde also entsprechend nach oben korrigiert, so daß er erstens das Produktionsverfahren wählen werde, bei dem pro Produkteinheit die geringsten sozialen Zusatzkosten anfallen, und daß er zweitens seine Produktion auf die gesamtwirtschaftlich optimale Menge einschränken werde. Damit – so meinte *Pigou* – sei der externe Effekt „beseitigt“².

Buchanan und *Stubblebine* haben diesen Irrtum aufgeklärt. Sie haben gezeigt, daß durch eine Besteuerung des Verursachers zwar eine Reduktion der Ausbringung dieser Firma zu erreichen ist, daß aber damit die sozialen Zusatzkosten nur reduziert und keineswegs „beseitigt“ werden, wie *Pigou* das behauptet hatte³. Das Problem ist von *Turvey* an einer sehr einfachen Zeichnung dargestellt worden, die den Fehler in der Argumentation von *Pigou* verdeutlicht⁴. Sie sollte die Umweltpolitiker vor einem allzu großen Optimismus im Hinblick auf die Wirksamkeit des Kompensationsprinzips bewahren.

In Abb. 2 sind der Gewinn und der Verlust dargestellt, der sich für den Verursacher und den Träger der sozialen Zusatzkosten aus der Aktivität x des Verursachers ergibt. Auf der Abszisse ist das Ausmaß abgetragen, in dem die schädigende Aktivität x betrieben wird, und auf der Ordinate findet sich der Grenzgewinn (MG) aus dieser Aktivität beim Verursacher und der Grenzverlust (MS) beim Träger der sozialen Zusatzkosten. Wenn wir unterstellen, beide Größen seien lineare Funktionen von x , dann gibt die Fläche unter den beiden Geraden jeweils den Gesamtgewinn, bzw. den Gesamtverlust, aus der Aktivität x beim Verursacher bzw. beim Träger der sozialen Zusatzkosten an.

Es sei unterstellt, daß der Verursacher der sozialen Zusatzkosten zwei Produktionsverfahren zur Auswahl hat. Das Verfahren II ist das umweltfreundlichere, denn hierbei entstehen keine sozialen Zusatzkosten. Entsprechend ist bei diesem Produktionsverfahren allerdings auch der zu erwartende Gewinn niedriger, weil Kosten für Erfassung und Beseitigung der Schadstoffe anfallen. In Abb. 2 ist darum die Fläche des Dreiecks $OA'B'$ kleiner als die Fläche OAB beim Verfahren I.

Als Konsequenz ergibt sich: Der Verursacher prüft beide Verfahren und wählt das Verfahren I aus, weil es ihm den größten Gewinn verspricht. Mit Hilfe dieses Produktionsverfahrens produziert er die Menge OB , denn erst im Punkt B wird der Grenzgewinn der Aktivität x gleich Null, so daß es vorteilhaft ist, die Aktivität x auf diesem Niveau zu betreiben. Die bei der Produktion der Menge OB verursachten sozialen Zusatzkosten ergeben sich als Fläche OBD .

Wenn nunmehr das Kompensationsprinzip in die Betrachtung eingeführt wird, so ergibt sich folgende Reaktion des Unternehmers: Der Verursacher überprüft erneut die beiden zur Wahl stehenden Produktionsverfahren. Die Gewißheit, in Höhe der von ihm verursachten sozialen Zusatzkosten eine Abgabe entrichten zu müssen, äußert sich darin, daß sich die Grenzgewinnkurve bei Verfahren I in Richtung auf den Koordinatenursprung gedreht hat. Diese Kurve verläuft nunmehr von Punkt A nach Punkt C , denn bei jedem Wert der Aktivität x ist von der alten Grenzgewinnkurve der Betrag der verursachten sozialen Zusatzkosten abzuziehen.

² Vgl. *Pigou*, A. C.: *The Economics of Welfare*, 4. Aufl., London 1932, S. 192 und 381.

³ Vgl. *Buchanan*, J. M. und *Stubblebine*, W. C.: *Externality*. In: *Economica*, 29 (1962), S. 371.

⁴ Vgl. *Turvey*, R.: a. a. O., S. 311.

¹ Vgl. *Turvey*, R.: *On Divergences between Social Cost and Private Cost*. In: *Economica*, 30 (1963), S. 310.

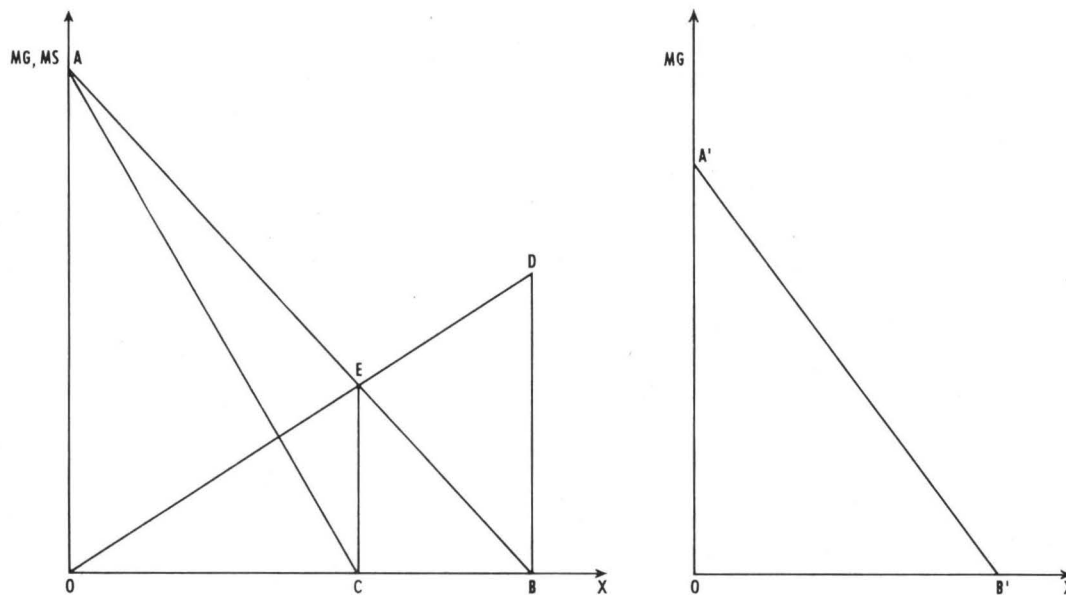


Abb. 2: Die Wahl des optimalen Produktionsverfahrens und der optimalen Ausbringungsmenge bei Anlastung der sozialen Zusatzkosten beim Verursacher (links: Produktionsverfahren I; rechts: Produktionsverfahren II)

Selbstverständlich ist die sich ergebende Verschiebung um so geringer, je größer die Überwälzungsmöglichkeiten für die zu zahlende Abgabe sind. Aber auch für den Fall, daß es keine Überwälzungsmöglichkeiten für den Verursacher gibt, ist es nicht sicher, daß er nunmehr das Verfahren II wählen wird.

