

Das Mengenproblem der Abfallwirtschaft

M. Faber, G. Stephan, Peter Michaelis

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Faber, M., G. Stephan, and Peter Michaelis. 1990. "Das Mengenproblem der Abfallwirtschaft." *Spektrum der Wissenschaft* 1990 (6): 46–58.



Das Mengenproblem der Abfallwirtschaft

Weiteres kaum gehemmt Produzieren von Abfall würde binnen weniger Jahre den verfügbaren Deponieraum erschöpfen und die Wirtschaft lahmlegen. Eine Abfallabgabe kann starke Anreize schaffen, Müll weit mehr als bisher zu verwerten und insbesondere zu vermeiden.

Von Malte Faber, Gunter Stephan und Peter Michaelis

Das allbekannte Müllproblem, so scheint es, gerät fast jedermann mit der Abfuhr des eigenen Unrats wieder aus dem Sinn.

Zwar ist die schlanke Blechtonne vor Jahren gegen einen sehr viel größeren Plastikkußel ausgetauscht worden; und dann kam noch ein zweiter für verrottbare Abfälle hinzu. Aber zeigen nicht alle guten Willen? Schon die Kinder lernen, was Recycling heißt: Sie dürfen Vater helfen, die ausgelesenen Zeitungen zu bündeln und die ausgetrunkenen Flaschen zu ordnen, bis die Fahrt zum Sammelbehälter lohnt; und Mutter erklärt, warum sie Kohlstrünke und verblühte Blumen, Eier- und Kartoffelschalen in den einen Eimer wirft, leere Packungen und Zahnpastatuben, Dosen und Scherben in den anderen. Die ganze Familie weiß: Manches wird kompostiert, manches sonstwie wiederverwertet, manches verbrannt; erst der Rest kommt auf die Kippe.

Das Mengenproblem

Die 30 Millionen Tonnen Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfälle, die Jahr um Jahr in der Bundesrepublik entstehen und abgefahren werden, entsprechen einem Volumen von 100 Meter Breite, 10 Meter Höhe und mehr als 30 Kilometer Länge – gemessen an den gleichzeitig anfallenden Produktionsabfällen gleichwohl eine Kleinigkeit: Die umfassen immerhin 200 Millionen Tonnen.

Der überwiegende Teil des gesamten Abfallaufkommens von etwa 230 Mil-

lionen Tonnen, nämlich etwa 170 Millionen Tonnen, wird deponiert (Bild 1); am Stück wieder 100 Meter breit und 10 Meter hoch aufgeschüttet, ergäbe das einen Wall von Hamburg bis Hildesheim oder von Stuttgart bis kurz vor München. Das verfügbare Restvolumen unserer Deponien ist jedoch aufgrund geologischer und ökologischer Bedingungen und wegen des wachsenden Widerstands in der Bevölkerung gegen das Verfüllen jeglichen Lochs in der Landschaft mit Unrat sehr begrenzt. Sollen Städte und Gemeinden nicht daran ersticken, sollen Gewerbe und Industrie nicht davon lahmgelegt werden, muß der Umfang der zu deponierenden Abfälle drastisch verringert werden: Müll ist möglichst wiederzuverwerten oder am besten von vornherein zu vermeiden.

Obwohl bei diesem Problem die Zeit drängt, plädieren wir nicht für unmittelbare, massive Eingriffe des Staates in die Wirtschaft, etwa über gesetzliche Auflagen und Verordnungen. Vielmehr wollen wir anhand numerisch kalkulierter Szenarien zeigen, wie die Wirtschaft sich durch das indirekte Instrument einer Abfallabgabe gezielt im Sinne einer ökologischen Marktwirtschaft beeinflussen läßt.

Auch für umweltpolitische Maßnahmen in der Abfallwirtschaft benötigt man verlässliche Daten. Wir haben deshalb aus den Veröffentlichungen der Statistischen Ämter für das Jahr 1984 Abfallbilanzen für die Bundesrepublik (Bild 2) und für das Land Baden-Württemberg (Bild 3) zusammengestellt. Diese Zahlen machen deutlich: Die gewaltigen Mengen sind –

außer den Gefahren durch Sondermüll – das zentrale Problem der Abfallwirtschaft.

Oftensichtlich erfordert dessen Lösung umfangreiche Eingriffe in die Abfallwirtschaft. Diese würden jedoch die gesamte Produktionsstruktur verändern und somit das Kräfteverhältnis zwischen den Wirtschaftssektoren verschieben. Eine so tiefgreifende Umgestaltung der volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen muß man also sehr sorgfältig überlegen und vorbereiten. Dabei sollten drei Grundsätze berücksichtigt werden:

– In der Abfallwirtschaft gibt es nicht die beste Lösung. Puristische Ansätze würden Schwierigkeiten bestenfalls punktuell beheben, andere verlagern und neue schaffen.

– Obwohl kurzfristige Maßnahmen unumgänglich sind, muß vor kurzfristigem Aktionismus gewarnt werden. Nötig ist ein konzeptioneller Rahmen, in dem man die komplexen Auswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen für die künftige Abfallwirtschaft systematisch diskutieren kann. Erst nach einer solchen Abklärung läßt sich eine langfristige Lösung finden.

– Eine umfassende Lösung des Mengenproblems kann aus Wettbewerbsgründen nur auf Bundesebene unter Berücksichtigung der EG-Richtlinie über Abfälle zustande kommen.

Ökonomische Ansätze zur Lösung

Die Ökonomie des Abfallproblems stellt sich für das jeweilige Unternehmen anders dar als für die Gesellschaft

insgesamt. Betriebswirtschaftlich gesehen stehen Einzelaspekte – etwa die Kosten, die Rentabilität von Investitionen und der Gewinn – im Vordergrund der Analyse. Auch betrachtet man in der Regel nur Teilprobleme der Abfallwirtschaft wie Sammlung, Transport, Verbrennung, Recycling, Vermarktung oder Deponierung. Der Vorteil ist, daß man dabei sehr spezielle und auf einzelne Branchen und Betriebe bezogene Aussagen zu treffen vermag.

Eine volkswirtschaftliche Betrachtung faßt hingegen viele Fragestellungen zusammen. Dabei geht es um das Wohl aller Bürger. Der Abstraktionsgrad ist wesentlich höher; volkswirtschaftliche Schlußfolgerungen sind unspezifischer, richten sich dafür aber auf Nutzen oder Nachteile für das Gemeinwesen.

Allerdings hängen die beiden Ebenen eng zusammen. Will man bei-

spielsweise knappen Deponieraum volkswirtschaftlich optimal verwenden, so muß man auf der volkswirtschaftlichen Ebene Signale setzen, die dann betriebswirtschaftliche Bemühungen auslösen, sparsam mit der Produktion von Abfällen umzugehen. Solche Signale sind insbesondere Preise.

Während eine Planwirtschaft die Produktion und den Verbrauch von Gütern durch direkte Anweisungen lenkt, können in einer Marktwirtschaft die Beteiligten – Anbieter und Abnehmer von Produkten und Dienstleistungen – frei über ihre wirtschaftlichen Handlungen entscheiden; die unterschiedlichen Pläne der Unternehmen und Haushalte werden über die Märkte und den Preismechanismus koordiniert. Dabei üben die Preise drei Funktionen aus:

– Sie sind ein Maßstab für die Knappheit: Je weniger von einem Gut vorhanden ist, desto höher sein Preis.

– Sie lenken und koordinieren die Wirtschaft: Hohe Preise signalisieren Knappheit an Gütern, woraufhin das Angebot ausgedehnt wird; dadurch fallen in der Regel die Preise, so daß sich zwischen Angebot und Nachfrage ein Gleichgewicht einstellt.

– Sie haben eine Kompensationsfunktion: Im Idealfalle deckt der Preis eines Gutes alle Kosten, die durch seine Bereitstellung entstehen. Damit gilt in einer idealen Marktwirtschaft das (für die Lösung von Umweltproblemen wichtige) Verursacherprinzip: Der Kaufpreis eines Gutes stellt einen monetären Gegenwert zu den Nachteilen dar, die anderswo durch seine Produktion und seinen Konsum entstehen.

In einer idealen Marktwirtschaft sind volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Ebene über den Preismechanismus so koordiniert, daß ein im eigenen Interesse handelndes Unternehmen automatisch zum gesamt-



Bild 1: In modernen Industriegesellschaften fallen ungeheure Mengen von Gütern an, für die es keinerlei Verwendung gibt: Müll in jeglicher Form. Abfälle belasten aber die Umwelt – abgesehen von der Gefährdung durch schädlichen Sondermüll – allein schon durch den unentwegt wachsenden Flächenbedarf für Deponien. Allein in der Bundesrepublik entsteht Jahr für Jahr eine Menge von Hausmüll, die einem Quader von 100 Metern Breite, 10 Metern Höhe und 30 Kilometern Länge entspricht. Doch dies ist kaum ein Sechstel der noch

zusätzlich jährlich anfallenden Menge an Produktionsabfällen. Um das drängende Mengenproblem der Abfallwirtschaft zu lösen, sind umweltpolitische Maßnahmen unumgänglich. Die Autoren sprechen sich allerdings gegen direkte Eingriffe des Staates aus, sondern plädieren für Abfallabgaben, die dem Beseitigen von Müll in marktkonformer Weise einen volkswirtschaftlich angemessenen Preis zuweisen. Wie ihre numerischen Szenarien belegen, schafft dies entsprechende Anreize, Abfälle weit mehr als bisher zu verwerten und zu vermeiden.

Abfallaufkommen in Millionen Tonnen
gesamt 230,3

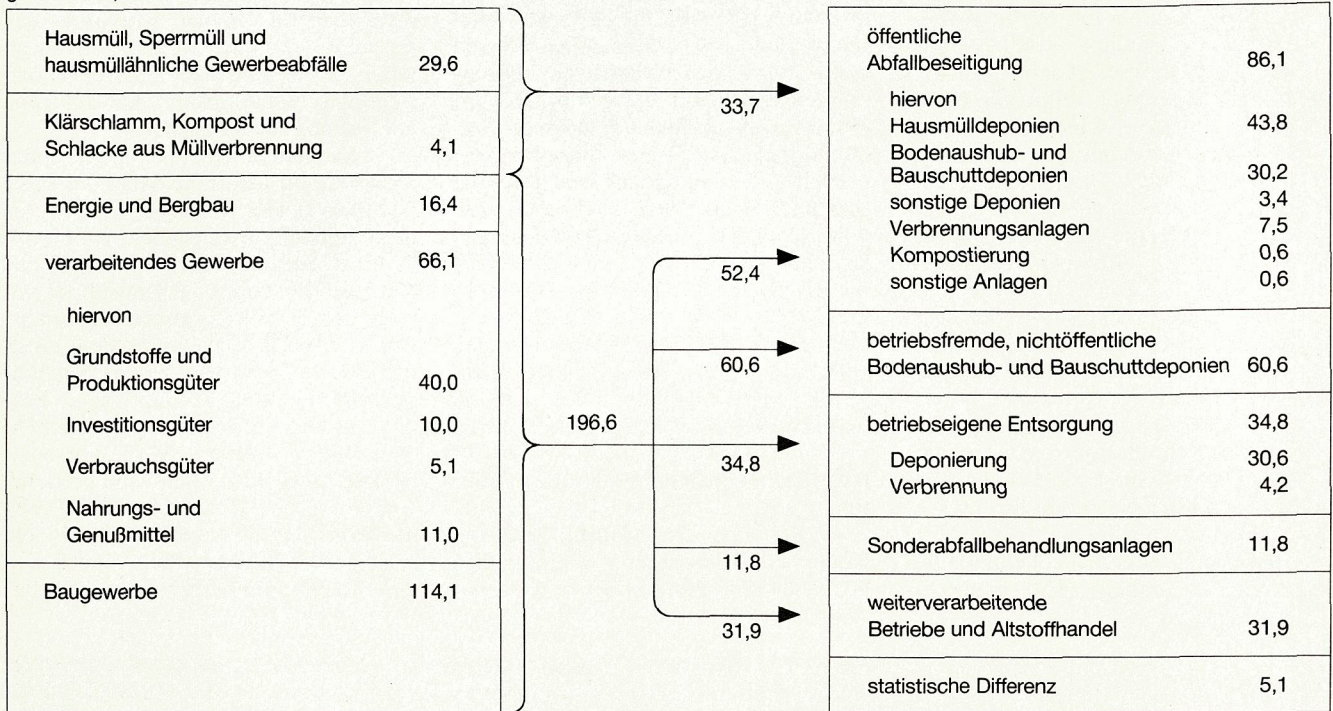


Bild 2: Die Abfallbilanz der Bundesrepublik für das Jahr 1984 ist nach Abfallaufkommen, Entsorgungswegen und Entsorgungsverfahren aufgeschlüsselt. Wie dringlich das Mengenproblem ist, wird besonders aus der Spal-

