

Chimia 49 (1995) 193–196
 © Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft
 ISSN 0009–4293

Was passiert mit einem Produkt, wenn es zu Abfall wird?

Helene Felber*

Abstract. In the course of the past 50 years, the environmental load has taken alarming proportions. Since nature could not absorb any more the increasing pollution without damage, the need for immediate action had become vital. In the early seventies, the integration of Article 24 within the Swiss Federal Constitution has laid the foundations for today's legislation on environmental protection in our country.

The following contribution shows diverse waste disposal possibilities for products after use, based on the Swiss Environmental Legislation. In addition, the main activities of our departments in the field of environmental research are presented.

1. Einleitung und umweltrechtliche Situation in der Schweiz

Während die Natur die anthropogenen Einflüsse in den letzten Jahrhunderten noch problemlos verkraften konnte, präsentierte sich unser Lebensraum in den letzten Jahrzehnten zunehmend geschädigt. Mit dem Aufschwung nach dem 2. Weltkrieg erreichte die Industrialisierung einen Höhepunkt. Das jährliche Pro-Kopf-Aufkommen an Siedlungsabfällen hat sich innerhalb der letzten 50 Jahre etwa vervierfacht. Heute fallen in der Schweiz rund 4 Mio. Tonnen Siedlungsabfälle pro Jahr an [1]. Noch in den sechziger Jahren war das Bild unserer Umwelt geprägt von wilden Deponien, unkontrollierten Verbrennungen, verschmutzten Gewässern und belasteter Luft. Erst als die Auswirkungen der Verschmutzung unserer Umwelt für jedermann deutlich sichtbar und spürbar wurde, drang die Erkenntnis in der Öffentlichkeit durch, dass der fortschreitenden Umweltbelastung Einhalt zu gebieten sei, um unseren Lebensraum nicht bedenkenlos weiter zu zerstören.

Eine gesunde Umwelt ist ein wesentlicher Bestandteil für die Wohlfahrt eines Landes. Durch das vernetzte Zusammen-

wirken vieler Einzelkomponenten kann die Umwelt nur dann erfolgreich geschützt werden, wenn sie als Ganzes erfasst wird, d.h. als komplexer Lebensraum, bestehend aus den Kompartimenten Luft, Wasser und Boden, mit einer Lebensgemeinschaft aller sich darin befindenden Lebensformen wie Menschen, Tiere und Pflanzen. Der Schutz der Umwelt ist eine umfassende Aufgabe, die nur von Staat und Gesellschaft gemeinsam bewältigt werden kann. Anfang der siebziger Jahre wurde der Umweltschutz in der Schweiz zu einer nationalen Aufgabe erhoben. Am 6. Juni 1971 haben Volk und Stände mit überwältigender Mehrheit der Aufnahme des neuen Artikels 24 zum Umweltschutz in die Bundesverfassung zugestimmt und damit den Grundstein für unser heutiges Umweltrecht gelegt. Der Verfassungsauftrag bezieht sich auf den Schutz unserer gesamten Umwelt gegen durch den Menschen verursachte schädliche und lästige Einwirkungen. Eine Einwirkung ist dann schädlich, wenn sie die für Menschen, Tiere und Pflanzen wesentlichen Lebens-elemente Luft, Wasser und Boden derart verändert, dass längerfristig mit einer nachteiligen Beeinflussung der Biosphäre gerechnet werden muss. Lästig ist eine Einwirkung, wenn sie dem Mensch und der Umwelt zwar nicht unmittelbar einen Schaden zufügt, aber eine Beeinträchtigung des Daseins darstellt. Da die absolute Feststellung der Schädlichkeit und Lästigkeit von Einwirkungen einer wissenschaftlichen Grundlage entbehrt, hat der Bundesrat die Befugnis, Schädlichkeits- und Lästigkeitsgrenzen entsprechend dem jewei-

ligen Stand der Erkenntnisse festzulegen. So entstanden in den zwei folgenden Jahrzehnten wichtige Rahmengesetze wie das Gewässerschutzgesetz (1972) und das Umweltschutzgesetz (1985), deren Inhalte durch zahlreiche Verordnungen konkretisiert wurden, sowie eine Reihe von weiteren Massnahmendokumenten wie Leitbilder, Konzepte, Staatsverträge u.a. Während die Gesetzgebung der siebziger Jahre vorwiegend dem Gewässerschutz und der Luftreinhaltung gewidmet war, lag der Schwerpunkt in den achtziger Jahren hauptsächlich in den Bereichen Bodenschutz und Abfallwirtschaft.