Mit einiger Sicherheit kann zwar eine Einschränkung der schädigenden Aktivität x vorausgesagt werden, denn der maximale Gewinn wird nunmehr bereits bei einer geringeren Ausbringung erreicht. Ob aber mit Rücksicht auf die sonst aufzubringenden Kompensationszahlungen nunmehr das umweltfreundlichere Verfahren II gewählt wird, hängt jedoch auch jetzt von einem Vergleich der mit beiden Verfahren ermittelten Gewinne ab.

In dem in Abb. 2 dargestellten Falle ist auch bei Anlastung der sozialen Zusatzkosten beim Verursacher das Verfahren I immer noch vorteilhafter als Verfahren II, denn die Fläche des Dreiecks OAC ist größer als die Fläche $OA'B'$. Es ist also für den Verursacher vorteilhafter, erst einmal die Umwelt mit dem Produktionsverfahren I zu verschmutzen und dann die entstandenen sozialen Zusatzkosten zu ersetzen, als das umweltfreundlichere Verfahren II zu benutzen. Der einzige Effekt der Anlastung ist eine Drosselung der Produktion auf die Ausbringung OC und insofern auch eine proportionale Reduzierung der Umweltschäden von der Fläche OBD auf die Fläche OCE . Dies kann aber immer noch eine beträchtliche Belastung der Umwelt darstellen.

Die Anwendung des Kompensationsprinzips, d. h. die zu erwartende Belastung des Verursachers in Höhe der verursachten sozialen Zusatzkosten, führt also nur dann mit Sicherheit zur Wahl des umweltfreundlicheren Produktionsverfahrens,

- wenn die Umweltabgabe zumindest nicht völlig überwälzbar ist und

- wenn die Kostenkurven beider Verfahren sich so zueinander verhalten, daß bei Anlastung der sozialen Zusatzkosten der erzielbare Gesamtgewinn mit dem umweltfreundlicheren Verfahren II größer ist als mit dem Verfahren I.

Die Konsequenz aus diesen Überlegungen kann nur darin bestehen, daß das Kompensationsprinzip zwar tendenziell in der richtigen Richtung wirkt, daß aber ein Erfolg der Umweltpolitik bei alleiniger Anwendung dieser Variante des Verursacherprinzips nicht gewährleistet ist. Statt dessen müßte man die Benutzung des weniger schädlichen Verfahrens II dadurch anregen, daß die Anwendung des Verfahrens I mit einem Betrag belastet wird, der etwas größer ist als die Vermeidungskosten.

2.2. Umweltschutz durch das Nichtverursachungs-Prinzip

Der je nach der herrschenden Technik beste Schutz der Umwelt kann nur dadurch erreicht werden, daß das Nichtverursachungs-Prinzip mehr als bisher in den Mittelpunkt der Umweltpolitik gestellt wird. Das kann nicht bedeuten, daß etwa noch verbleibende unvermeidliche Schäden nicht kompensiert werden sollten, sondern daß im Vordergrund aller Überlegungen die Vermeidung der Umweltschäden zu stehen hat. Erst in zweiter Linie ist das Verursacherprinzip, also die Art der Verteilung der Kosten auf Konsumenten und/oder Steuerzahler, von Interesse.

Damit engt sich die politische Fragestellung insofern ein, als zunächst eine Auswahl unter den Alternativen zu treffen ist, bei denen kein Umweltschaden entsteht.

Prinzipiell gibt es drei Alternativen zur Vermeidung von Umweltschäden ohne Drosselung der Produktion:

- a) Man läßt den Schadstoff zunächst entstehen, sorgt aber

unmittelbar nach Verlassen des Bereichs des Verursachers für eine (kollektive) Erfassung und Beseitigung. Hierzu bedarf es gemeinschaftlicher Vorkehrungen und Aufwendungen, die in einem Umlageverfahren aufgebracht werden können und so das Produktionsverfahren verteuern. Beispiele hierfür sind die Erfassung und Beseitigung von Abwasser und Müll.

- b) Der Schadstoff entsteht. Er wird aber noch auf dem Gelände des Verursachers von diesem erfaßt und beseitigt. Hierzu bedarf es zusätzlicher Vorrichtungen und Aufwendungen des Verursachers, die das Produktionsverfahren ebenfalls verteuern. Beispiele hierfür bieten die Installation von Luftfiltern oder die katalytische Nachverbrennung von Kohlenmonoxid.
- c) Die Entstehung des Schadstoffes wird von vornherein verhindert, indem Vorprodukte verwendet werden, die eine andere chemische Zusammensetzung aufweisen, so daß beim Verbrauch oder beim Einsatz als Vorprodukt die schädliche Substanz nicht mehr freigesetzt wird. Beispiele sind die Herabsetzung des Bleigehalts im Benzin, die Heizölentschwefelung oder der Ersatz von schwefelhaltigem Heizöl durch Erdgas. Auch hierbei entsteht eine Verteuern der erzeugten Produkte, weil die nunmehr verwendeten Rohstoffe teurer sind. (Sonst wären sie auch schon vorher verwendet worden.)

Alle drei Verfahren sind in ihrem Effekt für die Umwelt bzw. unbeteiligte Dritte gleichwertig: Es entsteht kein Umweltschaden.

