

|                                     |        |                                                              |                               |           |
|-------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| Barbara-Gespräche<br>Payerbach 1995 | Band 2 | "Geogen - Anthropogen"<br>"Hausmüllversuchsanlage Breitenau" | Seite 171 - 189<br>Abb. 1 - 9 | Wien 1997 |
|-------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|

# BARBARA-GESPRÄCHE

## Payerbach 1995

Deponierungsstrategie, Versuchsfelder und die Zukunft

A. LAGERKVIST, H. ECKE



Payerbach,  
25. November 1995

## INHALT

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Zusammenfassung                | 173 |
| Einleitung                     | 173 |
| Deponieversuchsfelder          | 176 |
| Die IEA-Versuchsfelddatenbasis | 177 |
| Die Struktur der Datenbasis    | 179 |
| Beobachtungen der Datenbasis   | 179 |
| Schlussfolgerungen             | 183 |
| Literatur                      | 183 |
| Diskussion                     | 185 |

*Anschrift des Verfassers:*

*Dr. Anders LAGERKVIST  
Lulea Univ. of Technology  
The Landfill Group  
S-971 87 Lulea, Schweden*

|                                     |        |                                                              |                               |           |
|-------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|
| Barbara-Gespräche<br>Payerbach 1995 | Band 2 | "Geogen - Anthropogen"<br>"Hausmüllversuchsanlage Breitenau" | Seite 171 - 189<br>Abb. 1 - 9 | Wien 1997 |
|-------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|

# Deponierungsstrategie, Versuchsfelder und die Zukunft

A. LAGERKVIST, H. ECKE

## Zusammenfassung

*Über die letzten Jahre hat das Langzeitproblem der Abfalldeponierung in vielen Ländern gesteigerte Beachtung gefunden. Neue Strategien der Deponierung wurden entwickelt und eingesetzt. Die Kenntnisse darüber, was die Ergebnisse ihrer Anwendungen sein werden, sind weitestgehend unvollständig.*

*Deshalb bedürfen die Umwandlungsprozesse in Deponien weiterer Untersuchungen. Diese Arbeit muß die besonderen Merkmale des Forschungsgebietes berücksichtigen:*

- *Deponien sind komplexe Systeme,*
- *Deponieprozesse sind langsam*
- *Deponien müssen immer funktionsfähig sein.*

*Die Komplexität der Prozesse spricht für experimentelle Studien, und die Langsamkeit weist hin auf den Bedarf an Langzeituntersuchungen. Die Tatsache, daß Deponien die fundamentale Komponente des Abfallmanagements darstellen, die zudem nicht versagen darf, deutet darauf hin, daß relevante Ergebnisse aus Großversuchen gewonnen werden, in denen realistische Deponierungsverfahren zum Einsatz kommen.*

*Ideal wäre die Überwachung ganzer Deponieanlagen. Beruhend auf praktischen Einschränkungen muß sich jedoch auf Versuchsfelder geeinigt werden. Weil die Einrichtung von Versuchsfeldern anspruchsvoll ist, ist es sehr wichtig, die bestehenden bestmöglichst zu nutzen. Aus diesem Grund wurde eine weltumfassende Datenbasis über Versuchsfelder zusammengestellt.*

*Über eine bloße Datenverwaltung und Dokumentation des Standes der Forschung hinaus ergibt sich die Möglichkeit, die Datenbasis als Informationsquelle für die eigene Forschungsarbeit zu benutzen. Erfahrungen, die an anderen Orten gesammelt wurden, können in die eigene Arbeit mit einbezogen werden. Zudem können Entwicklungen im Bereich der Deponietechnik aufgespürt werden.*

## Einleitung

Die Ausbeutung der Rohstoffe und deren letztendliche Beseitigung, d.h. Rückführung in die Natur, ist die Ursache für fast alle Umweltprobleme. Eine dauerhafte Gesellschaft benötigt einen zwischen der Ökosphäre und der „Technosphäre“ ausgewogenen Materialhaushalt. Dennoch akkumuliert unsere derzeitige Gesellschaft weiterhin Materialien, die verwaltet, instandgehalten und kontrolliert werden

müssen, während gleichzeitig Emissionen die Biosphäre gefährden (Abb. 1). Die infolgedessen hervorgerufene Verschlechterung der Umweltqualität bedroht unsere Gesellschaft vermutlich stärker, als die Endlichkeit der Rohstoffe.

derzeitiger Zustand:

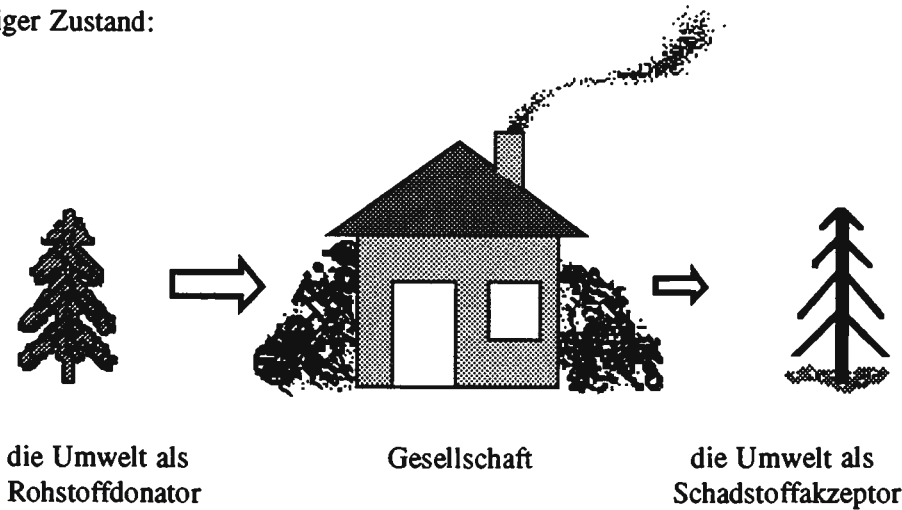


Abb. 1: Derzeitiger Zustand des Materialaustausches zwischen der menschlichen Gesellschaft und der Natur

In allen Industrieländern wird das Problem der nicht nachhaltigen Materialbilanz und die daraus resultierende Belastung für die Umwelt erkannt. Grundsätzlich wurden drei Strategien vorgeschlagen, um dem entgegenzuwirken:

- 1. Abfallreduktion
- 2. Isolation des Abfalls gegenüber der Umwelt und
- 3. Veränderung der Abfallqualität.

Alle drei Maßnahmen tragen zu einer Lösung des Problems bei. Am Ende besteht jedoch in jedem Fall der Bedarf, Materialien zu beseitigen, die qualitätsmindernd auf die Umwelt wirken können.

**Abfallreduktion** wird erreicht mittels effizienteren Produktions- und Konsumptionsprozessen, einschließlich Recycling.

Angesichts des hohen Niveaus an spezifischem Material- und Energieverbrauch in unserer Gesellschaft, ist es relativ einfach eine Reduktion der Abfallmenge zu erwirken. Im Zuge der Erschließung der Abfallreduktionspotentiale wird der Nettogewinn an Umweltqualität jedoch mit jedem weiteren Verfahrensschritt geringer. Ab einem gewissen Abfallreduktionsgrad werden alle weiteren Maßnahmen sogar negative Auswirkungen auf die Umwelt haben (Abb. 2).