te Entsorgungsverfahren erkennbar: Bundesweit werden 73,2 Prozent des gesamten Abfallaufkommens deponiert. Das 1984 ausgewiesene Restvolumen der Deponien von 1247 Millionen Tonnen reichte demnach nur noch

für etwa sieben Jahre. Die Wiederverwertung von Abfällen beträgt nur etwa 14 Prozent. Mit einer Ausdehnung dieses Anteiles ist bei den heutigen umweltpolitischen Rahmenbedingungen nicht zu rechnen. Der Umfang der

Abfallaufkommen in Millionen Tonnen
gesamt 35,3

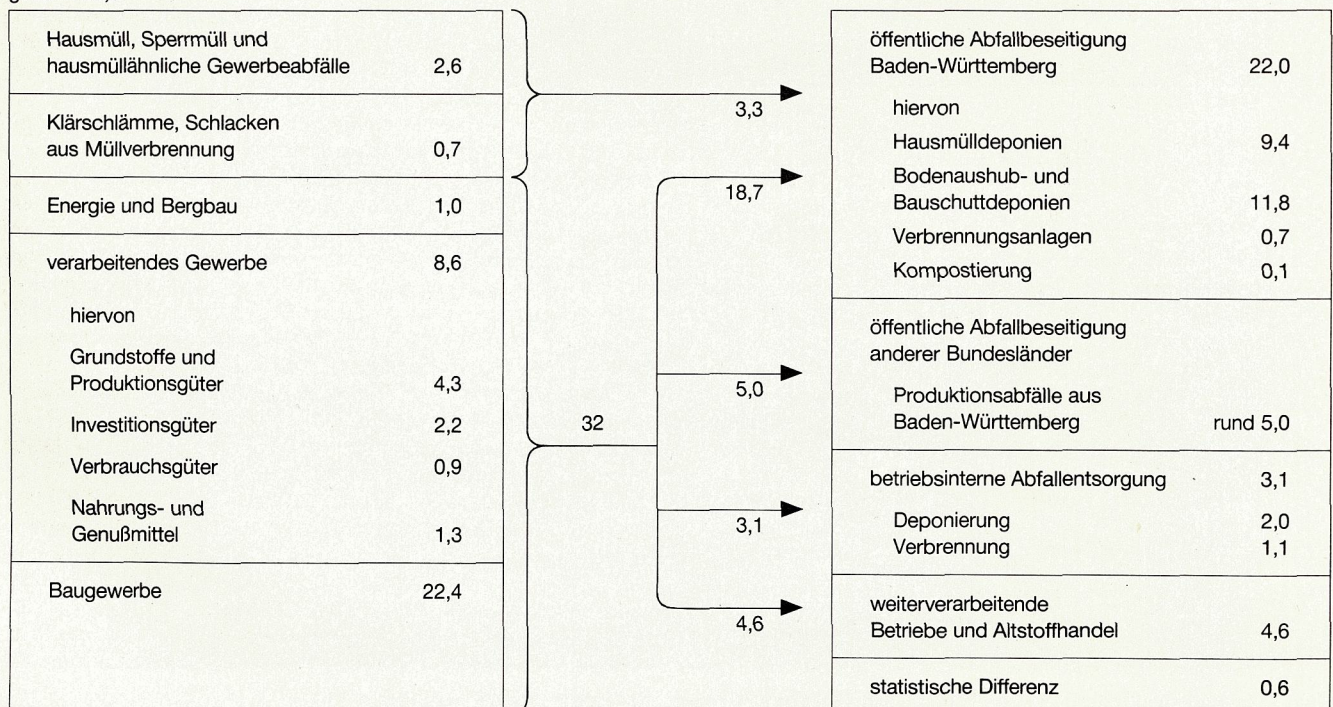


Bild 3: Der Vergleich der Abfallbilanz von Baden-Württemberg für das Jahr 1984 mit der entsprechenden Bilanz des Bundes (oben) zeigt, daß auf Landesebene teilweise große Unterschiede herrschen. Ein Beispiel dafür ist der Anteil des Baugewerbes am gesamten

Abfallaufkommen. Während dieser Anteil auf Landesebene mit 22,4 Millionen Tonnen etwa 63,5 Prozent beträgt, entfallen auf Bundesebene mit 114,1 Millionen Tonnen nur etwa 49,5 Prozent des Abfallaufkommens auf das Baugewerbe. Wie aus der Spalte Entsor-

gungswege hervorgeht, ist der Anteil der öffentlichen Abfallbeseitigung in Baden-Württemberg wesentlich umfangreicher als auf Bundesebene. Zusätzlich zur Deponierung von 65,7 Prozent aller Abfälle mußten im Jahre 1984 bereits 15,9 Prozent in andere

Entsorgungsverfahren, Anteil in Prozent
(entsprechend Menge in Millionen Tonnen)

Deponierung	73,2	(168,6)
Restvolumen der Deponien in Milliarden Kubikmeter		
öffentliche Hausmülldeponien	566	
öffentliche Bodenaushub- und Bauschuttdeponien	261	
betriebseigene Deponien	420	
insgesamt	1247	
Wiederverwertung	14,1	(32,5)
Verbrennung	5,1	(11,7)
sonstige Anlagen	5,4	(12,4)
statistische Differenz	2,2	(5,1)

Verbrennung ist mit etwa 5 Prozent ebenfalls gering. Auch dieser Anteil läßt sich kurz- und mittelfristig nicht ausdehnen, da Planung, Genehmigung und Bau einer Verbrennungsanlage häufig sogar mehr als acht Jahre dauert.

Entsorgungsverfahren, Anteil in Prozent
(entsprechend Menge in Millionen Tonnen)

Deponierung	65,7	(23,2)
Restvolumen der Deponien in Millionen Kubikmetern		
öffentliche Hausmülldeponien	95,5	
öffentliche Bodenaushub- und Bauschuttdeponien	62,5	
betriebseigene Deponien	10,7	
insgesamt	168,7	
Export in andere Bundesländer und in das Ausland	15,9	(5,6)
Wiederverwertung einschließlich Kompostierung	13,3	(4,7)
Verbrennung	5,1	(1,8)

Bundesländer und in das Ausland exportiert werden. Dieser Export wird jedoch immer schwieriger, da das Deponievolumen auch in den übrigen Bundesländern zunehmend knapper wird und auch das Ausland nicht unbegrenzt Abfälle aufnehmen kann oder mag.

wirtschaftlichen Wohle aller beiträgt. Somit könnte sich der Staat in einer idealen Marktwirtschaft auf das Aufstellen und Überwachen einer Rechts- und Wirtschaftsordnung beschränken. Bekanntlich ist die Realität aber nicht perfekt. Zum Beispiel treten Rohstoff- und Umweltprobleme auf; das heißt, betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten weichen so weit voneinander ab, daß aus volkswirtschaftlicher Sicht Rohstoffe vergeudet werden und die Umwelt geschädigt, wenn nicht gar zerstört wird.

Jahrhundertlang haben natürliche Ressourcen als Güter gegolten, die jedermann kostenlos nutzen, niemand für sich auf Kosten aller anderen beanspruchen darf. Auch heute werden Eigentumsrechte zur Nutzung der Umwelt als Schadstoffempfänger in der Regel nicht an Privatpersonen vergeben. Doch damit kommt es bei weiter zunehmender Umweltbelastung zwangsläufig zu einem Marktversagen: Von der Nutzung öffentlicher Güter – zum Beispiel der Umweltmedien Boden, Luft und Wasser – lassen sich die Wirtschaftssubjekte nämlich nicht in gleichem Maße ausschließen wie vom Gebrauch privater Güter. Zudem wird das Recht, Schad- und Abfallstoffe in die Umwelt zu entlassen, nicht auf Märkten gehandelt.

Die Folge ist, daß hier die Signal-, Lenkungs- und Kompensationsfunktion der Preise versagt. Das wiederum bedeutet: Auf der betriebswirtschaftlichen Ebene werden Güter als frei oder zumindest nicht als knapp angesehen, die aus volkswirtschaftlicher Sicht durchaus knapp sind. Darum verwenden die Unternehmen mehr von diesen begrenzten Ressourcen, als volkswirtschaftlich vertretbar ist.

Dies gilt auch für das Umweltmedium Landschaftsraum: Die Gebührensätze der mehrheitlich von Gemeinden und Kommunen besorgten Abfallbeseitigung sind zu niedrig, als daß sie langfristig eine volkswirtschaftlich optimale Behandlung von Abfällen garantieren könnten. Die niedrigen Kosten vermitteln im Gegenteil den Eindruck, die Fähigkeit der Umwelt, Abfallstoffe aufzunehmen und zu verarbeiten, sei für jedermann fast kostenlos und ausreichend vorhanden.

Marktwirtschaftliches Handeln bedarf somit auf dem Umweltsektor staatlicher Eingriffe, wenn hier nicht der Markt versagen und die Umwelt schwer belastet werden soll: Das Marktversagen muß durch umweltpolitische Maßnahmen verhütet oder repariert werden – am besten, indem ein Preis für die Nutzung der Umwelt als Abfallempfänger geschaffen wird,

der die Kosten der Abfallbeseitigung vollständig an den Verursacher zurückverweist.

Volkswirtschaftlich angemessene Preise

Steigt der Preis eines Rohstoffs, so erhöhen sich die Betriebskosten eines Unternehmers, der diesen Rohstoff einsetzt. Kann er die Kostensteigerung nicht an die Verbraucher weitergeben, so wird er – um weiterhin seinen Gewinn zu maximieren – von dem betreffenden Rohstoff weniger zu verwenden suchen.