Welche der drei Varianten des Nichtverursachungs-Prinzips gewählt werden kann oder gewählt werden sollte, hängt allein von den technischen Möglichkeiten und den Kosten der verschiedenen Verfahren ab. Da sie in ihrem Effekt für die Umwelt gleich zu beurteilen sind, ist selbstverständlich stets das billigste Verfahren zu wählen.

In der Mehrzahl der Fälle dürften sich die Varianten a) und b) als die billigsten erweisen. Vor allem im Zusammenhang mit Problemen der Luftverunreinigung wird sich aber meist die Variante c) als die billigste herausstellen, weil die Erfassung gasförmiger Verunreinigungen im allgemeinen so kostspielig ist, daß sie nicht beim Verursacher erfolgen kann. Wo immer dies technisch möglich ist, muß bereits beim Vorlieferanten dafür gesorgt werden, daß die bei der Verwendung in späteren Produktionsstufen frei werdenden Schadstoffe gar nicht mehr im bezogenen Produkt enthalten sind (Beispiel: Heizölentschwefelung).

Die Wahl des Verfahrens mit dem geringsten Faktorverbrauch garantiert in jedem Falle, daß möglichst viele Faktoren für das – dann umweltunschädliche – Wachstum der übrigen Teile des Sozialprodukts verbleiben. Es sei vermerkt, daß hinsichtlich der Anlastung der Vermeidungskosten beim Verursacher keine prinzipiellen Schwierigkeiten entstehen. Es ist allein eine Frage der Zweckmäßigkeit, ob die öffentliche Hand Teile der Vermeidungskosten übernimmt, nicht aber eine Frage der Meßbarkeit und Zurechenbarkeit, wie bei der Anlastung der sozialen Zusatzkosten. In der Regel wird man davon ausgehen können, daß der „verhinderte“ Verursacher zunächst die Kosten trägt.

Entweder sie werden vom Vorlieferanten mit in Rechnung gestellt (Fall c)), oder sie finden als Kapital- und Arbeitskosten Eingang in die Kalkulation (Fall b)), oder sie werden auf dem Wege von Gebühren und Umlagen erhoben (Fall a)). Es sind damit alle Voraussetzungen gegeben, daß Vermeidungskosten bis zum (in- oder ausländischen) Endverbraucher weitergegeben werden und so zu einer relativen Verminderung der Nachfrage nach Erzeugnissen mit hohen Umweltkosten beitragen, wenn der Staat dies wünscht.

Es kann nicht verschwiegen werden, daß die hier geschilderten Vorteile des Nichtverursachungs-Prinzips gegenüber dem Verursacherprinzip mit größeren Anforderungen an die Verwaltungskunst des Staates verbunden sind. Bei Einführung des Verursacherprinzips kann man auf eine gewisse selbsttätige Wirkung des Marktmechanismus und des Profitstrebens in der gewünschten Richtung hoffen, so daß sich die Tätigkeit des Staates auf die Messung und Zurechnung der sozialen Zusatzkosten beschränken kann.

Macht man dagegen das Nichtverursachungs-Prinzip zur obersten Maxime der Umweltpolitik, so müssen die verwendeten Produktionsprozesse viel stärker überwacht werden. Ständig ist zumindest bei neuerrichteten Anlagen für eine Durchsetzung des technischen Fortschritts auf dem Gebiet der Umwelttechnik zu sorgen, auch wenn es für die Produzenten vorteilhafter wäre, nachträgliche Kompensationszahlungen zu leisten.

In Zusammenhang mit dem Nichtverursachungs-Prinzip ist auch die Entscheidung über die Höhe von Emissions- und Immissionsgrenzwerten für bestimmte Regionen zu sehen. Hierbei handelt es sich um die Setzung von einseitig fixen Zielen im Sinne von *Tinbergen*⁵, die nur normativ bestimmt werden können und denen infolgedessen eine intensive öffentliche Diskussion vorausgehen hat, die die Kräfte des Verwaltungsapparats stark in Anspruch nimmt. Auf der Basis solcher Ziele können aber mit Hilfe multi-regionaler, multisektoraler Planungsmodelle die im Sinne des Nichtverursachungs-Prinzips zulässigen Produktionsverfahren und Produktionsmengen bestimmt werden, so daß stets festgestellt werden kann, welche Produktionstechnik und welche regionale Verteilung der Produktion und des Konsums den Schutz der Umwelt mit den geringsten volkswirtschaftlichen Kosten ermöglicht⁶.

3. Entscheidungsmodelle zur Planung des Umweltschutzes

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Vorbereitung der Entscheidungen über die zu ergreifenden Maßnahmen des

⁵ Vgl. *Tinbergen, J.*: Centralization and Decentralization in Economic Policy. Amsterdam 1954, S. 7–14; *derselbe*: Wirtschaftspolitik. Freiburg 1968, S. 102f.

⁶ Es ist müßig, darüber zu spekulieren, welche Entlastung durch den Wegfall der sozialen Zusatzkosten auftritt und ob insofern der Umweltschutz netto überhaupt etwas kostet. Um den Bereich der Spekulation verlassen zu können, müßte man die Höhe der Umweltschäden erst ermitteln und es erscheint fraglich, ob ein solcher Forschungsinput noch notwendig ist, da hieraus nur weitere (redundante) Argumente für einen besseren Umweltschutz abgeleitet werden könnten.