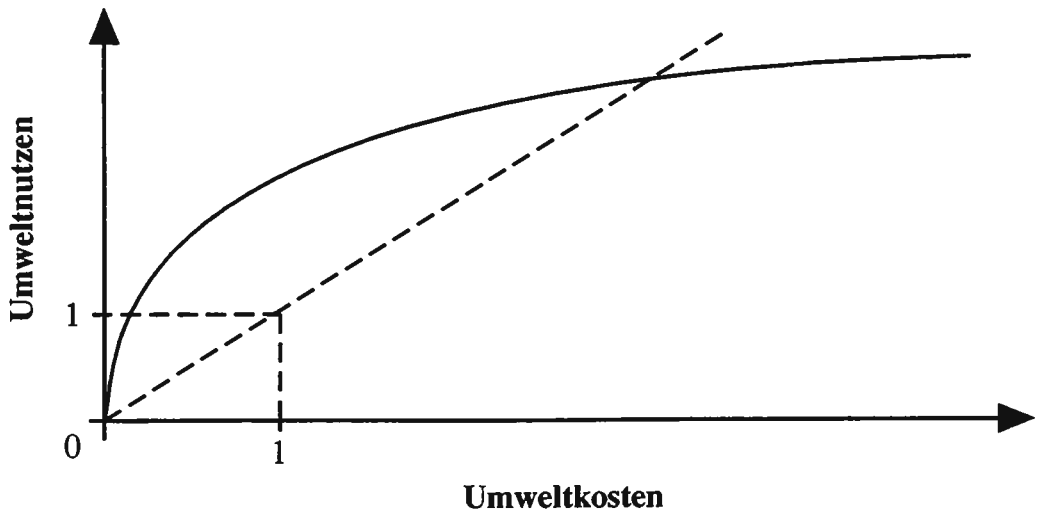


Abb. 2: Kosten-Nutzen-Beziehung beim Recycling und anderen Prozessen

**Abfallisolation** ist die traditionelle Lösung der Müllbeseitigung. Hierbei sind viele Techniken möglich, wie z.B. verschiedene Deponieeinkapselungen, aktive Maßnahmen zur Emissionskontrolle und auch langfristig wirkende, passive Einrichtungen wie z.B. Filter. Bis heute gibt es allerdings keine emissionsfreien Deponien. Für den Fall, daß unbegrenzte Ressourcen zur Verfügung stehen sollten, wäre es sicherlich möglich, Abfall von der Umwelt zu isolieren. Dies bedeutet jedoch nur, daß das Verunreinigungspotential aller eingeschlossenen Materialien konserviert wird. Daher besteht die Möglichkeit, daß diese Verunreinigungen zu irgendeinem späteren Zeitpunkt zutage treten können. Ist es bereits heute möglich, die zukünftigen Probleme mit der Abfallisolation abzuschätzen und entsprechende Vorkehrungen zu treffen? Ist die gegenwärtige Gesellschaft ausgerüstet mit Institutionen und Ressourcen für ein langfristiges Abfallmanagement? Ein weiteres Problem mit Hinblick auf die Isolierung ist die Tatsache, daß nützliche oder sogar begrenzende Rohstoffe dadurch aus den natürlichen Kreisläufen ausgeschlossen werden.

**Qualitätsveränderungen** des Abfalles können diesen gegenüber seiner Umwelt unschädlich machen. Grundsätzlich ist dieses Ziel dann erreicht, wenn die Qualitätsunterschiede zwischen dem Abfall und seiner Umgebung vernachlässigbar gering sind. Auch im Hinblick auf die Abfallreduktion bestehen hier große Potentiale beim Einsatz von biologischen Abfallbehandlungsverfahren oder der Verbrennung von organischen Biopolymeren. Jedoch gilt auch in diesem Fall, ähnlich dem Verfahren zur Abfallreduktion, daß der Grad der Veränderung der Abfallqualität zu den Umweltkosten, die in den Prozeß gesteckt werden, in Beziehung gesetzt werden muß. Denn ab einem gewissen Umweltkosten-niveau ist der umweltbezogene Nutzen negativ.

Deponien sind der wichtigste Pfad für die Überführung, d.h. Beseitigung, von festen Abfällen in die Natur. Die dominierende Deponierungsstrategie ist die Isolierung. Die Aufmerksamkeit wird jedoch mehr und mehr

auf die Abfallqualität und die Müllvermeidung gerichtet. Ein Beispiel für das wachsende Interesse an der Abfallqualität ist der Vorschlag, daß der organische Gehalt im Deponiegut gering gehalten werden sollte, d.h. nur Aschen oder anorganische Materialien deponiert werden sollten. Warum gerade Aschen im Hinblick auf die angestrebte Langzeitstabilität in einem reduzierenden Milieu gelten, ist keineswegs einsichtig. Ein Beispiel der Abfallvermeidung ist der gesteigerte Einsatz von Recyclinggut in verschiedenen Produkten.

Es ist zu erwarten, daß die heutigen Entwicklungen im Abfallmanagement in zwei entgegengesetzte Richtungen tendieren. Beruhend auf dem forcierten Recycling dürfte die Dispersion an Verunreinigungen zunehmen. Auf der anderen Seite bewirken höhere Anforderungen an Deponieeinkapselungen, daß die von Deponien ausgehende Dispersion abnimmt. Weil beide Prozesse langsam verlaufen, werden über die nächsten zehn bis 20 Jahre wahrscheinlich nur marginale Auswirkungen zu verzeichnen sein. Für deren angemessene Beurteilung ist eine Stützung auf Referenzmaterialien unumgänglich.

Ganz gleich, welche Deponierungsstrategie wir ergreifen, Deponien sind immer das letzte Glied bei der Rohstoffgewinnung, bei Produktionsprozessen, der Konsumption, dem Recycling und der Abfallvorbehandlung und müssen sich jeweiligen Fluktuationen und Trends auf diesen Sektoren anpassen.

Deponien sind ein unvermeidbarer Teil der Abfallbeseitigung. Das zentrale Ziel der Abfallbeseitigung ist es, die nachhaltige Materialbilanz zwischen der Natur und der Gesellschaft aufrechtzuerhalten. Um dies zu erreichen, wird ein tieferes Verständnis über Mülleigenschaften, Deponieprozesse, natürliche Stoffkreisläufe und deren Zusammenhänge benötigt. Wären diese Voraussetzungen geschaffen, dann wäre es möglich, naturwissenschaftlich begründete Entscheidungen für die Abfallbeseitigung zu treffen. Relevante Fragen wären z.B.:

- o Was darf, oder vielmehr was darf nicht produziert werden?
- o Sollten Abfälle getrennt oder gemischt verwahrt werden?
- o Wie sollten Abfälle behandelt werden?
- o Wie können Abfälle in unterschiedliche Umgebungen eingefügt werden?

Abb. 3 illustriert eine mögliche Abfolge von Entscheidungen, die im Hinblick auf eine nachhaltige Abfallbeseitigung zu treffen sind. Die Kapazität des gegebenen Rezipienten begrenzt den langfristig erträglichen Materialstrom aus einer Deponie. Verschiedene Behandlungs- und Lagerungstechniken können auf der Deponie zum Einsatz kommen, um dies zu gewährleisten. Für manche Stoffe lassen sich trotz dieser Techniken obige Kriterien nicht erfüllen. Deshalb sollten sie Deponien nicht zugeführt werden. Daraus lassen sich auf naturwissenschaftlichem Grund Qualitätskriterien formulieren, die als Unterlage für Eingriffe in den Materialfluß in der Gesellschaft dienen kann.

Deponieversuchsfelder

Es gibt viele Ursachen, die die Untersuchung von Deponieprozessen erschweren. Z.B. kann eine einzelne Deponie viele verschiedene Abfallarten beinhalten, die über mehrere Jahrzehnte hinweg mit unterschiedlichsten Techniken verfüllt wurden. Auch wenn eine Deponie ausschließlich in seinen Eigenschaften als homogen zu betrachtendes Material beinhalten würde, das unter identischen Umständen deponiert wurde, so werden die im Deponiekörper ablaufenden Prozesse dennoch einer zeitlichen Entwicklung unterworfen. Allein die Deponiegröße und die Tatsache, daß der alltägliche Anlagenbetrieb fortwährend aufrecht erhalten bleiben muß, können praktische Probleme mit der Beobachtung von Deponieprozessen mit sich führen. (Installierte Meßinstrumente auf der Oberfläche einer in Betrieb befindlichen Deponie, und sie werden auf alle Kompaktorfahrer wie Mittelpunkte eines Gravitationsfeldes wirken).

