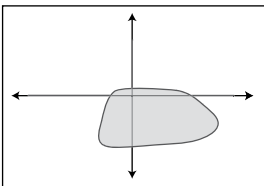


## 7. Experimentelle Praktiken der deutschen Abfallentsorgung: Von der wilden Deponie zum Dualen System

---



Jede Kultur entwickelt Maßnahmen, die Dinge loszuwerden, die für keinen mehr von Wert sind. Mit der Verdichtung der Bevölkerung in großen Siedlungen wurden schon im Altertum technische Lösungen für die Sammlung, den Transport und die Deponierung von Fäkalien

und organischem Abfall notwendig. In diesen und allen späteren Beispielen bilden Müll und Abfall ein herausragendes Paradigma für die unbeabsichtigten Nebenfolgen der sozialen Entwicklung.

Ähnlich wie in den anderen Fällen unseres Buches ist auch in der Müllentsorgung der Ursprung der Realexperimente nicht ein planendes, risikobewusstes Handeln. Vielmehr entspringt es einem Zuwachs von Problemen, die sich aus Handlungsroutinen ergaben, die erst im Nachhinein als unangemessen wahrgenommen wurden. Zwar gelten die Randbedingungen der hochmodernen Müllentsorgungsanlagen in der Regel als kontrollierbar, jedoch kehrt sich dieser Eindruck um, bezieht man die zahlreichen Vernetzungen mit der Umwelt bis hin zum individuellen Verbraucher ein. Anders als im Fall des Sempachersees (Kap. 6) steht die Wissenserzeugung in diesem Fall nicht im Vordergrund. Deutlicher als bei den Fällen in den vorangegangenen Kapiteln überlagern sich im Folgenden jedoch zwei analytisch klar trennbare Lernmuster. Ein Muster entsteht durch die jeweiligen Veränderungen, die innerhalb eines Paradigmas der Müllentsorgung statt-

finden und zu allmählich effizienteren und verlässlicheren Lösungen führen. Überraschungen können hierbei akkommodativ bewältigt werden. Das zweite Lernmuster bezieht sich auf Erkenntnisse, die das jeweilige Paradigma als solches in Frage stellen. Dafür gibt es verschiedene Gründe. So erweisen sich einige Probleme als sehr schwer beherrschbar, wie z.B. bei dem Ziel der sicheren Lagerung von Müll ohne thermische Vorbehandlung. Neue Technologien versprechen neue Leistungsprofile. So können heute automatische Sortieranlagen die Vorsortierung der Haushalte ersetzen. Neue politische Anforderungen entwerfen erprobte Lösungen – wie z.B. die Nachhaltigkeitsforderung, der nächsten Generation keine Müllhalden zu hinterlassen, das Konzept der sicheren Deponierung in Frage stellte. Wir versuchen in der folgenden Darstellung, das Ineinandergreifen der internen Optimierung des Lernens aus Fehlern mit der häufig extern veranlassten Infragestellung der Konzeption zu beschreiben. Dabei müssen viele Details unberücksichtigt bleiben, auch wenn sie gerade unter der Perspektive des Realexperiments interessant wären. So gehen wir beispielsweise nicht auf die vielen Versuchsanlagen und Pilotprojekte zur Kompostierung von organischem Müll, zur anaeroben Vergärung oder zur Entwicklung von Schmelzbrandverfahren ein. Obwohl sie über Jahrzehnte in der Diskussion und in der Erprobungspraxis eine Rolle gespielt haben, sind sie zu keiner Zeit die maßgeblichen Komponenten eines Entsorgungsparadigmas geworden.

Die Analyse dieses Kapitels ist folgendermaßen aufgebaut: Zuerst werden wir in Kapitel 7.1 einen Überblick über verschiedene Paradigmen der Entsorgung von Müll in Deutschland seit etwa 1900 liefern, um danach in Kapitel 7.2 die ersten beiden ›großen‹ Zyklen rekursiven Lernens von der ›wilden Deponierung‹ (bis in die 1950er Jahre hinein) zur ›geordneten Deponie‹ (der 1960er und 70er Jahre) zu diskutieren. Seit den 1980er Jahren entstehen hoch technisierte Verbrennungsanlagen und Deponiebauten; die Zusammenarbeit zwischen Deponiepraxis und Forschung nimmt organisierte Formen an. Dies wird in Kapitel 7.3 an der geplanten Verbunddeponie des Kreises Herford und der kreisfreien Stadt Bielefeld exemplifiziert. In Kapitel 7.4 werden zwei weitere wichtige Zyklen rekursiven Lernens seit etwa 1980 bis 2000 diskutiert, in denen in Deutschland erste Schritte zur grundlegenden Umgestaltung der Abfallwirtschaft unternommen wurden. Hier kommt das Leitbild des Recycling auf, das in der zweiten Phase durch das der Vermeidung ergänzt wird. Seit den späten 1990er Jahren zeichnet sich ein Paradigma einer materiell geschlossenen Kreislaufwirtschaft ab, in der sich auch neue Strukturen aus dem Zusammenspiel zwischen verschiedenen Akteuren (Unternehmen, Verbände, beteiligte Bevölkerung) abzuzeichnen beginnen, die der stoffstromorientierten Steuerung zum Durchbruch verhelfen könnten. Dies ist Thema von Kapitel 7.5. Kapitel 7.6

reflektiert die Zukunft der Müllentsorgung im Kontext neuer Wissensproduktion und neuer realexperimenteller Herausforderungen.

## 7.1 Paradigmen der Müllentsorgung

Alle stadtförmigen Siedlungen seit den ersten Hochkulturen kämpften mit Problemen der Verdichtung von Müll in Form von Exkrementen, Abwässern und Kadavern. Die Belästigungen durch den Gestank faulender Stoffe verbanden sich mit der Angst vor Krankheitsübertragungen. Als sicherster Weg galt immer, sich des Mülls zu entledigen, indem man ihn irgendwo anders hinbrachte, flussabwärts schickte, verbrannte oder vergrub. Seit der Industrialisierung und den verheerenden Cholera-, Pocken- und Typhusepidemien in vielen Ländern Europas wurden jedoch hygienischere Maßnahmen unabweislich. Sie betrafen vor allem die Trennung der zentralen Wasserversorgung von den Abwässern aus Haushalten und Industrie sowie die Straßenreinigung.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts spielte bei diesen Sanierungsmaßnahmen der neue Stand wissenschaftlichen Wissens über die Erreger ansteckender Krankheiten eine entscheidende Rolle. Denn das Schlüsselproblem war bereits zu jener Zeit ökologischer Natur: Zum einen musste die Trinkwasserversorgung vieler Städte bereits auf ›entsorgte‹ Abwässer zurückgreifen, da ja die Entsorgung von Abwässern letztlich immer mit einem Eintrag in die natürlichen Ressourcen endet. Aufbereitungstechnologien, die die neuen mikrobiologischen Erkenntnisse von Pasteur (vgl. Kap. 2) und Koch berücksichtigten, wurden in Experimenten außerhalb des Labors erprobt – mit teilweise katastrophalen Überraschungen. So hatte in Hamburg eine neue, jedoch unzulängliche Filteranlage die Cholera-Epidemie von 1892 mit 17.000 Erkrankungen und 8.600 Todesfällen verursacht, aus der die weitere Technologieentwicklung ihre Lehren zog (Naumann 1961: 3). Die Nachbarstadt Altona, die eine verbesserte Filteranlage installiert hatte, blieb von der Cholera verschont (Hösel 1987: 137).

Zum andern wurde es unausweichlich, die mit der Bevölkerungszunahme und der industriellen Produktion angewachsenen Abfälle einer geordneten Erfassung, Zwischenbehandlung und Ablagerung zu unterziehen. Dies betraf die Abwässerbeseitigung, Fäkalienabfuhr, Tierkörper- und Schlachtabfälle, das Bestattungswesen, Industrieabfälle und Haushaltsmüll – und in einem etwas anderen Sinn auch die Abfälle, die als Emissionen bei der Energie- und Stoffumwandlung anfallen. In all diesen Bereichen begannen Wissenschaftler, Regulierungsbehörden, Unternehmen und Bevölkerung zusammenzuwirken, um neue Wege der Entsorgung auszuprobieren.

In dieser Fallstudie konzentrieren wir uns auf die Entsorgung von normalem Haushaltsmüll bzw. – wie er im offiziellen Sprachgebrauch auch genannt wird – Siedlungsabfall. Ihm gebührte in der historischen Entwicklung zunächst nicht dieselbe Aufmerksamkeit wie den gesundheitsgefährdenden Fraktionen, die als Sondermüll behandelt werden. Das geregelte Einsammeln in den Städten und das Ablagern in Deponien in Randlage, die nicht störten, bis das städtische Wachstum sie einholte, galten als Lösung mit ökonomisch vertretbarem Aufwand. Jedoch wurde mit dem großen Wohlstandsschub der Nachkriegszeit der prinzipielle Mangel dieser Strategie allmählich sichtbar. Sie ist mit einer einfachen ökologischen Erfahrung unvereinbar: Müll kann man nicht wegwerfen. Die Behandlung des Mülls durch Anhäufung, Verdünnung, Verbrennung oder Eingraben kann ihm zwar eine neue Gestalt, sogar die der Unsichtbarkeit geben, sie kann ihn aber nicht aus der Welt schaffen. Barry Commoner (1972) fasste seine ökologische Philosophie in eine einzige Frage zusammen: »Yes, but where does it go to?« – z.B. die Aschen, Filterstäube und Luftpartikel einer Verbrennungsanlage. Falls man diese Frage irgendwann am Ende befriedigend beantworten kann, wie etwa beim Ausbringen der Gülle in der traditionellen Landwirtschaft, spricht man nicht mehr von Müll, sondern von Dünger. Dies war eine Art Sekundärrohstoff der frühen Stunde, bis man auch dessen Gefahren für das Grundwasser und die Bodenökologie erkannte. Im Verlauf der Industrialisierung sind die Wege einer Entsorgung durch Wiedereinbettung der unnütz gewordenen Güter in die Zyklen der Natur in dem Maße schmalere und enger geworden, indem die Güterproduktion anstieg und die Güter in ihrer chemischen Zusammensetzung zu Fremdkörpern der Naturzyklen wurden. Daher ist der Kern der Abfallwirtschaft die institutionelle Bewältigung der universalisierten Nebenfolge (»alles wird zu Müll«) aller Technisierung (vgl. Beck et al. 1996, ohne jedoch von Müll zu reden). In den Worten von Commoner (1971: 20):

»Suddenly we have discovered what we should have known long before: that the ecosystem sustains people and everything that they do; that anything that fails to fit into the ecosystem is a threat to its finely balanced cycles; that wastes are not only unpleasant, not only toxic, but, more meaningfully, evidence that the ecosystem is being driven towards collapse.«

Erst in der Konsumgesellschaft der Nachkriegszeit ist der Haushaltsmüll zu einer Belastung geworden, die mit den gewohnten Verfahren der Invisibilisierung durch Wegwerfen nicht zu bewältigen war. Herbold (2000: 143) nennt folgende Faktoren: das durch die Neuausstattung der Haushalte bedingte Anwachsen zu entsorgender Altbestände, die Chemisierung der Produkte und damit das Schadstoffproblem von Müll und Abfall, die neuen

Konsummuster der Produktverpackungen und die entstehende ›Ex- und Hopp‹-Mentalität. Die Wirtschaftswunderzeit führte direkt in den Müllnotstand, der in den 1970er Jahren ausgerufen wurde. Zu dieser Zeit existierten auf dem Gebiet der damaligen Bundesrepublik über 50.000 Deponien. Sie wurden später als ›wilde‹ oder ›ungesicherte‹ Deponien bezeichnet, obwohl sie alle gesetzeskonform eingerichtet waren und betrieben wurden. Es ist die sekundäre Wildheit und Unsicherheit der ungebändigten Nebenfolgen, deren Potential an Belästigung und Gefährdung allmählich wahrgenommen wurde.

Wie auch bei den anderen in diesem Buch vorgestellten Fällen, insbesondere aber beim Sempachersee (Kap. 6), stellte sich im Verlauf der Versuche zur Problemlösung heraus, dass diese ohne gezielte Forschung und den Aufbau von Realexperimenten nicht zu leisten sind. Je länger die Entwicklung der Abfallentsorgung andauert, desto genauer ist sie im Gestaltungszyklus (Abb. 1.4, S. 21) interpretierbar.