Umweltschutzes auf der Basis von Modellen erfolgen sollte, aus denen Aussagen darüber abgeleitet werden können, in welcher Richtung und an welcher Stelle des Wirtschaftskreislaufs Eingriffe zu erfolgen haben. Solche Modelle müssen folgende Eigenschaften (Bestandteile) aufweisen:

- a) Sie müssen das Zusammenwirken der verschiedenen Wirtschaftszweige bei der Produktion sowohl der erwünschten als auch der unerwünschten Güter beschreiben (Input-Output-Modell unter Einschluß der Kuppelprodukte)⁷.
- b) Sie müssen sichtbar machen, welche alternativen Produktionsprozesse als Substitutionsmöglichkeiten für umweltfeindliche Prozesse zur Verfügung stehen (Prozeßsubstitution).
- c) Sie müssen die verschiedenen Möglichkeiten zu einer regionalen Umverteilung von störenden Aktivitäten im Wachstumsprozeß enthalten, so daß man zeigen kann, wie die Standortwahl neuer Betriebe und die Vornahme von Ersatzinvestitionen in alten Betrieben beeinflusst werden müssen, falls in einzelnen Regionen die gesetzten Verschmutzungsgrenzen erreicht werden (Standortsubstitution)⁸.
- d) Sie müssen die integrierte Behandlung nicht nur der Probleme der Schadstoff-Erzeugung, sondern auch die der Vernichtung der Regenerationsflächen ermöglichen (Flächenbedarf und -verfügbarkeit).
- e) Sie müssen zeigen, welche normativen Vorstellungen für die maximale Belastung der verschiedenen Schadstoff-Aufnahmemedien in den einzelnen Regionen einer Volkswirtschaft bestehen (Air-Quality-Standards, Water-Quality-Standards).

Den hier genannten Anforderungen an ein umweltpolitisches Entscheidungsmodell kann man gerecht werden, wenn man sich des Instrumentariums der Aktivitätsanalyse bedient. Man hat hierbei als Aktivitäten die Produktion der einzelnen Sektoren der Wirtschaft zu berücksichtigen. Vor allem sind diejenigen Branchen wichtig, die bei der Produktion Schadstoffe erzeugen, deren Tätigkeit auf die Vernichtung von Schadstoffen gerichtet ist oder die im Hinblick auf die Flächennutzung von Bedeutung sind. Außerdem muß als Aktivität der Konsum berücksichtigt werden, weil hier – sieht man einmal von langlebigen Konsumgütern ab – der größte Teil der in den Gütern gebundenen Materie als Abfall anfällt.

Als Constraints enthält ein solches Modell Bilanzen der in den einzelnen Aktivitäten produzierten oder verbrauchten Güter und Schadstoffe sowie Produktionsfaktoren. Hinzu treten Verhaltensgleichungen, in denen die Produktionstechnik und das sonstige Verhalten der Wirtschaftssubjekte beschrieben wird. Bestandteil des Modells sind ferner die in Form von Gleichungen oder Ungleichungen spezifizierten Ziele der Umwelt- und Strukturpolitik. Eines

der Ziele (eine Zielfunktion) kann dazu benutzt werden, aus der Menge der möglichen Handlungsalternativen diejenige Lösung auszuwählen, deren Verwirklichung angestrebt werden soll⁹.

Unabhängig hiervon eignet sich das resultierende System von Gleichungen und Ungleichungen zur Simulation der voraussichtlichen Entwicklung der Produktion, des Konsums und der Umweltbelastung in den einzelnen Regionen. Man kann auf diese Weise die Konsequenzen alternativer Maßnahmen und/oder Ziele sichtbar machen und darstellen, welche Konsequenzen es hat, wenn sich einzelne Interessentengruppen bei der Fixierung der Ziele und/oder der Dosierung von Maßnahmen durchsetzen. Solche Informationen der Entscheidungsträger können in Form eines Spiels (gaming simulation) erfolgen.

Ein praktischer Vorteil, der nicht hoch genug veranschlagt werden kann, ist darin zu sehen, daß ein aktivitätsanalytisches Modell nach dem Baukastenprinzip von verschiedenen Sachbearbeitern und in unterschiedlicher zeitlicher Reihenfolge erstellt werden kann. Einzelne Definitionen, Verhaltensgleichungen und Normen können zu Submodellen zusammengefaßt werden, die sich mit einzelnen Teilaspekten des Umweltschutzes beschäftigen. Solche Submodelle sind den Partialmodellen der ökonomischen Theorie vergleichbar, d. h. sie liefern unter der ceteris-paribus-Bedingung Aussagen für bestimmte Teilbereiche der Wirtschaft und des Umweltschutzes.

Nichtsdestoweniger läßt sich nach Fertigstellung der einzelnen Bauelemente nach und nach das Totalmodell zusammenfügen. Einzige Voraussetzung für die spätere Integration sind Absprachen über die Definition der in mehreren Submodellen auftretenden Aktivitäten. Läßt sich eine solche Übereinkunft erzielen, so kann man später die Submodelle sehr leicht integrieren, indem man die ceteris-paribus-Bedingungen ganz oder teilweise auflöst. Auf diese Weise ergeben sich definitorische oder funktionale Beziehungen zwischen den Variablen der verschiedenen Submodelle, d. h. durch die Auflösung der ceteris-paribus-Bedingungen werden die einzelnen Submodelle miteinander verbunden.

Im Sonderforschungsbereich Raumordnung und Raumwirtschaft der Universität Münster wird zur Zeit ein solches Modell erarbeitet. Seine Struktur ist in Abb. 3 schematisch dargestellt worden¹⁰. Erläuternd sei bemerkt, daß die hier dargestellte Skizze sich nur auf eine einzelne Region bezieht. Die Verknüpfung mit anderen, benachbarten Regionen ist hier nicht dargestellt worden. Sie hätte über die Export- und Importaktivitäten zu erfolgen, genau wie dies bei der interregionalen Input-Output-Analyse geschieht. Eine Besonderheit ergibt sich in einem Umwelt-

⁷ Vgl. Leontief, W.: Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output-Approach: Review of Economics and Statistics, 52 (1970), S. 262ff.

⁸ Vgl. Førsund, Finn R.: Allocation in Space and Environmental Pollution. In: Swedish Journal of Economics, 74 (1972), S. 19ff.

⁹ Vgl. Theil, H.: Economics Forecasts and Policy, 3. Aufl., Amsterdam 170, S. 385; Tinbergen, J., a. a. O., S. 98ff; Gäfgen, G.: Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, 2. Aufl., Tübingen 1968, S. 111.

¹⁰ Vgl. hierzu auch die früheren Fassungen bei Thoss, R.: Umwelt – Vom Nutzen der Theorie für die Politik. In: Wirtschaftswoche, 25 (1971), H. 41, S. 77; sowie: Ökonomische Aspekte des Umweltschutzes. In: Veröffentlichungen des Seminars für Planungswesen der TU Braunschweig, H. 8 (1971), S. 50–51.

schutzmodell nur dadurch, daß hier auch interregionale Bewegungen von Müll, Abgasen und Abwässern beachtet werden müssen.