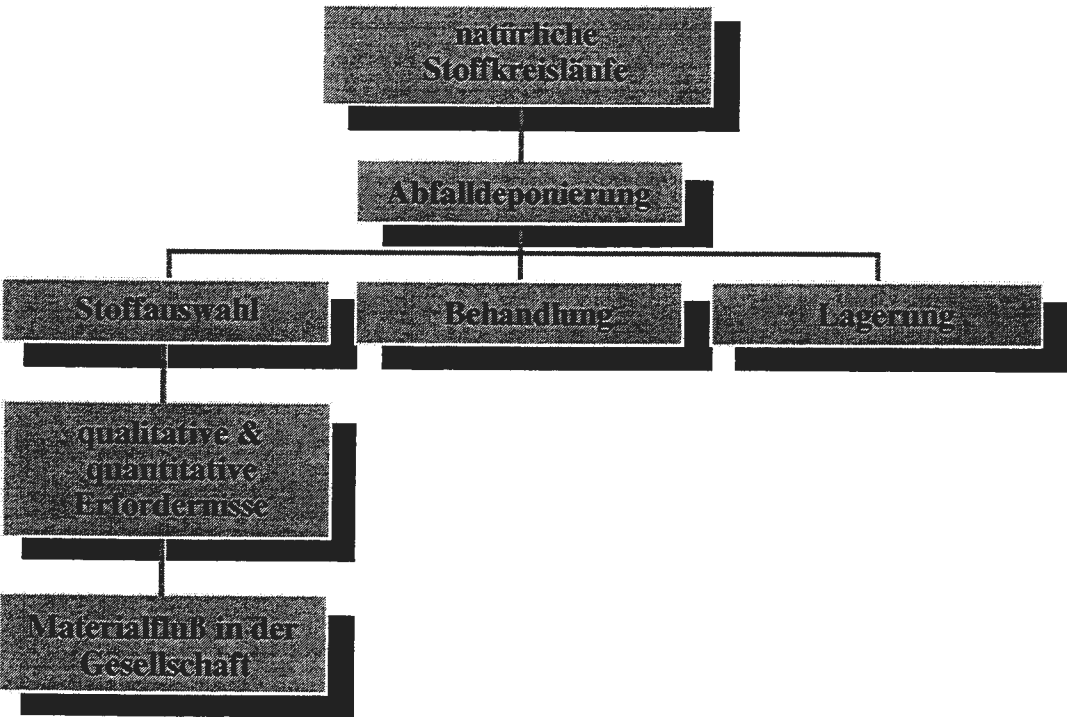


Abb. 3: Entscheidungsabfolge für eine nachhaltige Abfallbeseitigung

Eine Möglichkeit Deponieforschung zu erleichtern, ist die Einrichtung von Deponieversuchsfeldern. Die Felder (oder auch Zellen) sind ein Teil der Deponie und werden speziell für experimentelle Studien und Monitoringzwecke eingerichtet. Abhängig von den jeweiligen Forschungsfragen variiert ihr Design. Die ersten uns bekannten Zellen wurden in den frühen 30er Jahren errichtet, während die neuesten sich noch im Bau befinden.

Damit diese Kenntnisse zugänglicher werden, haben wir Daten von abgeschlossenen als auch laufenden Versuchsfeldexperimenten zusammengestellt (Lagerkvist & Ecke 1995).

Die Arbeit wurde durchgeführt als ein Teil der landfill Gas Activity (LFGA) des Bioenergieabkommens (Bioenergy Agreement) der Internationalen Energiebehörde (International Energy Agency, IEA). Repräsentanten der Energiebehörden von Kanada, Dänemark, den Niederlanden, Norwegen, Schweden, Großbritannien und den USA haben hieran mitgewirkt

## Die IEA - Versuchsfelddatenbasis

Eine systematische Zusammenstellung der Informationen über Versuchsfelder begann 1992. Im vorhinein wurde eine Zusammenfassung von Versuchsfeldberichten von einigen Teilnehmern der Mitgliedsstaaten (Großbritannien, Schweden, Dänemark und den USA) angefertigt (Lawson et. al. 1992). Derzeit beinhaltet die Datenbasis Informationen über 112 Felder in 25 Projekten, durchgeführt vornehmlich in den Teilnehmerstaaten (Abb. 4 und 5). Es ist oftmals schwierig, eine gute Dokumentation der Programme zu erhalten, und aus diesem Grund gibt es selbst in den Teilnehmerstaaten weiterhin Deponieversuchsfelder, die noch nicht in die Datenbasis aufgenommen werden konnten. Die einzigen von Nicht-LFGA-Staaten dokumentierten Versuchsfelder sind die in Croglio (Schweiz) und Breitenau (Österreich) gelegen.

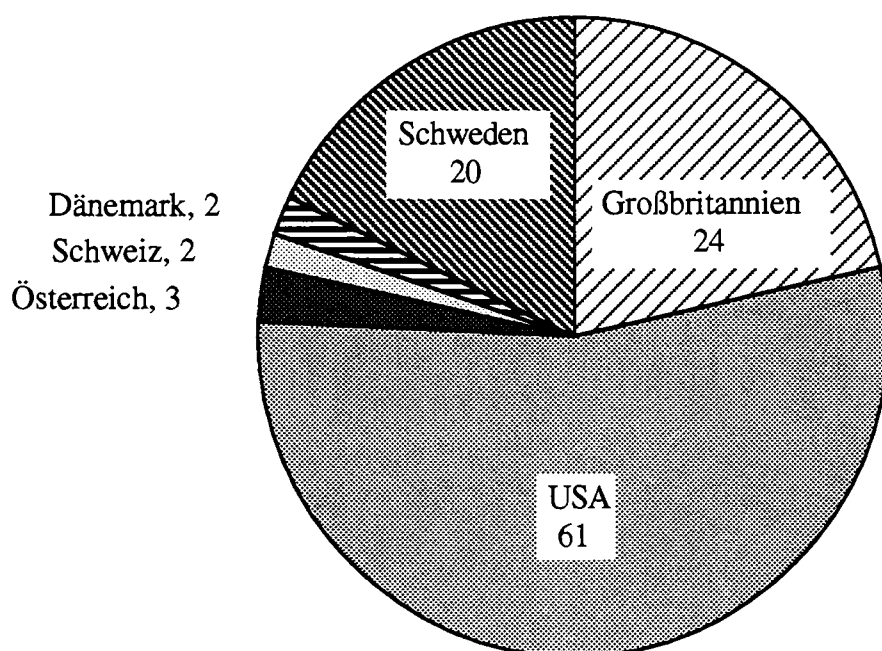


Abb. 4: Anzahl untersuchter Deponieversuchsfelder (unterteilt nach Staaten)



Abb.5: Geographische Lagen (•) der in der Datenbasis dokumentierten Deponieversuchsfelder. Die Karten zeigen Europa bzw. die USA, unterteilt nach Staaten.

## Die Struktur der Datenbasis

Für jede Deponiezelle sieht die Datenbasis eine formalisierte Struktur in der Dokumentation folgender Informationen vor:

- Identifikation der Zelle
- Verantwortungsträger für das Projekt,
- Projektziele und Experimente,
- physischer Zellaufbau,
- Monitoring,
- Literatur und
- Kommentare.

Die in den Projektberichten zusammengestellten Schlußfolgerungen werden, soweit sie sich auf die Projektziele beziehen, in einem separaten Kapitel aufgeführt. Koordinaten beschrei-

ben die geographische Lage der Deponien und erleichtern deren Lokalisierung. Im Index sind Schlüsselbegriffe alphabetisch aufgelistet und entsprechenden Projekten zugeordnet.

## Beobachtungen der Datenbasis

In Großbritannien gibt es im Bereich der Deponieforschung die längste Tradition (Abb. 6). 1932 wurden hier die ersten Abfallzellen errichtet. Über ein Vierteljahrhundert dauerte es, bis diese Arbeit an gleichem Ort in Manchester fortgeführt wurde.