Seit den 1960er Jahren, in denen das Anwachsen des Mülls zur so genannten ›Mülllawine‹ zum Handeln zwang, lässt sich dieser Lernprozess bis in die Gegenwart verfolgen. An ihm sind in verschiedenen Konstellationen ein zunehmendes wissenschaftliches Verständnis der Entsorgungsketten, technologische Anlagen der Behandlung und Deponierung, der organisatorische Aufbau des Sammelns und Transportierens und die sozio-kulturellen Einstellungen der Bevölkerung beteiligt. Man kann diesen Prozess einerseits in Phasen einteilen, die aufeinander aufbauen und daher in einem gewissen Sinne einen Mehrfachdurchlauf durch unseren Gestaltungszyklus des rekursiven Lernens darstellen. Jedoch sind der jeweilige Bruch mit dem vorhergehenden Paradigma der Entsorgung und der Beginn eines ganz neuen Lernzyklus genauso ausgeprägt. Neben dem Paradigmenbegriff, der hier in Anlehnung an die seit Thomas Kuhn (1976) in der Wissenschaftsforschung gebräuchlichen Form verwendet wird, um das jeweilige zentrale ›Dogma‹ der Entsorgungspraxis hervorzuheben, ist noch ein zweiter Grundbegriff sinnvoll, der das Zusammenspiel zwischen regulatorischen und administrativen Körperschaften, Unternehmen, Verbänden, Anlagebetreibern und beteiligter Bevölkerung zu erfassen versucht. Es kommen dafür verschiedene Varianten in Frage, jene des Netzwerkes, des Regulierungsregimes oder neuerdings der Governance (Lahusen 2003). Während der Begriff »Innovationsnetzwerk« am stärksten die Einführung neuer Technologien hervorhebt, betont der Regulierungsbegriff die normativen Aufgaben und der Governancebegriff das Zusammenwirken öffentlicher und ziviler Akteure. Da dieses Kapitel einen langen Zeitraum umfasst, spielen diese unterschiedlichen Akzente bei der Koordination der Akteure zu verschiedenen Zeitpunkten auch eine verschieden starke Rolle. Daher begnügen wir uns mit einer flexiblen Beschreibung. Der Governancebegriff

kommt am stärksten in der letzten von uns betrachteten Phase der Lösungsversuche für das Müllproblem in den 1990er Jahren zum Tragen. In dieser Phase entschied der Gesetzgeber, aus dem staatlichen Monopol der Entsorgungsverantwortung auszusteigen und ein privatwirtschaftliches Abfallbewirtschaftungssystem aufzubauen, in dessen Zentrum die Vermeidung der Entstehung von Müll stehen sollte. Dies ging nur durch umfangreiche Vorverhandlungen, ein kontinuierliches Gesetzgebungswerk, den Aufbau der neuen Organisationsstruktur »Duales System« und die Kooperation aller einzelnen Haushalte (siehe hierzu Kapitel 7.5). Hier trifft also ein neues Paradigma der stofflichen Wiederverwertung in einer Kreislaufökonomie mit einer neuen regulatorischen Governancestruktur zusammen. Deren Aufbau trägt, wie wir behaupten wollen, experimentelle Züge.

Wenn man die überkommene »wilde« Deponierung hinzurechnet, dann kann man seit Beginn des 20. Jahrhunderts bis zur Gegenwart fünf Paradigmen der Entsorgung unterscheiden, die sich in grober Vereinfachung den jeweiligen Dekaden zuordnen lassen. Das jüngste Paradigma der in den 1990er Jahren entstandenen Kreislaufwirtschaft ist mit Sicherheit nicht das letzte. Ein neues ist bereits in seiner Definitionsphase. Bei der hier vorgenommenen, schematischen Abgrenzung nach historischen Kriterien gibt es zudem erhebliche zeitliche Überlappungen. Tabelle 1 gibt einen Überblick:

*Tabelle 1: Paradigmen der Entsorgung*

|           |                                                                                          |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1900-1960 | Müllkippen als örtliche Entsorgungszentren                                               |
| 1960-1970 | Zentralisierte, geordnete Deponie                                                        |
| 1970-1980 | Integrierte hochtechnische Entsorgungssysteme<br>(Verbrennungsanlagen und Deponiebauten) |
| 1980-1990 | Sozio-technische Hol- und Bringsysteme                                                   |
| 1990-2000 | Geschlossene Kreislaufwirtschaft                                                         |
| 2000-2010 | Stoffstromanalyse und Ressourcenmanagement                                               |

Trotz der zeitlichen Abfolge bleiben die Paradigmen aufeinander bezogen. Die vorhergehenden werden nicht abgebrochen oder abgelöst, weil sie vollständig ergebnislos gewesen wären. Viele der Teilerkenntnisse gelten als ein erhärteter Bestand des ökologischen, technischen und sozialen Wissens – unter ihnen gerade solche, die aus Realexperimenten gewonnen wurden. Dennoch hat kein Paradigma zu einem umfassenden und dauerhaften Erfolg geführt. Etwas übertrieben ließe sich, wie auch im Falle der Mkwaja Ranch, eher von »Sackgassen des Lernens« sprechen. Jedes Paradigma be-

reichert das Wissen über Müll durch fehlgeschlagene Experimente, durch Unfälle, unerwartete Langzeiteffekte und durch die Entdeckung neuen Nichtwissens. Jedoch weiß man am Ende einer jeden Periode der Abfallbewirtschaftung deutlich besser, welche Techniken und Strategien man zu unterlassen hat, um das Müllproblem zu bewältigen. Die Entscheidungen für ein neues Paradigma mit neuen Technologien und Regulationen vermeiden begangene Fehler, sind aber an neue Ungewissheiten über ihre Funktionsfähigkeit gebunden. Hinzu kommt der Einfluss veränderter Werthaltungen auf den Aufbau neuer Paradigmen. Es ist offensichtlich, dass trotz des guten halben Jahrhunderts Entwicklung das Müllproblem regional, europaweit und erst recht global einer nachhaltigen Lösung nicht näher gekommen ist. Obwohl es bessere und schlechtere Lösungen für einzelne Aspekte gibt, existiert kein Modell, dessen Extrapolation im Sinne eines verallgemeinerungsfähigen Wissens der Vermeidung und Entsorgung von Müll und Abfall als begründet und erprobt betrachtet werden kann. Daneben bestehen auch keine regionalen Modelle, welche die dort dominanten Entsorgungsprobleme so lösen könnten, dass die Lösungen nicht zu einem erheblichen Teil auf eine Externalisierung der Probleme in andere Regionen oder auf zukünftige Generationen hinauslaufen.

## 7.2 Die ›wilde‹ Deponierung und die ›geordnete‹ Deponie

Der rasante Anstieg des Konsums in der Nachkriegszeit während des so genannten Wirtschaftswunders ließ die Mengen an Verpackungsmaterial um ein Vielfaches ansteigen und führte zum Wegwerfen von immer mehr veralteten Gütern und unnützen Materialien. Reparatur und Wiederverwertung wichen der Neuanschaffung. Müll im Überfluss ist das Komplement der »Überflussesgesellschaft« (Galbraith 1970; Packard 1991). Die seit der Jahrhundertwende eingerichtete Müllabfuhr in den Städten tat ihren Dienst, die kleineren Orte besaßen ihre Müllkippen am Ortsrand. Die eingerichteten Müllkippen wurden jedoch spätestens in den 1950er Jahren zu klein, die Genehmigung neuer wurde wegen der beginnenden Besiedlung der Ortsränder prekär. Die einsetzende Entsorgung synthetischer Stoffe trug dazu bei, dass die Müllmengen nicht nur quantitativ, sondern auch im Wortsinne explodierten. Vor allem hatte der Gesetzgeber durch das Wasserhaushaltsgesetz 1960 der Ausweisung neuer Deponien enge Grenzen gezogen, weil erkannt wurde, dass Müllkippen zur Verunreinigung beitrugen. Die Metapher von der ›Mülllawine‹ kam auf und verlieh dem Problem politische Priorität. Der Aufbau eines modernen Regulationsregimes wurde

durch Gründung von Ämtern und gesetzgeberischen Maßnahmen unterstützt.<sup>80</sup>

Obwohl die Entwicklung noch entfernt ist von einem durchgestalteten Lernprozess, lassen sich die zentralen Überraschungen markieren, die das aus dem späten 19. Jahrhundert stammende Entsorgungsmodell zusammenbrechen ließ: der übermäßig starke und schnelle Zuwachs an Müllmengen, die mit der weiteren Vermehrung ungeordneter Deponien verbundenen Gefahren für das Grundwasser und die Belästigungen für die Siedlungen.

Die entscheidende Zielgröße für den Aufbau einer Entsorgungstechnologie war die Volumenreduktion des Mülls. Eine Nebenbedingung bestand darin, das Grundwasser vor Kontamination und Verschmutzung zu schützen. In diesen Phasen bildete sich der erste realexperimentelle Lernzyklus heraus, jedoch ohne als solcher angelegt worden zu sein. Durch den Entsorgungsnotstand gezwungen, werden in den 1970er Jahren drei technologische Alternativen verfolgt, deren Leistungsfähigkeit angesichts der neuen chemischen Stoffklassen unbekannt war. Die eine war die »zentrale, geordnete und verdichtete Deponie« (Herbold/Wienken 1993: 95f.), die zweite setzte auf eher dezentrale Kompostierung und Verrottung, die dritte auf Verbrennung. Mechanische, biochemische und thermische Müllbehandlung wurde in unterschiedlichen Anlagen realisiert und boten den Wissenschaftlern Gelegenheit, ihre Hypothesen zu testen. Bei den einsetzenden Kontroversen spielten ökonomische Gründe eine erhebliche Rolle. Die Kosten für die Verbrennung waren um ein Vielfaches höher als für die Verdichtung. Ein erheblicher Vorteil der Kompostierung war, dass die Kombination von Hausmüll und Klärschlamm eine schnelle Verrottung versprach, deren Volumenreduktion mit der Verbrennung konkurrieren konnte. Vorteile der Verbrennung waren die effiziente Bewältigung der stark anwachsenden Verpackungsfraktionen und die Aussicht auf den Verkauf der Abwärme. Die kostengünstigste und verbreitetste Methode war die mechanische Komprimierung. Es ging dabei darum, durch Verdichtung der Stoffe und eine darauf abgestimmte Vorsortierung nach verschiedenen Kategorien mehr Masse im Deponievolumen unterzubringen, diese zugleich größer auszulegen und die Anzahl der Deponien durch geeignete zentrale Lagen in den Siedlungsräumen zu verringern. Sofern hierbei überhaupt Umwelterwägungen eine Rolle spielten, ging es um die Verringerung der Geruchsbeläs-

**80 |** Zu ihnen sind zu rechnen die 1963 gegründete »Länderarbeitsgemeinschaft Abfallbeseitigung« (LAG) und die 1966 im Gesundheitsministerium eingerichtete »Zentralstelle für Abfallbeseitigung« (ZfA). Richtlinien, Merkblätter, Verordnungen und Gesetze führten auf allen politischen Ebenen (Kommunen, Ländern, Bund) dazu, die »wilde« Deponierung einzustellen.

tigungen und der Vermeidung der ästhetischen Landschaftsverschandelungen (vgl. Langer 1969). Immerhin schrieb das Wasserhaushaltsgesetz eine Auswahl geeigneter Böden und mechanische Verdichtung des Untergrundes vor. Die geordneten, komprimierten Deponien hatten aus Kostengründen größte Verbreitung, wenn auch die technische Faszination von den Verbrennungsanlagen ausging, hinter denen industrielle Betreiber der Kohle- und Stahlindustrie standen. Die Alternative der Kompostierung blieb hingegen eher randständig.

Retrospektiv erscheinen die Kontroversen über die ökonomischen, hygienischen und ästhetischen Unterschiede dieser technischen Alternativen vor allem sorglos. Erst mit der Gründung der Zeitschrift »Müll und Abfall« 1969 entstand ein Organ, das zwischen wissenschaftlicher Analyse und praktischen Erfahrungen vermittelte und dazu beitrug, ein völlig neues Bild der Problematik zu entwerfen – gewonnen aus den teilweise sehr überraschenden und besorgniserregenden Beobachtungen der Ablagerungen in den neuen Deponien. Hinter den Vorstellungen von Zentralisierung, Verdichtung und Ordnung stand ein naturphilosophischer Mythos von den ›Selbstheilungskräften der Natur‹. Er sollte helfen, die Massierung von ökologischen Problemen zu verdrängen, die vor allem im Grundwasserbereich einer solchen Konzentrierung folgen würden. Im Zusammenhang mit der Auswertung der laufenden Deponiebetriebe entstand ein interdisziplinäres Forschungsfeld, in dem zum ersten Mal die Frage nach der ›Natur‹ des Mülls gestellt wurde: nicht in ökonomischen Begriffen des nutzlosen Eigentums und in politischen der Vorsorge der Entsorgung, sondern in denen von Biologie und Chemie. Unter den analytischen Augen der Wissenschaftler verlor der Begriff ›Müll‹ seine lebensweltliche Identität als wertloses Objekt, das es unsichtbar zu machen gilt (›aus den Augen – aus dem Sinn‹). Die Forschung entdeckte seine Komplexität und damit die Probleme seiner technischen Beherrschbarkeit. »Aufgrund der Vielstoffproblematik ist das ökologische Risiko, das von Abfällen ausgeht, jetzt und in Zukunft prinzipiell nicht kalkulierbar«, heißt es in einer späteren Zusammenfassung (Hahn 1989: 2). Eine weitere wichtige Beobachtung war die Veränderung des Mülls über die Zeit, weil er ständig mit neuen chemischen Substanzen angereichert wurde (Wallhäußer 1972). Dann wurde offensichtlich, dass die lokal gegebene unterschiedliche Zusammensetzung jeder Mülldeponie aus verschiedenen Müllfraktionen es erschwerte, dass lokal gewonnene Wissen an anderer Stelle einzusetzen.