Aufgabe eines jeden Submodells ist die simultane Bestimmung der zu produzierenden Gütermengen und der dabei zu verwendenden Produktionsprozesse in jeder einzelnen Region. Dabei sind immer Mindestanforderungen an die Menge der zu produzierenden Güter und Obergrenzen für die dabei zulässige Umweltbelastung und die verfügbaren Faktormengen zu beachten. Dies ermöglicht die integrierte Behandlung der Güterproduktion, der Schadstoffproduktion und des Flächenverbrauchs. Alle Umweltprobleme können so in einem integrierten Modell nach einheitlichen Kriterien behandelt werden und die entsprechenden Lösungsvorschläge für die Umwelt- und die Strukturpolitik erarbeitet werden.

Zur Zeit werden folgende Submodelle bearbeitet, bzw. benutzt:

0. Güter- und Arbeitsbedarf,
1. Flächennutzung,
2. Abgase,
3. Müll und Klärschlamm,
4. Abwasser,
5. Trink- und Brauchwasser,
6. Energie,
7. Verkehr.

Alle Submodelle enthalten eine stark disaggregierte Gliederung der Verursacher-Branchen. Dieser Umstand macht die Einbeziehung eines Input-Output-Systems zur Erfassung der über den Bezug von Vorleistungen und Zwischenprodukten bestehenden Verbindungen zwischen den einzelnen Sektoren erforderlich (Submodell 0). Da eigene Arbeiten hierfür zu zeitraubend wären, wird zur Erfassung der Vorleistungsverflechtung zwischen den Sektoren das vom Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung erstellte Input-Output-Modell mit 54 Produktionssektoren verwendet¹¹.

Zur Erfassung der Produktionsmöglichkeiten in den einzelnen Sektoren an den verschiedenen Standorten wird auf Daten der Industriebereichterstattung zurückgegriffen. Dieser Teil des Gesamtmodells wird auch in allen übrigen Submodellen verwendet. Dies schließt nicht aus, daß einzelne Sektoren, deren Aktivitäten für die Umweltpolitik von besonderer Bedeutung sind, noch stärker disaggregiert werden. Dies geschieht für die Land- und Forstwirtschaft im Submodell 1, für den Energiebereich im Submodell 6 sowie für den Verkehrssektor im Submodell 7.

In Abb. 3 sind die einzelnen Submodelle untereinander aufgeführt. Die Grenzen zwischen den Submodellen sind durch durchgehende horizontale Linien dargestellt worden. In jedem der Submodelle werden die in der Kopfzeile der Tabelle beschriebenen Aktivitäten benutzt.

Jede der Restriktionen beschreibt eine der Bedingungen,

denen die umweltbeeinflussenden Aktivitäten in einer Region genügen sollen. An den durch Schraffur gekennzeichneten Stellen der Koeffizientenmatrix und des Vektors auf der rechten Seite werden numerische Koeffizienten erwartet, die von Null verschieden sind. Die Multiplikation dieser Koeffizienten mit den (gesuchten) Aktivitätsniveaus ergibt die linke Seite der Gleichungen und Ungleichungen des Modells. Die rechte Seite bilden Kapazitätsrestriktionen und Umweltstandards.

Die graphische Darstellung des Aufbaus der Restriktionsmatrix in Abb. 3 soll insbesondere die Anschlußstellen und Überlappungen der Submodelle sichtbar machen. Überlappungen liegen überall dort vor, wo zwei oder mehrere Submodelle die gleichen Aktivitäten enthalten.

Die Submodelle 6 und 7 können als stark disaggregierte Analyse der in aggregierter Form auch im Submodell 0 enthaltenen Sektoren „Energie“ und „Verkehr“ interpretiert werden. Ähnliches gilt für die Beziehung zwischen landwirtschaftlicher Flächennutzung im Submodell 1 und dem Sektor „Landwirtschaft“. Die Aussonderung dieser Sektoren ist notwendig, weil hier zur Analyse der Umweltschäden eine feinere Unterteilung erforderlich ist als für die Analyse der Vorleistungsverflechtung.

Jedes der Submodelle ist – wie bereits erwähnt – im Rahmen der jeweils gesetzten *ceteris-paribus*-Bedingungen zur Lösung von partiellen Planungsaufgaben verwendbar. Wir wollen deshalb die wichtigsten Bestandteile der Teilmodelle aufzeigen und den Aufbau eines dieser Teilstücke, das Submodell „Flächennutzung“, als Beispiel etwas genauer darstellen¹². Der innere Aufbau dieses Submodells ist in Abb. 4 dargestellt. Abb. 4 behandelt also einen Ausschnitt aus Abb. 3. Die meisten Aktivitäten dieses Submodells stellen umweltrelevante agrarische Flächenansprüche dar. Außerdem sind hier bei der Integration aller Submodelle die sich aus diesen Modellen ergebenden Flächenansprüche zusammenzufassen. Als Kapazitätsrestriktionen ergeben sich für dieses Teilmodell die insgesamt in jeder der betrachteten Regionen verfügbaren Flächen verschiedener Qualität. Sie sind in der Abbildung unter dem Begriff Eignung zusammengefaßt. Weiterhin sind die verschiedenen fixen oder einseitig fixen Ziele (Gleichungen und Ungleichungen) der Agrar- und Umweltpolitik in das Modell aufzunehmen. Hierbei wird zwischen „herkömmlichen“ Zielen einerseits und „neuen“ Zielen andererseits unterschieden. Die herkömmlichen Ziele beziehen sich auf die Nutzung des Bodens als Bauland und als Grundlage der land- und forstwirtschaftlichen Produktion. Vor allem sind hier alle diejenigen Ziele zu nennen, die sich aus dem Bestreben nach einer Sicherung einer bestimmten Mindestversorgung mit Nahrungsmitteln aus dem eigenen Lande ergeben. Diese Ziele sind insofern wichtig, weil im Zusammenhang mit der Ernährung der Bevölkerung jedes unkalkulierbare Risiko vermieden werden muß.

