

# BARBARA-GESPRÄCHE

## Payerbach 1995

Die Versuchsanlage Breitenau  
Aufbau und Wasserwegsamkeiten  
Ergebnisse und Fragen

G. RIEHL - H.  
P. CARNIEL  
M. HACKENBERG



## INHALT

1.	PLANUNG, BAU UND ERGEBNISSE BIS 1991	193
2.	MESSUNGEN UND BEOBACHTUNGEN BIS 1995	196
2.1	Sickerwassermengen	196
2.2	Durchlässigkeitsbetrachtungen zur Basisdichtung	198
2.3	Chemismus	200
2.4	Biotoxizität	203
2.5	Temperaturen	204
3.	WASSERWEGSAMKEITEN	205
3.1	Allgemeines	205
3.2	Setzungen, Rißbildung	205
3.3	Einfluß von Deponieaufbau und Müllschüttung auf die Wasserwegsamkeit	205
3.3.1	Deponieabdeckung	205
3.3.2	Einbaustrukturen	207
3.4	Einfluß der Umsetzungsvorgänge	210
3.5	Materialbedingter Einfluß	210
4.	ACRYLGLASPEGEL FELD II (Beobachtungen mittels TV-Kamera)	211
4.1	Pegeleinbau	211
4.2	TV-Aufnahmen des Pegels FII 1993/94/95	211
4.2.1	Oberer Pegelabschnitt, 0 - 4 m	212
4.2.2	Mittlerer Pegelabschnitt, 4 - 6,3 m	212
4.2.3	Unterer Pegelabschnitt, 6,3 - 9 m	213
5.	SITUATION WASSERWEGIG GELAGERTER ABFALLKÖRPER	216
6.	DIE BEDEUTUNG VON BREITENAU UND DIE DERZEITIGE SITUATION	218
7.	LITERATUR	219
	DISKUSSION	223

*Anschrift der Verfasser:*

*Dr. Georg RIEHL-HERWIRSCH*  
*Inst.f. Geologie*  
*TU-Wien*  
*Karlsplatz 13*  
*A - 1040 Wien*

*Ing. Peter CARNIEL*  
*Michael HACKENBERG*  
*Hauptstraße 70*  
*A - 2801 Katzelsdorf*

*Anmerkung der Autoren:*

*Die vorliegende Publikation wurde anfangs 1997 neu überarbeitet: Gegen die Veröffentlichung der Daten 1991 - 1995 gab es große Bedenken. Da niemand für die laufenden Betriebskosten und für die wissenschaftliche Betreuung der Versuchsanlage Breitenau finanzielle Mittel zur Verfügung stellen wollte, mußten diese Auslagen zum Teil privat bevorschußt werden um den Weiterbestand der Einrichtung zu ermöglichen. Außerhalb Österreichs hat man allerdings die Bedeutung der Deponieforschung bereits erkannt. Mehrere einschlägige Forschungsprojekte und Veröffentlichungen zu diesem Thema waren zu beachten. Datenmaterial und Ergebnisse der Versuchsanlage Breitenau stehen damit für weitere Bearbeitungen zur Verfügung.*

Barbara-Gespräche Payerbach 1995	Band 2	"Geogen - Anthropogen" "Hausmüllversuchsanlage Breitenau"	Seite 191-225 Abb. 1 - 15	Wien 1997
-------------------------------------	--------	--	------------------------------	-----------

# Die Versuchsanlage Breitenau

## Aufbau und Wasserwegsamkeiten.

### Ergebnisse und Fragen

G. RIEHL - H., P. CARNIEL, M. HACKENBERG

#### 1. Planung, Bau und Ergebnisse bis 1991

Bereits 1970 entstand die ursprüngliche Idee zum Forschungsprojekt Hausmüllversuchsanlage Breitenau. Damals waren noch ungeschützte Müllablagerungen in ausgebauten Kiesgruben üblich und die Grundwässer des Wiener Beckens (Mitterndorfer Senke) unter anderem dadurch belastet. Das Problem sollte unter Verwendung der bei der Kieswäsche anfallenden Feinteile durch Nutzung derselben als Deponiebasisdichtung einer konstruktiven Lösung zugeführt werden. In einer ersten Studie (G. RIEHL-H., P. LECHNER 1983) wurden als Schwerpunkt der Untersuchungen folgende Themen gewählt:

- Einfluß von Müll-verfüllten Kiesabbau-gruben auf das Grundwasser
- Eignung von Schlämmrückständen aus der Kieswäsche als Grundwasserschutzschicht
- Einfluß von Deponieabdeckung und Oberflächengestaltung auf den Wasserhaushalt

Zur Beantwortung dieser Fragen waren drei Untersuchungsphasen mit wachsender Modellgröße vorgesehen. Die Ergebnisse der ersten beiden Phasen (Lysimeterversuche an Schluffen, Modelldimension einige Liter, und halbtechnische Versuche, Modelldimension ca. 1m<sup>3</sup>, wurden in einem gesonderten Bericht behandelt (G. RIEHL-H et.al., 1983).

Um die in der Aufgabenstellung formulierten Fragestellungen beantworten zu können, erschien damals als dritte Phase die Projektierung und Ausführung einer Versuchsdeponie in großem Maßstab mit drei weitgehend voneinander unabhängigen Deponierungsabschnitten (Feld I-III) als der beste Weg. Die Unterscheidungen wurden sowohl durch differierende Abdeckungsarten (Variation des Niederschlagseintrages) als auch durch die vorhandene bzw. fehlende mineralische Dichtungsschicht an der Basis der Deponie-Felder erreicht (Abb. 1). Auf den genauen Aufbau der Versuchsanlage Breitenau wird auch in der Arbeit von E. BINNER, Th. LAHNER 1997 in diesem Band eingegangen.

Planung, Ausführung und Untersuchungen des Forschungsprojektes wurden von der TU Wien, Institut für Geologie und Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Abt. Abfallwirtschaft durchgeführt, die Projektleitung lag in den Händen von G.RIEHL-H. und P. LECHNER. Finanziert wurde das Projekt bis 1991 vom Amt der NÖ Landesregierung, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Abt. B/9, Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, Österreichischen Wirtschaftskammer, Sektion Gewerbe und Sektion Industrie. Die Finanzierung der Bau- und Ausstattungskosten erfolgte durch Zession der Ablagerungsgebühren an das Bauunternehmen, was in der Folge zu großen finanziellen Problemen geführt hat. Während der Bau- und Einbringungsarbeiten wurde amtlicherseits die Möglichkeit eingeräumt, das ursprünglich geplante Volumen von 15-20.000 m<sup>3</sup> auf

100.000 m<sup>3</sup> zu erhöhen. Damit ist die Versuchsanlage Breitenau zum weltweit größten Forschungsprojekt dieser Art geworden.

Nach fünf Jahren intensiver Beobachtung und Dokumentation wurden die Ergebnisse bis incl. 1991 im Rahmen des Wasserwirtschaftskatasters des BMfLuF veröffentlicht (G. RIEHL-H., P. LECHNER et.al., 1995). Zum Aufbau soll aus dieser Arbeit übernommen werden:

**Feld I: vollständige Abkapselung, Schluff/Ton/Kies-Abdeckung (wie Basisdichtung)**

Nach 3 Jahren Betrieb lassen stark ansteigende Sickerwassermengen - im Gleichlauf mit Niederschlagsspitzen - erkennen, daß sich eine weitgehende Abkapselung auf Dauer technisch sowie ökonomisch als nicht durchführbar erweist. (Abb. 1: "dicht" war Feld I nur ca. 2,5 Jahre nach Fertigstellung der Schluffabdeckung, bis April 1991, auch Abb.2)

**Feld II: Kiesabdeckung mit großer Durchlässigkeit**

Der starke Wassereintrag durch die wenig dichte Abdeckung (teilweise nur Wandkies) wird durch hohe Sickerwassermengen und den damit verbundenen starken Absenkungen im Temperaturgang (Abb. 2, 8) im Müllkörper angezeigt, das Feld fungiert als „Reaktordeponie“ (P.LECHNER 1992).