Der Preis eines Rohstoffs bestimmt sich in der Praxis im wesentlichen durch die betriebswirtschaftlichen Kosten von Förderung, Veredelung und Transport. Da im Laufe der Zeit die Rohstoffkonzentrationen in den erschlossenen Lagerstätten abnehmen und man auf ungünstigere Lagerstätten zurückgreifen muß, steigen die Herstellungskosten und damit die Preise der Rohstoffe. Volkswirtschaftlich gesehen müßten diese künftigen Preissteigerungen und die damit verbundenen künftigen volkswirtschaftlichen Kosten schon heute in die politischen und wirtschaftlichen Entscheidungen eingehen. Treten solche Preissteigerungen nämlich plötzlich und in großem Umfang auf, können sie das Gefüge einer Volkswirtschaft nachhaltig erschüttern; dies haben die Ölpreisschocks der Jahre 1973 und 1978/79 deutlich gezeigt.

Zu den volkswirtschaftlichen Kosten gehören insbesondere die der Umweltbelastungen sowie Kosten, die der Volkswirtschaft entstehen, nachdem ein Rohstoff erschöpft ist und man auf einen anderen ausweichen muß. Dies erfordert umfangreiche Mittel für Forschung und Entwicklung und noch viel größere für den Aufbau entsprechender Anlagen – zum Beispiel für die Nutzung von Elektrizität aus Sonnenenergie anstelle von Brenn- und Treibstoffen aus erschöpfbaren fossilen Energieträgern.

Da nun die betriebswirtschaftlichen Kosten von Extraktion, Veredelung und Transport die künftigen volkswirtschaftlichen Kosten nicht oder nur unzureichend erfassen, sind die gegenwärtigen Rohstoffpreise zu niedrig. Derart verzerrte Preissignale lenken aber die Wirtschaft in die falsche Richtung: Die aus volkswirtschaftlicher Sicht zu billigen Rohstoffe werden nicht sparsam genug eingesetzt, und Alternativen werden nicht entwickelt (siehe „Strategien für die Industrieproduktion“ von Robert A. Frosch und

Nicholas E. Gallopoulos, *Spektrum der Wissenschaft*, November 1989).

Der volkswirtschaftlich angemessene Preis eines Rohstoffs müßte außer den bisher berechneten drei weitere Komponenten enthalten:

– eine Knappheitskomponente, zum Beispiel in Gestalt einer Rohstoffabgabe oder -steuer, welche die künftige Verknappung und daraus resultierende Anpassungsschwierigkeiten erfaßt;

– eine Umweltkomponente für die Belastung von Natur und Landschaft durch die Förderung und Herstellung von Rohstoffen, durch ihre Verwendung bei der Produktion sowie durch den späteren Ge- oder Verbrauch der Produkte (zum Beispiel entstehen durch die Belastung des Bodens mit emittierten Schwermetallen volkswirtschaftliche Kosten, die häufig über lange Zeiträume wirken und durch eine Umweltabgabe berücksichtigt werden könnten);

– eine Abfallkomponente für Rohstoffe, die später teils oder gänzlich zu Abfall werden, da die heutigen Entsorgungsgebühren bei weitem nicht die volkswirtschaftlichen Beseitigungskosten decken, insbesondere für deponierte Abfälle.

Ähnliches wie für die Rohstoffe gilt auch für die knappe Ressource Deponiefläche. Der in den Gebührenordnungen festgelegte Preis für die Abfalldeponierung umfaßt in der Regel nur die unmittelbaren Betriebskosten der Deponieanlagen. Darauf müßte man eine Knappheitskomponente aufschlagen, um die fortschreitende Erschöpfung von Deponievolumen zu berücksichtigen, sowie eine Umweltkomponente für die diversen Belastungen von Natur und Landschaft durch die Deponierung.

Auflagen und Abgaben

Umweltpolitische Instrumente lassen sich in zwei Klassen einteilen: einerseits gesetzliche Verordnungen und Auflagen in Form von Ge- und Verboten, andererseits Regulierungen, die marktwirtschaftliche Hebel einsetzen und auf dem Verursacherprinzip beruhen, beispielsweise die schon angesprochenen Lenkungsabgaben.

Gesetzliche Verordnungen suchen die Produktion ähnlich wie in einer Planwirtschaft durch behördliche Vorschriften und Anweisungen direkt zu lenken. Auflagen setzen quantitative Normen für Güter, Input-Faktoren und Techniken sowie für Schad- und Abfallstoffe.

Dem einzelnen Produzenten bleibt dabei wenig Handlungsspielraum:

Will er gesetzliche Sanktionen vermeiden, muß er die Normen erfüllen. Dies bildet keinen Anreiz, Emissionen über die vorgeschriebenen Grenzen hinaus zu reduzieren oder neue, umweltfreundliche Techniken und Produkte einzuführen.

Wenn die Normen an den sogenannten Stand der Technik gekoppelt sind, schreiben sie den gegenwärtigen Stand fest und behindern damit Innovationen. Selbst wenn man annähernd zu berücksichtigen sucht, was in Zukunft wohl technisch machbar sein wird, unterschätzt man häufig den Erfindungsreichtum der Ingenieure.

Im Gegensatz zur Auflage greift die Abgabe nicht direkt in den Wirtschaftsprozess ein. Indem sie einen Preis für die Nutzung der Umwelt bildet, erfüllt sie die Kompensationsfunktion von Preisen und setzt das Verursacherprinzip durch.

Derartige Abgaben sollen nämlich so bemessen sein, daß ein Emittent für die Kosten aufkommt, die sein Verhalten in der Umwelt und bei anderen Wirtschaftsbeteiligten erzeugt. Volkswirtschaftliche Kosten, die sonst die Allgemeinheit trägt, werden damit an den Verursacher und seine betriebswirtschaftliche Kalkulation zurückverwiesen. Überdies erfüllen Umweltabgaben außer der Kompensationsfunktion auch die Lenkungsfunction eines Preissystems und steuern damit die Verwendung der knappen Ressourcen Wasser, Luft und Boden als Schadstoffempfänger.

Gegen die Abgabe wendet man häufig ein, sie bedeute staatlichen Dirigismus, weil der Preis für die Nutzung des Gutes Umwelt sich nicht über den Markt bildet, sondern vom Staat festgesetzt wird. Doch eine Abgabe wird ja gerade dort erhoben, wo Märkte versagen. Damit enthält die Abgabelösung im Gegensatz zur ordnungsrechtlichen Regulierung ein starkes marktwirtschaftliches Element: Der Unternehmer kann selbst entscheiden, in welchem Maße er die Umweltbelastung und damit die Abgabenlast mit Hilfe neuer Produktionsverfahren oder der Umwidmung von Abfällen in weiterverwendbare Stoffe verringert.

Indem die Umweltabgabe diesen Handlungsspielraum läßt und zugleich einen ständigen Kostendruck erzeugt, löst sie einen starken und lange wirkenden Anreiz zur Einführung umweltfreundlicher Technologien aus. Dies gilt auch für eine Abfallabgabe: Sie wirkt innovationsfördernd, denn die Verursacher werden bestrebt sein, zur Minderung der Abgabenlast weniger abfallintensive Verfahren zu entwickeln und einzusetzen und sich um

neuartige Möglichkeiten des Recyclings zu kümmern.

Ein weiterer Einwand gegen Umweltabgaben besagt, sie würden den Verwaltungsaufwand erhöhen. Tatsächlich kann dies bei den Behörden der Fall sein; für die Industrie wirkt dieses Instrumentarium hingegen vereinfachend und somit entlastend.

Die Organisation der Abfallabgabe

Zunächst muß man im einzelnen untersuchen, welche Abfälle der Abgabepflicht unterliegen sollen. Dabei beschränken wir uns auf Produktionsabfälle und klammern den Haus- und Sperrmüll aus. Das gesamte Aufkommen an Produktionsabfällen unterteilen wir des weiteren in vier Entsorgungskategorien: Die Abfälle werden entweder

- an weiterverarbeitende Betriebe oder den Altstoffhandel abgegeben,
- in betriebseigenen Anlagen (Deponien oder Verbrennungsanlagen) beseitigt oder weitgehend reduziert,
- in außerbetrieblichen Verbrennungsanlagen oder
- in außerbetrieblichen Deponien entsorgt.

Da die Abgabe nicht nur einen Anreiz zum Vermeiden, sondern auch zum Verwerten von Abfall bewirken soll, wäre es falsch, die dem Altstoffhandel oder weiterverarbeitenden Betrieben übergebenen Kontingente mit der Abgabe zu belasten. Auch die in außerbetrieblichen Verbrennungsanlagen entsorgten Abfälle sollten nicht abgabepflichtig sein, sofern man – zumindest für eine Übergangszeit – bestehende Anlagen auslasten und auf Zusatznutzen wie etwa Fernwärme nicht verzichten will.

Schließlich vermögen außerbetriebliche Instanzen die Menge der in betriebseigenen Anlagen entsorgten Abfälle nur sehr schwer zu kontrollieren. Deshalb sollten aus pragmatischen Gründen auch sie nicht der Abgabepflicht unterliegen – selbst wenn man damit in Kauf nimmt, daß die Abfallerzeuger verstärkt auf betriebseigene Entsorgung ausweichen, um die Abgabe zu umgehen.

Darum muß man die Abfallabgabe mit Auflagen kombinieren, die einen hohen technischen Standard bei der innerbetrieblichen Abfallentsorgung fordern. Hier zeigt sich, daß es erforderlich ist, Abgaben mit ordnungsrechtlichen Maßnahmen zu kombinieren.

Alles in allem sollten somit lediglich die in außerbetrieblichen Deponien entsorgten Produktionsabfälle abgabepflichtig sein. Wie sich aus den Bil-

dem 2 und 3 ablesen läßt, wären das etwa 60 Prozent der Produktionsabfälle in der gesamten Bundesrepublik und etwa 75 Prozent derjenigen in Baden-Württemberg.

Zur Bewertung umweltpolitischer Maßnahmen reichen allerdings theoretische Überlegungen nicht aus; man muß die wirtschaftlichen Auswirkungen auch praktisch erforschen. An-

hand numerischer Simulationsrechnungen für den Wirtschaftsraum Baden-Württemberg haben wir deshalb untersucht, wie Strategien zum Vermeiden und Verwerten von Abfällen die Wirtschaft dieses Bundeslandes beeinflussen. Den theoretischen Ansatz, der unseren Modellrechnungen zugrunde liegt, beschreiben wir in dem untenstehenden Kasten.

Szenario 1: kurzfristige Betrachtung

Bei der sogenannten *End-of-the-pipe*-Entsorgung (wörtlich: am Ende des Abflußrohrs) beseitigt man Abfälle erst, nachdem sie den Produktionsbereich verlassen haben: Entweder deponiert man den Rohmüll direkt, oder man verbrennt ihn und beseitigt an-

Berechenbare Gleichgewichtsmodelle

Für unsere Szenarien gehen wir von dem in den Wirtschaftswissenschaften am häufigsten verwendeten Ansatz aus, der neoklassischen Gleichgewichtstheorie. Der Staat hat darin nur die Aufgabe, die rechtliche und wirtschaftliche Rahmenordnung so zu formulieren, daß eine Marktwirtschaft möglich ist, sowie die Einhaltung der Rahmenordnung zu überwachen.

In der betrachteten Ökonomie existieren m Haushalte H_i ($i = 1$ bis m), n Unternehmen U_j ($j = 1$ bis n) und l Güter und Dienstleistungen G_h ($h = 1$ bis l). Die Theorie des allgemeinen Gleichgewichts setzt voraus, daß für alle Güter wohlorganisierte Märkte existieren. Das bedeutet für unsere Fragestellung: Der theoretische Ansatz ist nur logisch konsistent, wenn auch die umweltorientierten Dienstleistungen, etwa die Ablagerung von Schad- und Abfallstoffen in Deponien, auf Märkten gehandelt werden.