¹¹ Vgl. Stäglin, R. und Wessels, H.: Input-Output-Tabellen und Input-Output-Analysen für die Bundesrepublik Deutschland, DIW-Beiträge zur Wirtschaftsforschung, H. 6, Berlin 1969.

¹² Vgl. Thoss, R.: Kriterien für die Bildung von Schwerpunkten in der Nutzung von Boden und Landschaft. Referat auf der Tagung „Die Zukunft der landwirtschaftlich genutzten Regionen“ der Ev. Akademie Loccum. In: Loccumer Protokolle, März 1972.

Von den Flächenansprüchen, die bei der Planung der Nutzung von Boden und Landschaft im Zusammenhang mit dem Umweltschutz zu beachten sind, wurden folgende in das Modell aufgenommen:

- die Flächenansprüche für Freiheit und Erholung,
- die Flächenansprüche für die Wassergewinnung,
- der Bedarf an Grünflächen für die Reinhaltung der Luft (Staub, O_2 , CO_2),
- der Flächenbedarf für die Verwirklichung des Zirkulationsprinzips für organische Materie (tierische Abfälle, Klärschlamm, Müllkompost),
- der Bedarf an Wald- und Wasserflächen für die Beeinflussung des Klimas,
- der Naturschutz.

Bei der Flächennutzung handelt es sich fast immer um Mehrfachnutzungen. Die meisten Aktivitäten dieses Sub-

modells liefern deshalb mehrere Outputs. Dies wird dadurch dargestellt, daß in den einzelnen Spalten des Modells mehrere positive Zeichen eingetragen sind. Man erzeugt in diesem Falle mehrere erwünschte Outputs gleichzeitig, so daß sich hier eine Parallele zu den in Abschnitt 2 behandelten Aktivitäten ergibt, in denen erwünschte und unerwünschte Substanzen (Güter) simultan erzeugt werden.

Ein sehr wesentlicher Aspekt, der dabei zu berücksichtigen ist, ergibt sich aus dem Umstand, daß sich die allgemeine Wertschätzung der Haupt- und Nebenprodukte in ihrer Relation zueinander neuerdings sehr rasch verändert. Die in Zeiten der Nahrungsmittelknappheit hoch geschätzten Agrargüter verlieren relativ immer mehr an Wert, und die bisher als „freie“ Güter angesehenen Nebenprodukte Wasser, Sauerstoff, Erholung etc. werden von der Bevölkerung zunehmend höher eingeschätzt.

In den meisten Industrieländern finden derzeit derartige

Bezeichnung der Aktivitäten	Produktions- und Konsum-Aktivitäten				Abwasserbehandlungs-Aktivitäten		Energie-Verbrauchs-Aktivitäten (Verbrauch von Energie-trägern)	Verkehrs-Aktivitäten (Erzeugung von Verkehrsdiensten)	Export- und Import-Aktivitäten (Bedarf an Verkehrsleistungen)	Politische Normen und Kapazitätsschranken
	Landwirtschaft	Energie	Verkehr	Sonstige Sektoren	Flächen-nutzungs-Aktivitäten	Müll-behandlungs-Aktivitäten	Einleitung nach Klärung	Einleitung ohne Klärung	Entnahme von Oberflächenwasser	
Bezeichnung Inhalt der Submodelle	Mio DM	ha	t	m ³	t SKE	t km	div. Einheiten	div. Einheiten	div. Einheiten	div. Einheiten
0. Güter- und Arbeitsbedarf										
1. Eignung										
2. Bedarf										
3. Produktion, Export-Saldo										
4. Produktion, Entsorgung, Export-Saldo										
5. Produktion, Entsorgung, Export-Saldo										
6. Wasserflüsse										
7. Inhabitsstoffe										
8. Bedarf, Produktion, Export-Saldo										
9. Produktion, Export-Saldo										
10. Bedarf										

Abb. 3: Übersicht über ein Gesamtmodell zur Planung des Umweltschutzes

Veränderungen der Wertrelationen der von der Land- und Forstwirtschaft erzeugten Güter und Dienstleistungen statt. Dies hängt unter anderem mit dem sehr starken technischen Fortschritt in der Landwirtschaft zusammen. In dem hier dargestellten Entscheidungsmodell wird deshalb darauf geachtet, daß bei dynamischer Betrachtung die Nachfrage nach land- und forstwirtschaftlichen Produkten (P_i) langsamer wächst als die oben genannten Freiflächenansprüche. Der technische Fortschritt wird dadurch berücksichtigt, daß die Ertragskoeffizienten pro Hektar im Zeitablauf stark steigen, während im Gegensatz hierzu die Arbeitsinput-Koeffizienten pro Hektar sinken. Auf diese Weise trägt die Formulierung dem in der Realität zu beobachtenden Phänomen einer gleichzeitigen Freisetzung der Faktoren Boden und Arbeit im Sektor „Landwirtschaft“ und der damit einhergehenden Vermehrung der Brachflächen Rechnung.

In engem Zusammenhang mit der Flächennutzung steht das Submodell „Abgase“, weil die Freiflächen einer Region einen erheblichen Einfluß auf die Qualität der Luft und den Abbau von Schadstoffen in der Luft haben. Von besonderer Bedeutung ist hier der Einfluß auf den Gehalt an CO_2 und staubförmigen Verunreinigungen. Diese Substanzen werden – zusammen mit anderen schädlichen, gasförmigen Kuppelprodukten – in den Konsum- und Produktionsaktivitäten erzeugt.

Man unterscheidet bei der Luftverunreinigung häufig zwischen stationären und beweglichen Schadensquellen. Wir weichen in unserem Submodell „Abgase“ von dieser Regel ab, sondern unterscheiden zwischen Abgasen aus Produktionsaktivitäten und Abgasen, die bei der Verbrennung von Energieträgern frei werden. Dies ermöglicht eine leichtere Erfassung eines großen Teils der gasförmigen Verunreinigungen, da der Energieverbrauch eine der Hauptursachen der Luftverunreinigung ist. Die Verbindung zwischen Produktion und Energiebedarf wird im Submodell „Energie“ behandelt. Dabei kommt den Substitutionsmöglichkeiten zwischen einzelnen Energieträgern (Kohle durch Erdöl, Erdöl durch Erdgas) für den Umweltschutz zentrale Bedeutung zu.