**Feld III: Rohkompostabdeckung, maximale Speicher- und Verdunstungsmöglichkeit**

Das Niederschlags-Rückhaltevermögen der Rohkompostabdeckung - zusammen mit einer sich überaus rasch entwickelnden Vegetation - hat bezüglich der Sickerwasserminimierung den besten Erfolg gebracht (R. PAWLICK 1988).

Die Temperaturen im Müllkörper erreichen etwa 1-2 Jahre nach Ende der Müllschüttung

ihr Maximum mit ca. 47-50°C. Lokale Bereiche in Feld I und II zeigen markante Temperaturabsenkungen bei großen Niederschlagsereignissen (Feld II seit Beginn der Müll-Ablagerung, Feld I seit einem "Wasser-einbruch" nach der Schneeschmelze im Frühjahr 1991, Abb. Tafeln XII-XII, G. RIEHL-H. et.al. 1995).

Nach dem Einbau des Hausmülls ließen sich in allen drei Feldern deutlich zwei ausgeprägte Gärungsphasen, die sogenannte "saure Phase" und die "stabile Methanphase", erkennen.

Die Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser sanken innerhalb von 2 Jahren auf Werte, die nach Angaben in der Literatur (H.-J. EHRIG 1989) sonst erst in "alten" Deponien, frühestens 6-8 Jahre nach der Verfüllung, auftreten (P. BACCINI et.al. 1987, 1992, H. LÖFFLER 1988). Eine mögliche Erklärung dafür ist die Schaffung eines "günstigen" Wassergehalts im Hausmüll durch Zugabe von Wasser beim Mülleinbau oder durch die Sickerwasserkreislaufführung in Feld II und Feld III. Damit wird eine Verbesserung der Milieubedingungen für das Abbauverhalten im Müllkörper erreicht (Reaktordeponie).

Eine weitere Erklärung ist, daß ein Teil des Einbauwassers und des laufend zutretenden Niederschlagswassers in "gasgetragenen Sickerwasser-Speichern" ("virtueller Wasserspiegel", R. STEGMANN 1990) mit möglicherweise hoher Schadstoffkonzentration zwischengespeichert wird. Bevorzugte, rasch ausgelaugte Wasserwege innerhalb des Müllkörpers lassen so nur scheinbar gering belastete Sickerwässer entstehen!

Der mit Kies und Altreifen ausgeführte seitliche Folienschutz wirkt als Drainage und bietet einem Großteil des Wassers direkten Durchgang ohne wesentlichen Kontakt mit dem Müll. Das schließlich austretende Sickerwasser wird daher in Niederschlagsphasen und zur Zeit von Schneeschmelzen und Starkregenereignissen geringere Belastungen aufweisen als in Trockenphasen, wo hochbelastete Anteile aus den "gasgetragenen Zwischenspeichern" dominieren.

Im Verlauf der Methangärung kommt es bei den Sickerwässern zu einer Änderung des Isotopenverhältnisses, einer Deuteriumanreicherung (D. RANK et.al. 1992). Zusammen mit dem erhöhten Tritiumgehalt des Deponiewassers erlaubt dies, sowohl das isotopisch unterschiedliche Niederschlagswasser im Müllkörper als auch die Wasserbewegung durch die Basisdichtung zu verfolgen (siehe dazu auch Abschnitt 2.2.).

Ein hoher Wirkungsgrad der Basisdichtung aus Schlämmrückständen nach der Kieswäsche konnte nachgewiesen werden (k-Wert 1991: Feld I...5,5x10<sup>-10</sup>, Feld II...9,8x10<sup>-10</sup>). Eine

zeitliche Veränderung des Rückhaltevermögens der Dichtschichte ist erkennbar (Menge und Qualität des Durchlaufs), müßte aber noch weiter beobachtet werden.

Die durch das Gasdrainagesystem erfaßte Gasproduktion zeigt einen Rückgang auf ca. 1/4 der Anfangsmenge im Zeitraum von 2 Jahren. Im allgemeinen Interesse liegende, detaillierte Aussagen waren leider wegen fehlender finanzieller Mittel nicht möglich. Mit der vorliegenden Arbeit sollen zum Teil die Ergebnisse 1991 bis 1995 nachgetragen und interpretiert werden.