Das Modell leitet Nachfrage und Angebot bei Gütern und Dienstleistungen aus dem Prinzip der Nutzen- beziehungsweise Gewinnmaximierung ab. Man nimmt an, daß jeder der m Haushalte H_i seinen eigenen Vorteil in Form einer Präferenzfunktion $P_i(x_i)$ kennt; dabei ist x_i ein l -dimensionaler Vektor, der die Mengen der l Güter G_h angibt, über die der Haushalt H_i verfügt.

In einer Marktwirtschaft mit vollkommener Konkurrenz kann ein Haushalt H_i den l -dimensionalen Preisvektor p , der die l Güterpreise p_h ($h = 1$ bis l) enthält, nicht beeinflussen. Er muß sie als gegeben akzeptieren und sich bei seinen wirtschaftlichen Entscheidungen als Mengenanpasser verhalten. Das heißt, der Haushalt H_i maximiert seine Präferenzfunktion $P_i(x_i)$ unter der Nebenbedingung, daß er nicht mehr Güter kaufen kann, als sein Einkommen E_i beträgt: $p x_i \leq E_i$. So kann man für jeden Haushalt H_i und jedes Gut G_h eine Nachfragefunktion $x_{ih} = d_{ih}(p)$ ermitteln; sie gibt an, welche Menge des Gutes G_h der Haushalt H_i in Abhängigkeit vom Preisvektor p nachfragt. Faßt man die individuellen Nachfragefunktionen $d_{ih}(p)$ für alle Haushalte H_i zusammen, so erhält man die Gesamtnachfragefunktion $x_h = D_h(p)$ für das Gut G_h . Sie gibt an, wieviel von Gut G_h die Haushalte insgesamt kaufen, falls die Preise aller Güter durch p gegeben sind.

Betrachten wir nun ein Unternehmen U_j . Seine Produktionsmöglichkeiten seien durch die (implizite) Produktionsfunktion $f_j(y_j) = 0$ gegeben, wobei y_j ein l -di-

mensionaler Produktionsvektor ist, der angibt, wieviel das Unternehmen U_j vom Gut G_h ($h = 1$ bis l) als Input verbraucht beziehungsweise als Output herstellt. Wiederum wird vollkommene Konkurrenz unterstellt, so daß jedes Unternehmen die Preise als gegeben hinnehmen und sich wie die Haushalte als Mengenanpasser verhalten muß.

Unterstellt man weiter, daß das Unternehmen seinen Gewinn maximiert, so muß es die Differenz von Ertrag minus Kosten maximieren – unter der Nebenbedingung, daß es seine Produktionsfunktion einhält. Aus den hieraus resultierenden Optimalbedingungen lassen sich individuelle Angebotsfunktionen $y_{jh} = s_{jh}(p)$ für jede Unternehmung U_j und jedes Gut G_h ermitteln. Faßt man wieder alle individuellen Angebotsfunktionen für das Gut G_h zusammen, so erhält man die Gesamtangebotsfunktion $y_h = S_h(p)$.

Auf diese Weise erhält man l Gesamtnachfragefunktionen $x_h = D_h(p)$ sowie l Gesamtangebotsfunktionen $y_h = S_h(p)$. Ist auf jedem der l Märkte für die Güter G_h ($h = 1$ bis l) das Angebot gleich der Nachfrage, so sagt man, daß auf allen Märkten – und damit auch in der Volkswirtschaft insgesamt – Gleichgewicht herrscht. In diesem Falle muß $D_h(p) = S_h(p)$ für alle $h = 1$ bis l gelten.

Dieses Gleichungssystem von l Gleichungen und l Unbekannten p_h ($h = 1$ bis l) ist nicht einfach zu lösen, da nur nicht-negative Werte von p_h zugelassen sind. Doch wie der aus Budapest stammende amerikanische Mathematiker John von Neumann (1903 bis 1957) Ende der zwanziger Jahre in einer bahnbrechenden Arbeit gezeigt hat, läßt sich aufgrund der mathematischen und ökonomischen Eigenschaften der Nachfrage- und Angebotsfunktionen dann stets ein Gleichgewichtspreisvektor p^* ableiten, der ein gesamtwirtschaftliches Gleichgewicht bestimmt.

Bisher wurde die Zeit nicht berücksichtigt. Sie läßt sich in die Theorie des allgemeinen Gleichgewichts einführen, indem man unterstellt, für alle Güter und Dienstleistungen würden sogenannte Zukunftsmärkte existieren, bei denen der Abschluß eines Kontraktes und dessen Ausführung zeitlich auseinanderfallen: Im Gegensatz zu einem üblichen Markt kann heute gekauft und gezahlt, aber zum Beispiel erst in zehn Jahren geliefert werden.

Offensichtlich handelt es sich dabei um ein unrealistisches Modell: Man fällt

alle ökonomischen Entscheidungen über die Zukunft bereits in der Gegenwart, schließt danach die Märkte und realisiert nur noch die einmal beschlossenen Pläne. Das ökonomische System ist damit bereits in der Gegenwart vollständig und ohne Unsicherheit auf jede Veränderung in der Zukunft eingestellt.

Ökonomische Systeme brauchen jedoch Zeit, um sich an Veränderungen anzupassen – zum Beispiel an die Verknappung von Deponievolumen. Im Gegensatz zur neoklassischen Gleichgewichtstheorie sind die zeitlichen Strukturen von Produktion und Investition zentrale Bestandteile der Österreichischen Kapitaltheorie. Da wir die Verknappung von Deponievolumen und deren Auswirkungen auf die Wirtschaft untersuchen, haben wir diesen Ansatz in die Theorie des allgemeinen Gleichgewichts einbezogen.

Zu Beginn der siebziger Jahre hat man in den USA (und Mitte der achtziger Jahre in der Bundesrepublik) mit der empirischen und numerischen Anwendung allgemeiner Gleichgewichtsmodelle begonnen. Dazu waren zwei Probleme zu lösen: Erstens brauchte man ein numerisches Verfahren zur Lösung des Gleichungssystems für die Gleichgewichtspreise. Zweitens sind die verfügbaren Daten in der Regel mit dem Gleichgewichtskonzept nicht konsistent; deshalb mußte man erst eine Methode zur Bereinigung der Daten entwickeln.

Heute steht zwar eine Reihe solcher Algorithmen zur Verfügung; sie können jedoch nur Modelle mit einer beschränkten Zahl an Gütern und Güterpreisen bearbeiten und brauchen dafür lange Rechenzeiten. Bei unseren Berechnungen haben wir deshalb das seit 1985 an der Stanford-Universität entwickelte Programmpaket MPS verwendet; es unterliegt keinen Beschränkungen bezüglich der Zahl an Gütern und Preisen und ist im Gegensatz zu den oben genannten Algorithmen wesentlich schneller.

Allerdings ist MPS nicht benutzerfreundlich. Für jede Anwendung muß man das Programm (in Fortran 77) teilweise neu programmieren. Für unser relativ einfaches Modell dauerte die Adaption zwei Mann-Monate. Doch nachdem die erste rechenbare Version fertiggestellt war, betrug die reine Rechenzeit pro Durchlauf auf einem IBM-XT-kompatiblen Personal Computer mit arithmetischem Koprozessor lediglich zwischen zwei und zehn Minuten.

Industriesektoren	Bruttoproduktion in Milliarden Mark	Abfälle in Millionen Tonnen		
		verbrennbare	ausschließlich deponierbare	Summe
Energie	20,13	0,00	1,20	1,20
Grundstoffe	56,10	2,07	2,69	4,76
Investitionsgüter	119,20	0,47	1,78	2,25
Nahrungsmittel	43,80	2,61	0,00	2,61
Bau	37,91	0,40	27,60	28,00
insgesamt		5,55	33,27	38,82

Bild 4: Das Szenario 1 untersucht die Wirtschaftsstruktur und die industriellen Abfallmengen in Baden-Württemberg, wenn Abfälle weder verwertet noch vermieden werden. Geht außerdem die Verknappung der Deponie-

flächen nicht in die Kosten der Abfallbeseitigung ein, dann liegen die Deponierungskosten unter dem volkswirtschaftlich richtigen Preis, und die Industrie deponiert ihre Abfälle fast nur als unbehandelten Rohmüll.

schließend den Restmüll. Da hier weder abfallärmere Produktionsverfahren aufgebaut noch neue Verwertungswege entwickelt werden, lassen sich *End-of-the-pipe*-Strategien kurzfristig durchführen.

Im Szenario 1 haben wir auf der Basis von Daten aus dem Jahre 1980 die Abfallmengen, die *End-of-the-pipe*-Entsorgung und die wirtschaftliche Struktur in Baden-Württemberg für zwei Fälle untersucht: In dem einen geht die Verknappung der Deponieflächen nicht in die Kosten für die Beseitigung von Industrieabfällen ein, in dem anderen wird sie mit erfaßt.

Im ersten Fall liegen die Deponierungskosten unter dem volkswirtschaftlich richtigen Preis, denn ihnen fehlt ja die Knappheitskomponente. Nach unseren Berechnungen kostet die Deponierung einer Tonne Rohmüll ohne Knappheitskomponente 68, die Verbrennung hingegen 181 Mark.

Die Industrie Baden-Württembergs produziert in diesem Falle insgesamt 38,82 Millionen Tonnen Abfälle pro Jahr. Davon müssen 85 Prozent wegen ihrer stofflichen Zusammensetzung deponiert werden. Der Rest ließe sich im Prinzip durch Verbrennen entsorgen (Bild 4); allerdings ist dies vergleichsweise viel teurer, so daß die Unternehmen aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen nur die Rohmüll-Deponierung in Anspruch nehmen.

Eine Empfehlung, mehr Abfälle zu verbrennen, geben wir jedoch nur unter Vorbehalt: Zwar ist das dem Deponieren von unbehandeltem Rohmüll vorzuziehen, nicht jedoch der Abfallvermeidung und in der Regel auch nicht der Verwertung. Wie unser – später vorgestelltes – Szenario 3 belegt, sollte die Abfallverbrennung bloß als Übergangstechnologie dienen, um damit die Zeit bis zur Einführung neuer Vermeidungs- und Verwertungstechnologien zu überbrücken.

Im zweiten Falle enthalten die Preise die Knappheitskomponente. Die Deponiebetreiber beziehen nun in ihre Kostenrechnungen ein, daß die Deponieflächen sich in absehbarer Zukunft nicht mehr ausdehnen lassen. Unsere Kalkulationen zeigen, daß der – jetzt volkswirtschaftlich richtige – Preis für die Abfalldeponierung auf 335 Mark pro Tonne steigt; die Knappheitskomponente beträgt also 267 Mark.

Die Folgen für die Wirtschaftsstruktur zeigt Bild 5. Durch die Wirkung der Knappheitskomponente verringern sich die Abfallmengen um insgesamt 3,6 Prozent. Außerdem ersetzt man deponierbare möglichst durch verbrennbare Abfälle, da diese jetzt kostengünstiger sind. Dadurch vermindert sich das zu deponierende Abfallvolumen um 18 Prozent.

Die Auswirkungen der erhöhten Deponiekosten auf die industrielle Produktion sind von Sektor zu Sektor sehr unterschiedlich, insgesamt jedoch relativ gering. Der Grund hierfür ist, daß sich bei einer kurzfristigen Betrachtungsweise Änderungen der Technologie nicht berücksichtigen lassen.