Die Gesamtheit aller behördlichen Dokumente und Massnahmen lassen sich im Begriff Umweltrecht zusammenfassen. Drei Grundprinzipien, die sich im Umweltschutzgesetz (USG) manifestieren, bilden die Eckpfeiler des Umweltrechts [1][2]:

- Das Vorsorgeprinzip soll durch vorausschauendes Handeln dazu beitragen, dass Umweltschäden gar nicht erst entstehen. Ein Instrument dafür ist z.B. die vom Gesetz geforderte Umweltverträglichkeitsprüfung für bestimmte Anlagen.
- Das Verursacherprinzip legt fest, wer für einzelne Umweltbelastungen die Verantwortung zu übernehmen und die Kosten zu tragen hat. Ein Beispiel dafür ist die Kehrichtsackgebühr. Eine Umwelthaftung ist im gegenwärtig noch gültigen USG mit dem Verursacherprinzip nicht verbunden.
- Das Kooperationsprinzip verteilt die Last und Verantwortung des Umweltschutzes auf den Staat und die Gesellschaft und fördert die Zusammenarbeit zwischen Behörden und Industrie. So ist z.B. der Bundesrat verpflichtet, vor der Inkraftsetzung von Verordnungen die Kantone und interessierten Kreise anzuhören.

Die Umweltpolitik konnte bis heute diesen drei Grundprinzipien nur ansatzweise genügen. Eine Ursache dafür ist, dass das menschliche Handeln noch immer mehrheitlich von ökonomischen Interessen geprägt ist. Das Umweltschutzgesetz enthält zwar Emissionsbegrenzungen, gibt darüber hinaus aber kaum Auskunftsansprüche, inwieweit ökologische Gesichtspunkte höher als ökonomische zu gewichten sind. Andere Ursachen sind die enorme Rechtszersplitterung durch den an die Kantone delegierten Vollzug und die letztlich daraus resultierenden Koordinationsprobleme. Diese Schwierigkeiten werden wohl auch durch die revidierte Fassung des Umweltschutzgesetzes nicht beseitigt werden können.

*Korrespondenz: Dr. H. Felber
 Eidgenössische Materialprüfungs- und
 Forschungsanstalt
 Unterstrasse 11
 CH-9001 St. Gallen

Vielerorts ist heute im Umweltschutz ein Paradigmawechsel spürbar, der über behördliche Immissions- und Emissionsbegrenzungen hinausgeht und dem Umweltschutz eine marktwirtschaftliche Komponente verleiht. So wird im neuen USG das Instrument der Lenkungsabgaben enthalten sein. Mit der (freiwilligen) Einführung von Umweltmanagementsystemen und dem Umweltauditing wird der betriebliche Umweltschutz systematisch im Unternehmen verankert. Mit diesen neuen Instrumenten ist keineswegs eine Abkehr von der heutigen polizeirechtlichen Praxis verbunden. Vielmehr wird damit die Selbstverantwortung für die Umwelt wesentlich stärker gewichtet und ein komplementäres Instrument zum staatlich verordneten Umweltschutz geschaffen, das der Realisierung der drei oben angesprochenen Grundprinzipien einen grossen Schritt weiterhelfen dürfte.