Aus diesen drei Einsichten – Inhomogenität, zeitlicher Wandel, lokale Spezifität – folgt, dass der Begriff ›normaler Müll‹, der massenweise in Haushalten anfällt, Merkmale wie Irregularität, Unvorhersehbarkeit und Unkontrollierbarkeit aufweist. Damit wurde das Thema Haushaltsmüll für die Wissenschaft beinahe zu einem noch größeren Problem als die gefährli-

cheren, aber besser isolierten und verstandenen Sonderabfälle der chemischen und der Nuklearindustrie. Es dauerte entsprechend lang, bis die Forschung in der Lage war zu erkennen, was genau unbekannt ist.

Im Folgenden wird gezeigt, wie diese Installationen und die ihr zugrunde liegende Philosophie zum Ausgangspunkt von wissenschaftlichen Kontroversen der Abfallforschung wurden. Verhältnismäßig schnell wurde klar, dass eine laborexperimentelle Aufklärung der Prozessdynamik in Deponien nicht hinreichen würde, sondern dass die neu geschaffenen Deponiekörper selbst herangezogen werden müssen. Damit erhielten sie, wie zu sehen sein wird, einen realexperimentellen Charakter, ohne dafür errichtet und ausgerüstet worden zu sein. Ansätze, über eine laborwissenschaftliche Standardisierung und Kontrolle des Mülls weiterzukommen, wurden unternommen, blieben aber marginal. In einem Bericht über die Forschungsstrategie der ›Normalisierung‹ heißt es:

»Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß es für eine Weiterentwicklung der im Bereich der Entsorgungswirtschaft eingesetzten Anlagentechnik wesentlich ist, Versuche an Realanlagen durchzuführen. Hierzu ist es unumgänglich, ein Gut zu schaffen, mit dem es möglich ist, mit vertretbarem Aufwand reproduzierbare Versuche durchzuführen« (Wehking/Holzbauer 1989: 248).

Der Strategie, die Anlagen so weit wie möglich den Bedingungen des Labor-experimentes anzupassen, sind technische und politische Grenzen gezogen. Ihr steht die Strategie gegenüber, von vornherein die spezifischen Charakteristika jeder Anlage, ihres Inhalts, ihrer engeren geologischen und hydrologischen Umgebung, Einbettung in die Grundwasserkartierung und Siedlungsstruktur Rechnung zu tragen und von dieser Basis aus ihre Betriebsweise, mittelfristige Prozessdynamik, Wahrscheinlichkeiten und Folgen des Fehlversagens und Probleme der Langzeitsicherung zu analysieren. In diesem Sinne stellte einer der führenden Wissenschaftler in diesem Feld, der spätere Leiter des Bundesumweltamtes Klaus Stief, heraus, dass jede Deponie »ein Einzelstück« sei. Daraus folgt für ihn:

»Gewißheit über das Deponieverhalten erhält man erst durch Messungen in der Betriebsphase und in der Nachsorgephase. Die Übertragung von Kenntnissen und Erfahrungen von einer Deponie auf die andere ist immer mit Vorsicht zu genießen« (Stief 1991: 33).

Diese Auffassung Stiefs stand jedoch nicht am Anfang der Forschungen über Deponien. Stief selbst hatte bereits 1979 die Standardisierung der Untersuchungsmethoden und Auswertung der Ergebnisse eingefordert, um zumindest die Datenbasis für die Verallgemeinerung und Anwendbarkeit

von Erkenntnissen zu schaffen. Zu Beginn der Entwicklung waren die Planer und Wissenschaftler eher von der Haltung geprägt, dass die Wissensbasis genüge, um Bedenken zu zerstreuen, die bei Behörden und Anwohnern durch Erfahrungen mit ›wilden‹ Deponien bestanden. Ungewissheit und Unsicherheit und die vorsichtige Einschätzung der Deponien als Unikate sind Ergebnisse von Lernprozessen, in die sowohl die laborwissenschaftlichen als auch die realexperimentellen Befunde eingehen. Auf der einen Seite findet eine wachsende Kontextualisierung von Forschung im Hinblick auf die Planung und Betriebnahme von Installationen und ihren natürlichen und sozialen Umgebungen statt. Auf der anderen Seite kann man die Dekontextualisierung von Forschung beobachten, wenn es darum geht, das Verhalten von Müll zu modellieren und zu simulieren und neue Formen des Baus und Techniken der Beobachtung zu entwickeln.

Wir betrachten die schrittweise Entstehung des realexperimentellen Bewusstseins am Beispiel des Sickerwasserproblems an Anlagen, die dafür nicht entworfen waren. In den 1970er Jahren wurden bedenkliche Beobachtungen zu Verunreinigungen des Grundwassers infolge des Deponiebetriebes gemacht. Im Sinne unseres Gestaltungszyklus (Abb. 1.4, S. 21) sind diese Beobachtungen Überraschungen, da sie den Erwartungen an eine Umwandlung der abgelagerten Stoffe und an eine hemmende Abdichtung des Bodens widersprachen. Untersuchungsergebnisse des Bayerischen Geologischen Landesamtes

»ließen keinen Zweifel über die außerordentlich starke Verunreinigung des Grundwassers durch die Mülldeponie aufkommen, so daß als nächstes die Ausbreitung [...] und die Reichweite untersucht werden mußten« (Exler 1972: 103).

Der Bericht endet mit einer moderaten Empfehlung:

»Aus diesen Gründen wäre es zweckmäßig, vor Anlage einer neuen Mülldeponie die hydrogeologischen Verhältnisse rechtzeitig zu untersuchen, um abschätzen zu können, was passiert, wenn trotz der Vorsichtsmaßnahmen wasserlösliche Stoffe ins Grundwasser gelangen« (ebd.: 112).

Der Begriff »Abschätzung« deutet an, dass die gebaute Deponie faktisch der Ort wäre, um an die gemessenen Zahlen heranzukommen. Zu dieser Zeit (1972) verdichtete sich das wissenschaftliche Meinungsbild, dass die verfügbaren Messungen der Grundwasserverschmutzung eine Theorie der ›Selbstreinigung‹ in Frage stellten, die für den bisherigen Deponiebau eine beruhigende Wirkung ausgeübt hatte. Mit dieser Theorie konnte vermeintlich nachgewiesen werden,

»daß es aufgrund ›rasanter mikrobiologischer Abbauvorgänge‹ innerhalb von Deponien sowie in den Bodenformationen im unmittelbaren Einflußbereich derselben zu einer weitgehenden Eliminierung abbaubarer organischer Verbindungen kommt und negative Auswirkungen der Abfallagerstätte auf das Grund- und Oberflächenwasser in der Regel regional eng begrenzt bleiben und bislang zu keinen nennenswerten Mißständen geführt haben« (Schrammeck 1973: 214).

Der Autor war kein Anhänger, sondern einer der frühen Kritiker der Theorie. Er fügte hinzu, dass diese Theorie dafür verantwortlich zu machen sei, dass die überwiegende Mehrzahl (geschätzte 84 Prozent) der neu gegründeten Zentraldeponien ohne Basisabdichtungen ausgelegt wurden. 1975 stellte einer der führenden Wissenschaftler fest:

»Alle Autoren, welche bislang auf dem Gebiet der Untersuchungen über das Verhalten des Sickerwassers im Untergrund gearbeitet haben, erklären mit den Praktikern übereinstimmend, daß Abfallhalden das Grundwasser erheblich verunreinigen« (Cube 1975: 44).

Diese gemeinsame Erwähnung von Forschern und Praktikern wurde in den folgenden Jahren immer häufiger. Jedoch ging es zunächst nicht um strategische Allianzen, sondern um die Infragestellung der gängigen Expertenmeinung:

»Bis heute kann man die Zone der zu erwartenden Verunreinigungen unterhalb von Mülldeponien nur abschätzen, ein Berechnungsverfahren existiert bisher nicht. Es bleibt daher auch in Fachkreisen ein gewisses Unbehagen, wenn die Rede auf mögliche Verunreinigungen von Oberflächen- und vor allem Grundwasser durch Abfalldeponien kommt« (Hantge 1975: 1).

Es waren jedoch genau diese Fachkreise gewesen, die die Unbedenklichkeit des verdichteten Deponiebaus attestiert und daraus die für die Planungsbehörden anleitenden Regelungen abgeleitet hatten. Um eine Stimme von 1965 zu nennen: »Bei der Einhaltung dieser Richtlinien sind keinerlei Gefährdungen mehr zu befürchten, und die vielerlei Bedenken gegen bestimmte Ablagerungsplätze können zerstreut werden« (Klotter 1965: 366). Dass in der gesamten Vorgehensweise weitaus größere Risiken als erwartet auftraten, führte nicht nur zu einer vorsichtigeren Ausdrucksweise, sondern auch zu einer Annäherung an eine realexperimentelle Konzeption. Man kann das an der skeptischen Argumentation eines der führenden Autoren nachzeichnen:

»Abschließend läßt sich sagen, daß der aktuelle Kenntnisstand der Abfallforschung die *widersprüchlichsten Auffassungen* widerspiegelt, daß noch sehr viele Fragen offen sind und damit einen rational und verantwortungsbewußt denkenden Fachmann dazu zwingen, vor *Abschluß der Forschungen* so vorsichtig wie nur möglich zu handeln« (Cube 1975: 47, unsere Hervorhebungen).

Der erhoffte »Abschluß der Forschung« war offensichtlich an Beobachtungen gebunden, die sich aus neuen Installationen ergaben. Damit rückten diese in den Mittelpunkt der »widersprüchlichen Auffassungen« der Forscher und die übliche Kaskade zwischen wissenschaftlich erprobtem und anerkanntem Wissen und seiner Implementierung in technischen Anlagen wird in ihrem Gefälle umgedreht. Was immer seitdem an Maßnahmen zur Vermeidung von Grundwasserbelastungen vorgeschlagen wurde, unterlag dem Vorbehalt »offener Fragen«. Diese erstreckten sich auf die Abdichtungsqualitäten von verschiedenen Bodenarten, auf mechanische Verdichtungsmöglichkeiten, auf die Reaktionen synthetischer Materialien, auf Eigenschaften von Dichtungsfolien unter mechanischer Belastung und chemischen Wechselwirkungen. Die Forschung an den Deponiekörpern war eröffnet. Das Schlüsselproblem der Basisabdichtung der Deponien zog andere nach sich. Angenommen, die Abdichtung erfüllt alle Anforderungen ideal – was geschieht dann mit dem Wasser, das in die Deponie hineingerät? Zwei Theorien lagen hierzu im Wettstreit. Die eine warnte:

»Erst nach einigen Jahren der Praxis ergeben sich vorher ungeahnte Schwierigkeiten, vor allem durch das Auftreten sehr konzentrierter Sickerwässer, die einer kostspieligen Aufbereitung bedürfen« (Hantge 1975: 2).

Die andere Theorie sagte voraus, dass das kontaminierte Wasser, wenn es kontinuierlich zurückgeführt wird (»Sickerwasserkreislaufführung«), chemisch gesättigt oder inert werden und also keine weiteren Reaktionen eingehen würde. Zwischen der aufgebrochenen wissenschaftlichen Skepsis und der Deponiepraxis taten sich immer größere Differenzen auf. Während auf der einen Seite das Vertrauen in die rechtliche Ordnung der Deponierung sogar dazu führte, dass neue Wohnsiedlungen auf geschlossenen Deponien errichtet wurden, die wegen der Gesundheitsbelastungen später zu öffentlichen Skandalen führten (siehe nächsten Abschnitt), wurden die Stimmen der Experten leiser und vorsichtiger. Stegmann und Ehrig fassten den Stand empirischer Forschung zusammen:

»Umfang und Abhängigkeiten der biologischen Stoffumsetzungsprozesse in Mülldeponien sind noch weitgehend unbekannt. Aus diesem Grund kann eine Steuerung

dieser Prozesse in der Praxis durch geeignete Betriebsweisen nur bedingt durchgeführt werden« (Stegmann/Ehrig 1980: 49f.).