Im Submodell 3 wird die Umweltbelastung durch feste Abfallstoffe und deren Beseitigung behandelt. Die mit der Beseitigung dieser Abfälle zusammenhängenden Probleme wurden bis vor kurzer Zeit ausschließlich unter dem Gesichtspunkt des Flächenbedarfs und der bei den verschiedenen Methoden der Beseitigung anfallenden Kosten betrachtet. Erst in neuester Zeit ist insofern in der Diskussion eine Akzentverschiebung erfolgt, weil nunmehr die Erschöpfung der natürlichen Rohstofflager und die Möglichkeiten der Wiedergewinnung von Rohstoffen in den Mittelpunkt der Erörterungen gestellt worden sind.

Bereits in den Arbeiten von Kneese und dessen Mitarbeitern spielt das Zirkulationsprinzip für die Schadstoffbeseitigung eine große Rolle¹³. Durch die von J. Forester und

seinen Mitarbeitern erstellten Simulationsmodelle ist die Wiederverwendung von Abfallstoffen, insbesondere auch des anorganischen Bestandteiles der verbrauchten Güter nunmehr in den Mittelpunkt des öffentlichen Interesses gerückt¹⁴.

Die genannten Forscher haben gezeigt, daß der Rohstoffversorgung für die weitere Entwicklung des Lebensstandards der Weltbevölkerung eine zentrale Bedeutung zukommt und daß ohne Anwendung des Zirkulationsprinzips wegen der Erschöpfung der Rohstoffvorkommen bei gleichzeitiger Erschöpfung der Ablagerungsmöglichkeiten für gebrauchte Produkte mit einem Zusammenbruch der Weltwirtschaft in naher Zukunft gerechnet werden muß. Im Rahmen des Submodells 3 wird diese Hypothese überprüft.

Deshalb sind in diesem Submodell nicht nur die üblichen Entsorgungsaktivitäten (Mülldeponie, Müllverbrennung, Müllkompostierung) enthalten, sondern es wird besonderer Wert auf eine detaillierte Berücksichtigung von Wiederverwendungsaktivitäten gelegt. Diese Wiederverwendungsaktivitäten „verwandeln“ Schadstoffe in nützliche Rohstoffe und liefern sie an die Güterproduktionsaktivitäten zurück. Das Submodell „Müll“ enthält deshalb sowohl Schadstoffbilanzen als auch Rohstoffbilanzen als Restriktionen.

Eine der wesentlichen Inputgrößen im Submodell 3 ist der bei der Klärung des Abwassers anfallende Klärschlamm. Im Submodell 4 enthaltene Aktivitäten beschäftigen sich mit der Einleitung von geklärtem und ungeklärtem Abwasser in die Oberflächengewässer der betrachteten Regionen¹⁵. Außerdem wird unterschieden zwischen häuslichen und industriellen Abwässern. Das häusliche Abwasser hat überwiegend organische Inhaltsstoffe, während bei den industriellen Abwässern anorganische Verbindungen eine große Rolle spielen.

Den anorganischen Verunreinigungen kann bisher in unserem Modell noch nicht genügend Rechnung getragen werden. Zwar bietet die Abwasserstatistik eine gute Grundlage für die Abschätzung der voraussichtlich anfallenden industriellen Abwassermengen. Die Inhaltsstoffe dieses Abwassers werden aber bisher nicht statistisch erfaßt. Das Submodell „Abwasser“ enthält deshalb vorerst nur die organischen landwirtschaftlichen, industriellen und städtischen Abwässer. Für diese werden die Aktivitätsniveaus der Produktion der verschiedenen Sektoren und des Konsums so bestimmt, daß die normativen Wasserqualitäts-

se, A., Ayres, R. V. und d'Arge, R. C.: Economics and the Environment: A Materials Balance Approach, Baltimore 1970. Kneese, A. V.: Environmental Pollution: Economics and Policy. In: American Economic Review, 61 (1971), S. 153ff. Kneese, A. V. und Bower, B. T. (Hrsg.), Environmental Quality Analysis: Research Studies in the Social Sciences, Baltimore (i. E.). Kneese, A. V.: Background for the Analysis of Environmental Pollution. In: Swedish Journal of Economics, 73 (1971), S. 1ff.

¹⁴ Vgl. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens III, W. W.: The Limits to Growth. New York 1972.

¹⁵ Dieses Submodell wird zur Zeit in vier Regionen im Ruhrgebiet erprobt. Vgl. Thoss, R. und Wiik, K.: An Empirical Linear Model for Water Quality Management. Pilot Study for Four Regions in the Ruhr Basin. Paper presented at the International Economic Association Conference on „Urbanization and Environment“, Kopenhagen Juni 1972.

¹³ Kneese, A. V. und Bower, B. T.: Managing Water Quality. Economics, Technology, Institutions, Baltimore 1968. Ayres, R. V. und Kneese A. V.: Production, Consumption and Externalities. In: American Economic Review, 59 (1969), S. 282ff. Kneese,