2. Der Kreislaufbegriff im Umweltschutz

Unser gesamtes Ökosystem ist eine komplexe Summe von geschlossenen Kreisläufen. Die Verweilzeiten der Stoffe in den verschiedenen globalen Kreisläufen unterscheiden sich um viele Grössenordnungen (Fig. 1). Das langfristige Funktionieren unseres Ökosystems hängt wesentlich davon ab, wie sehr der Mensch mit seinen Aktivitäten diese Kreisläufe stört. Ziel eines integrierten Umweltschutzes ist es, diese Kreisläufe wieder zu schliessen. Vereinfacht heisst dies, dass Stoffe, die den natürlichen Kreisläufen entnommen werden, wieder in diese zurückgeführt werden müssen. Grundsätzlich birgt die Herstellung eines Produkts sowie auch das Produkt selbst ein ökologisches Risiko. Es ist die Pflicht des Herstel-

lers, die Verantwortung 'von der Wiege bis zur Bahre' für sein Produkt wahrzunehmen. Mit einem ökologischen Produktdesign soll dafür gesorgt werden, dass nicht vermeidbare Produkte nach ihrem Gebrauch einer Wiederverwendung oder Verwertung, und nur wenn dies unmöglich oder wirtschaftlich unvertretbar ist, einer Entsorgung durch Vernichtung zugeführt werden. Im Umweltrecht vieler Länder ist klar eine Prioritätenreihenfolge festgelegt (Fig. 2).

3. Was passiert mit einem Produkt, wenn es zu Abfall wird?

Ein Produkt wird definitionsgemäss zu Abfall, wenn es seinen Bestimmungszweck nicht mehr erfüllt und nicht mehr gebraucht wird, bzw. wenn sich der Konsument seiner entledigt. Je nach dem, ob es sich um ein festes, flüssiges, wasserlösliches oder unlösliches Produkt handelt, kann es auf verschiedene Weise entsorgt werden. Die möglichen Wege, die ein einmal als Abfall deklariertes Produkt durchlaufen kann, sind im Flussdiagramm (Fig. 3) aufgezeigt. Emissionen in die Luft werden dabei nicht in Betracht gezogen, da die Luftreinhalteverordnung mit ihren Emissionsgrenzwerten bei der Abfallverwertung und Entsorgung einen Transfer von kritischen Komponenten in die Luft weitgehend unterbindet. Durch Filter, Gaswäsche u.a. werden potentielle Luftschadstoffe zurückgehalten und so auf die Emissionen in Wasser und Boden verteilt. Das Flussdiagramm ist entsprechend der in Fig. 2 dargestellten Prioritätenreihenfolge aufgebaut, beginnend mit unvermeidbaren Produkten und Abfällen.

Für unvermeidbare Produkte kann der Kreislauf am einfachsten und wirtschaftlich effizientesten mit einer direkten Wie-

derverwendung geschlossen werden. Häufig bedingt dies jedoch einen vorherigen Trenn- oder Reinigungsschritt. Durch die getrennte Sammlung von direkt verwend- oder verwertbaren Fraktionen wie Glas, Papier, Aluminium u.a. kann die Siedlungsabfallmenge reduziert werden (Fig. 4). Auf diese Weise wurden 1991/92 rund 30% (oder 1,14 Mio. t/a) der Siedlungsabfälle in den Produktkreislauf zurückgeführt; für die Zukunft prognostiziert das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) einen Anstieg der 'Recyclingquote' bei Siedlungsabfall auf 40% [1]. Auch Bauabfälle werden zunehmend einer direkten Wiederverwertung zugeführt. Schwieriger präsentiert sich die Situation bei Kunststoffabfällen. Ein stoffliches Recycling ist nur dann sinnvoll, wenn dies mit vertretbarem Aufwand geschehen kann. Da das Recyclat meistens eine schlechtere Qualität aufweist als das aus Primärrohstoffen hergestellte Material ('Downcycling'), scheidet dieser Weg oft auch an der mangelnden Nachfrage.