Von 1966 bis 1970 wurden in den USA 37 Versuchsfelder errichtet. Alle dienten der Untersuchung des Einflusses der Vorzerkleinerung von Hausmüll (millfilling-Konzept,

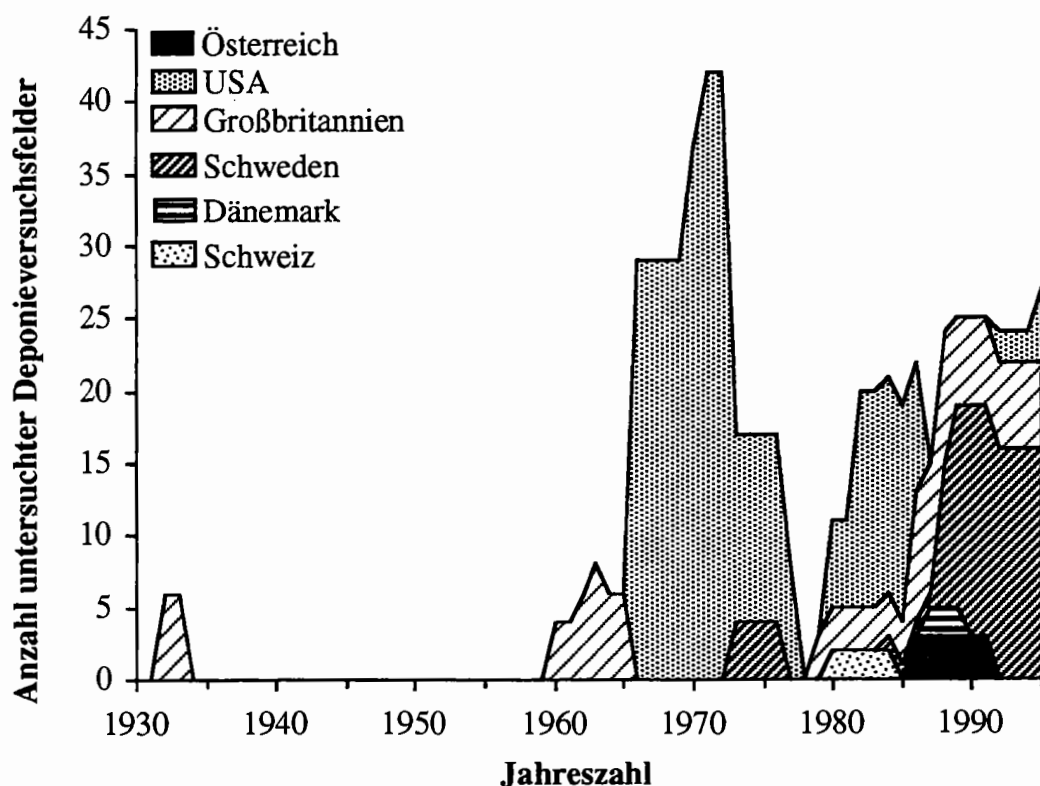


Abb. 6: Zeitlicher Verlauf der Anzahl der unter Erforschung stehender Deponieversuchsfelder. Das Summenflächendiagramm zeigt eine Aufschlüsselung entsprechend der einzelnen Staaten.

Ham & Bookter 1982) und wurden hauptsächlich von der US-Umweltbehörde (Environmental Protection Agency, US EPA) finanziert. Die Studien wurden in Zusammenarbeit der Universität Wisconsin und der Stadt Wisconsin durchgeführt (Reinhardt & Ham 1973). Später in den USA etablierte Projekte zeichnen sich durch Beiträge vieler unterschiedlicher Partner aus, wie z.B. Energieunternehmen, -behörden und Kommunen als Sponsoren, Consultingfirmen in der Projektleitung, Universitäten und andere Forschungseinrichtungen als beratende oder versuchsdurchführende Institutionen.

In Folge errichtete europäische Projekte weisen ähnliche Muster in bezug auf Finanzierung, Durchführung und Auswertung auf.

Insgesamt wurden von uns annähernd  $4 \cdot 10^5$  t in Versuchsfeldern deponierten Abfalls dokumentiert. Abbildung 7 verdeutlicht, daß die Größe der Zellen stark variiert, d.h. von Zellen mit nur wenigen Tonnen Abfallmasse bis zu 35.000 t pro Zelle in Breitenau, den größten Feldern der Datenbasis.

Etwa 75% der in Versuchsfeldern deponierten Abfallmasse wurde bis heute über einen Zeitraum von maximal acht Jahren untersucht. Keines der dokumentierten Projekte wurde (bisher) länger als neun Jahre betrieben. Sowohl die Länge des Untersuchungszeitraumes (neun Jahre) als auch die Zellgröße (etwa 15.000 t) betreffend nehmen die Versuchsfelder in Brogborough, Großbritannien, eine herausragende Stellung ein.

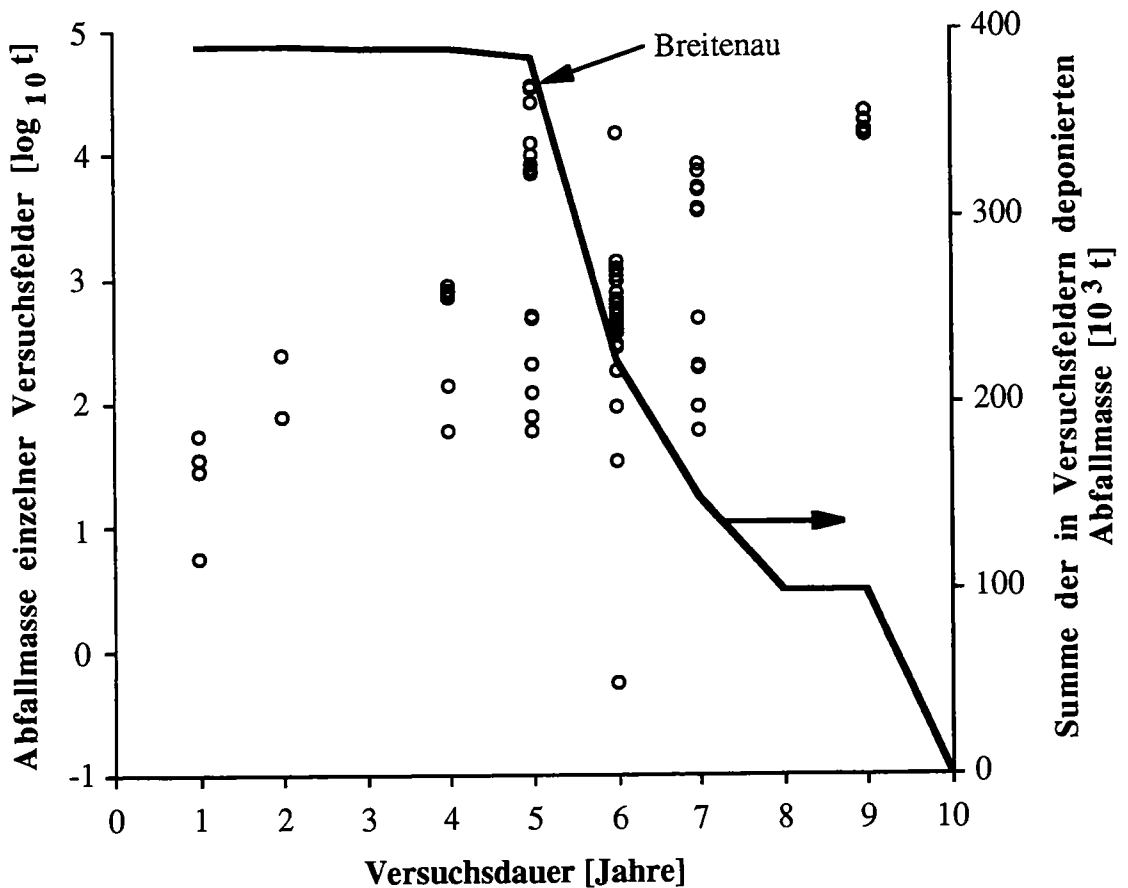


Abb. 7: Die in Versuchsfelder deponierte Masse (Breitenau-Versuchsanlage ist hervorgehoben), aufgetragen über den aktuellen Untersuchungszeitraum. Die Summenkurve (—) gibt Aufschluß über die zu einem auf den Versuchsbeginn bezogenen Zeitpunkt untersuchte Abfallmasse aller Zellen.