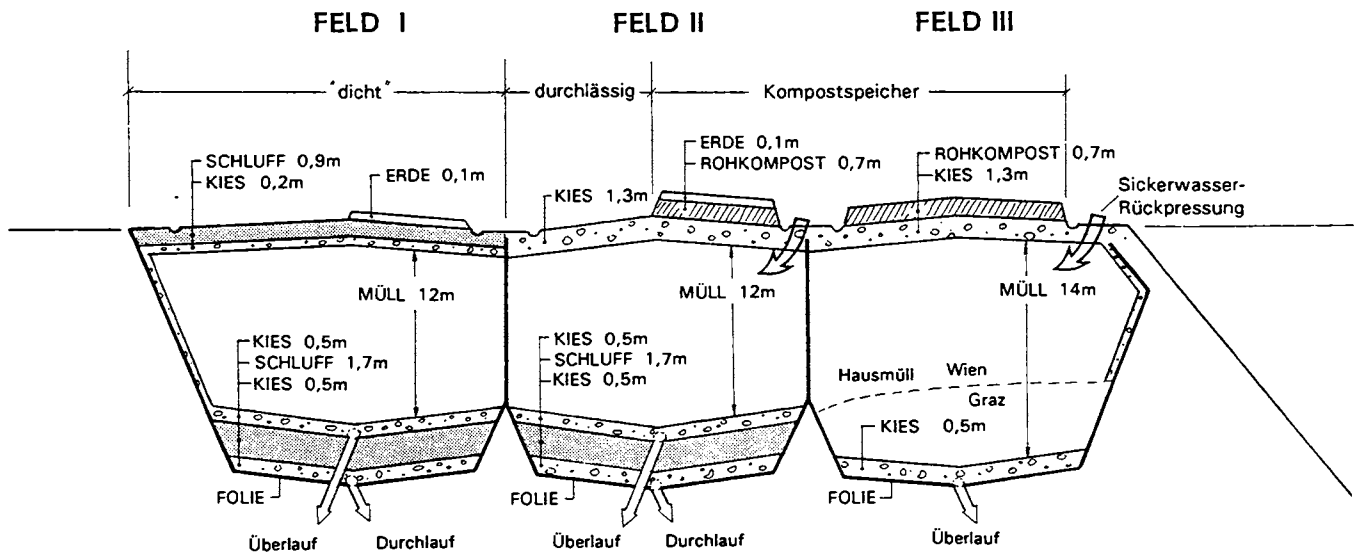


Abb. 1: (aus: G. RIEHL - H. et.al. 1995) Schematischer Aufbau der drei Versuchsfelder der Hausmüllversuchsanlage Breitenau. Die unterschiedlichen Deponieabdeckungen und Oberflächengestaltungen der drei Versuchsfelder haben einen wesentlichen Einfluß auf den Wasserhaushalt (anfallende Sickerwassermengen)

## 2. Messungen und Beobachtungen bis 1995

### 2.1 Sickerwassermengen

Nach der Konstruktion der Anlage lassen sich zwei verschiedene und getrennt nach Feld und Herkunft gesammelte, gemessene und untersuchte Sickerwässer unterscheiden:

das **Überlaufwasser (Ü)**, das oberhalb der mineralischen Dichtschicht abgeleitet wird (bei Feld III gibt es nur Überlaufwasser) und in seiner Qualität einem normalen Deponie-sickerwasser entspricht, und das **Durchlaufwasser (D)** welches unterhalb der mineralischen Dichtschicht gesammelt wird (Abb. 1).

#### Überlauf (Ü I, Ü II, Ü III)

Es zeigte sich, daß die Oberflächenabdeckung und Gestaltung einen entscheidenden Einfluß auf die niederschlagsbedingt anfallenden Sickerwassermengen haben.

In der Abb. 2 wird eine Auswahl der wichtigsten für den Wasserhaushalt relevanten Monatsmengen in ihrer zeitlichen Entwicklung für den Zeitraum 1987-1995 dargestellt.