Produkte, die nach ihrem Gebrauch direkt ins Abwasser gelangen (z.B. Reinigungsmittel, Textilhilfsmittel), erleiden logischerweise ein anderes Schicksal als Produkte, die als feste Abfälle gezielt weg- geworfen werden (Hausmüll, Bauabfälle, Produktionsabfälle u.v.a.). Solche Produkte können meist nicht mehr einfach aus dem Wasser entfernt werden. Ihr Weg führt unweigerlich ins Gewässer, wenn keine Behandlung des Abwassers stattfindet. Jedoch überstehen viele Produkte auch eine moderne Abwasserreinigung mit mechanischer, biologischer und chemischer Stufe unbeschadet. Diese Produkte tragen wesentlich zur Gewässerverunreinigung bei. Eine Verhinderung der Gewässerbelastung ist ökonomisch nur möglich, wenn solche Produkte von vornherein vermieden werden. Biologisch abbaubare Produkte werden in der Abwasserreinigungs- anlage aus dem Wasser entfernt. Da bei diesem Prozess jedoch Energie verbraucht und Klärschlamm produziert wird, ist zumindest eine Verminderung der Einsatz- mengen auch bei solchen Produkten ange- zeigt. Durch die derzeit rasant ansteigen- den Kosten der Abwasserreinigung ge- winnt die Anaerobtechnologie wirtschaft- lich an Bedeutung. Durch eine anaerobe Vorbehandlung belasteter Abwässer kann in geeigneten Fällen die Belastung aero- ber Kläranlagen reduziert werden. Damit verbunden ist ein Energiegewinn durch Nutzung des gebildeten Biogases bei ei- ner gleichzeitigen Reduktion der Klär- schlammmenge. Der aerob wie anaerob pro- duzierte Klärschlamm kann als Dünger in der Landwirtschaft verwendet werden,

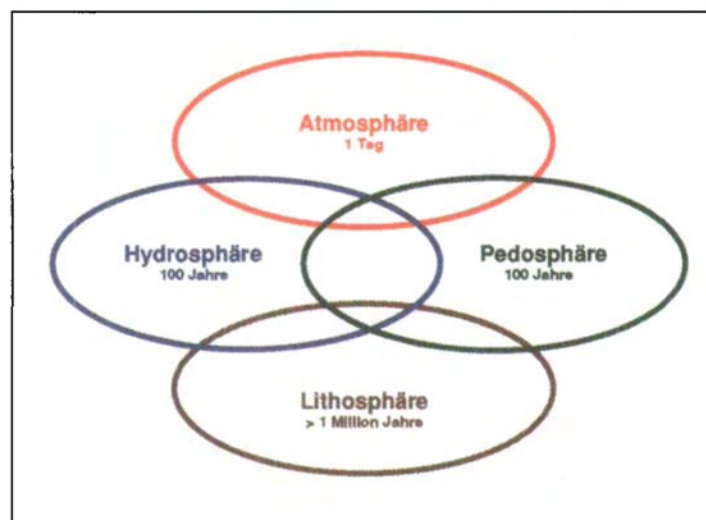


Fig. 1. Globale Stoffkreisläufe und typische Verweilzeiten von Elementen in den verschiedenen Kompartimenten der Umwelt (Grössenordnungen)

wenn er gewisse behördlich festgelegte Randbedingungen erfüllt, andernfalls muss er anderweitig, z.B. durch Verbrennung, entsorgt werden.

Während der Gewässerschutz darauf angewiesen ist, Produkte, die nicht biologisch abbaubar und ökologisch bedenklich sind, von vornherein zu vermeiden, bestehen bei festen Abfällen, die nicht bestimmungsgemäss ins Abwasser gelangen, wesentlich mehr Verwertungsmöglichkeiten.

Biologisch abbaubare Produkte können prinzipiell einer Kompostierung zugeführt werden. Da jedoch die Gefahr, Schadstoffe im Kompost anzureichern, gross, und der Markt für Kompost nicht unbegrenzt ist, sind dieser Verwertung Grenzen gesetzt. Von behördlicher Seite wird die Kompostqualität im Rahmen der Stoffverordnung überwacht.

Brennbare Produkte werden vorzugsweise einer Verbrennung zugeführt. Die Kehrichtverbrennung ist die für Siedlungsabfälle mengenmässig bedeutendste Entsorgungsart in der Schweiz. Mit fortschreitender Verbrennungstechnologie wird die dabei frei werdende Energie zunehmend als Wärme oder Strom genutzt. Gesamtschweizerisch werden zur Zeit rund 75% aller brennbaren Abfälle (Siedlungsabfälle, brennbare Bauabfälle und nicht verwertbarer Klärschlamm) verbrannt, der Rest wird meist noch unbehandelt deponiert. Durch eine koordinierte Planung soll bis ins Jahr 2000 sichergestellt werden, dass alle brennbaren Abfälle einer Verbrennung zugeführt werden können [4]. Die zukünftige Bewirtschaftung fester Abfälle ist im Abfallkonzept des BUWAL [1] festgelegt.