Szenario 2: langfristige Auswirkungen

Bislang waren unsere Betrachtungen rein statisch: Wir haben zwei verschiedene Zustände des Wirtschaftsraums Baden-Württemberg verglichen, ohne den zeitlichen Übergang zwischen ihnen zu analysieren. Auch haben wir noch nicht untersucht, wie sich die Abfallmengen und die Wirtschaft künftig entwickeln würden, wenn die heutige Entsorgungssituation längerfristig gleich bliebe: Was wäre, wenn erstens die Deponieflächen auch in Zukunft nicht erweitert würden und es zweitens keine zusätzlichen An-

strengungen zur Abfallvermeidung und -verwertung gäbe?

Diese Voraussetzungen wären zwar in der Realität langfristig kaum erfüllt – auf steigende Preise in der *End-of-the-Pipe*-Entsorgung wird man allmählich mit Anpassungsmaßnahmen und Abfallminderung in der Produktion reagieren. Unser Szenario 2 ist somit eine hypothetische Wenn-dann-Analyse; es zeigt aber, wie sich die Verschärfung der Abfallprobleme auf die industrielle Entwicklung in Baden-Württemberg auswirken würde, falls man keinerlei Maßnahmen zur Abfallvermeidung ergreife.

Im Gegensatz zu Szenario 1, einer statischen Simulation für das Jahr 1980, simuliert Szenario 2 den Wirtschaftsraum Baden-Württemberg über einen Zeithorizont von zehn Jahren. Darum muß das Modell festlegen, wie die Unternehmen die Zukunft in ihre Strategie einbeziehen: Sie müssen zu jedem Zeitpunkt außer Entscheidungen, die Umfang und Art der laufenden Produktion unmittelbar betreffen, auch Investitionsentscheidungen fällen. Letztere haben zwar keinen unmittelbaren Einfluß auf die laufende Produktion, bestimmen aber, wie sich die Produktionsmöglichkeiten – und damit die Abfallmengen – langfristig entwickeln.

Nun zeichnen sich Investitionen dadurch aus, daß ihre Kosten zwar heute anfallen, die Erträge sich aber erst in künftigen Perioden realisieren lassen. Somit hängt die Entscheidung für oder gegen eine Investition wesentlich davon ab, wie der Unternehmer die künftigen Erträge bewertet.

Um das Verhalten der Unternehmen im Modell möglichst einfach und dennoch realitätsnah zu erfassen, machen wir folgende Annahmen: Erstens treffen die Unternehmer ihre Produktionsentscheidungen von Periode zu Periode und verhalten sich dabei als Gewinnmaximierer – das heißt, bei einer gegebenen Kapitalausstattung und bei gegebenen Marktpreisen suchen sie möglichst hohe Gewinne aus der Produktion zu ziehen. Zweitens unterstellen die Unternehmer bei ihren Investitionsentscheidungen, daß auch in Zukunft im wesentlichen dieselben Preise gelten wie im Augenblick der Entscheidung; unter dieser Voraussetzung führen sie eine Investition dann durch, wenn die erwarteten Erträge die Kosten übertreffen.

Zwar sind diese Entscheidungskriterien stark vereinfacht. Sie sind aber plausibel und ergeben im großen und ganzen dasselbe Modellverhalten wie andere Kriterien aus der ökonomischen Theorie.

Wenn die Unternehmer bei ihren Entscheidungen nun davon ausgehen, daß der heutige Aufwand für die Abfallentsorgung sich künftig nicht wesentlich erhöht, unterstellen sie, daß dann immer noch Deponieflächen in ausreichendem Umfang zu Verfügung stehen. Folglich gehen sie mit dieser Ressource nicht sorgsam um: Die Kapazitäten werden vorzeitig und überraschend erschöpft.

Genau das geschieht auch im Modell (Bild 6). Die simulierten Deponiekosten steigen zwischen 1984 und 1986 von 48 auf 80 Mark und bleiben bis 1989 auf diesem Niveau. Gleichzeitig verringert sich die Abfallmenge um etwa 50 Prozent. Die Verbrennung hat keine Bedeutung. Bei einer solchen Entwicklung würde die Wirtschaft schließlich zusammenbrechen.

Die konstanten Deponierungskosten geben nämlich nicht genug Anreiz, Abfall zu vermeiden oder zu verwerten, und die Unternehmen produzieren ihn weiterhin in konstanten Mengen. Doch da sich die Deponieflächen immer mehr verknappen, steigen die Deponierungskosten ab 1990 stark an. Unter dem Preisdruck werden in der kurzen Zeitspanne von fünf Jahren die zu deponierenden Abfallmengen auf nur noch 5 Millionen Jahrestonnen verringert, weil die Produktion gedrosselt werden muß, gleichzeitig wird die Verbrennung von Abfällen wirtschaftlich rentabel. In diesem Falle schätzen die Unternehmer also die Entwicklung der Deponierungskosten falsch ein, werden von der dramatischen Verknappung der Deponieflächen überrascht und haben keine Zeit, den steigenden Entsorgungskosten auszuweichen: Sie geraten blindlings in eine existenzbedrohende Situation.

Die überraschende Erhöhung der Entsorgungskosten betrifft alle Produktionssektoren, wenn auch in unterschiedlichem Ausmaß (Bild 7). Am stärksten gehemmt wird die wirt-

schaftliche Entwicklung der Sektoren Grundstoffe sowie Energie und Bergbau – also derjenigen Bereiche, die relativ zu ihrem Produktionsumfang die größten Abfallmengen erzeugen. Güter dieser Sektoren werden am Ende des Zeithorizonts fast nur noch importiert.

Hingegen kann der Investitionsgüter-Sektor die Produktion gegenüber dem Ausgangsjahr sogar noch steigern. Dies bleibt somit langfristig Baden-Württembergs einzige exportierende Industrie. Im Laufe eines knappen Jahrzehnts wandelt sich das Bundesland, das im Jahre 1984 wertmäßig mehr aus- als eingeführt hat, zu einem Netto-Importeur.

Szenario 3: Vermeiden und Verwerten

Szenario 2 konnte nur als ein hypothetisches Modell gelten, denn in der Realität wird die Erhöhung der Beseitigungskosten zur Abfallvermeidung und -verwertung anregen. Deshalb wollen wir mit dem Szenario 3 folgenden Fragen beantworten:

– Bewirkt eine wesentliche Erhöhung der Deponierungskosten durch Erheben einer Abgabe, daß man künftig nicht nur mehr Abfälle als bisher verbrennen, sondern sie bereits in der Produktion vermeiden und Recycling-Verfahren anwenden wird?

– Wann können neue Technologien zur Verwertung und Vermeidung von Abfällen zum Einsatz kommen?

– Kann das Vermeiden und Verwerten von Abfällen die Abfallproblematik entspannen und die wirtschaftliche Belastung mildern?

Um zu realistischeren Aussagen zu kommen, unterstellen wir nun nicht mehr, daß die Unternehmer auch für längere Zeitspannen mit einem konstanten Entsorgungsaufwand rechnen. Wir nehmen aber wie bisher an, daß

sie in jeder Periode aus den Verfahren und Anlagen, die in ihren Betrieben zur Verfügung stehen, die gewinnmaximierende Produktionstechnik auswählen: Da jedes Verfahren einen spezifischen Kapitalgüterbestand erfordert, wird also bei einer Produktionsentscheidung derjenige gewählt, der die höchsten Gewinne abwirft.

In der ökonomischen Theorie bezeichnet man die Differenz aus dem Ertrag, den ein Produktionsverfahren erwirtschaftet, und den laufenden Betriebskosten als die Quasirente des zugehörigen Kapitalgüterbestandes. Diese Quasirenten können als Investitionskriterium dienen; Unternehmer, die ihre Investitionen entweder selbst oder teilweise durch Kredite finanzieren, investieren nämlich nur dann in eine Produktionstechnik, wenn die Quasirente des zugehörigen Kapitalgüterbestandes einen Mindestanteil der Investitionssumme deckt. In den USA liegt diese Marge bei etwa 10 Prozent; für die Bundesrepublik verwendet man im allgemeinen die Regel: ein Drittel Eigen- und zwei Drittel Fremdfinanzierung. Verhält der Unternehmer sich zusätzlich als Gewinnmaximierer, dann wird er nur in dasjenige Verfahren investieren, das die höchste Quasirente erzielt.

Diese hängt aber entscheidend von den Betriebskosten ab: Bleiben die Erträge aus einem Produktionsverfahren konstant und erhöhen sich die Betriebskosten, zum Beispiel durch steigende Entsorgungskosten für Produktionsabfälle, dann fallen die Quasirenten dieses Verfahrens. Sind andere – zum Beispiel weniger abfallintensive – Produktionstechniken von einer solchen Änderung der Betriebskosten nicht betroffen, so bleiben deren Quasirenten konstant.

Dadurch können schließlich die alternativen und umweltfreundlicheren, bisher nicht verwendeten Produktionsverfahren attraktiver werden, und der Unternehmer dirigiert die Investitionen um: Durch eine technische Innovation werden nun Abfälle bereits vor Ort vermieden.

Beginn und Tempo des Einsatzes von abfallmindernden Innovationen hängen freilich entscheidend von der Entwicklung der Deponierungs- und Verbrennungskosten ab. Erhebt man eine Abfallabgabe, so wirkt sie wie eine Erhöhung der laufenden Betriebskosten von abfallintensiven Techniken; damit sinken deren Quasirenten. Das ist der Anreiz für den Unternehmer, neue, weniger Abfall erzeugende Produktionsverfahren einzuführen.

Der Einfachheit halber betrachten wir in unserem Szenario nur die abfall-

Industriesektoren	Bruttoproduktion in Milliarden Mark	Abfälle in Millionen Tonnen		
		verbrennbare	ausschließlich deponierbare	Summe
Energie	17,28	0,00	1,03	1,03
Grundstoffe	51,47	2,47	2,00	4,47
Investitionsgüter	117,06	0,46	1,74	2,20
Nahrungsmittel	40,57	2,51	0,00	2,51
Bau	37,17	0,40	26,86	27,26
insgesamt		5,84	31,63	37,47

Bild 5: Selbst wenn man im Szenario 1 (kein Verwerten und Vermeiden von Abfall) den Deponiepreisen eine Knappheitskomponente hinzufügt, die berücksichtigt, daß die Depo-

nieflächen sich nicht beliebig weiter ausdehnen lassen, sind die Auswirkungen auf die Produktion relativ gering. Die Abfallmengen sinken lediglich um insgesamt 3,6 Prozent.

mindernde Optimierung schon bekannter und großtechnisch erprobter Produktionsverfahren; noch nicht bewährte Innovationen wären auch numerisch schwer zu bewerten. Außerdem faßt unser Modell sehr unterschiedliche Produktionszweige zu insgesamt nur fünf Sektoren zusammen. Entsprechend grob sind die Abschätzungen über das technologische Potential zur Abfallvermeidung.

In welchem Umfang Produktionsabfälle sich durch Verbesserung der heute bekannten Techniken verringern lassen, hängt von der maschinellen und apparativen Ausstattung ab, von den eingesetzten Rohstoffen, vom Materialfluß in der Produktion, von den erzeugten Zwischenprodukten, von deren Rückführung in die Produktion und schließlich von der Produktpalette. Am größten sind die Chancen, die Abfälle durch Optimieren der Prozeßsteuerung und der Anlagenausstattung sowie durch Wiederverwenden von Zwischenprodukten zu verringern, wenn aus nur wenigen Ausgangsprodukten viele verschiedene Endprodukte entstehen.