Als Flüssigkeitseintrag gelten (N) Niederschlag und (R) Sickerwasser-Rückpressung, als Flüssigkeitsaustrag gelten (Ü) Überlauf, die über der Dichtschicht, in freier Vorflut anfallende Flüssigkeitsmenge und (D) Durchlauf, die durch die Basisdichtschicht hindurchtretende Flüssigkeitsmenge. Um einen Vergleich zwischen den einzelnen unterschiedlich aufgebauten Feldern zu ermöglichen, sind die dargestellten Wassermengen auf die jeweilige Fläche bezogen und in l/m<sup>2</sup> angegeben (Niederschlag, Rückpressung und Überlauf auf die Deponie Feldfläche, der Durchlauf auf die Fläche der Dichtschicht).

**Ü I: Feld I**, "vollständig abgekapselt" mit Schluff/Ton/Kies-Abdeckung, eine Hälfte an der Oberfläche zusätzlich mit Bodenmaterial der Umgebung bedeckt, lieferte in den ersten beiden Jahren im Verhältnis zum Niederschlag geringe Sickerwassermengen mit abnehmender Tendenz. Im 2. Quartal des dritten Betriebsjahres lassen stark ansteigende Mengen im

Gleichlauf mit den Niederschlagsspitzen erkennen, daß die Oberflächenabkapselung nicht mehr dicht hält. Das nach Starkregenereignissen "durchschießende" Wasser ist zum Teil auf die Wasserwegigkeit der vorgeschriebenen Randkonstruktion (Autoreifen mit Sand auf der Seite der mit einem Vlies geschützten Folienwanne) zurückzuführen, zum Teil auf Setzungsrisse, die sich besonders im erdabgedeckten Teil des Feldes (I/2) nicht durch "Selbsteilung" (Verschlämmen durch ausgewaschene Feinteile der Abdeckung) schließen. Dies zeigt eindeutig, daß eine Abkapselung, selbst wenn sie sorgfältigst durchgeführt worden ist, auf die Dauer weder technisch noch ökonomisch machbar ist (S. MELCHIOR, 1996), **der Durchbruch kommt, und er kommt dann zu einem unerwarteten Zeitpunkt.** Die durchschnittliche tägliche Sickerwassermenge aus diesem Feld liegt bei 2200 l, mit beachtlichen Schwankungen zwischen 700 l (Trockenperiode) und 32.000 l (Starkregen, nach oben offen)!

**Ü II: Feld II**, Kiesabdeckung, auf einer Hälfte mit erdabgedeckter Rohkompostfraktion auf der Kiesplatte, lieferte große Überlaufmengen im 1. Halbjahr des zweiten Betriebsjahres (Rückpressen von Sickerwässern aus den Felder I und II). Im dritten Betriebsjahr lieferte Feld II noch etwas höhere Mengen pro Quadratmeter als Feld I, ab dem vierten Betriebsjahr nahmen die Sickerwassermengen im Vergleich zu Feld I rapide ab. Die tägliche durchschnittliche Sickerwassermenge aus diesem Feld liegt bei 1500 l, wobei die Minima/Maxima (ohne Rückpreßphase 1990) bei 270/9.000 l liegen.

**Ü III: Feld III (Nullversuch)**, ohne Basisdichtung, aber selbstverständlich in der Folienwanne, abgedeckt mit fraktioniertem Rohkompost, zeigte von allen Feldern das beste Niederschlagsrückhaltevermögen. Die Speicherwirkung der Rohkompostabdeckung - erst nach einer knapp vierwöchigen Regenperiode wurde eine Sättigung des Rohkompostes beobachtet - und die üppig wuchernde Vegetation sorgt für reichliche Verdunstung