Die Verbrennungsrückstände heutiger Anlagen sind in der Regel mehr oder weniger stark schadstoffbelastet. In den meisten Fällen ist eine direkte Verwertung solcher Rückstände nicht möglich oder aus Sicht des Gesetzgebers nicht zulässig. Da anerkannte Kriterien für eine sinnvolle Verwertung fehlen, und insbesondere das Langzeitverhalten der Rückstände nicht mit Sicherheit abgeschätzt werden kann, ist heute die Deponierung der Normalfall. Die zur Zeit sehr breite F+E-Tätigkeit bei der Verfahrensentwicklung lässt aber hoffen, dass in Zukunft Verfahren verfügbar sein werden, die zu schadstoffärmeren Rückständen mit qualitativ und ökologisch besseren Eigenschaften führen, welche einer Verwertung zugeführt werden könnten. Die Verwertung bestimmter Abfälle und Rückstände wird heute bereits in der Zementindustrie praktiziert.

Die Technische Verordnung über Abfälle (TVA) unterscheidet zwischen zwei Deponietypen und legt Anforderungen für

die Deponierung von Inertstoffen in Inertstoffdeponien und Reststoffen in Reststoffdeponien fest. Während Inertstoffe 'gesteinsähnlich' sein sollen, können in Reststoffdeponien 'erzähnliche' Produkte abgelagert werden, deren Totalgehalt an Schadstoffen nicht begrenzt ist. Für beide Deponietypen gilt, dass keine schädlichen Emissionen in Wasser und Boden auftreten dürfen. Zur Kontrolle des Emissionsverhaltens sind Eluatgrenzwerte definiert. Für Produkte, die weder Inertstoff- noch Reststoffqualität aufweisen und für die eine andere Entsorgung oder Verwertung nicht realisiert werden kann, ist in der



Fig. 2. Prioritäten in einer modernen und umweltgerechten Produktions- und Abfallwirtschaft