Dies ist zum Beispiel in der chemischen Industrie der Fall, insbesondere in der Grundstoffchemie. Gegenwärtig liegen dort die Abfallmengen oft bei knapp 20 Prozent der insgesamt hergestellten Gütermengen. Nach optimistischen Schätzungen läßt sich dieser Anteil durch Verbesserungen der Produktionsanlagen und der Prozeßführung auf immerhin weniger als 5 Prozent drücken.

Hingegen kann man in Industriezweigen, die aus vielen, teils hochwertigen Ausgangsprodukten nur wenige, meist komplexe und hochwertige Güter produzieren, die Abfallmengen aus der Produktion durch Innovation nur unwesentlich verringern. Ein Beispiel ist die Automobilindustrie.

Für unsere Berechnungen unterstellen wir, daß das Potential, Abfälle in der Produktion durch Innovation zu vermeiden, in allen Sektoren zwischen 10 bis 20 Prozent beträgt. Für diese Innovationen muß man in den Produktionssektoren neue Kapitalgüter und Anlagen aufbauen beziehungsweise die bestehenden umrüsten und ergänzen. Dabei sind die neuen, weniger abfallintensiven Produktionstechniken kapitalintensiver als die alten: Im Durchschnitt über alle Produktionsbereiche nehmen wir an, daß man annähernd 30 Prozent mehr Kapital einsetzen muß.

Außerdem berücksichtigen wir jetzt auch Recycling-Verfahren. Wir vereinfachen die Analyse, indem wir unterstellen, daß funktionierende Märkte

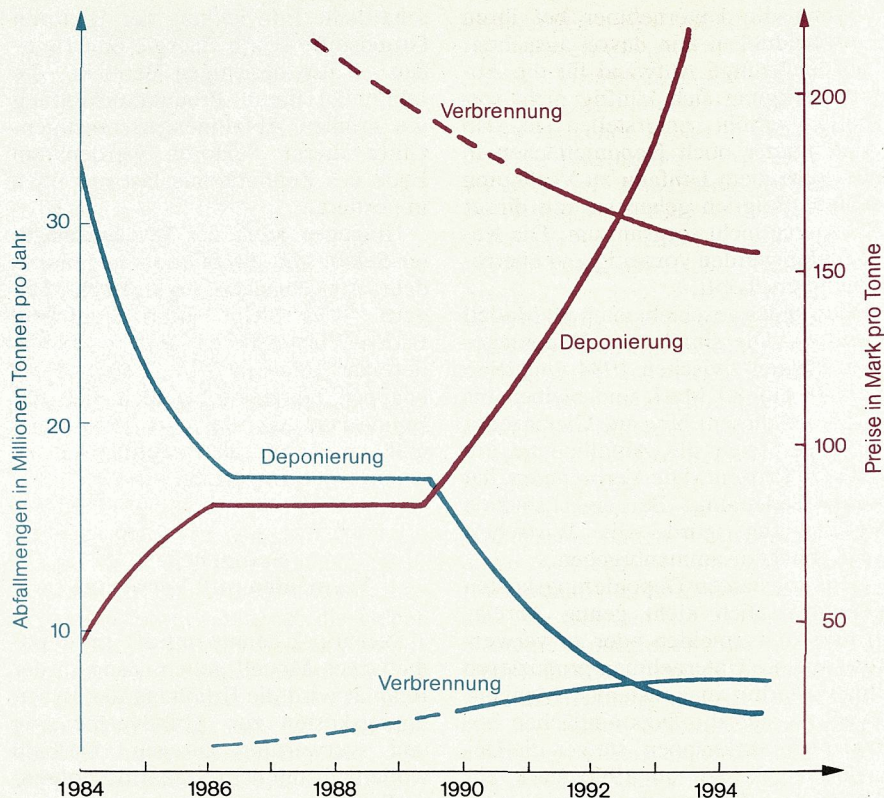


Bild 6: Szenario 2 simuliert die Dynamik des Wirtschaftsraums Baden-Württemberg über eine Zeit von zehn Jahren für den Fall, daß die Deponieflächen sich künftig nicht erweitern lassen und man keine zusätzlichen Maßnahmen zur Abfallvermeidung und -verwertung ergreift.

Da die Unternehmen zu jedem Zeitpunkt künftig gleichbleibende Deponiepreise unterstellen, gehen sie mit den verfügbaren Deponieflächen nicht sorgsam um. Plötzlich stehen sie dann vor explodierenden Preisen und erschöpften Kapazitäten.

für Sekundärstoffe existieren. Dies widerspricht zwar der Realität – Sekundärrohstoffe oder Produkte aus Sekundärrohstoffen sind gegenwärtig oft nur schwer vermarktbar und liegen in Konkurrenz zu Produkten aus Primärrohstoffen; aber damit ist die Vermarktung von Recycling-Produkten im Rahmen der Modellsimulation gewährleistet.

Außerdem unterscheidet unsere Simulation nur zwischen verbrennbaren und deponierbaren Abfällen einerseits sowie ausschließlich deponierfähigem Rohmüll andererseits. Für eine exakte Bestimmung der Recycling-Möglichkeiten müßte man die Abfälle detailliert nach Produkten und Produktionszweigen aufschlüsseln, doch dies war beim verfügbaren Datenmaterial nicht möglich. Darum stützen wir uns auf Expertenschätzungen, wonach 35 bis 40 Prozent des gesamten Abfallaufkommens aus industrieller Produktion prinzipiell dem Recycling zuführbar sind. Die durch Recycling wieder in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführten Güter zählen wir schließlich zu den Produkten aus dem Sektor Grundstoffe.

Im Szenario 3 steigen die Deponiekosten in Baden-Württemberg über den gesamten Betrachtungszeitraum. Zwischen 1984 und 1990 erhöhen sie sich zunächst von 42 auf 72 Mark. Unterdessen fällt die Abfallmenge aus industrieller Produktion von ursprünglich 36 Millionen auf 18 Millionen Jahrestonnen (Bild 8).

Der Simulation zufolge wird bis 1990 fast ausschließlich deponiert; weder Verbrennung noch Recycling tragen in diesem Zeitraum schon entscheidend zur Entsorgung bei. Doch beginnen die Sektoren Baugewerbe, Nahrungs- und Genußmittel sowie Bergbau und Energie bereits 1987 das technologische Vermeidungspotential durch Innovationen auszuschöpfen.

Mit dem Jahre 1992 steigen die Deponierungskosten sprunghaft auf 197 Mark pro Tonne an. Jetzt wird die Verbrennung marktwirtschaftlich rentabel. Gleichzeitig verstärkt sich die Einführung abfallärmerer Produktionstechniken. Bis 1995 bleiben die Deponierungs- und die Verbrennungskosten bei etwa 195 Mark pro Tonne. Die zu deponierenden Produktionsabfälle gehen auf etwa 5 Millionen Jahrestonnen zurück.

restonnen zurück, und die Beseitigung durch Verbrennung wächst auf 7 Millionen Tonnen pro Jahr an.

Die drastische Erhöhung der Deponierungskosten löst einen starken Innovationsanreiz aus: Mit Ausnahme der Grundstoff- und der Investitionsgüter-Industrie haben alle Sektoren bis 1995 weniger abfallintensive Techniken eingeführt und ihre alten Produktionstechniken vollständig abgelöst. Diese Ergebnisse decken sich mit der Erfahrung, daß die Einführung einer innovativen Technik häufig 10 bis 15 Jahre dauert.

Ab 1995 werden Abfälle durch Recycling wiederverwertet und in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt; mit der Menge der Abfälle insgesamt nimmt aber auch diese Teilmenge ab. Gleichzeitig gibt man die Deponierung als eigenständige Entsorgungsform schließlich auf.

Wie ein Vergleich von Szenario 3 mit Szenario 2 (keine Abfallvermeidung und -verwertung) deutlich macht, verhindert das Vermeiden und Verwerten einen weiteren drastischen Anstieg der Deponierungskosten und entspannt die Abfallprobleme erheblich. Überdies findet der Übergang von der nachsorgenden Deponierung zur in die Produktion integrierten Entsorgung weniger dramatisch statt.

Die Entspannung der Abfallprobleme wirkt sich auch unmittelbar auf die Wirtschaftsentwicklung aus (Bild 9). Im Gegensatz zu Szenario 2 – dort kam es ohne Vermeiden und Verwerten von Abfällen zum Verlust der Wettbewerbsfähigkeit – gibt es jetzt wirtschaftliches Wachstum und steigende Exporte für Güter aus fast allen Sektoren.

Dabei sind auch bei der Wirtschaftsentwicklung zwei Phasen zu unterscheiden: In der ersten von 1984 bis 1994 – das Recycling ist noch nicht eingeführt, die Deponierung betreibt man noch immer als eigenständige Entsorgungsform – ist bei den Investitionsgütern nach anfänglichem Rückgang eine Ausdehnung der Produktion zu beobachten. Hingegen haben die Sektoren Grundstoffe, Nahrungs- und Genußmittel sowie Energie und Bergbau nach anfänglichem Aufschwung eine rückläufige Tendenz. Das Baugewerbe verzeichnet gleich anfangs einen starken Rückgang, der sich in abgeschwächter Form bis zum Ende der betrachteten Zeitspanne fortsetzt.

Die zweite Phase beginnt mit dem Jahre 1995. Jetzt treibt die Einführung von Recycling-Verfahren die Produktion im Investitionsgüter-Sektor kräftig hoch, während sie in den übrigen

Sektoren zurückgeht. Die stärksten Einschränkungen ergeben sich im Sektor Grundstoffe; dies kann man damit erklären, daß Recycling-Produkte sich nun kostengünstiger herstellen lassen als die Produkte der Grundstoffindustrie, mit denen sie konkurrieren.

Eine Fallstudie: die Papierindustrie

Bisher haben wir den Wirtschaftsraum Baden-Württemberg als Ganzes betrachtet und sind damit auf der volkswirtschaftlichen Ebene geblieben, denn ein Bundesland ist ja eine eigene Volkswirtschaft im kleinen. Jetzt wollen wir uns auf die betriebswirtschaftliche Ebene begeben, indem wir uns mit einem speziellen Industriesektor Baden-Württembergs beschäftigen: der papiererzeugenden Industrie.

Dort entstanden im Jahre 1982 rund 1,47 Millionen Tonnen Produktionsabfälle. Davon wurden 27,6 Prozent zur Wiederverwertung abgegeben, 61,6 Prozent in betriebseigenen Anlagen deponiert oder verbrannt und 10,8 Prozent zu außerbetrieblichen Beseitigungsanlagen verbracht.

Wie wir zuvor begründet haben, sollte man nur die außerbetrieblich be-

seitigten Abfälle mit einer Abgabe belegen. Dafür kommen rund 160000 Jahrestonnen ins Kalkül. Bei einer Abgabe von 250 Mark pro Tonne ergibt sich eine jährliche Belastung der papiererzeugenden Industrie von etwa 40 Millionen Mark; das entspricht 1 Prozent des Umsatzes in diesem Sektor. Die dadurch entstehenden Gewinneinbußen bilden einen starken Anreiz für Anpassungsreaktionen, da die Abgabenlast sich aufgrund der hohen Importquote nicht auf den Produktpreis überwälzen läßt.