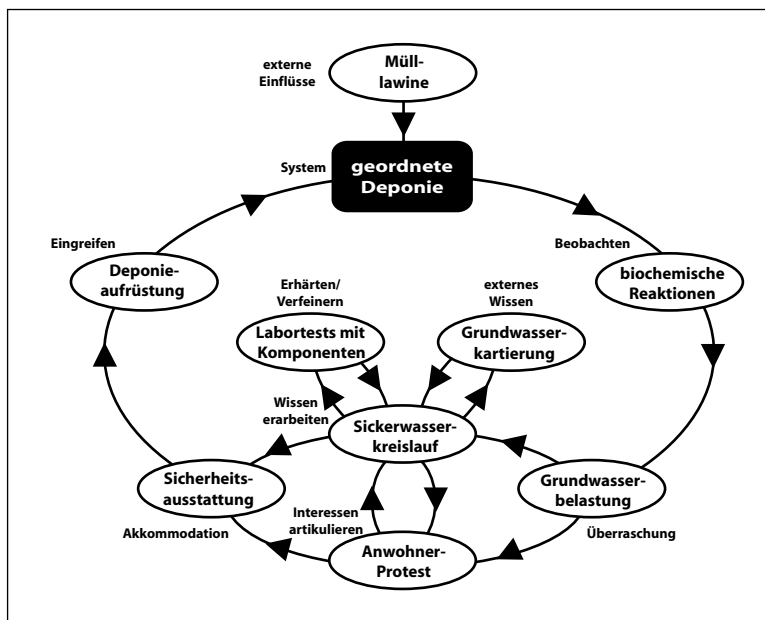
Und wieder wird der Übergang von Beobachtung zu Realexperimenten empfohlen:

»Aufgrund dieser und weiterer Überlegungen sollten Vorschläge zur Millieuverbesserung für die biologischen Abbauprozesse im Deponiekörper in der Praxis auf ihre Wirksamkeit geprüft werden« (ebd.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Paradigma der zentralen, geordneten und komprimierten Deponie an sorgfältig ausgewählten Standorten aus ordnungspolitischer Sicht eine Lösung der bestehenden Probleme war, die mit ›wilden‹ Deponien nicht zu erreichen gewesen wären. Jedoch erwies sich die technische Wissensbasis als äußerst unzulänglich. Die Überraschungen, ausgelöst durch die biochemischen Reaktionen im Deponiekörper und Grundwasserbelastungen, führten zu Konflikten, die immer schwieriger auszuhandeln waren. Die durch die Deponien in Gang gekommenen Untersuchungen führten letztendlich zu der Erkenntnis, dass die einfache Großdeponie aufgegeben werden musste und mit neuem Wissen über den Sickerwasserkreislauf und der Basisabdichtung zu einer geordneten Deponie aufgerüstet wurde. In unserer Beschreibung des Gestaltungszyklus eines Realexperiments lassen sich die Überraschungen und ihre Verarbeitungen mit den folgenden beispielhaft herausgegriffenen Kategorien charakterisieren (Abb. 7.1).

Deutlich geworden ist, dass ein großer Teil des Forschungsaufwands dazu diente, Überzeugungsnaivitäten infrage zu stellen und durch seriöses Nichtwissen zu ersetzen. Nichtwissen ist keineswegs der Ausgangspunkt der Forschung, sondern ergibt sich erst aus einem weit fortgeschrittenen Zustand der durch Überraschungen angestoßenen Infragestellung von anerkannten Praktiken und Theorien. Zugleich war zu beobachten, dass relevantes Wissen in der Interaktion mit den Praktikern gewonnen wurde (Schenkel 1975: 12f.). So ist vorgezeichnet, dass praktisches Experimentieren als der Ausweg gesehen wird, der von dem neuerlich erreichten *Niveau der wissenschaftlichen Unwissenheit* wieder zurückführt zu einer wissenschaftsbasierten verlässlichen Praxis. Der Durchgang durch diesen Lernzyklus soll hier geschlossen werden.

Abb. 7.1: Der Weg von der Mülllawine zur geordneten Deponie



## 7.3 Experimentaldeponien: Die Verknüpfung von Theorie und Praxis

In einer nächsten Phase, die ungefähr die 1980er Jahre umfasst, geht es um eine bessere Organisation der Beziehungen zwischen Deponiepraxis und Forschung sowie einer Deponietechnologie, die einer methodischen Beobachtung zugänglich ist. Die Zugänglichkeit der Deponien für die Datengewinnung, Kartierung der Einlagerungen, Eingriffsmöglichkeiten für Reparaturen bei auftretenden Schäden, Einplanung der technischen Nachrüstung gemäß dem Stand der Forschung und Durchplanung der Betriebsdauer und Nachsorge führten zu dem Paradigma, das die »kontrollierte Deponiebautechnik« genannt werden kann. Wenn zu dieser Ausstattung noch moderne Verbrennungsanlagen hinzukamen, die die Deponien nur mit inerten Schlacken und Filterstäuben belasteten, stieg die Kontrollierbarkeit noch einmal an. Von Seiten der wissenschaftlichen Experten wurde immer stärker der Wunsch geäußert, die Betriebsformen so zu organisieren, dass auch längerfristige und vergleichende Beobachtungen möglich werden

würden. Auch dies ist ein wichtiger Aspekt der Kontrollierbarkeit. Die neue Gestaltungsidee, Sicherheit durch hochtechnische Ausstattung, Kontrolle und Reparatur zu gewährleisten, wurde in den 1980er Jahren darüber hinaus an den intensiven Umweltdiskurs in der BRD angepasst. In der engagierten Öffentlichkeit wie auch bei Stakeholdern konnten allenfalls Anlageplanungen Bestand haben, die dem kritischen Blick von wissenschaftlich geschulten Gegenexperten standhielten.

1980 schlossen sich 15 Institute zur »Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute« (AGÖF) zusammen, sodass kritisch-technischer Sachverstand eine für alle Umweltinitiativen zugängliche Ressource wurde. Dies bedeutete zumindest für die Neuplanung von Anlagen das Ende aller auf Kosteneffizienz reduzierten Planungen. Ein weiterer Aspekt kam hinzu: Die Gegenexpertise entwickelte auch strategische Alternativkonzepte sowohl in technischer als auch in organisatorischer Hinsicht. Hierdurch spielen die an den Rand gedrängten Kompostierungs- und Rotteverfahren wieder eine Rolle, Müllvermeidung und Recycling gewannen in der Diskussion immer mehr an Bedeutung.

Entsorgung wurde zu einem wissenschaftsbasierten, hochtechnologischen und kostenintensiven Feld der Planung – immer im Visier von Umweltschützern und lokalen Bürgerinitiativen. Skandale pflasterten den Weg dieser Planungen. 1981 wurden die Gesundheitsbelastungen und Umweltschäden der Deponie Münchehagen bei Hannover bekannt, der Betrieb wurde 1983 eingestellt und es schlossen sich weithin beobachtete Verhandlungen über Sanierung und Entschädigung an, die erst 1997 abgeschlossen wurden. 1983 wurde die leichtfertige Überbauung einer Deponie in Bielefeld-Brake ein zentrales lokalpolitisches Thema mit Einfluss auf die kommunalen Wahlentscheidungen (Herbold et al. 2002: 270). Ebenfalls 1983 begann der Dioxinskandal der Mülldeponie Hamburg-Georgswerder, auf der Abfälle der Chemiefirma »Boehringer« abgelagert worden waren. Zeitgleich stellte sich heraus, dass die neuen Technologien der Müllverbrennungsanlagen nicht vor Dioxinbelastungen schützen, sodass mit der »Technischen Anleitung Luft 1986« neue Grenzwerte eingeführt werden mussten. Bereits 1984 beantragten die Grünen im Bundestag die Stilllegung aller Müllverbrennungsanlagen (Keller 1998: 100).

In diesem problematischen Umfeld mussten Politik, Verwaltung und Wissenschaft einen Weg finden, das Entsorgungsproblem dem neuen Umweltbewusstsein und den gestiegenen Sicherheitserwartungen entsprechend anzupassen. In unserem Zusammenhang interessiert dabei der »Ausweg Forschung«. Bereits 1977 schlug Stief vor, ein Netzwerk von Akteuren aufzubauen, um die neue Strategie der hochtechnologischen Ausstattung und der organisatorischen Kontrolle umzusetzen. In klaren Wor-

ten, wenn auch ohne Verwendung des Begriffs, wird formuliert, dass es sich dabei um Realexperimente handeln würde:

»Die Zusammenarbeit von Forschern und Deponiebetreibern sowie dem Deponiepersonal ist häufig die Basis für eine erfolgreiche Forschung. In Zukunft muß darauf hingearbeitet werden, daß die Erfahrungen und die Erkenntnisse aus den Forschungsvorhaben den für die Deponie Verantwortlichen noch schneller und direkter und nicht erst in einem wissenschaftlichen, schwer lesbaren Forschungsbericht zur Verfügung gestellt werden. Die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Deponiebetrieb und Forschung erfordert in manchen Fällen auch den Mut und die Verpflichtung zu Betriebsmaßnahmen, die nicht dem neuesten Stand der Technik entsprechen. So muß z.B. bei einem Vorhaben, das über 3 Jahre läuft und auf eine bestimmte Deponietechnik ausgerichtet ist, [...] diese Betriebsweise durchgehalten werden, wenn man verlässliche Aussagen aus der Forschung erwarten will« (Stief 1977: 334).

In dem Zitat kommt zum Ausdruck, dass es zu einer institutionellen Koordination zwischen Betreibern, Personal und Forschern kommen muss, die so etwas wie ein ›Forschungsteam‹ bilden. Dabei werden die Ausrichtung des Betriebs auf die Bedürfnisse der Forschung nach Kontrollgrößen und Aufrechterhaltung einer ›Versuchsanordnung‹ herausgestellt. Dass jedoch bei der Umsetzung dieses Konzepts der realexperimentellen Forschungsdeponie ökonomische und verwaltungspolitische Schwierigkeiten bestanden, wird angedeutet durch ein Zitat desselben Autors am Ende der 1980er Jahre. Er erhebt immer noch dieselbe Forderung:

»Der Umbruch der Deponietechnik dürfte darin bestehen, daß sich der Deponiebetrieb an Zielvorgaben für das Deponieverhalten orientiert, und daß durch ständige Messungen versucht wird, das ›wahre‹ Deponieverhalten zu ermitteln und dem ›gewünschten‹ Deponieverhalten anzupassen« (Stief 1989: 23).

Einer der entschiedensten Vertreter der realexperimentellen Anlage von Deponien war Werner Schenkel, der erste Direktor und Professor am Umweltbundesamt Berlin, der dort den Fachbereich Abfallwirtschaft und Wasserwirtschaft leitete. Das folgende Zitat zeigt, dass von der Vorstellung einer vorweg gegebenen technischen Verlässlichkeit Abstand genommen und durch das Prinzip der Reparierbarkeit ersetzt werden muss. Reparierbarkeit setzt Beobachtbarkeit voraus, die wiederum auf kontrollierten Bedingungen beruhen muss, um aussagekräftig zu sein. Die Möglichkeit der Reparatur kann dann definiert werden als Kontrolle bei Kontrollverlust. In diesem Sinne beschreibt der nachfolgende Forderungskatalog von Schenkel alle Schritte eines reflektierten Designs einer Deponie als Realexperiment:

»Es zeigt sich nun, daß dazu völlig neue Anforderungen an Lebensdauer und Funktionsfähigkeit entwickelt werden müssen. [...] Unsere Denkweise auf dem Deponie-sektor, für wichtige, aber praktisch nicht reparierbare Bauteile eine unbegrenzte Lebensdauer anzunehmen und gleichzeitig für gut zugängliche Bauteile die üblichen Abschreibungszeiten als Lebensdauer vorzusehen, hat sich in der Realität nicht durchgesetzt. [...] *Vor allem fehlt es an der konsequenten und systematischen Sammlung von Kenntnissen* über das Langzeitverhalten von abgelagerten Abfällen. Es hat sich gezeigt, daß in F&E-Vorhaben nur erste Hinweise erhalten werden können. Der *Nachweis obliegt jedem einzelnen Deponiebetreiber* bzw. dem Eigentümer. Die so gesammelten Informationen, so wichtig sie für den Einzelfall sind, wären vergeudet, würde man sie nicht *wissenschaftlich auswerten* und vergleichen. Um das zu erreichen, bemühen wir uns, die *Langzeituntersuchungen* an Deponien zu initiieren« (Schenkel 1980: 343, unsere Hervorhebungen).

Unter Anleitung dieser Konzeption avancierte die Planung von Deponien zum Entwurf von hochtechnischen Deponiebauwerken. Ein weiterer Vor-satz war, Deponien in Lagerhäuser mit wiederverwertbaren Sekundärrohstoffen umzuwandeln. Das Schlüsselwort dafür war die Rückholbarkeit. Ein außergewöhnliches Ansteigen technischer Standards und finanzieller Investitionen waren der Preis, mit dem diese Kompromisse bezahlt wurden.

Es ist offensichtlich, dass die Wissenschaftler in den verantwortlichen Positionen des Umweltbundesamtes, wie Stief und Schenkel, in der brisanten öffentlichen Kontroverse über zukunftsweisende Müllentsorgung den Ausweg nicht mehr in einer unglaublich gewordenen Sicherheitsrhetorik sahen, sondern in der Integration der Forschung in die Planung und den Betrieb der Deponien. Die Kompetenz der Forschung, kontrolliert zu beobachten und Überraschungen schnell zu analysieren, erschien als ein rationaler Ausweg. Jedoch zeigt die folgende Episode, dass in der Öffentlichkeit die Bereitschaft für ein solches prozedurales Sicherheitskonzept oder Risikomanagement nicht vorhanden war.