**VERSUCHSANLAGE  
BREITENAU  
FLÜSSIGKEITSBILANZ**

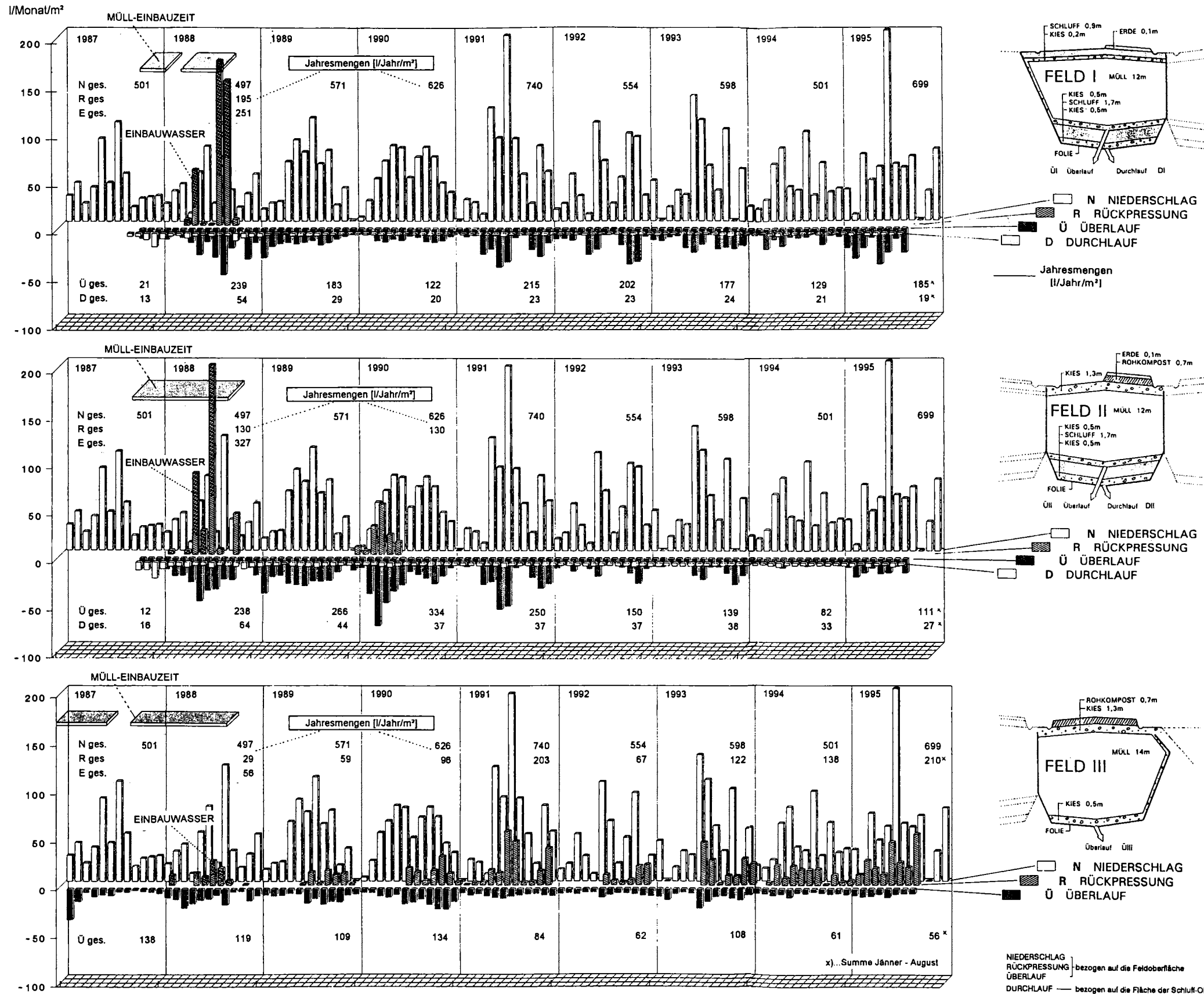


Abb. 2: Niederschlag und Sickerwassermengen. Die Niederschlagsspitzen prägen sich bei Feld I deutlich und bei Feld II schwächer durch, bei Feld III zeigen sie keine Auswirkung. Gut an der Mengenentwicklung 1989-1990 bei Feld I zu erkennen, wie lange die Oberflächenabkapselung dicht gewesen ist.

der meteorischen Wässer. Auch das Rückpressen und die Kreislaufführung von Sickerwässern aus Feld I und Feld II in Feld III führte nur zu einer unwesentlichen Erhöhung der Gesamtmenge, was auf die Speicherkapazität des in diesem Feld eingebrachten „Grazer Mülls“ spricht (Th. LAHNER 1989). Die tägliche durchschnittliche Sickerwassermenge aus diesem Feld liegt bei 1000 l, wobei die Extremwerte trotz Rückpressung nur zwischen 240/2.000 l liegen.