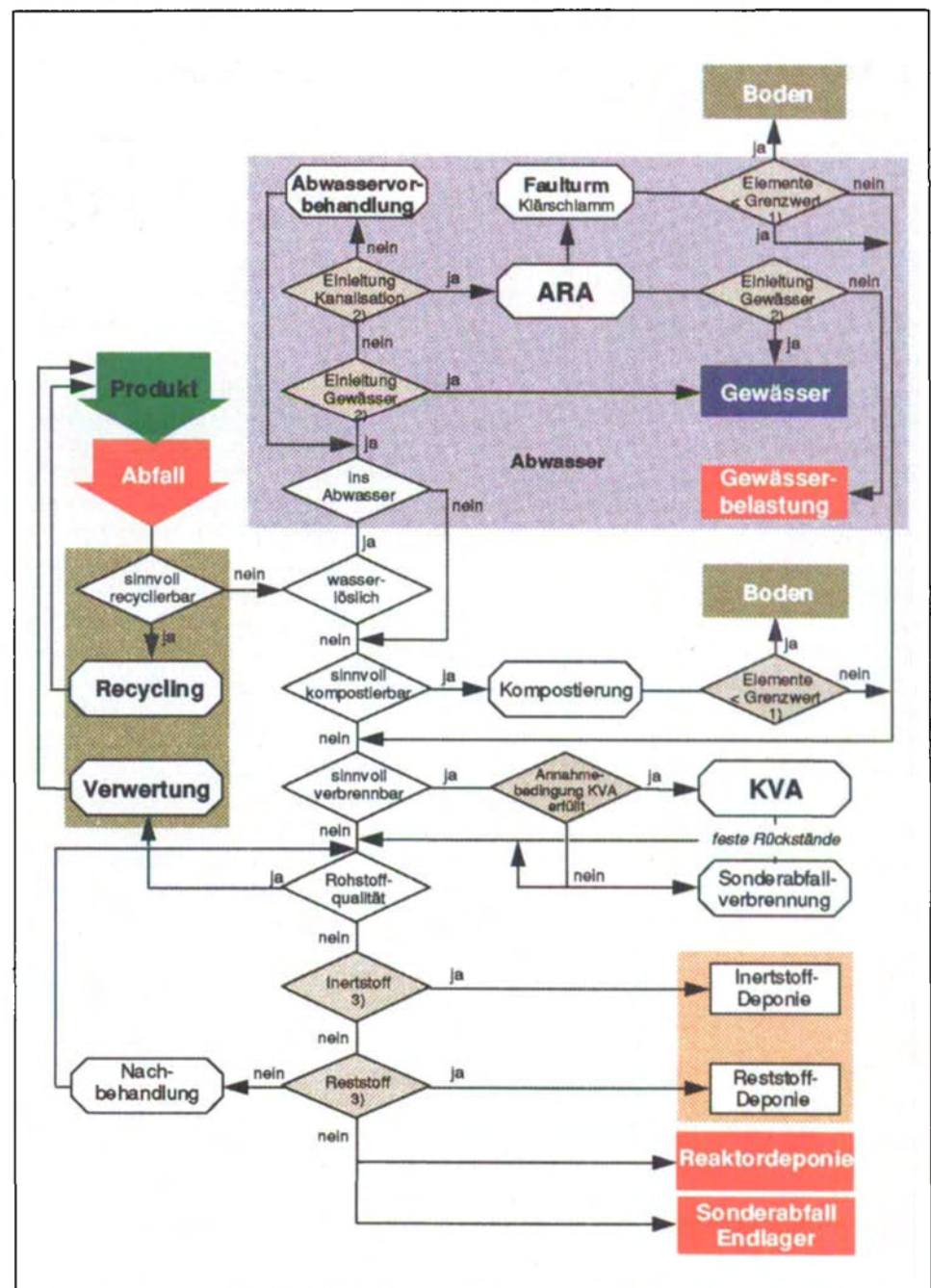


Fig. 3. Mögliche Entsorgungswege eines Produktes nach seinem Gebrauch, basierend auf der heutigen Umweltgesetzgebung der Schweiz: 1) Grenzwerte festgelegt in der Stoffverordnung vom 09.06.1986; 2) Grenzwerte festgelegt in der Verordnung über Abwassereinleitungen vom 08.12.1975; 3) Grenzwerte festgelegt in der Technischen Verordnung über Abfälle vom 10.12.1990



Fig. 4. Durch die getrennte Sammlung an der Quelle kann die Menge der Siedlungsabfälle deutlich reduziert werden (Figur frei übernommen aus 'Gaston – Der Groschen ist gefallen', mit freundlicher Genehmigung des Carlsen Verlages, Reinbek bei Hamburg)

TVA der Typ der Reaktordeponie als Übergangslösung vorgesehen. Stoffe, die in einer Reaktordeponie abgelagert werden, sind als Altlasten zu betrachten, die einer Behandlung bedürfen. Für die Entsorgung anorganischer Sonderabfälle kommt häufig nur eine Endlagerung unter Tage in Betracht. Ein Grossteil solcher Sonderabfälle wird heute zu diesem Zweck exportiert. Da jedoch sowohl das Abfalleitbild, als auch das Basler Übereinkommen eine Entsorgung im Verursacherland vorsieht, ist eine weitere Behandlung der Sonderabfälle bis hin zu im Inland endlagerfähigen und/oder verwertbaren Fraktionen einem Export vorzuziehen. Zur Zeit sind einige Verfahren zur Aufbereitung von Sonderabfällen in Entwicklung oder Erprobung (z.B. thermische Behandlung von Filteraschen, Behandlung durch Nassextraktion oder Zementverfestigung).

4. Forschungsaktivitäten an der EMPA St. Gallen

Die EMPA St. Gallen ist in verschiedenen Bereichen der Abfallentsorgung aktiv. In der Abteilung Abwasser/Abfälle/Umwelttechnik werden in mehreren Projekten Grundlagen für eine ökologische Beurteilung von Produkten, Abfällen und Rückständen aus der Abfallbehandlung unter Beachtung der Prioritätenreihenfolge 'vermeiden – vermindern – verwerten – vernichten' erarbeitet.