Eine der letzten Planungen für eine neue Hochtechnologie-Deponie war die Verbunddeponie des Kreises Herford und der kreisfreien Stadt Bielefeld, deren Planung Ende der 1980er Jahre begann, um erwartete Entsorgungsengpässe zu vermeiden.<sup>81</sup> Technologisch sollte die Deponie den höchsten Ansprüchen an Problemlösungen mit Blick auf eingebaute Si-

**81 |** Diese Deponieplanung war bereits Gegenstand eines Lehrforschungsprojektes an der Fakultät für Soziologie der Universität Bielefeld. Siehe hierzu Herbold et al. (1992). Zu der als vorbildlich erachteten Vorsorgepolitik Bielefelds, in welche die Deponieplanung im Zusammenhang mit der Modernisierung der Müllverbrennungsanlage hineingehört, vgl. Herbold et al. (2002: 271).

cherheitsstandards, Kontrollierbarkeit, Reparierbarkeit und Flexibilität angesichts wechselnder Bedarfsanforderungen genügen. Einer der Planungsverantwortlichen äußerte in einem Interview stolz: »Der Störfall hier ist anderswo der Normalfall« (zitiert nach Herbold et al. 1992: 197). Damit ist die technische Überlegenheit angesprochen, nach der selbst ein Fehlverhalten, das auch in dieser Deponie nicht ausgeschlossen werden kann, nicht die andernorts akzeptierten Schadensgrößen übersteigt.

Je technisch moderner eine Deponie geplant wird, desto stärker kann die Planung in die Kritik geraten, ein unerprobtes Feld der Technologieentwicklung zu sein. Zwar versichern die technischen Experten, dass zum Beispiel die schützende Dachkonstruktion trotz ihres architektonisch innovativen und statisch anspruchsvollen Charakters technisch sicher sei. Aber der Konflikt zwischen planenden Akteuren aus Wissenschaft, Technik, Verwaltung und Politik und kritischen Akteuren der Öffentlichkeit, Medien, Verbände und betroffenen Interessengruppen war wegen der Komplexität der Konstruktion und des Einspruchs der Gegenexperten vorprogrammiert. Es ist ein Dilemma von Realexperimenten, entweder den Vorwurf auf sich zu ziehen, unerprobte und riskante Technologien einzusetzen, oder den hervorzurufen, nicht die neuesten technischen Möglichkeiten auszunutzen. In Bielefeld ist versucht worden, die Differenzen durch »Runde Tische«, einen Ideenwettbewerb, Sichtung aller Alternativen zur Standortwahl der Deponie, Aushandlung von technischen und organisatorischen Einzelheiten und schließlich einer Art Bürgervertrag zur Betreibung der Müllverbrennungsanlage beizulegen, bis endlich die gesamte Planung zusammenbrach. Die in wenigen Jahren deutlich veränderten Randbedingungen der Vorsorgepolitik, die bereits mit dem Eintritt in das Paradigma der 1990er Jahre zu tun haben (Aufbau des Dualen Systems), sowie ein zwischenzeitlicher politischer Machtwechsel in Bielefeld haben dazu geführt, dass dieses Vorhaben schon bald als Beispiel »gigantomanischer« Fehlplanung angeführt wurde.

Schenkel warf bereits 1986 die Frage auf »Entwickelt sich die Deponie zur Pyramide des Konsumzeitalters?« (Schenkel 1986) und plädierte ironisch dafür, Deponieplanungen vom Typus der Bielefeld-Herforder Deponie in der Form weit sichtbarer Hochbauten anzulegen. Die Pyramide »setzt den Müll als Monument. Das könnte für spätere Generationen von Bedeutung sein« (Grassmuck/Unverzagt 1991: 154). Damit wird ein zweites Dilemma aufgeworfen. Die Sicherheit von heute geht mit der Unsicherheit von morgen einher.

Die Entwicklung dieses Paradigmas ist zwar begleitet von technischen Überraschungen, aber diese waren überwiegend lösbar und Deutschland hätte mit »sicheren« Deponien überzogen werden können. Es waren daher in diesem Fall eher neue Wertvorstellungen, die zur Formulierung einer

neuen Politik Anlass gaben. Diese Wertvorstellungen bezogen sich nicht auf die Sicherheit der Entsorgungstechnologie, sondern auf die fehlenden Möglichkeiten der Wiederverwertung und Vermeidung. Die meisten Deponien, die unter der Vorherrschaft des Hochtechnologie-Paradigmas errichtet wurden, müssen mit dem Inkrafttreten der »Technischen Anleitung Siedlungsabfall« (TASi) im Jahre 2005 geschlossen werden (siehe Kap. 7.5, S. 197). Am Ende der Darstellung des Hochtechnologie-Paradigmas muss noch dem Eindruck entgegen getreten werden, dass es zu einer in sich selbst verlässlichen Technologie geführt hätte. Dies mag auf die Planungskonzeption der Bielefeld-Herforder Deponie zugetroffen haben, nicht jedoch auf die realisierten Anlagen. Nicht nur in der Betriebsphase der Deponien, sondern auch während der Stilllegung und Nachsorgephase stehen die Verfahren des Monitoring weder rechtlich noch technisch fest. In einem Sonderforschungsbereich der Technischen Universität Braunschweig zielt ein Projektbereich darauf,

»die physikalischen Zusammenhänge in Deponien besser zu verstehen, die erzielten Erkenntnisse mit Messungen an Deponien zu untermauern. [...] Dabei müssen z.T. neue Messsysteme entwickelt sowie die räumlichen und zeitlichen Messintervalle ermittelt werden. Zur Ermittlung der physikalischen Grundlagen werden [...] Laborversuche eingesetzt. Um das Monitoring auf den Deponien zu steuern, werden hauptsächlich In-Situ-Messungen durchgeführt. Eine Kombination der Laborversuche mit den In-Situ-Messungen lässt später eine Prognose des Deponieverhaltens und damit eine Beurteilung von Monitoringsystemen möglich werden« (Ziehmann et al. 2003: 156f.).

Der Untertitel des Artikels (»Was? Wozu? Wo? Wie oft? Wie lange?«) indiziert die offenen Fragen – nun nicht mehr des Baus, sondern der Stilllegung. Das Zitat legt offen, dass aus der gegenwärtigen Forschung heraus überhaupt erst Aussagen über das zukünftige Verhalten möglich werden. Die in situ-Messungen dienen also nicht der realexperimentellen Überprüfung von Prognosen, sondern dazu, entsprechende Modellierungen zu gewinnen.

## 7.4 Organisationale Aspekte der Realexperimente mit Entsorgungsnetzwerken

In den Phasen 4 und 5 (1980–2000) wurden in Deutschland Schritte zur grundlegenden Umgestaltung der Abfallwirtschaft unternommen. Die für beide Phasen gemeinsame Grundlage war das neue Leitbild der Wiederverwertung oder des Recycling, das in seiner idealen Form eine völlige Ab-

kehr vom Entsorgungsnotstand versprach. In der Phase 5 kommt als zusätzliches Leitbild das der Vermeidung hinzu, dem zufolge die Entstehung von (noch nicht wieder verwertbarem) Müll bereits beim Produzenten reduziert werden soll.

Im Rahmen unseres Interpretationsschemas ist diese Umgestaltung auf die Überraschung zurückzuführen, dass die Bevölkerung auf die technologischen Initiativen zur umwelt- und gesundheitspolitisch sicheren Verbrennung und Deponierung von Müll überwiegend mit massiver Ablehnung reagiert hat. Für die Bewältigung dieser Überraschung standen im bestehenden Paradigma auch keine akkommodativen Reserven mehr bereit, da die Kompromissbereitschaft der Bevölkerung fehlte. Jedoch muss eingeschränkt werden, dass die Reaktionen der Öffentlichkeit nicht wirklich überraschend waren, nachdem Fehlversagen, neue Besorgnisse über Dioxinbelastungen und Skandale den Argumenten der Gegenexpertise und den Protesten von betroffenen Anwohnern Munition geliefert hatten. Ob überraschender oder erwartbarer Widerstand – er veranlasste, ein neues Paradigma zu entwerfen, das nun einen wichtigen sozialen Faktor positiv auszunutzen wusste: die Bereitschaft zur Müllsortierung. Wiederverwertung war nach dem Stand damaliger Sortiertechnologien nur machbar, wenn sie an eine Vorsortierung gebunden war, bei der die wichtigsten Fraktionen wiederverwertbaren Mülls in den Haushalten und Sammelstellen getrennt erfasst wurden. Meinungsumfragen und Pilotprojekte ergaben, dass in der Bevölkerung eine breite Bereitschaft vorhanden war, an Systemen der getrennten Entsorgung sowohl im Bringverfahren (Sammelpunkte für Glas, Metalle, Papier) wie auch im Holverfahren (Grüne, Gelbe, Blaue, Braune und Graue Tonnen) mitzuwirken. Aber wie stabil und verlässlich sind die Einstellungen und Handlungsmuster über einen längeren Planungszeitraum hinweg? Da der Marktpreis der Sekundärrohstoffe mindestens in der Anfangsphase sehr stark von Verunreinigungen durch »Fehlwürfe« beeinträchtigt wurde, kam hier ein neuer sozialer Unsicherheitsfaktor ins Spiel, den die bisherigen Entsorgungssysteme nicht kannten. Zwar war in den 1980er Jahren der »ökologische Lebensstil« eine prägende Erscheinung, aber dessen tatsächliche Verbreitung und Verteilung auf Bevölkerungsschichten und Wohnviertel waren weitgehend unbekannt. So standen den lauten Forderungen nach Einrichtung von Recyclingsystemen planerische Unsicherheiten entgegen, auf die Kommunen und Landkreise sich nur zögerlich einlassen konnten.

Immerhin wuchs die Hoffnung auf Seiten der Planer, auf dieser Grundlage Auswege aus den Akzeptanzproblemen zu finden, in die die Verbrennung und Deponierung geführt hatten, und die allein mit verbesserter Technik nicht zu lösen waren. Schenkel (1985) entwarf ein alternatives Szenario, bei dem Faktoren wie beispielsweise die Beteiligung der

Haushalte an der Sortierung, Aufbau von Recycling-Einrichtungen, Gebührenordnungen und politische Unterstützung für abfallarme und wiederverwendbare Produkte ineinander greifen, die allmählich auch quantitativ ins Gewicht fallen. Jedoch war den kommunalen Planern durchaus bewusst, dass die Umstellung auf ein solches System erhebliche Risiken enthielt, die nicht in erster Linie auf technische Unsicherheiten, sondern auf der korrekten Einschätzung des Verhaltens der beteiligten Bevölkerung beruhten. Wir möchten dies an einem kleinen Fallbeispiel illustrieren, das deutlich die Züge eines sozio-technischen Realexperiments trägt. Grundlage bietet eine Dokumentation von Ariane Bischoff und Heinrich Wilke (1997). In der Stadt Monheim am Niederrhein war es über die Jahre zu einer Verschlechterung des Entsorgungssystems gekommen, die in eine Negativspirale ständig zunehmender Probleme hineinführte. Es handelte sich um einen Stadtteil in verdichteter viergeschossiger Fertigbauweise für ca. 10.000 Einwohner. Die Diagnose:

»Nicht nur die Mieter sind mit dem neuen System [...] überfordert, sondern auch die vorhandenen baulich-räumlichen Strukturen erschweren eine Umsetzung. Dies führt im Ergebnis dazu, daß der Vorteil einer niedrigen Grundmiete durch überdurchschnittlich hohe Betriebskosten aufgezehrt wird. Der Eindruck eines ›vermüllten‹ Wohnfeldes trägt zudem zum Attraktivitätsverlust des Wohnungsbestandes bei. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei einem schärferen Wettbewerb unter den Wohnungsanbietern die Mieter diese Kriterien bei ihrer Wohnungswahl einbeziehen, so daß aus Sicht der Wohnungsgesellschaft und der Kommune hier dringender Handlungsbedarf besteht. Geringe Wertstoffsammelquoten, hohe Verunreinigungen, die das Recycling erschweren, und ein erhöhter Aufwand bei der Abfall- und Wertstoffabfuhr zeigen beispielhaft die Probleme aus Sicht des Entsorgungsbetriebes auf« (Bischoff/Wilke 1997: 466).

In einem ersten Schritt wurde ein Institut beauftragt, das Entsorgungsverhalten der Anwohner zu beobachten. Die anfänglich unmerkliche Lockerung in der Beachtung der vorgeschriebenen Standards steigerte sich durch die Verringerung der wechselseitigen sozialen Kontrolle und führte zu überfüllten Containern, die dazu verleiteten, den Müll einfach abzustellen, was wiederum den Zugang für andere erschwerte und zugleich dazu einlud, Sperrmüll und Sondermüll auch an den Containern zu entsorgen. Zuvor wurden Mitarbeiter einer Reinigungsfirma beauftragt, Kosten gegenüber dem Entsorgerbetrieb einzusparen, indem sie den Müll in den Tonnen mit den Füßen einstampften und auf diese Weise verdichteten. Dies wurde von dem zuständigen Entsorgungsbetrieb nicht akzeptiert, weil neben dem ungerechtfertigten Preisvorteil auch die Entleerung nicht reibungslos funk-

tionierte. Das Forschungsteam kam zu dem Schluss, dass folgende Variablen für die Entwicklung eines neuen Ansatzes von Bedeutung sind:

»Neuordnung der Containerstandorte, betreute Vor-Ort-Kompostierung, Öffentlichkeitsarbeit und Beratung, Behältervolumina und Abfuhr, Wertstoff-Depot, Umgang mit Sperrmüll, Arbeitsmarktprojekte, Wertstoffeffassung und Einsparpotentiale und gerechte Gebührenumlegung« (ebd.: 469).