Die Unternehmen werden also versuchen, die Entsorgungsstruktur zu verändern und das Abfallaufkommen zu vermindern. Wenn wir unterstellen, daß die betriebseigene Entsorgung sich zumindest kurzfristig nicht ausweiten läßt, bleibt nur die Möglichkeit, mehr Abfälle als bisher an weiterverarbeitende Betriebe oder an den Altstoffhandel abzugeben.

Das Abfallaufkommen läßt sich sowohl durch Veränderung der Produktionstechnologie (Prozeß-Substitution) als auch der Ausgangsstoffe (Input-Substitution) vermindern. Die Prozeß-Substitution könnte zum Beispiel das Ziel haben, die in den Schlämmen aus der Zellstoffherstellung enthaltenen Chemikalien zurückzugewinnen und

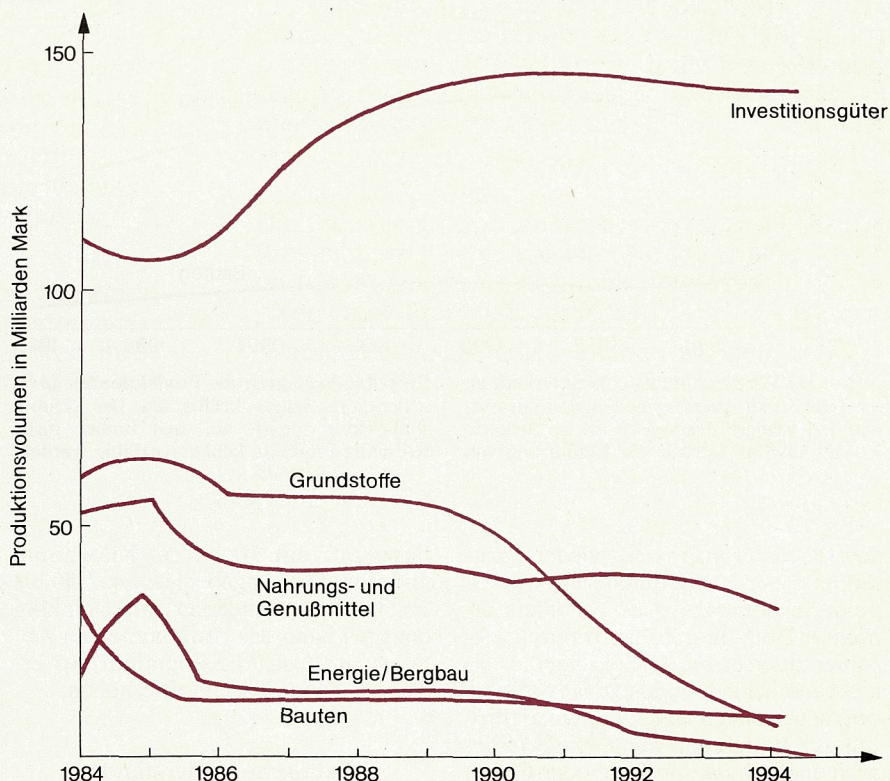


Bild 7: Im Szenario 2 (kein Vermeiden und Verwerten von Abfällen) bricht die Wirtschaft von Baden-Württemberg unter dem erdrückenden Abfallproblem praktisch zusammen.

Mit Ausnahme des Investitionsgüter-Sektors geht die Produktion in allen Wirtschaftsbereichen zurück, und das Land – früher ein Exporteur – ist auf Importe angewiesen.

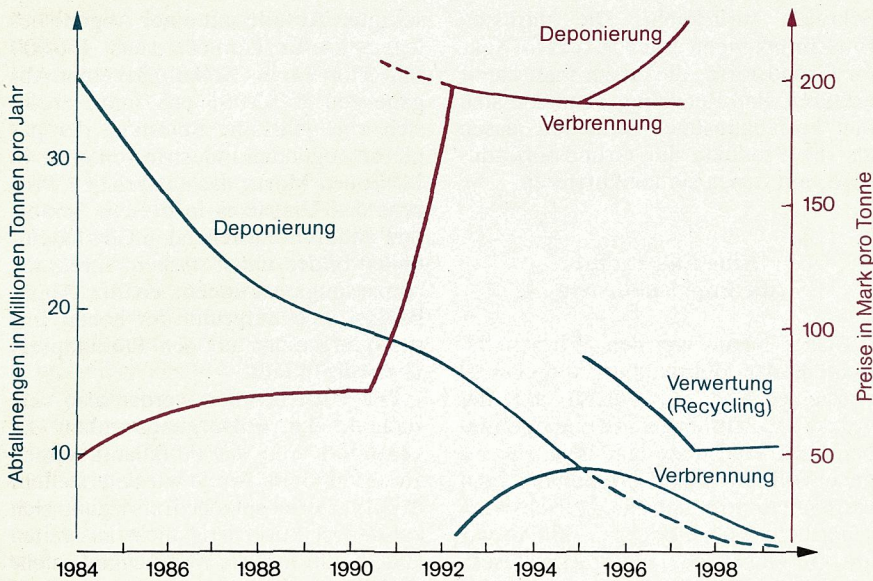


Bild 8: Im Szenario 3 reagieren die Unternehmen auf die durch Abgaben erhöhten Deponiepreise, indem sie Abfälle möglichst vermeiden oder verwerten. Dadurch sinken die Abfallmengen mit der Zeit drastisch, denn mit

gestiegenen Preisen werden Verbrennen, Recycling und abfallärmere Herstellungsverfahren attraktiv. Die Rohmüll-Deponierung wird ab 1995 praktisch völlig zugunsten der verschiedenen anderen Möglichkeiten eingestellt.

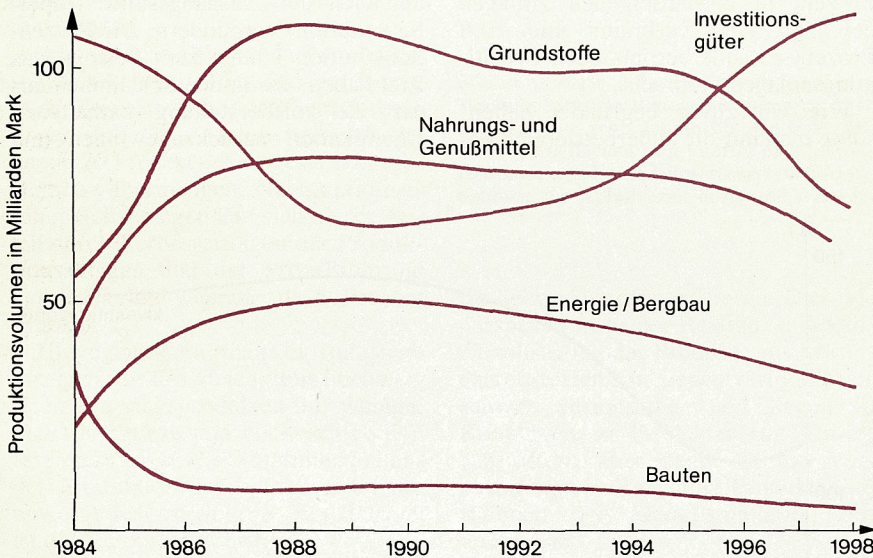


Bild 9: Die Wirtschaftsentwicklung verläuft im Szenario 3 (mit Abfallvermeidung und -verwerten) viel weniger dramatisch als im Szenario 2. Von 1995 an kurbelt die Einführung von

Recycling-Verfahren die Produktion im Investitionsgüter-Sektor kräftig an. Der Grundstoff-Sektor nimmt ab, weil immer mehr Recycling-Produkte konkurrenzfähig werden.

dem Produktionsprozeß wieder zuzuführen. Zur Abfallminderung durch Input-Substitution ist es vor allem attraktiv, Holz- oder Zellstoff durch Altpapier zu ersetzen. Dabei macht es einen Unterschied, ob man das Altpapier dem sogenannten Deinking (einem Prozeß zur Entfernung der Druckerfarbe, nach englisch *ink* für Tinte oder Farbe) unterzieht oder nicht: Eine Substitution von Holz- oder Zellstoff durch Altpapier ohne Deinking vermindert die Produktionsabfälle pro erzeugter Tonne

Faserstoff um 10 bis 50 Kilogramm und damit die Abgabenlast um 2,50 bis 12,50 Mark; Altpapier mit Deinking dagegen kann das Aufkommen an Abfällen um fast 90 Kilogramm pro erzeugter Tonne Faserstoff erhöhen.

Politische Widerstände

Obwohl Abgaben den Vorteil haben, mit einer Marktwirtschaft verträglich zu sein und deren Stärken zu nutzen,

haben sich in der umweltpolitischen Praxis der Bundesrepublik fast ausschließlich Auflagen in Form dirigistischer Ge- und Verbote durchgesetzt. Dafür gibt es vor allem zwei wichtige Gründe.

Erstens mißtrauen Gesetzgeber und Unternehmer oft den flexiblen ökonomischen Regulierungen. Eine Abgabe kann sich je nach Abfallvolumen immer wieder ändern; hingegen wirkt eine gesetzliche Vorschrift kalkulierbar und sicher. Außerdem sehen viele Unternehmer nicht ein, warum sie für die Beseitigung von Abfällen zusätzlich zu den Deponierungskosten noch eine Abgabe zahlen sollen.

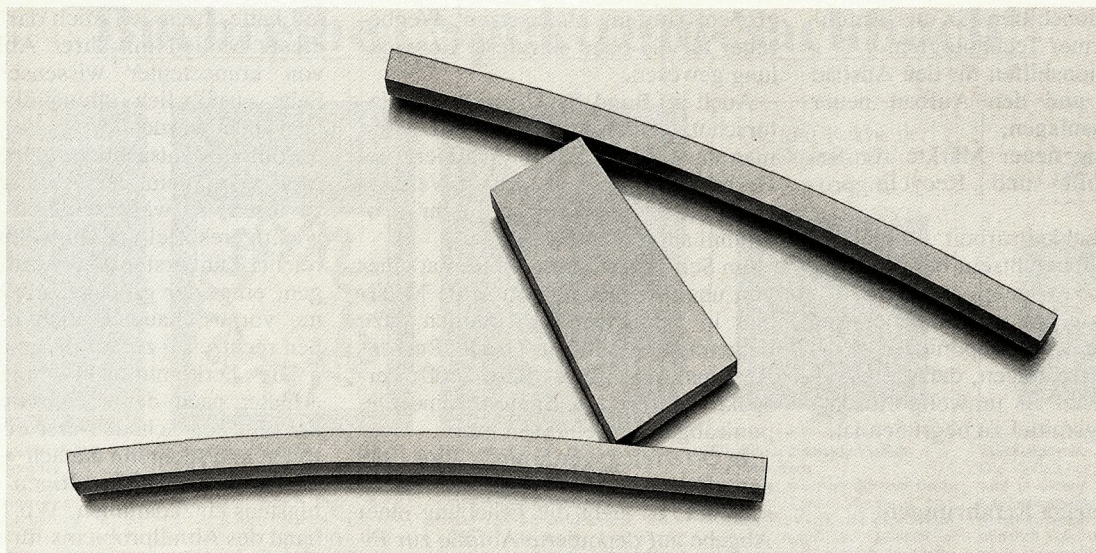
Zweitens ist eine Abgabenlösung nicht immer mit den gewachsenen Institutionen vereinbar. In den bestehenden Umweltgesetzen fehlen häufig die rechtlichen Grundlagen für eine Anwendung marktwirtschaftlicher Prinzipien. Somit wäre zuvor eine institutionelle Innovation erforderlich, und diese muß erst einmal ausgehandelt und durchgesetzt werden. Auch sieht man erst nach einer gewissen Zeit, wie eine Abgabe sich umweltpolitisch und fiskalisch auswirkt. Bei einem vierjährigen Wahlzyklus erschwert all dies die politische Durchsetzbarkeit.