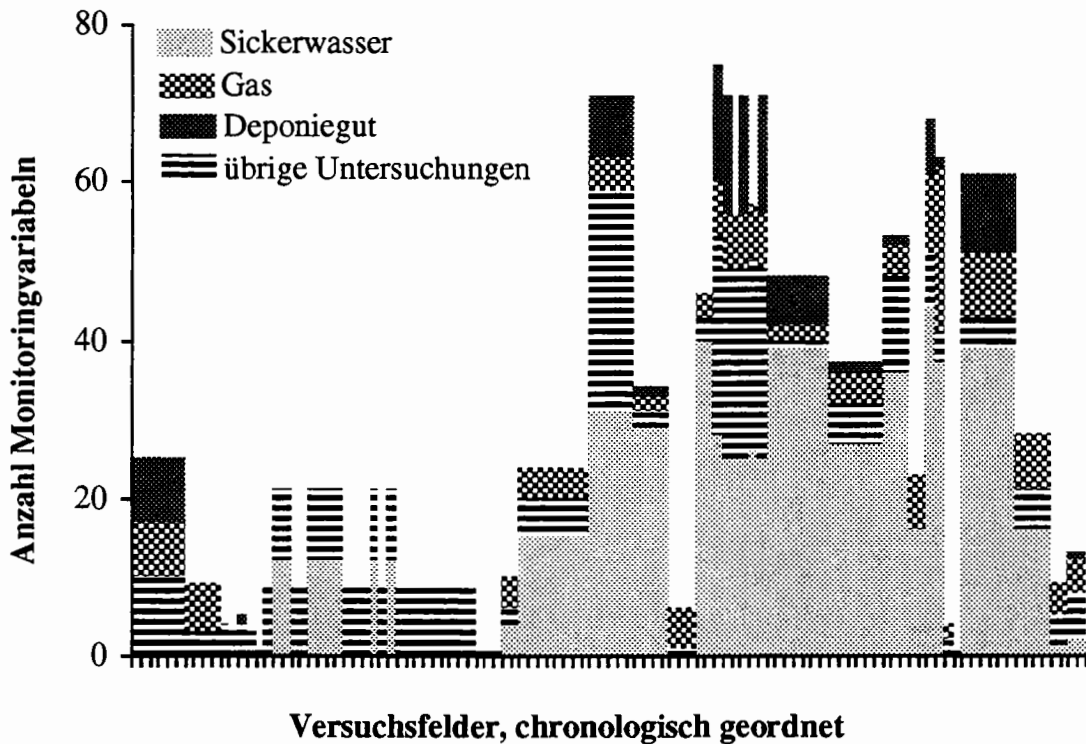


Abb. 8: Die Abszisse ist eine Aufreihung aller Versuchsfelder der Datenbasis in chronologischer Reihenfolge ihrer Errichtung. Darüber aufgetragen ist die Anzahl der Monitoringvariablen als Summenstapeldiagramm für die Medien Sickerwasser, Gas und Deponiegut sowie für andere Untersuchungen.

Abb. 8 zeigt quantitative Auswertung der in einzelnen Zellen gemessenen Variablen. Dabei wurde eine Unterteilung in Sickerwasser, Gas, Deponiegut und übrige Untersuchungen vollzogen. Letztere schließen Monitoringvariablen wie z.B. Setzungsgrad, Wetterbeobachtungen und Grundwasseruntersuchungen mit ein.

Es fällt auf, daß mit der Analyse der Sickerwässer die Anzahl der Monitoringvariablen stark

zunimmt. Dies läßt sich hauptsächlich durch Elementaranalysen erklären, bei denen eine Vielzahl von Metallen bestimmt werden. Das Absinken der Gesamtanzahl der Variablen für neuere Untersuchungen ist dadurch zu erklären, daß diese oftmals noch nicht abgeschlossen sind und dadurch ein Teil der Meßwerte noch nicht zugänglich ist.

Des weiteren ist auffällig, daß der Untersuchung des Deponiegutes relativ wenig Beachtung geschenkt wird. Dies ist verwun-

derlich, weil dessen Stabilisierung in vielen Projekten eines der wichtigsten Ziele war und ist.

Über den dokumentierten Zeitraum von 63 Jahren unterlag die Deponieforschung einer Entwicklung in dessen Verlauf unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt wurden. Tabelle 1 zeigt eine chronologische Auflistung neuer Themen. Auffällig ist, daß anfängliche Untersuchungen der 30er Jahre einen eher beschreibenden Charakter besaßen. Bis zu diesem Zeitpunkt war gänzlich unerforscht, welche chemischen und biologischen Prozesse in einer geordneten Deponie ablaufen. Zudem galt das Interesse der Frage, ob diese Prozesse eine potentielle Gefahr für die Menschen, die in ihrer näheren Umgebung leben, darstellen.

Im Laufe der 60er und 70er Jahre wurden die Einflüsse unterschiedlicher Methoden der Abfallvorbehandlung und Deponierung untersucht. Ausführliche Berichte liegen über das sogenannte Millfilling-Konzept vor. Dabei

wurden feste Abfälle zermahlen, schichtweise deponiert und ohne tägliche Deckschicht bis auf das unter praktischen Gesichtspunkten kleinstmögliche Volumen kompaktiert. (Ham & Bookter 1982).

Dies führte dazu, daß verschiedene Methoden der Abfallvorbehandlungen hinsichtlich der Abfallstabilisierung untersucht wurden. Die Ergebnisse dienten in den 80er Jahren dem Entwurf des Deponiereaktorkonzeptes. Heutige Projekte schließen auch Aspekte einer

nachhaltigen Deponietechnik mit ein. Erforscht werden z.B. die Möglichkeiten der Verwertung von kompostiertem Hausmüll. Ziel dabei ist es, eine geordnete Stoffrückführung in die Umwelt zu gewährleisten.

Für Tabelle 1 lassen sich zusammenfassend die in Abbildung 9 genannten übergreifenden Entwicklungsstufen in der Deponieforschung nennen.

| Jahr | Thema                                                                                                                               |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1932 | biologisches und chemisches Verhalten der Stoffe in einer geordneten Deponie;<br>„Ist die geordnete Deponierung sicher?“            |
| 1960 | Auswirkung durch Verdichtung von Hausmüll;                                                                                          |
| 1966 | Vorbehandlung von Hausmüll durch Zerkleinerung;                                                                                     |
| 1970 | Isolation der Versuchsfelder von äußeren Einflüssen;<br>Auswirkung von Deponieabdeckungen;                                          |
| 1971 | Untersuchungen über den Wasserhaushalt von Deponien und Sickerwasserrückführung;<br>Stabilisierung von Hausmüll durch Beimischungen |
| 1979 | Aspekte der Deponiegasentstehung und -nutzung                                                                                       |
| 1980 | biologische Sickerwasserbehandlung                                                                                                  |
| 1986 | Einfluß einer Hausmülldeponie auf das Grundwasser<br>Betrieb einer Hausmülldeponie als Reaktordeponie                               |
| 1987 | Untersuchungen über den zweistufigen, anaeroben Abbau (TSAAD)                                                                       |
| 1992 | Möglichkeiten der Verwertung von kompostiertem Hausmüll                                                                             |

Tab. 1 Chronologische Auflistung neuer Themen in der Deponieforschung

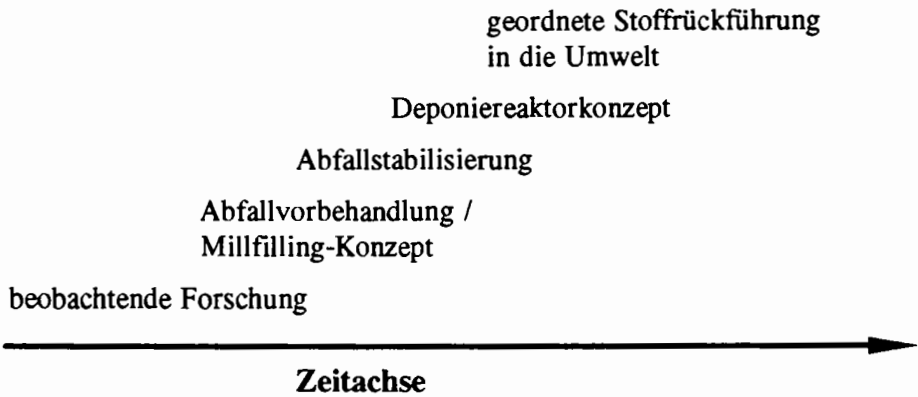


Abb. 9: Entwicklungsstufen in der Deponieforschung

Bei der Zusammenstellung der aus den Projekten gezogenen Schlußfolgerungen wurde offensichtlich, daß auf die am Projektbeginn gestellten Forschungsfragen oftmals nicht eingegangen wird. In manchen Berichten fehlt die Präsentation der gezogenen Schlußfolgerungen sogar gänzlich. Für die abgeschlossenen Projekte gilt, daß 29 von insgesamt 47 Forschungsfragen (62%) in den jeweiligen Berichten keine Erwähnung in den Schlußfolgerungen finden.