Zu all diesen Variablen mussten situationsgerechte Passgrößen gefunden werden. Die Berater nutzten dazu insbesondere eine Schleife unseres Gestaltungszyklus (vgl. Kap. 1) aus, die die Aushandlung von Interessen bei der Akkommodation des Systems vorsieht:

»Durch eine intensive Rückkopplung mit den beteiligten Akteuren und durch die gemeinsame Diskussion von Zwischenergebnissen verdeutlichte sich sehr schnell, welche Ansätze unter den gegebenen Bedingungen tragfähig waren und auf Akzeptanz stießen« (ebd.: 468).

In diesen Prozess wurden nicht nur Anwohner, sondern auch die Kommune, Wohnungsbaugesellschaften und Entsorgungsbetriebe einbezogen. Weiterhin wurde für das große Problem der organischen Abfälle ein Beschäftigungsprojekt aufgebaut, das zugleich ein Qualifizierungsprojekt für Arbeitslose war. Bemerkenswert ist schließlich, dass durch Ausprobieren der einzelnen Komponenten und ihres Zusammenspiels in mehreren Durchläufen des rekursiven Lernens das Entsorgungskonzept optimiert wurde. Dies zog sich zwar über einige Jahre hin, war aber mit Qualitätssteigerungen im Wohnumfeld und mit Kostensenkungen verbunden, die diesen Aufwand rechtfertigten. Das Entsorgungskonzept, das in einer experimentellen Optimierungsstrategie gewonnen wurde, eröffnete eine Win-Win-Situation für Eigentümer, Verwaltungsfachleute, Müllbeseitigungs- und Reinigungsfirmen sowie für Anwohner und konnte sich, wie eine Nachfrage bei einem der Verfasser der Studie ergab, auf lange Sicht stabilisieren.

## 7.5 Der Abfall im Kreislauf

In der Phase des Recyclings wurde immer deutlicher, dass ohne eine entschiedene Verlagerung des Müllproblems von Verwertung in Richtung Vermeidung keine nennenswerte Reduktion der Müllmengen erreicht werden kann. Während im Rahmen des ersten Abfallgesetzes von 1972 das Ab-

fallproblem im Wesentlichen als technische Aufgabe der Entsorgung definiert wurde, die am Ende der Erzeugungskette von Müll ansetzte, sollte nun eine alternative Abfallwirtschaftskonzeption entwickelt werden, die in der Lage war, die Entstehung von Müll bereits bei der Herstellung von Produkten zu vermeiden (Jänicke et al. 2003).

In den 1990er Jahren wurde die Müllproblematik in das Paradigma einer materiell geschlossenen Kreislaufwirtschaft eingebettet. Wie im Folgenden gezeigt wird, geht dieses Paradigma auch mit einer neuartigen Netzwerkstruktur einher. Um das »end of pipe«-Prinzip zu durchbrechen und einer ökologischen, stoffstromorientierten Steuerung zum Durchbruch zu verhelfen, wurde eine Reihe von innovativen, gesetzgeberischen Zielvorgaben und politischen Instrumenten entwickelt. Der Einbau der Entsorgung in eine Kreislaufökonomie wird programmatisch bereits im Titel des 1994 verabschiedeten und 1996 in Kraft getretenen »Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz« (KrW-/AbfG) ankündigt. Um die Kreislaufwirtschaft zu initialisieren, führte der Gesetzgeber folgende Zielvorgaben für das Abfallrecht ein:

*Erstens* vollzieht das Kreislaufwirtschaftsgesetz – zumindest nach dem Willen des Gesetzgebers – den umweltpolitischen Paradigmenwechsel von der *Nach- zur Vorsorge*. Dieser Wandel geht einher mit einer Verschiebung der obersten Prioritäten von der Entsorgung/Deponierung über die Wiederverwertung hin zu *Müllvermeidung, -trennung und -verwertung*.

*Zweitens* möchte das Gesetz »Kreisläufe« im Wirtschaftssystem derart anleiten, dass Stoffe möglichst lange im Wirtschaftsgeschehen verbleiben, dass also der Zeitpunkt der Erlangung der Abfallqualität hinausgeschoben werden kann (Jänicke et al. 2003).

*Drittens* führte der Gesetzgeber zur Initialisierung der Kreislaufwirtschaft das Prinzip der Produktverantwortung ein und versuchte, eine neue Verantwortungsstruktur zu etablieren, der zufolge ein Teil der Entsorgungszuständigkeit von der öffentlichen Hand in die Privatwirtschaft verlagert wird (Schink 2000: 138). Wer Erzeugnisse entwickelt, herstellt, be- und verarbeitet oder vertreibt, trägt nach Maßgabe des Verursacherprinzips die Produktverantwortung:

»Zur Erfüllung der Produktverantwortung sind Erzeugnisse möglichst so zu gestalten, dass bei deren Herstellung und Gebrauch das Entstehen von Abfällen vermindert wird und die umweltverträgliche Verwertung und Beseitigung der nach deren Gebrauch entstandenen Abfälle sichergestellt ist« (KrW-/AbfG § 22).

Wenn die Kosten für die Entsorgung bei den Produzenten anfallen, so die Grundüberzeugung, entsteht ein Anreiz, Kosten durch Vermeidung oder Wiederverwertung zu sparen. Eine zweite Säule ist die im Gesetz vorge-

schriebene, allerdings erst 1999 wirksam gewordene Verpflichtung zur Aufstellung von betrieblichen Abfallwirtschaftskonzepten bei Erzeugern von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. Diese sollen Auskunft über die betrieblichen Strategien geben, als internes Planungsinstrument dienen sowie auf Verlangen der zuständigen Behörde zur Auswertung für die Abfallwirtschaftsplanung vorgelegt werden (KrW-/AbfG § 19). Politische Instrumente zur Umsetzung der Zielsetzungen (Vermeidungsvorrang, intendierte Kreislaufwirtschaft und Produktverantwortung) sind die Rücknahmeverordnungen. 1991 gelang es der damaligen Bundesregierung, die »Verpackungsverordnung« (VerpackV) zu verabschieden. Diese wurde in der Folge durch weitere Rücknahmeverordnungen für Altautos und Elektronikschrott ergänzt. Mit einer weiteren gesetzlichen Maßgabe, der »Technischen Anleitung Siedlungsabfall« (TASi), die 1993 in Kraft trat, wird auch der verbleibende Hausmüll und sonstige Restmüll in dieses Konzept eingebunden. Die TASi schreibt vor, dass spätestens ab Jahresmitte 2005 auf Deponien nur noch Siedlungsabfälle abgelagert werden dürfen, die durch in der Regel wärmetechnische Vorbehandlung in Müllverbrennungsanlagen so weit vorbehandelt sind, dass ihr Glühverlust bei maximal 5 Prozent liegen würde. Dies ist zwar kein Beitrag zur Müllvermeidung, versteht sich aber insofern als Element einer nachhaltigen Entsorgungspolitik, als der Zukunft keine biochemischen Problemfelder übergeben werden sollen. In der Literatur wird hinsichtlich der Umsetzung dieser Bestimmung von dem »magischen Jahr 2005« (Alwast et al. 2003: 16) geredet.

Beobachter haben angesichts der ambitionierten Zielvorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes die Frage aufgeworfen, ob und inwieweit es gelungen ist, diese Vorgaben (Vermeidungsvorrang, Einführung der Kreislaufwirtschaft und der Produktverantwortung) in geltendes Recht umzusetzen und einer ökologischen, stoffstromorientierten Steuerung im Abfallrecht zum Durchbruch verhelfen.

Aus juristischer und politikwissenschaftlicher Perspektive wird häufig darauf hingewiesen, dass die Zielhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes besonders hinsichtlich des Vermeidungsvorrangs weitgehend im Symbolischen stecken geblieben ist (Jänicke et al. 2003; Schink 2000). Symbolische Politik dient dann, wenn eine Problemlösung nicht ernsthaft in Erwägung gezogen wird oder an zu geringen Planungsressourcen scheitert, zur Demonstration politischer Scheinmaßnahmen. Damit wird die Bereitschaft signalisiert, sich mit den Problemen auseinander zu setzen, und die Fiktion der Handlungskompetenz aufrechterhalten (Hansjürgens/Lübbe-Wolff 2000).

Die umfangreiche Analyse von Timmermeister (1999) tendiert auf der Basis einer breiten Materialsichtung zum Politikprozess zu dieser Ansicht. Vor allem wird immer wieder das Defizit herausgestellt, dass keine durch-

setzbare gesetzliche Vermeidungspflicht angestrebt wurde und die Konkretisierung durch andere Regelungen ausblieb (Schink 2000: 109f.). Das für die Umsetzung des Vermeidungsvorrangs erforderliche Ordnungsrecht blieb bis heute höchst selektiv und führte nicht zu ausreichenden Vermeidungsanreizen. Weder die VerpackV aus dem Jahre 1991 noch die Änderungsfassung von 1998 enthalten rechtliche Regelungen zur Erreichung dieses Ziels. Ohne konkrete Verpflichtungen musste der Vollzug ausbleiben (ebd.: 103). Ähnliche Implementierungsdefizite werden auch für die als Innovation angeführte Produktverantwortung und die Verlagerung der Entsorgungsverantwortung geltend gemacht. Auch in diesen Fällen handle es sich lediglich um »Papiertiger«, da die Paradigmenwechsel nur auf dem Papier stattgefunden haben, jedoch unter der Oberfläche der veränderten Gesetzesrhetorik in der Sache sehr vieles beim alten geblieben ist (Schink 2000). Aus dieser Perspektive erweisen sich diese Implementierungsdefizite insbesondere wegen der Offenheit und entsprechenden interpretativen Flexibilität des rechtlichen Rahmens als problematisch, da sie für die konfligierenden politischen und wirtschaftlichen Akteure Schlupflöcher zur Reinterpretation ihrer Optionen und Strategien eröffnen und auf diese Weise die Intentionen des Gesetzgebers maßgeblich konterkarieren.

Was aus dieser Perspektive jedoch vernachlässigt wird, ist der Umstand, dass der Erlass und die Instrumentierung der Verpackungsverordnung eine steuerungspolitische Innovation darstellen und eine neuartige Governancestruktur ermöglichen. Diese verbindet eine ordnungsrechtliche Intervention, wie sie in der Bundesrepublik üblich ist, mit der Option einer selbst organisierten, privatwirtschaftlichen Alternative, wie sie hauptsächlich im angelsächsischen Bereich Anwendung findet. Für die Bundesrepublik kündigte das neue Steuerungsmodell einen Paradigmenwechsel an (Petersen/Rid 1996: 7-8).

Die entsprechende Netzwerkstruktur zeichnet sich durch zwei sich wechselseitig ergänzende Elemente aus: *Auf der einen Seite* wurde mit der Verpackungsverordnung der Aufbau eines von der Wirtschaft selbst organisierten Systems zur Sammlung und Wiederverwertung von Verpackungen intendiert. Dazu wurde das »Duale System Deutschland« gegründet, bekannt durch den »Grünen Punkt« und den »Gelben Sack«, das neben die öffentliche Restmüllentsorgung treten sollte. Das Duale System vollzieht nominell die mit der Produkthaftung anvisierte Verschiebung der Verantwortung: Zum ersten Mal wurde in der Geschichte der Bundesrepublik Müllentsorgung nicht mehr ausschließlich als eine Aufgabe von öffentlichem Interesse definiert und an staatliche Körperschaften delegiert, sondern zur Zielvorgabe eines privaten, zweiten Entsorgungssystems erklärt und an die Privatwirtschaft übertragen. Das Logo des »Grünen Punkts« kennzeichnet alle Verpackungen, die im Dualen System erfasst werden,

wobei die Produzenten bereits im Voraus die Gebühr zu entrichten haben. Heute umfasst das Duale System 19.000 produzierende Lizenznehmer, verarbeitet 4,9 Millionen Tonnen Verkaufsverpackungen und setzt 1,7 Milliarden Euro um. Ein Kommentar zum Dualen System von Georg Goosmann vom Bundesumweltamt lautete: »Das Duale System ist ein gigantisches Experiment, um zu demonstrieren, dass Recycling flächendeckend funktioniert.«<sup>82</sup> Die entsprechenden Verordnungen sollten die Industrie dazu veranlassen, bestimmte Klassen von Produkten, in erster Linie Verpackungsmaterialien, zurückzunehmen. Durch die Errichtung eines privatwirtschaftlichen Sammel- und Verwertungssystems, dem die Produkthaftung im Verpackungssektor übertragen wird, sollte die Selbstregulierung der Wirtschaft stimuliert werden.