		Beb. Fl.	Gewässer	Ödn. fl		Wald		Ackerland	D. gchl	Veredlung																											
		Beb. Fläche (o. Hoffl.)	Hoffläche	Naturschutzwasserfl.	Trinkwasserspeicher	Fischereigewässer	F+E Gewässerfl.	Sportplätze	F+E Wiesen, Parkfl.	Ödl., Unl., Brache	unkult. Moorfl.	Naturschutzwald	Fichtenwirtschaftsw.	F+E Waldfläche	Obst+Rebland	Gartenl., Baumsch., Korbw.	Sonst. Handelslg.	Brotgetreide	Speisekartoffeln	Zuckerrüben	Futterkartoffeln	Futtergetreide I	Futtergetreide II	Acker-u. Futterpfl.	Wiesen, Weiden (o. Skip.)	Skipisten	Schweinehaltung	Schafhaltung	Rindermast	Milchproduktion	Geflügelmast	Legenhennenhalt.					
Dimension		H e k t a r															Vieheinheit.																				
Eignung d. Fläche für:	Gesamtfläche	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	=	F ₁		
	Gewässer Max			1	1	1	1																												=	F ₂	
	Moor Max																																			=	F ₃
	Obst/Reb. Max										1																									=	F ₄
	Getreide Max															1							1	1											=	F ₅	
	Rüben Max																				1															=	F ₆
	Grünland Max																									1	1									=	F ₇
	Ski Max																										1									=	F ₈
Neue Flächenansprüche für:	F+E (Wasser, Ski)																																			=	aE
	F+E (intensiv)																																			=	bE
	F+E (extensiv)																																			=	cE
	Trinkw. Gewinnung																																			=	dE
	Entstaub. Luft																																			=	eE
	O ₂ -Produktion																																			=	fE
	CO ₂ -Bindung																																			=	gE
	Kompost Recycling																																			=	hE
	Gewässer Min																																			=	kE
	Natursch. Min																																			=	mE
Wald Min																																			=	0,2F ₁	
Wald Max																																			=	0,7F ₁	
Herkömmliche Flächenansprüche für:	Beb. Fl. (o. Hoffl.)	1																																		=	nE
	Hofflächen		1																																	=	0
	Fische																																			=	P ₁
	Holz																																			=	P ₂
	Obst+Reben																																			=	P ₃
	Gartenerzeugnisse																																			=	P ₄
	S. Handelsgewächse																																			=	P ₅
	Brotgetreide																																			=	P ₆
	Speisekartoffeln																																			=	P ₇
	Zuckerrüben																																			=	P ₈
	Schweinefutter																																			=	0
	Grünf., Heu, Silage																																			=	0
	Futtergetreide II																																			=	0
	Schweinefleisch																																			=	P ₉
	Schafffleisch																																			=	P ₁₀
	Wolle																																			=	P ₁₁
	Rindfleisch																																			=	P ₁₂
Milch																																			=	P ₁₃	
Geflügel																																			=	P ₁₄	
Eier																																			=	P ₁₅	
Ziel-funkt.	jährlicher Arbeitsstd.-Bed.																																			→	Min

+ , - Output-, bzw. Inputkoeffizienten
F Flächen versch. Qualitäten i.d. Region
E Einwohnerzahl d. Region
P Bedarf an Agrargütern (unter Berücks. d. gewünschten Selbstversorgungsgrads)

Abb. 4: Aufbau des Submodells „Flächennutzung“

Standards nicht verletzt werden. Zu diesem Zweck wird simultan das Produktions- bzw. Entsorgungsverfahren und die maximal produzierbare Gütermenge bestimmt. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß die Verschmutzung der Oberflächengewässer weiterhin die Gewinnung von Uferfiltratwasser und Brauchwasser erlaubt.

Eine besondere Rolle spielt im Gesamtmodell der Verkehrssektor (Submodell 7). Negative Einflüsse gehen von diesem Sektor auf die Umwelt insofern aus, als er einerseits

in erheblichem Maße für die Vernichtung der Regenerationsflächen verantwortlich ist. Weiterhin ist ein wesentlicher Teil des umweltschädlichen Energieverbrauchs auf den Verkehrssektor zurückzuführen. In einem integrierten Umweltschutzmodell muß aber der Verkehrssektor besonders in einem anderen Zusammenhang genannt werden:

Wenn aus Gründen des Umweltschutzes für einzelne wirtschaftliche Aktivitäten die durch die Ziele gesetzten

Obergrenzen erreicht werden, dann ist in diesen Regionen eine weitere Ausdehnung der Güterproduktion nicht mehr möglich. Die Erzeugung muß deshalb in andere, vorerst noch weniger belastete Regionen verlagert werden. Dies bedingt aber – wenn nicht eine Verschlechterung der Güterversorgung in Kauf genommen werden soll – einen vermehrten Verkehrsbedarf und eine entsprechend verstärkte Umweltbelastung. Bei der Planung des Umweltschutzes muß deshalb simultan auf den Entlastungseffekt durch bessere regionale Verteilung der Güterproduktion und den Belastungseffekt durch den hierdurch wachsenden Verkehrsbedarf geachtet werden. Deshalb sind bei der Optimierung die unterschiedlichen Effekte gegeneinander abzuwägen.

4. Schlußbemerkungen

Aus der Darstellung der in unserem Entscheidungsmodell behandelten Aktivitäten und Restriktionen mag der Leser ersehen, daß die Konstruktion der für die Umweltplanung zur Verwirklichung des Nichtverursachungs-Prinzips erforderlichen multisektoralen, multiregionalen Modelle eine zwar mühsame, aber keineswegs unlösbare Aufgabe darstellt. Es muß betont werden, daß der wesentliche Arbeits-

aufwand nur bei der erstmaligen Konstruktion eines solchen Modells entsteht, während die anschließend zur Erhaltung der Aktualität erforderlichen Anpassungen nur vergleichsweise geringe Aufwendungen erfordern. Die Hauptarbeit besteht darin, die Vielfalt der im Umweltbereich auftretenden Verflechtungen zu erfassen und durch Funktionen zu beschreiben.

Damit soll nicht gesagt werden, daß der Aufwand für die Beschaffung des erforderlichen statistischen Materials gering zu veranschlagen ist. Der Beweis dürfte jedoch schwerfallen, daß die Erfassung und Zurechnung der andernfalls nach wie vor entstehenden sozialen Zusatzkosten weniger kostspielig sein sollte.

Unabhängig davon muß wiederholt werden, daß nur durch zielbewußte Planung der erforderlichen Maßnahmen unsere Umwelt wirklich geschützt werden kann. Die auf diese Weise erarbeiteten Lösungsvorschläge dienen dazu, die Umweltverschmutzung an der Quelle zu verhindern, während die statistischen Erhebungen zur Verwirklichung des Kompensationsprinzips nur der nachträglichen Berechnung von Entschädigungszahlungen für bereits erlittene Schäden dienen. Selbst wenn die Quantifizierung der sozialen Zusatzkosten geringere wissenschaftliche Anstrengungen erfordern würde als die Konstruktion von Entscheidungsmodellen, wäre deshalb doch der zweite Weg vorzuziehen.