## Schlussfolgerungen

Die Entwicklungen im Abfallmanagement vollziehen sich heute schneller als je zu vor. Ähnlich der Gesellschaft im allgemeinen scheint das Abfallmanagementsystem dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zu folgen - unwiderruflich gewinnt es an Komplexität. Für die Auswertung und ein tieferes Verständnis der heutigen und zukünftigen Entwicklungen ist der Bedarf an Referenzquellen offensichtlich.

Deponieversuchsfelder sind ein wichtiges Beispiel für mögliche Referenzquellen. Bedauerlicherweise werden sie heute stark vernachlässigt. Damit das Potential abgeschlossener sowie laufender Experimente an Versuchsfeldern vollständig ausgeschöpft werden kann,

ist es unentbehrlich, daß deren Aufzeichnungen zugänglich und anwendbar gemacht werden. Es ist zu wünschen, daß die IEA-Datenbasis hierzu ihren Beitrag leistet. Weiterhin ist es notwendig, daß bestehende Versuchsfelder für zukünftige Untersuchungen erhalten bleiben, denn es ist offensichtlich, daß wir die in der Zukunft auftretenden Forschungsfragen nicht vorhersagen können.

## Literatur

- HAM, R.K. & BOOKTER, T.J. (1982) „Decomposition of solid waste in test lysimeters“, Journal of the Environmental Engineering Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers 108 (EE6), 1147-70.
- LAGERKVIST, A. & ECKE, H. (1995) „Data base of landfill test cells“ (Manuskript) IEA Expert Working Group on Landfill Gas.
- LAWSON, J.J. & HAM, R.K. (1973) „Final report on a demonstration projekt at Madison, Wisconsin to investigate milling of solid waste“ 3-G06-EC-00000-00S1, U.S. Environmental Protection Agency.



## DISKUSSION

## Deponierungsstrategie, Versuchsfelder und die Zukunft

**VORTISCH:** Mit der Frage der Müllverbrennung ist natürlich ein besonders heißes Eisen angefaßt worden. Wenn ich selbst etwas dazu sagen darf: tatsächlich ist es so, daß die Toxikologen sich keineswegs einig sind, ob eine Anlage, vorausgesetzt sie hält alle sogenannten Grenzwerte ein, auch genauso unbedenklich ist, wie bei Betrachtung der einzelnen Schadstoffe für sich alleine. Es gibt also eine nicht geringe Zahl von Toxikologen, die der Meinung sind, eine Fülle von Stoffen, vom Menschen aufgenommen, alle unterhalb des sogenannten Grenzwertes, können gemeinsam doch zu einer Irritation der Zelle führen. Das ist meßbar. Außerdem haben die, die sich mit Deponierungsfragen beschäftigen, den Eindruck, daß die Diskussion bezüglich Deponierung oder Verbrennung nicht nach rein wissenschaftlichen Gesichtspunkten geführt wird, sondern mehr nach geschäftlichen. Im deutschsprachigen Mitteleuropa ist, wenn wir es einmal ganz harmlos sagen, durchaus ein politischer Einfluß der Verbrennerlobby spürbar.

Schließlich darf man auch sagen, wenn man von Stabilität spricht, daß von allen natürlichen Substanzen Gläser die instabilsten sind, deswegen studieren wir sogerne Gläser, weil sie sich am schnellsten in Tonminerale umwandeln und dann wieder zeigen, wie das Milieu war, in dem sie sich umgewandelt haben. Das geht aber natürlich über normale Verwaltungszeiträume hinaus, der eigene Grabstein wird deshalb nicht mehr umgestürzt. Geologisch gesehen muß man aber dessen klar sein, zumal das durchaus auch Gläser sein können, die von Anfang an nicht gerade die stabilsten sind. Denn natürlich hängt die Glasstabilität von der chemischen Zusammenstzung auch ab.

**WIMMER:** Es reizt mich zu diesen Anmerkungen noch einige Anmerkungen zu machen.

Ich werde weder von einer Verbrenner- noch von einer Deponierer-Lobby bezahlt und fühle mich keiner zugehörig. Sie werden nie Toxikologen, Geologen, Chemiker und welche Wissenschaftsdisziplinen noch immer finden, die sich alle in irgendeiner Form über ihren Gegenstand der Wissenschaft einig sind, sonst gäbe es u.a. keinen wissenschaftlichen Fortschritt.

Ich glaube, und ich habe mich sehr intensiv damit beschäftigt, daß man heute Abfallverbrennungsanlagen bauen kann, die pro Kilowattstunde nutzbare Energie keine höheren Emissionen haben, als unsere konventionelle Energieerzeugungstechnologie. Man kann auch vermutlich sehr leicht nachweisen, daß, wenn man den gesamten österreichischen Hausabfall und den ähnlichen Gewerbeabfall etc. verbrennt, etwa in der Größenordnung Hunderstel- bis Zehntelprozent Zusatzschadstoff-Flüsse in die Luft als wesentlicher toxikologischer Pfad produziert werden würden, wenn sie die Energie nicht nutzen. Wenn sie die Energie nutzen, kann es ungefähr ein Null-Summenspiel durch Substitutionseffekte sein.

Zu den Gläsern: es gibt nicht nur einen zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, sondern auch den ersten, man kann Stoffe durch nichts zum Verschwinden bringen - außer durch radioaktive Prozesse, die uns hier nicht interessieren. Wenn wir Stoffe in die Natur einführen wollen, und das Konzept halte ich für richtig und richtungsweisend, in den Kreislauf der Natur, was immer das sein soll, zurückgeben wollen, dann haben wir auch eine Zeitperspektive und wir haben die große Unbekannte der Zukunft. Wir wissen nicht, ob das in 10 Jahren oder in 10.000 Jahren passiert. oder "nie". Damit ist man an einem Punkt, meiner Meinung nach, der die Option "Zukunft" sehr fragwürdig werden läßt.

Wenn ich Prozesse in die Zukunft verlagere, müßte ich sie letztendlich kontrollieren. Wenn ich sie kontrollieren will, dann wird das Deponieren sehr rasch teuer und teurer als das Verbrennen heute. Wenn sie 50 Jahre lang Sickerwasser behandeln wollen, und so wie es nach österreichischen oder deutschen Rechtsvorschriften ist, so jede Woche oder alle zwei Wochen die Sickerwässer auf alle möglichen Parameter messen, ihr Gas messen, einen Mann habe, der herumläuft auf der Deponie, die Grundwassersonden kontrolliert etc., dann haben sie eine sehr teure Form der Deponierung und sie verdoppeln etwas die Kosten bei 20, 30 Jahren Nachsorge. Es wird also bald unleistbar. Warum nicht die Option Glas und ich gebe ihnen recht. Glas wäre ein technisches Produkt, das wir in breitem Umfang nutzen könnten in unserer Gesellschaft. Und immerhin haben vulkanische Gläser sehr, sehr lange geologische Zeiträume, auch unter erosiven Bedingungen, ganz gut überlebt.