*Auf der anderen Seite* wurde für den Fall unzureichender Verwertungs-bemühungen auf Seiten der Wirtschaft durch die VerpackV die Möglichkeit einer staatlichen Intervention vorgesehen. Beispielsweise hätte die Rücknahme im Laden die Einzelhandelsketten mit den Verwertungskosten der Verpackungsmaterialien belastet. Um dies zu verhindern, unterstützte der Einzelhandel den Aufbau eines privatwirtschaftlichen Verwertungssystems.

In unserem Zusammenhang ist vor allem von Bedeutung, dass der Gesetzgeber mit diesen rechtlichen Regelungen ein deutschlandweites Realexperiment initialisierte: Erstens setzte die Konzeption der Kreislaufwirtschaft die Mitarbeit von Abfallproduzenten in Industrie und Haushalten voraus. Während bis zu diesem Zeitpunkt weder die Produktionstechniken noch die Konsumstile, die ursächlich zum ständigen Anwachsen der Müllmen-gen führten, auf dem Prüfstand waren, wurden nun auch ökonomische Anreize und soziale Einstellungsmuster Gegenstand von politischer Regulierung (vgl. Brand et al. 2002). Zweitens wurde das innovative Instrument der politischen Kontextsteuerung eingeführt (vgl. Willke 1989). In diesem Sinne stellt die Verpackungsverordnung eine Strategie der Kontextsteuerung dar, die über die Beeinflussung von Rahmenbedingungen wirtschaftlichen Handelns eine Internalisierung der Folgekosten von Verpackungsherstellung und -gebrauch in die Kostenrechnung ökonomischer Akteure erzwingen sollte. Gerade weil sie eine innerökonomische Lösung des Entsorgungsproblems vorsah und die Möglichkeit einer privatwirtschaftlichen Selbstorganisation eröffnete, war die VerpackV durchsetzungsfähig. Umweltpolitik generell zielte in dieser Ära darauf ab, verlässliche rechtliche Rahmenbedingungen zu schaffen. In Pilotprojekten wurde deutlich, dass das Umweltbewusstsein in Umweltverhalten überführt werden kann, wenn

**82 |** Zitiert nach einem anonym verfassten Essay unter dem Titel »Grüner Punkt für grünes Gewissen«, der in der »Online Umweltfibel« zu finden ist (<http://www.umweltfibel.de>).

umsetzbare Angebote geschaffen und auch die entsprechenden regulativen und ökonomischen Randbedingungen für umweltgerechtes Verhalten eingerichtet werden.

Im Unterschied zu der klassisch juristischen und politikwissenschaftlichen Perspektive werden hier Offenheit und Flexibilität des Rechtes als ein wesentliches Merkmal im Zuge seiner Prozedualisierung betrachtet. Unter dem Aspekt der experimentellen Politik interessiert daher vor allem die Frage, welche Möglichkeiten zur Fortentwicklung des rechtlichen Rahmens und Neujustierung seiner Regelungen gegenüber auftretenden Überraschungen bestanden und wieweit sie zu einer akkommodativen Optimierung des Dualen Systems im Sinne des paradigmatischen Kerngedankens genutzt wurden.

Im Falle des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ist es gelungen, in der Startphase eine wirkungsvolle Strategie der Kontextsteuerung zu implementieren, die den Aufbau des Dualen Systems ermöglicht hat. Das Duale System Deutschland (DSD) wurde dann im weiteren Verlauf mit notorischen Durchsetzungsproblemen konfrontiert. Als das DSD in Folge von Finanzierungslücken bereits 1993 an den Rand des Zusammenbruchs geriet, zeichnete sich ein weitreichender Wandel in den Verwertungszielen ab (vgl. Brand et al. 2002): von werkstofflicher zu rohstofflicher Verwertung. Der steuerungspolitische Impetus der VerpackV bestand jedoch darin, die gesammelten Stoffe, einschließlich der Kunststoffe, werkstofflich zu verwerten, d.h., die wiederaufbereiteten Plastikfraktionen zur Substitution von Neumaterial einzusetzen.<sup>83</sup> Bereits 1992 war offensichtlich geworden, dass die Verwertung von Kunststoffverpackungen nicht gelang. Funde von DSD-Material in Frankreich, Asien und Osteuropa führten zu einer kritischen Berichterstattung in den Medien. Die Entsorgungswirtschaft und die neu gegründete DKR (Gesellschaft für Recycling mbH), die das Duale System ab diesem Zeitpunkt dominierten, optierten dafür, die zu bewältigenden Probleme der Verwertung großer Mengen vermischter Kunststoffabfälle durch verstärktes rohstoffliches Recycling zu lösen. Hierdurch wird zwar ein bestimmter Rohstoff effektiv durch einen Sekundärrohstoff ersetzt, aber das ›downgrading‹ der werkstofflichen Qualität dieses Sekundärrohstoffs nicht aufgehalten. Diese Schließung zugunsten der rohstofflichen Verwertung wurde durch den Umstand begünstigt, dass auch der Bundesumweltminister diese Form als Verwertung im Sinne der Verpackungsordnung anerkannte. Das Beispiel zeigt, dass und auf welche Weise die privat-

**83 |** Die rohstoffliche Verwertung wies Vorteile auf, gerade weil sie die ansonsten nicht-recyclingfähigen, verschmutzten Kunststoffmischfraktionen verarbeiten konnte. Durch Hydrierverfahren sollten die Kunststoffe in ihre Ausgangsprodukte aufgespalten und als Öle, Gase etc. zurückgewonnen werden.

wirtschaftlichen Regulierungsadressaten ihre Verhandlungsmacht nutzen und damit den steuerungspolitischen Impetus der VerpackV konterkarieren können. In diesem Fall war das ausschlaggebende Motiv zur Kooperation – auch durch das Einlenken des Bundesumweltministers – nach Auffassung aller Beteiligten, dass das Scheitern des DSD und der damit verbundene Legitimations- und Vertrauensverlust in die Handlungsfähigkeit der Politik und der Folgebereitschaft der Wirtschaft für beiden Seiten nicht akzeptabel war (Herbold et al. 2002).

Als Alternative wären zu diesem Zeitpunkt flankierende Maßnahmen möglich gewesen, die solche Anreize der VerpackV, die auf Kosteninternalisierung zielen, durch material- und verwertungsspezifische Anreize ergänzt hätten, wie beispielsweise Kennzeichnungspflichten oder Abfallabgaben als Anreizsteuerung zugunsten der Verwertung. Diese Möglichkeiten zur Neujustierung des Dualen Systems hätten zwar den ursprünglichen Intentionen der VerpackV entsprochen. Sie sind jedoch der parteipolitischen Konkurrenz und korporatistischer Verhandlungslogik zum Opfer gefallen. Dadurch, dass beide Seiten (Wirtschaft und Politik) nun auf die minderwertige rohstoffliche Verwertung als Lösung für alle Kunststoffe setzten, scheiterte auch der Versuch weitgehend, mit der Verwertung über das DSD ein Modell für die Kreislaufwirtschaft zu etablieren.

Ein weiteres Indiz dafür, dass und auf welche Weise sich wirtschaftliche Akteure die vagen Zielvorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zunutze machen können, um die steuerungspolitischen Intentionen der VerpackV von wirtschaftlichen Akteuren zu unterlaufen, stellt die energetische Verwertung dar, die sich relativ früh durchsetzte – allerdings weniger, weil diese Option dem Ziel der Wiederverwertung entsprach, sondern weil sie den beteiligten Industriebranchen erhebliche Kostenvorteile versprach. Problematisch erweist sich hier die durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz vorgegebene, jedoch höchst umstrittene und in der Praxis fragwürdig gehandhabte Trennung zwischen der Verwertung und der Beseitigung von Müll. Das Gesetz versucht klarzustellen, dass die Unterscheidung nach dem »Hauptzweck« der Maßnahme zu erfolgen hat, macht aber interpretationsoffene Angaben darüber, wie »Art und Ausmaß der Verunreinigungen« den Hauptzweck erkennen lassen (KrW-/AbfG § 3, Abs. 4). In der Praxis eröffnete dies in Verbindung mit geringfügigen Verwertungsmaßnahmen dann die Möglichkeit, die große Masse an unsortierten Kunststoffen den Zementwerken und Braunkohle-Energieerzeugern als Energieträger zuzuführen. Das Land Nordrhein-Westfalen hat gegen dieses Unterlaufen der ökologischen Zielsetzungen durch die mit der Liberalisierung und Privatisierung verbundene Suche nach kostengünstigen Schlupflöchern Bestimmungen erlassen, was zu einer Klage vor dem Europäischen Gerichtshof führte. Kern der 2003 erfolgten Entscheidung war eine Option zuguns-

ten eines europaweiten Wirtschaftswettbewerbs, in dem jede für den Zweck der Energieerzeugung angebotene Ware als Wirtschaftsgut anzusehen ist. Diese weite Auslegung der thermisch-energetischen Verwertung in so genannten industriellen Mit-Verbrennungsanlagen ist nach Ansicht einiger Experten mit dem Kreislaufwirtschaftsgesetz nicht vereinbar (Paschla/Rindtorff 2003: 175).

Ein anders gelagerter Fall findet sich in den Mehrwegquoten bei Flüssigkeitsverpackungen. Hier war die Erwartung des Gesetzgebers, dass die gesetzliche Einführung von Lizenzgebühren Müllvermeidung durch Mehrwegnutzung in Gestalt von Pfandflaschensystemen begünstigen würde. Dieser Effekt trat nicht ein. Zu keiner Zeit stieg der Anteil der Mehrwegverpackungen. 1997 rutschte er unter die vom Gesetzgeber vorgegebene 72 Prozent-Quote für Bier und Mineralwasser und kohlensäurehaltige Erfrischungsgetränke und 1998 noch weiter auf 70,13 Prozent. Nacherhebungen in den folgenden Jahren bestätigten den Trend und wurden im Juli 2002 bekannt gegeben. Da für den Fall unzureichender Bemühungen auf Seiten der Wirtschaft die Interventionsdrohung der VerpackV greift, kann der Staat die Pfandpflicht für Einwegverpackungen einführen. Von dieser Möglichkeit machte der Gesetzgeber – trotz heftiger Gegenwehr der Industrie – Gebrauch, und verabschiedete die Pfandpflicht in den genannten Getränkebereichen. Seit dem 1. Januar 2003 wird damit auf einen erheblichen Teil der Getränkeeinwegverpackungen eine Pfandgebühr erhoben.

Es kann dahingestellt bleiben, für welche Beobachter diese Entwicklung überraschend war. Skeptiker hatten diese Wendung befürchtet, weil die Lizenzgebühren durch den bereits im Voraus bezahlten Grünen Punkt völlig unauffällig auf den Endverbraucher abgewälzt werden konnten. Andere Szenarien sagten voraus, dass in der umweltpolitisch entkoppelten, rein wirtschaftlichen Konkurrenz zwischen Mehrweg und Einweg keine Kostenvorteile für große flächendeckende Anbieter bestünden.

Dennoch wurde um die Jahreswende 2004/2005 der Trend zur Einwegverpackung gestoppt. Dieses Beispiel zeigt, dass und auf welche Weise von den Erwartungen und ursprünglichen Intentionen des Gesetzgebers abweichende Effekte im Rahmen der Governancestruktur aufgefangen werden können und dass das Duale System an sich verändernde Rahmenbedingungen angepasst und neu justiert werden kann. Ein wesentlicher Aspekt der Kontextsteuerungsstrategie ist dabei, dass der Staat bei der Entwicklung konkreter Programme und Umsetzungsstrategien auf die Kooperation seiner Adressaten zurückgreifen kann. In der Anfangsphase zeigte sich, dass das System nur dann sowohl politisch effektiv (im Sinne der Umsetzung von Gesetzen und Verordnungen) und ökonomisch effizient ist, wenn beide Seiten kooperieren und ein vitales Interesse an der Aufrechterhaltung des Systems verfolgen. Die Verhinderungsstrategie des Einzelhan-

dels verbunden mit der Hoffnung, die Einführung des Pfands auch durch Einschaltung des Europäischen Gerichtshofs zu unterbinden, führte zu Lösungen mit unerfreulichen Effekten für die Verbraucher.

Ein weiterer Kritikpunkt ist der potentielle Widerspruch zwischen der politisch intendierten Integration der Entsorgung in die wirtschaftliche Selbstregulierung (bei vorgegebenen Umweltstandards) und der wirtschaftlichen Monopolstellung des DSD. Haupteinwand der Kritiker ist die geringe Kosteneffizienz des Dualen Systems. Zudem ist die Lizenzvergabe an die Teilnehmer nicht wettbewerbs offen, wobei auch diese Kritik die europäische Rechtslage berührte. Da es unwahrscheinlich erschien, allein unter dem Gesichtspunkt der nachhaltigen Vorsorge auch gegenüber europäischen Wettbewerbern das Monopol verteidigen zu können, wurde das DSD von politischer Seite gedrängt, seine Rechtsstellung zu ändern. Das ›Selbsthilfesystem‹, das infolge der Kontextsteuerung der Verpackungsverordnung aufgebaut wurde, wurde 2004 aufgegeben zugunsten einer nun gewinnorientierten Aktiengesellschaft mit der Absicht eines Börsengangs und dem Ziel, neue Geschäftsfelder zu erschließen. Seitdem drängen konkurrierende Entsorgungsunternehmen auf den Markt. Damit wurde die Öffnung des Abfallrechts gegenüber dem Wettbewerbsrecht nach einer mehr als zehnjährigen Praxis erzwungen.