Wie eine Abgabe sich aber trotz dieser Schwierigkeiten in die praktische Umweltpolitik einbeziehen läßt, zeigt das Abwasserabgabengesetz. Dabei hat man sich nicht auf eine puristische Lösung versteift, sondern einen Kompromiß entwickelt: Das bisherige Auflagensystem wurde mit einer Abgabenlösung kombiniert.

Dieses Vorgehen könnte als Vorbild dienen. Eine Abfallabgabe einzuführen dürfte sogar leichter sein: Man hat nun schon Erfahrungen mit der praktischen Umsetzung einer Abgabenlösung, und Abfälle lassen sich einfacher kontrollieren und bemessen als Abwässer.

Aus wirtschaftstheoretischer Sicht ist die Frage, wie nun die Einnahmen aus Abgaben verwendet werden, von zweitrangiger Bedeutung gegenüber der Wirkung der Abgaben selbst. Wie sich jedoch gezeigt hat, lassen Abgaben sich politisch wesentlich leichter durchsetzen, wenn die Einnahmen für den Bereich verwendet werden, aus dem sie stammen. Darum nennen wir einige Verwendungsbeispiele für Abgabenaufkommen aus der Abfallwirtschaft:

- Feststellen und Sanieren von Altlasten,
- Forschungsförderung in den Bereichen Altlastensanierung sowie Vermeiden, Verwerten und umweltschonendes Beseitigen von Abfällen,



II. Innovationspreis der deutschen Wirtschaft

Innovative Technik sichert die Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und damit die Zukunft. Der Wirtschaftsclub Rhein-Main e. V., die 'Wirtschaftswoche' und das Technologie-Magazin 'highTech' wollen Innovationen weiter fördern: mit dem Innovationspreis der deutschen Wirtschaft 1990.

Um auf die besondere Bedeutung der mittelständischen Industrie im Innovationsprozeß für die gesamte Wirtschaft hinzuweisen, hat die Deutsche Beteiligungsgesellschaft (DBG), Frankfurt, einen Sonderpreis für innovatives Produktmanagement gestiftet, der mit 10 000 Mark dotiert ist.

Die eingereichten Projekte werden von einer kompetenten Jury geprüft, der Experten aus Wissenschaft und Wirtschaft angehören. Ihre Kriterien sind: Technische Qualität, Marktrelevanz, Umweltschonung, gesellschaftlicher Nutzen und Umsetzung von Forschungsergebnissen.

Teilnahmeberechtigt sind alle Unternehmen mit Firmensitz in der Bundesrepublik Deutschland. Die eingereichten Innovationen müssen schwerpunktmäßig im Inland entwickelt worden sein.

Erstmals wird in diesem Jahr zusätzlich ein Sonderpreis für Unternehmen aus der DDR ausgeschrieben. Die Kriterien für die Beurteilung entsprechen denen des Innovationspreises für die Bundesrepublik Deutschland.

Einsendeschluß für die Bewerbungsunterlagen ist der 15. September 1990.

Die Preise werden vom Schirmherrn, Dr. Heinz Riesenhuber, Bundesminister für Forschung und Technologie, am 19. Januar 1991 in der Alten Oper, Frankfurt, verliehen.

'Wirtschaftswoche' und 'highTech' werden die ausgezeichneten Projekte ausführlich vorstellen. Die Preisträger haben darüber hinaus das Recht, ihre Auszeichnung werblich zu nutzen.

Fordern Sie Ausschreibungsunterlagen bitte an bei:



Wirtschaftsclub Rhein-Main e. V.
– Innovationspreis der deutschen Wirtschaft –
Schillerstraße 18–20
D-6000 Frankfurt 1

Wirtschafts
■ **Woche** ■

'Wirtschaftswoche'
– Innovationspreis der deutschen Wirtschaft –
Kasernenstraße 67
D-4000 Düsseldorf 1

- Investitionshilfen für die Einführung abfallarmer Technologien,
- Investitionshilfen für den Ausbau bestehender und den Aufbau neuer Verwertungsanlagen,
- Stützung neuer Märkte für Sekundärrohstoffe und Recyclingprodukte,
- Öffentlichkeitsarbeit für ein erhöhtes Abfallbewußtsein bei Verbrauchern und Produzenten,
- Verbesserung vorhandener und Erschließung neuer Deponien.

Die Beispiele zeigen, daß die Deponieabgabe auch als umweltpolitisches Finanzierungsmittel zu begrüßen ist.

Bisherige Erfahrungen

Im Jahre 1987 haben wir für das Umweltministerium Baden-Württemberg aufgrund der hier vorgestellten Szenarien ein Gutachten erstellt, dessen überarbeitete und ergänzte Fassung mittlerweile unter dem Titel „Umdenken in der Abfallwirtschaft“ als Buch vorliegt. Nach Veröffentlichung des Gutachtens im Juni 1988 war die Diskussion darüber zunächst kontrovers – so zum Beispiel auf dem Kongreß „Leben ohne Müll“ in Stuttgart im Oktober desselben Jahres.

Das Umweltministerium von Baden-Württemberg reagierte zuerst ablehnend, dann zurückhaltend. Doch im folgenden halben Jahr änderte es seine Haltung grundlegend, nahm unsere Vorschläge auf und vertrat sie offensiv: Das Landesabfallgesetz ist 1989 derart novelliert worden, daß es die Möglichkeit von Abgaben zuläßt. Inzwischen ist sogar vorgesehen, für Sonderabfall Abgaben zu erheben – und zwar, wie es heißt, im Vorgriff auf eine bundesweite Regelung.

Am 6. März 1989 haben wir die Deponieabgabe im Rahmen des Hearings „Umweltschutz und Marktwirtschaft“ vor Mitgliedern der CDU/CSU-Bundestagsfraktion in Bonn erläutert. Das hat dazu beigetragen, daß der CDU-Bundesfachausschuß Umweltpolitik beschlossen hat, „zur Lenkung der Abfallströme ... differenzierte Zuschläge zu den Entsorgungskosten einzuführen“, und daß die CDU in ihrem „Konzept zur ökologischen Orientierung der sozialen Marktwirtschaft“, das auf dem Bremer Parteitag im September 1989 beschlossen worden ist, eine Deponieabgabe für Sonderabfälle aufführt.

Die Grünen sehen in ihrem Parteiprogramm ebenfalls eine Deponiesteuer vor. Zudem sind sie mit ihrem schon seit Jahren vertretenen Konzept, Abgaben und ökologische Steuern in

großem Umfang einzusetzen, Wegbereiter für die oben skizzierte Entwicklung gewesen.

Auch im Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) hat man unsere Vorschläge diskutiert. Im Herbst 1989 hat diese private Vereinigung die Deponieabgabe in ihr Programm aufgenommen.

Im Schweizer Kanton Bern hat einer von uns (Stephan) durch seine Mitarbeit in verschiedenen Gremien dazu beigetragen, daß der Große Rat des Kantons im Leitbild „Bern 2000: Perspektiven für den Kanton“ eine Deponieabgabe beschlossen hat.

In Österreich wurde am 7. Juni 1989 das Altlastensanierungsgesetz verabschiedet; es sieht die Erhebung einer Abgabe auf deponierte Abfälle zur Finanzierung der Altlastensanierung vor. Dazu teilte uns Dr. Stephan Schwarzer von der Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft in Wien mit: „Da ich an der Gesetzgebung erheblichen An-

teil hatte, freue ich mich darüber, daß dieses Modell mit Ihrer Abhandlung von kompetenter wissenschaftlicher Seite ausführlich umweltökonomisch begründet wurde.“

Sollte es tatsächlich gelingen, das Mengenproblem der Abfallwirtschaft zu lösen, so wäre zugleich ein noch wichtigeres Ziel der Umweltpolitik erreicht: Zum ersten Mal wäre es gelungen, eines der großen Umweltprobleme vorausschauend noch einigermaßen rechtzeitig zu bewältigen.

Die herkömmliche Umweltpolitik arbeitet nach dem Reparaturprinzip. Sie läßt den Schaden erst einmal eintreten und sucht ihn danach wieder mit viel Aufwand zu beseitigen oder wenigstens einzudämmen. Wir haben anhand des Abfallproblems für eine neue Art der Umweltpolitik plädiert. Sie versucht, die Produktionsbedingungen so zu verändern, daß für kommende Generationen gravierende Schäden gar nicht mehr entstehen.

Malte Faber, Gunter Stephan und **Peter Michaelis** haben am Alfred-Weber-Institut für Sozial- und Staatswissenschaften der Universität Heidelberg gemeinsam an umweltökonomischen Modellstudien gearbeitet. Faber ist dort seit 1973 Professor für Wirtschaftstheorie. Er hat an der Freien Universität Berlin, der Technischen Universität Berlin (wo er 1969 promovierte) und der Universität von Minnesota in Minneapolis Volkswirtschaftslehre, Mathematik und Operations Research studiert; er beschäftigt sich mit Kapitaltheorie, politischer Ökonomie und Umweltökonomie. Stephan hat in Heidelberg Mathematik studiert und 1980 in Volkswirtschaftslehre promoviert; er hat sich in diesem Fach habilitiert. Im Jahre 1985 war er Stipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft an der Stanford-Universität in Kalifornien. Seit 1988 ist er Professor für angewandte Mikroökonomie an der Universität Bern. Michaelis hat Volkswirtschaft studiert und war von 1987 bis April 1990 Assistent am Alfred-Weber-Institut, seitdem arbeitet er am Institut für Weltwirtschaft. Er promoviert zur Zeit mit einer Arbeit über „Vermeidung und Entsorgung von Produktionsabfällen. Eine ökonomische Analyse unter besonderer Berücksichtigung der Abfallwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland“.

Literaturhinweise

Studies in Austrian Capital Theory, Investment and Time. Herausgegeben

von Malte Faber. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 277, Springer-Verlag, Heidelberg 1986.

Umweltschutz und Input-Output-Analyse. Mit zwei Fallstudien aus der Wassergütwirtschaft. Von Malte Faber, H. Niemes und Gunter Stephan. J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen 1983.

Entropy, Environment and Resources. An Essay in Physico-Economics. Von Malte Faber, H. Niemes und Gunter Stephan. Springer-Verlag, Heidelberg 1987.

Umweltschutz und Technologiewandel. Von Malte Faber und Gunter Stephan in: Technologie, Wachstum und Beschäftigung – Festschrift für Lothar Späth. Herausgegeben von R. Henn, Springer-Verlag, Heidelberg 1987.

Änderung der Produktions- und Verbrauchsweise durch Umweltabgaben am Beispiel der Abfallwirtschaft. Von Malte Faber und Peter Michaelis in: Umweltsteuern in der Diskussion. Herausgegeben von H. G. Nutzinger und A. Zahrnt. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe 1989.

Umdenken in der Abfallwirtschaft: Verwerten, Vermeiden, Beseitigen. Von Malte Faber, Gunter Stephan und Peter Michaelis. Zweite überarbeitete und ergänzte Auflage, Springer-Verlag, Heidelberg 1989.

Pollution Control, Economic Adjustment and Long-Run Equilibrium. Von Gunter Stephan. Springer Verlag, Heidelberg 1989.