LAGERKVIST: Das zeigt die Bedürfnisse für neue Technologie in den Deponien, um Abfall schneller zu stabilisieren. Ich finde diese Gegensätze zwischen Verbrennung und Deponieren ein bißchen konstruiert. es gibt ja keine Verbrennung ohne Deponieren. Wenn die Verbrennungsanlage läuft, dann gibt es ja Rückstände, die beseitigt werden müßten. Wenn es technische Gebrechen gibt und die Anlage nicht läuft, aus welchen Gründen immer, dann muß man einen Notausgang haben, man kann ja den Abfall ins Ausland nicht sehr lange exportieren. Aber die grundsätzliche Frage ist ja, wie macht man die Transferierung von Gesellschaft zur Natur am effizientesten Weg. Das ist die Frage, ob der eine oder der andere Weg ist wohl gleichgültig. Aber man soll ja keine besondere Richtung im voraus ausschließen, bevor man richtig versteht, was für Konsequenzen die verschiedene Wege haben. Und wenn es zum Verglasen kommt, besteht die Tatsache, es kostet Energie, es kostet unter Umständen auch Nachsorge. Vielleicht gibt es mehrere effektive Wege die gleichen Ziele zu erreichen. Das muß man ja untersuchen. Es gibt

sehr verschiedene Situationen und Lösungen, die möglich sind.

VORTISCH: Wobei das Problem ist, daß in Mitteleuropa die Gesetzgeber jetzt dazu übergehen, mit der Festlegung einer Deponierungsobergrenze von 5 % organischem Kohlenstoff nur einen Weg offen zu lassen, und das erscheint eben bedenklich.

LAGERKVIST: Aber das wird sich, meine ich, in 10 Jahren ändern. Die Gesetze nähern sich immer dem, was praktisch möglich ist, es dauert nur lange.

HENRICH: Ich habe noch eine Frage zur Verbrennung. Muß man bei der Verbrennung nicht Voraussetzungen machen, die in Richtung Mülltrennung gehen? Ich denke da zum Beispiel an die Batterien, die getrennt gesammelt werden, oder auch an PVC, daß man chlorhaltigen Kunststoff eben kennzeichnet, daß die abgetrennt werden. Und was wären die weiteren Voraussetzungen, ihrer Meinung nach, für eine saubere Verbrennung, jetzt abgesehen von Filtrationsmaßnahmen.

LAGERKVIST: Was sind die Motive für die Verbrennung? Es ist ja das übliche über Energiefaktoren und Bedürfnisse für Materialien zu reden. Aber dann gibt es ja auch eine andere, mehr langfristige Frage: welche Bedeutung haben diese Materialien auf Dauer? Welche Bedeutung haben z.B. organische Stoffe für die Mobilität des Metalles in ihrer Langzeitwirkung. Gestern haben wir beispielsweise etwa diese Eisenkarbonate gesehen. Wir haben von Deponien Materialproben genommen und haben versucht die Metallspezifizierung zu untersuchen. Anfangs haben wir geglaubt, die Metalle sind alle aus Sulfiden in den Deponien. Ich meine hier nicht in der Gesamtdeponie sondern im untersten Bereich, wo das Sickerwasser austritt. Aber wir haben herausgefunden, daß es zumindest in dem Fall, wo es sich um Hausmüll handelt, einfach nicht genug Schwefel und Sulfide gab. Aber was haben wir, wir haben einen organischen Komplex. Das ist ein sehr bedeutender Faktor für die Retention/Reduktion einiger Stoffe. Wenn man das wegnimmt, dann kann das ja eine Konsequenz

auf Langzeit haben. Aber darüber wissen wir heute nicht genug.

**HENRICH:** Ich habe eine Frage, die geht vielleicht noch in eine andere Richtung. Meiner Meinung nach wird eben von der Bevölkerung die Mülltrennung nicht konsequent genug durchgeführt. Daß etwa die Batterien eben nicht zurückgegeben werden, sondern einfach in den Hausmüll kommen. Genauso weiß man nicht, um was für einen Kunststoff es sich handelt, PVC's oder chlorfreier Kunststoff oder sind ihre Erfahrungen vielleicht so, daß in skandinavischen Ländern das Konzept der Mülltrennung besser durchführbar ist als in südlichen Ländern.

**LAGERKVIST:** Ich bin nicht sicher, aber ich glaube, die bestlaufende Mülltrennung läuft in der Stadt Bras in Schweden, wenn wir vom nordischen Raum reden. Kontinentale kenne ich überhaupt nicht. Die organische Fraktion hat im Durchschnitt zw. 96 und 98 % Reinheit. Und besser als das ist es nicht möglich.

**WIMMER:** Die organische Fraktion wird kompostiert?

**LAGERKVIST:** Die organische Fraktion wird in diesem Fall durch eine 3-stufige Behandlung zurückgewonnen. Erst kommt eine acidogene-anaerobe Behandlung, deren Sickerwasser wird behandelt, dann hat man eine Nachkompostierung. Aber die Sauberkeit in der organischen Fraktion ist sehr hoch. Aber es gibt eine Grenze, weil die Komplexität in diesen Materialströmen in der Gesellschaft zunimmt, genau wie die Komplexität der Gesellschaft selber, dies entspricht übrigens auch dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik. Man kann nicht 100% Reinheit bei der organischen Fraktionierung erreichen, auf Dauer sind, glaube ich, diese 96 oder 98 % auch nicht haltbar. Das verlangt, daß man eine Grenze zieht. In Bras gibt es die organische Fraktion, dann die verschiedenen Materialrückgewinnungsfraktionen, ferner gibt es sogenannte gefährliche Materialien, und dann gibt es den Rest, der zur Verbrennung geht. Mit fünf bis sechs Fraktionen und einer Menge von Informationen geht es noch. Aber auf Dauer wird das auf eine niedrigere Ebene stoßen.

**MÜLLER:** Es gibt ein gutes Beispiel. In einer deutschen Großstadt hat man in einem Postamt versucht, die Leute dazu zu erziehen., die Briefe schon vorzuordnen, Ortspost, Süden, Norden, Westen, und die Leute standen da und haben schön sortiert und hinter den Schlitten ist alles wieder in einem gemeinsamen Korb gefallen. Und das ist die Situation, die wir bei der Müllfraktionierung haben. Wir haben in Deutschland jetzt in den Haushalten 4 Töpfe und ich habe beim Arsenal gesehen, daß es dort 6 verschiedene Behälter gibt, wo man den Müll sortieren muß.

Ich glaube es gibt eine psychologische Grenze, wo die Leute nicht mehr mitmachen. Abgesehen davon haben wir in unserer Gemeinde schon ca. 15 % türkische Gastarbeiter, die nicht deutsch können, wir haben spanische, wir haben slowenische Arbeiter, das ist auch schon ein Unsicherheitsfaktor bei der Trennung, und ich meine, mit 4 Behältern ist die Grenze schon überschritten, sodaß die Leute nicht mehr mitmachen und man anfängt, alle Arten des "umgekehrten" Müll-diebstahls zu vollziehen. Man kann beobachten, bevor die Müllabfuhr kommt, daß einer noch in die Ecke schleicht und guckt, ob in einem anderen Behälter noch etwas frei ist, und dann etwas hineinschmeißt. Praktisch müßte man also eine Müllpolizei einrichten. Es gibt in Deutschland schon Gesetze, man darf kontrollieren, aber die dürfen das nicht, solange die Müllbox innerhalb des Grundstückes steht, da darf der "Sheriff" nicht hineingehen. Aber in dem Moment, wo man es auf die Straße stellt, da guckt der hinein und sagt "aha". Es gibt zwar noch keine Strafe, aber die Erziehungsmaßnahmen sind sicher gut.

Aber was passiert jetzt? In dem Landkreis, in dem ich wohne, geht all dieser Müll der so schön sortiert ist, nach Sintzheim auf eine neue Müllsortierungsanlage und wird nochmal von Hand sortiert, weil man für Glas eine Reinheit von 99 % braucht und das niemals erreicht. Auf den Containern steht braunes Glas, grünes Glas, gelbes Glas, farbloses Glas, und das ist an diese Grenze gekommen,

Man kann noch so umweltbewußt sein und alle diese Dinge wissen, es wird nie soweit kommen, daß der geforderte Standard erreicht wird und es muß von Hand nachsortiert werden. Wieso kann man das nicht von vornherein so machen, daß man sagt, wir lassen diesen ganzen Blödsinn und nehmen für Humus/Kompost eine braune Tonne, das versteht jeder, das sind Essensabfälle. Aber da dürfen wieder keine Knochen hinein. Jetzt frage ich mich, bei Ihren Essensabfällen, Knochen gehören ja auch dazu, wenn Sie Hühnchen essen, oder kochen Sie die Knochen extra? Den Joghurtbecher, den Sie haben, den müssen sie vorher ausspülen, und jetzt frage ich mich, wieviel Wasser wird da verschwendet. Eine wirklich gut durchdachte Regelung, glaube ich, wird sich so auswirken, daß letztendlich alles sortiert werden muß. Die Technik der Sortierung ist so weit fortgeschritten, daß man das auch machen kann. Ich frage mich, wer prüft im Arsenal in den 6 Behältern, ob das wirklich immer gemacht wird?