Im Abwasserbereich wird der Erkennung und Vermeidung gewässerbelasten-

der Produkte durch die experimentelle Untersuchung ihres biologischen aeroben und anaeroben Abbauverhaltens und ihrer ökotoxikologischen Eigenschaften grosses Engagement gewidmet (vgl. Beitrag *Kölbener, Ritter, Baumann*, 'Wie vollständig ist der biologische Abbau...'). Mit der Entwicklung von Beurteilungskriterien und -konzepten wird der Nachfrage der Hersteller und Importeure nach einem Instrument Rechnung getragen, das ihnen eine Selbstbeurteilung und ökologische Optimierung ihrer Produkte erlaubt, und dem Konsument eine Hilfestellung bei der Produktauswahl geboten (vgl. z.B. Beitrag *Baumann, Kölbener*, 'Darf ein Produkt über Abwasser entsorgt werden?').

Im Bereich fester Abfälle wird das Emissionsverhalten von Abfällen und Produkten aus behandelten und unbehandelten Verbrennungsrückständen intensiv studiert. Ob eine Verwertung solcher Verbrennungsrückstände direkt oder als Sekundär-Rohstoffe in Betracht gezogen werden kann, wird durch Auslaugexperimente, aber vor allem auch durch möglichst umfassende Beurteilungen wie z.B. Ökobilanzen oder adäquaten Betrachtungen abgeklärt. Durch die Untersuchung der chemischen Zusammensetzung von Produkten und Abfällen wird ihr Schadstoffpotential abgeschätzt.

Eine Verwertung fester Abfälle durch Kompostierung wird in Projekten der Abteilung Biologie, in Zusammenarbeit mit der Abteilung Abwasser/Abfälle/Umwelttechnik studiert. Im Bereich der stofflichen Kunststoffreintegration ist die Ab-

teilung Produktanalytik an verschiedenen Projekten beteiligt.

Mit diversen Aktivitäten im Bereich Umweltmanagement und Ökoauditing, verbunden mit dem Aufbau einer Zertifizierungsstelle für Umweltmanagementsysteme, wird vermehrt auch der marktwirtschaftlich orientierte Umweltschutz gefördert.

5. Zusammenfassung

Oberstes Gebot für einen wirksamen Umweltschutz ist eine nachhaltige Bewirtschaftung unserer Umwelt. Das Instrument des Umweltmanagements setzt an der Quelle, nämlich beim produzierenden Unternehmen, an und fördert damit einen produktionsintegrierten Umweltschutz. Da es in einem frühen Stadium der Produktentstehung eingreift, können umweltschädliche Emissionen begrenzt und Umweltbelastungen vermindert werden. Als marktwirtschaftliches Instrument dürfte es dem Umweltschutz erheblichen Auftrieb verleihen.

Einer Verwertung schadstoffbelasteter Abfälle und Rückstände steht immer auch die Gefahr einer unkontrollierten Verbreitung von Schadstoffquellen in der Umwelt entgegen. Einer aufwendigen Abfall- oder Rückstandsbehandlung muss immer auch das wirtschaftlich Vertretbare gegenübergestellt werden. Verständlicherweise herrschen hier grosse Interessenskonflikte. In jedem Fall ist das technisch Mögliche gegen das ökonomisch Vertretbare sorgfältig abzuwägen.

Copyright© 1979, 1982 by *André Franquin* and *Editions Dupuis*, Charleroi. Aus 'GASTON 10' Carlsen Verlag GmbH, Hamburg 1989. Dank dem Carlsen Verlag Reinbek bei Hamburg für die Vorlage und *Markus Müller*, EMPA St. Gallen, für die freie Gestaltung der Figur in Fig. 4.

Eingegangen am 20. März 1995

- [1] Abfallkonzept für die Schweiz, Schriftenreihe Umwelt Nr. 173, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1992.
- [2] Leitbild für die Schweizerische Abfallwirtschaft, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 51, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1986.
- [3] Pressemitteilung des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft vom 18. August 1994.
- [4] Interkantonale Koordination der Planung von Abfallbehandlungsanlagen, Schriftenreihe Umwelt Nr. 228, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1994.