Der negativen Bewertung, die vor allem auf der Beobachtung von Schlupflöchern beruht, stehen positive Beurteilungen gegenüber, die stärker die Umsteuerungseffekte bei den Müllmengen beobachten. So kam eine »Prognos«-Studie – freilich von der rot-grünen Bundesregierung in Auftrag gegeben – zu dem Ergebnis, dass der Beitrag des Dualen Systems zur Politik der nachhaltigen Entwicklung erheblich beigetragen habe (Kutzschbach/Heiser 2003). Die von juristischer Seite hervorgehobenen Grenzfälle im Hinblick auf den Vermeidungsvorrang (Schink 2000) sind quantitativ unerheblich bei der Betrachtung der Stoffströme insgesamt. Dies betrifft vor allem die sehr hohe Steigerungsrate der Wiederverwertung bei den Fraktionen Glas, Papier, Kunststoff, Weißblech und Aluminium, bei denen die Vorgaben der Verpackungsverordnung zum Teil um über 50 Prozent übertroffen wurden. Die Verwertungsquoten liegen mit Ausnahme von Verbundstoffen inzwischen bei über 90 Prozent bis 167 Prozent.<sup>84</sup> Im Sinne der rekursiven Lerndynamik kam das Gutachten zu dem Ergebnis, dass der beste Weg einer akkommodativen Optimierung weitere Investitionen in die Automatisierung der Sortierungs- und Veredelungstechnik in

**84 |** Diese Werte kommen rechnerisch zustande, weil bei Papier und Weißblech die Entsorgung von Trittbrettfahrerprodukten eingeschlossen ist: Die Produzenten zahlen keine Lizenzgebühren, die Konsumenten entsorgen jedoch über den Gelben Sack.

Verbindung mit einer Ausweitung der erfassten Wertstoffe wäre (Kutzschbach/Heiser 2003).

Es ist offenbar schwierig, das bundesrepublikanische Experiment des Aufbaus einer auf Vermeidung und Wiederverwertung gerichteten Abfallwirtschaft einer Gesamtbetrachtung und damit einer abschließenden Bewertung zu unterziehen. Vor allem liegt dies daran, dass eine solche Beobachtung weder systematisch aufgebaut noch institutionell verankert wurde, sondern aus Partialbeobachtungen zusammengesetzt werden muss. Eine Zusammenfassung der hier erörterten Aspekte soll dennoch versucht werden:

Das übergeordnete umweltpolitische Ziel einer Verringerung der Entsorgungsmengen am Ort ihrer Produktion konnte nicht erreicht werden. Jedoch wurde eine hohe Wiederverwertungsquote erzielt. Anreize zum Aufbau von Sortier- und Aufbereitungstechnologien wurden sehr erfolgreich genutzt und haben einmal mehr unter Beweis gestellt, dass gesetzgeberische Vorgaben im Umweltbereich zu einer günstigen internationalen Positionierung in neuen Marktsegmenten beitragen können (Jänicke et al. 2003). Das Ziel einer Verringerung des Deponiebedarfs konnte erreicht werden, wenn auch vorübergehend durch die Umsetzung der »Technischen Anleitung Siedlungsabfall« (TASi) erhebliche Knappheiten zu bewältigen sind (Alwast et al. 2003). Die unstimmigen Verschiebungen von Müll zwischen energetischer Wiederverwertung und Entsorgung sind letztendlich zugunsten einer weitgefassten kommerziellen Verbrennung entschieden worden. Ist damit das politisch-wissenschaftliche Konzept der Einrichtung oder mindestens des Vorrangs einer Kreislaufwirtschaft eingelöst worden? Diese Frage führt in den letzten Teil unserer Analyse. Die Diskussionen in den 1990er Jahren haben im Zusammenhang mit den Beobachtungen der Wirkungsweise des neuen Paradigmas auch dessen theoretische Begründung nicht unberührt gelassen.

## 7.6 Neue Wissensproduktion und die Zukunft des Mülls

Bereits in den 1990er Jahren wurden Kritiken laut, die an der wissenschaftlichen Grundlegung und technologischen Umsetzbarkeit der Kreislaufwirtschaft grundsätzliche Zweifel anmeldeten. Von wissenschaftlicher Seite wurde in Frage gestellt, ob die Prioritätensetzung – »Vermeidung vor Wiederverwendung vor thermischer Entsorgung« – ökologisch überhaupt adäquat ist. Das neue Paradigma soll auf zwei Säulen errichtet werden: Zum einen wird die effektive Verringerung der Material- und Energieinputs angestrebt; wie wir gesehen haben ist dies die Schwachstelle des gegenwärtigen Systems. Zum anderen wird der konsequente Rückgriff auf die Ökobi-

lanzierung beim Stoffstrommanagement gefordert. Ein Kritiker schrieb bereits 1997:

»Kreislaufwirtschaft« kann es im wörtlichen Sinne nicht geben, da einem geschlossenen Kreislauf von Stoffen und Gütern naturwissenschaftliche und technische Grundsätze entgegenstehen. Eine Entwicklung zu weniger Stoff- und Materialverbrauch ist aber sinnvoll und notwendig auf dem Weg zu einer nachhaltigen Wirtschaft. [...] Die Verpackungsverordnung und die als Folge eingeführte »Gelbe Tonne« für Leichtverpackungen orientieren sich nicht an einem ganzheitlichen Management von Stoffströmen« (Friege 1997: 4).

Der Autor, damals Mitglied der Enquete-Kommission zum »Schutz des Menschen und der Umwelt«, widersprach dem bestehenden Leitbild von Wissenschaft und Politik mit verschiedenen Argumenten. Am wichtigsten ist der Punkt, dass die Wiederaufbereitung von Materialien sich überhaupt nicht an den Grundlagen der erneuerbaren und nicht erneuerbaren natürlichen Ressourcen und am Ziel der Energieeinsparung orientiert, sondern an dem Prinzip des Kreislaufs um (fast) jeden ökologischen und ökonomischen Preis. Als Alternative bietet Friege Grundsätze an, mit denen nach Ansicht der Enquete-Kommission das Stoffstrom-Management für die Ökonomie verbindlich zu machen wäre. Sie umfassen erstens die Erhaltung der Regenerationsrate erneuerbarer Ressourcen, zweitens die Bewahrung der natürlichen Aufnahme- und Abbaupotentiale für Stoffe und drittens Druck auf ökologisch orientierte Produktinnovationen mit Blick auf Verringerung nicht erneuerbaren Ressourcenverbrauchs. Von diesen Grundsätzen hin zu einer neuen abfallwirtschaftlichen Governance ist es sicherlich ein weiter Weg. Für den Autor steht bereits fest:

»Auf dem Weg zu einer nachhaltig zukunftsverträglichen Wirtschaftsweise, in der Stoff- bzw. Produktkreisläufe eine Rolle spielen sollen, wird man sich von der Philosophie und dem rechtlichen Rahmen der Abfallwirtschaft mittelfristig verabschieden müssen: Das Leitbild der Kreislaufwirtschaft kann [...] allenfalls ein Bestandteil einer nachhaltig zukunftsverträglichen Entwicklung im Sinne der Agenda 21 sein« (Friege 2003: 13).

Ähnliche Einwände gegen die Überhöhung des Kreislaufprinzips wurden immer wieder geäußert. Das Papierrecycling etwa führt nach Meinung einiger Experten dazu, dass das im Überfluss vorhandene Schwachholz europäischer Wälder nicht mehr am Markt unterzubringen ist. Ökologisch sinnvoller wäre möglicherweise, die Holzwirtschaft zu stärken und Altpapier energetisch zu nutzen. Eine weitere Komponente der Wiederaufbereitungsvision, die Sammlung von Biomüll in speziellen Containern, geriet in

die Kritik, da der Verdacht aufkam, dass sie Gesundheitsprobleme wie allergische Reaktionen verursacht. Nachdem der Allergieforscher und Umweltmediziner Martin Schata Feldforschungsprojekte in unterschiedlichen städtischen Gegenden durchgeführt hat, kommt er zu dem Schluss:

»Die Biotonne ist eine medizinische Katastrophe. [...] In der Stadt ist die Kompostsammlung quasi undurchführbar. [...] Wenn die Tonne geöffnet wird, entsteht ein Unterdruck, der die Sporen herausaugt. [...] Ein tiefer Atemzug, und Sie haben Ihre Jahresration weg« (Schata 2000: 222).

Die Kritik an der Biotonne reiht sich ein in eine zunehmende Kritik an der gesamten Getrenntsammlung. Sie ist durch die enormen Erfolge der mit dem Dualen System entwickelten Sortier-, Aufbereitungs-, und Verwertungsanlagen weitgehend überflüssig geworden. Die Haushalte könnten weitgehend von dem immer komplizierter werdenden Aufwand befreit werden (freilich ihr ökologisches Gewissen dann auch nicht mehr durch das Sortieren von Müllfraktionen abgelenkt), der trotz aller Schulung gerade in städtischen Gebieten niemals zur Sortenreinheit geführt hat. Die technisch gewährleistete hohe Sortierleistung würde neben der Bequemlichkeit auch ökologisch-logistische Vorteile mit sich bringen, da die Mehrfachtransporte entfallen. Die durch das zitierte Urteil des Europäischen Gerichtshofs anerkannte energetisch-thermische Nutzung ist eine weitere Unterstützung des vorgezeichneten Trends. »Das ›Ein-Tonnen-System‹ kommt. [...] Technik und Liberalisierungsgrad werden dies bewirken« (Paschlau 2003: 464). Der Staat hätte dann den Rücken frei, für die entscheidende, aber gescheiterte Aufgabe, den Einsatz von Stoffen und Energien bei der Produktion umweltverträglich auszurichten.

Allgemein lässt sich sagen, dass die langfristige Entwicklung der Forschung über Müll und Abfall einen Fall darstellt, der die Relevanz reflexiver Modernisierung verdeutlicht (Beck et al. 1996; Beck/Lau 2004). Darüber hinaus können jedoch einige weitere Verallgemeinerungen aus der Beobachtung der Abfallpolitik im Bereich der Siedlungsabfälle in der Bundesrepublik gezogen werden:

1. Der experimentelle Charakter des rekursiven Lernens ist nicht das Anzeichen für eine Technologie in ihrem Frühstadium, sondern ein essentielles Merkmal jeder technologischen Innovation. Je besser die technischen Komponenten bekannt und die Verwendungskontexte durch rechtliche Regeln determiniert sind, desto genauer lassen sich die Beziehungen zwischen theoretischem Wissen/Unwissen und dem Aufbau und Betrieb einer praktischen Anlage abstimmen.

2. Im Verlauf der Entwicklung wird das experimentelle Design immer differenzierter. Die Anzahl der berücksichtigten Faktoren technischer, ökologischer und ökonomischer Art steigt ständig an. Vor allem kommt es zur integrierten Betrachtung der instrumentellen und der organisationalen Aspekte der Technologien.
3. Im Feld der Entsorgungswirtschaft gibt es eine Tendenz von einem eher durch Zufall und von unerfreulichen Überraschungen bestimmten Lernprozess zu einer immer stärker institutionalisierten Strategie. Dies umfasst den Aufbau von Beobachtungsmöglichkeiten wie der technologischen Kontrolle, den Aufbau von sozialer Akzeptanz und der ökologischen Angemessenheit und ökonomischen Leistungsfähigkeit eines Entsorgungssystems. Messverfahren, Dokumentation und wissenschaftliche Interpretation nehmen zu. Im Zuge der Institutionalisierung wächst die Anzahl der Akteure, die an Entwurf und Durchführung der Projekte beteiligt sind.
4. Das rekursive Lernen wird ständig durch Entdeckungen von neuen technischen Optionen, Risiken und technologischen Unsicherheiten und durch die Kontingenzen von Verhaltens- und organisatorischen Faktoren angereichert. Im Laufe der Entwicklung wächst das Spektrum an Optionen und Risiken. Nichtwissen steht nicht am Anfang einer technologisch-organisatorischen Erprobung, sondern ergibt sich im Verlauf der Implementierung auf jeder Stufe der hier betrachteten Paradigmen. Die Auflösung des Nichtwissens in neue Lösungen ist mit der Erzeugung neuen Nichtwissens verbunden.
5. In der Abfallforschung und -wirtschaft treffen die Komponenten von Wissenschaft und Technik, von organisationalen Strukturen, von Politik und sozialen Bewegungen und von Einstellungen und Wahrnehmungen zusammen und unterstützen die Idee eines ›neuen Modus der Wissensproduktion‹ in der Gegenwartsgesellschaft (Gibbons et al. 1994). Das bedeutet, dass Wissen in seinem Anwendungskontext generiert wird, heterogene Akteure hybride Foren bilden und dabei Wertkonzepte mit Forschungsmethoden verknüpft werden. Wissenschaftliche Entdeckung und Erklärung werden gleichzeitig zum Teil und Antrieb einer komplexeren Logik von Innovation und Modernisierung.