**LAGERKVIST:** Warum ist das so, daß man ausgerechnet auf diesem Gebiet eine Wertgemeinschaft in der Gesellschaft erreichen will?. Könnte man solche Wertgemeinschaften erreichen, hätte man ja keine Kriminalität. Der Mensch ist leider nicht für diese Gesellschaft gebaut.

**WIMMER:** Ich möchte die Diskussion nicht überstrapazieren, aber zu Herrn Prof. Müllers Beitrag eine kurze Anmerkung: die Erfahrungen mit einer Gesamtabfallsortierung gab es in Österreich lange Zeit, das berühmte "Rinter-Zelt" in Wien. Gesamtabfallsortierung zu Werststoffen ist sinnlos, ist wertlos, ist nicht machbar, ist eine Katastrophe. Sie müssen bestimmte Hauptfraktionen vorher getrennt erfassen. Ob die etwas dreckiger oder etwas sauberer sind, ist egal, man muß sie nachsortieren und bekommt dann ganz gute Produkte.

**VORTISCH:** Im Prinzip ist das ja ein dramatischer Appell, jetzt auch einmal rückwärts zu denken und zu sagen, wir müssen eigentlich bei der Erzeugung des Mülls einsetzen. Denn unsere Lebensqualität war in den 50er Jahren

ja auch nicht viel schlechter, bis auf weniger Autos, die herumfahren konnte, dafür gab es mehr Bahn. Wir hatten aber nur einen Bruchteil des Mülls. Wir müssen uns klar machen, daß da volkswirtschaftliche Zwänge erzeugt worden sind, die eigentlich gesamtvolkswirtschaftlich gar nicht sinnvoll sind: mit viel Aufwand, mit viel Raffinesse Produkte erzeugen, mit viel Aufwand und viel Raffinesse sie irgendwo hinbringen und hoffen, daß sie die Umwelt nicht schädigen. Ich glaube, das sollten wir nicht vergessen.

Ich hätte noch einen praktischen Hinweis. Es gibt als Ergänzung noch zu den Versuchsdeponien auch ausgegrabene normale Deponien. In W-Deutschland hat man eine alte Deponie - schon mit Basisdichtung eines bestimmten Tones, ganz bestimmten bodenmechanischen Eigenschaften, tonmineralogischen Eigenschaften am Anfang - nach 8 Jahren Laufzeit ausgegraben und gesehen, daß unter Einstau, aufgrund höherer Thalliumgehalte der Sickerwässer vermutlich, die quellfähigen Tonminerale, einst durch Verwitterung aus Illit entstanden, sich in der Basisdichtung rückwaschend zurückentwickelt haben wieder zu Illit, zu einem Tonmineral mit viel geringerem Volumen. Entsprechend gab es unter Einstau Rißbildungen, die schon ungefähr 10 cm oder ein bißchen mehr hineinreichten. Die bodenmechanischen Eigenschaften, Plastizität, Selbstheilungsvermögen haben sich auch entsprechend geändert. Also solche Projekt gibt es einige beim deutschen Bruder und sollte man vielleicht in Ihre Datenbank mit aufzunehmen versuchen.

Die letzte Frage wäre, werden ihre Gesamtdarstellungen veröffentlicht und wo, sodaß wir alle darauf zurückgreifen können.

**LAGERKVIST:** Wir haben eine Zusammenfassung publiziert, die ungefähr 300 Seiten lang ist. Und das Material wächst immer noch. Wir werden versuchen, diese Datenbasis über das Internet verfügbar machen, damit man die Daten durch ein Suchprofil erreichen kann. Dann bekommt man einen Rapport und fragt nach einer gewissen Art von Versuchen oder Resultaten. Ich kann

ihnen nicht die Gesamtdatenbasis kopieren, das wird zu teuer.

**VORTISCH:** Gesamtveröffentlichung, sagen wir einmal der wichtigsten Zahlen.

**LAGERKVIST:** Ja wir werden daraus Präsentationen machen. Wir sind ja noch am Anfang. Neues Material bekomme ich gerne.

**VORTISCH:** Die Daten, die sie genannt haben, sind die auch veröffentlicht ?

**TUFAR:** Das ist keine Frage, sondern nur eine kurze Anmerkung zu dem, was Prof. MÜLLER gesagt hat. Es wird ja die Müllentsorgung in Hessen ganz intensiv betrieben. Vor einiger Zeit ist in Nordhessen eine Großdeponie gemacht worden, die Müllpreise sind drastisch erhöht worden. Wir sammeln ja sehr viel Müll und sortieren den Müll und da ist der normale Hausmüll drastisch zurückgegangen. Daraufhin ist wieder eine Müllerrhöhung gekommen mit dem Argument, die Deponie ist nicht ausgelastet und das erhöht die Preise. Das wollte ich dazu sagen. Wir leben in einer Gemeinde, wo der Bürgermeister etwas anderes reagiert hat und nur mehr 4 mal wöchentlich die Tonnen entleeren läßt. Es ist wirklich zum Teil unsinnig, was da an Energie verschwendet wird.

Aber ich habe eine Frage, die sollten wir vielleicht nicht aus dem Blickpunkt verlieren.

Wollen wir wirklich einen Wissenschaftszweig in der Zukunft brotlos machen? Denn hätten die alten Römer und Griechen schon so konsequent Müll entsorgt, dann hätten wir heute keine Archäologen. Damit wollte ich abschließen.

**HENRICH:** Da ich das Mikrophon schon habe, wollte ich auch eine provokante Bemerkung machen, auf die ich für mich die Antwort schon habe. Müßten nicht eigentlich alle Produkte doppelt so teuer sein, wie sie jetzt sind, also Autos, Computer, weil man eben für die Beseitigung, Zerlegung etwa dieselben Kosten aufzuwenden hat wie für die Herstellung ?

**TUFAR:** Es gibt hin und wieder in Hessen Schulfunkfernsehsendungen. In einer wurde vorgerechnet, wenn man wirklich das für Wärmedämm-Materialien bezahlen müßte, was die Produktion kostet, ist es besser man, nicht zu dämmen.

**RIEHL - H.:** Ich habe mich bis jetzt zurückgehalten, aber ich möchte hinweisen auf meinen Vortrag, da werden viele Fragen behandelt und auch die Dokumentation und die Schwierigkeit vor allem einer Langzeitdokumentation in einer Gesellschaft, wenn man dafür eintritt.

#### **Diskussionsbeiträge von:**

**Dr. W. HENRICH**

Vöslauer Heilquellenverwertungs AG  
Paitzriegelgasse 2  
A - 2540 Bad Vöslau

**Prof. Dr. G. MÜLLER**

Inst.f.Sedimentforschung der  
Universität Heidelberg  
D-69112 Heidelberg

**Dr. G. RIEHL-HERWIRSCH**

Institut für Geologie  
TU - Wien  
Karlsplatz 13  
1040 Wien

**Prof. Dr. W. TUFAR**

Philipps-Univ. Marburg,  
Fachbereich Geowissenschaften  
Hans-Meerwein-Straße  
D-35032 Marburg/Lahn

**Prof. Dr. W. VORTISCH**

Inst.f. Prospektion u. angew.  
Sedimentologie  
Montanuniversität Leoben  
A - 8700 Leoben

**Dipl. Ing. Dr. J. WIMMER**

Oberösterreichische Umwelthanwaltschaft  
Stifterstraße 28  
A - 4020 Linz