### Durchlauf (DI, DII)

Das unter der mineralischen Dichtschicht anfallende Wasser besteht zum Großteil aus Porenwasser der Feinteilschicht und war daher ursprünglich nahezu unbelastet. Die Menge wurde im ersten Jahr (mit großen Schwankungen) stetig geringer. Seit dem zweiten Jahr beträgt sie für das Feld I ca. 40-50 l/d, für das Feld II 50 - 70 l/d, bei niederschlagsbedingtem Einstau des Überlaufs kommt es zu größeren Abgabemengen auf Grund des erhöhten hydrostatischen Druckes.

Während der Durchlauf I (D I) auch optisch völlig einwandfrei schien, ist beim Durchlauf II (D II) immer schon eine geringe Kontamination auf Grund schwachen H<sub>2</sub>S-Geruches und der im Vergleich zu D I erhöhten Leitfähigkeit feststellbar gewesen. Der Grund hierfür ist in der etwas anderen Konstruktion des Auslaufes sowie in Fehlern der Verschweißung des Einbindestreifens zur Folienwanne zu suchen, die geringe Umläufigkeiten bei Überstau möglich gemacht hat.

Aus den ausgewerteten Daten geht hervor, daß bei **j e d e r** Oberflächengestaltungsvariante Niederschläge in den Deponiekörper eindringen. Eine Einkapselung durch Aufbringen einer Schluff-Ton-Schicht zur Abdichtung der Oberfläche bewirkt **n i c h t z w i n g e n d** geringere Sickerwassermengen als eine durchlässig ausgeführte Oberfläche mit Kompostabdeckung und Bewuchs. Nach Versagen dieser Schluff-Ton-Dichtung (also zu einem nicht vorhersagbaren Zeitpunkt) kommt es dann durch die Wiederbefeuchtung des Mülls zu erhöhter biologischer Aktivität.

Somit ist auch jeder Versuch einer Abkapselung von Abfällen dennoch eine wasserwegige Lagerung und trägt noch zur Komplexität und Unberechenbarkeit von Vorgängen in einer Deponie bei.

Die Versuche in Breitenau zeigten eine **z u m i n d e s t** gleich gute Wirksamkeit einer Kompostabdeckung mit Bewuchs (Verdunstung), wie bei der versuchten Einkapselung mit einer Schluff-Ton-Abdichtung von Feld I. Die Auswertung weist auf eine Schädigung der Oberflächenabdichtung von Feld I bereits innerhalb von 3 Jahren nach ihrer Herstellung hin, während die Wirkung der Vegetation immer besser wird. Trotz Sickerwasserkreislaufführung und höheren Niederschlägen sinkt der Sickerwasseranfall in Feld III, wobei mit einem nicht meßbaren Anteil die o.a. Lagerung und der Feldinhalt daran beteiligt waren.

### 2.2 Durchlässigkeitsbetrachtungen zur Basisdichtung

Die aus den Versuchsfeldern austretenden Durchlaufwässer (Durchlauf = D: die durch die Dichtschicht hindurchtretenden Flüssigkeiten) zeigen eine deutliche Zeitabhängigkeit. In der Anfangsphase zeigen sie eine Abnahme der Mengenwerte, in der anschließenden zweiten Phase schwanken sie um einen gleichbleibenden Wert mit kurzfristigen Spitzen bei erhöhtem Sickerwasserüberstau ober der Dichtschicht. Dieses Verhalten kann so interpretiert werden, daß anfänglich ca. 15 Monate lang die gravitative Konsolidierung gegenüber einer von Kapillarkräften, Strömungsbedingungen usw. bestimmten Durchlässigkeit vorherrscht und zusätzlich überschüssiges Porenwasser austreten läßt. Danach bildet eine konstant bleibende Durchlaufmenge (Durchlässigkeit und Randumläufigkeit) den wesentlichen Anteil an der Gesamtmenge. Beide Phasen können durch mehr oder weniger gut korrelierende Gerade beschrieben werden (Schema in Abb. 4).



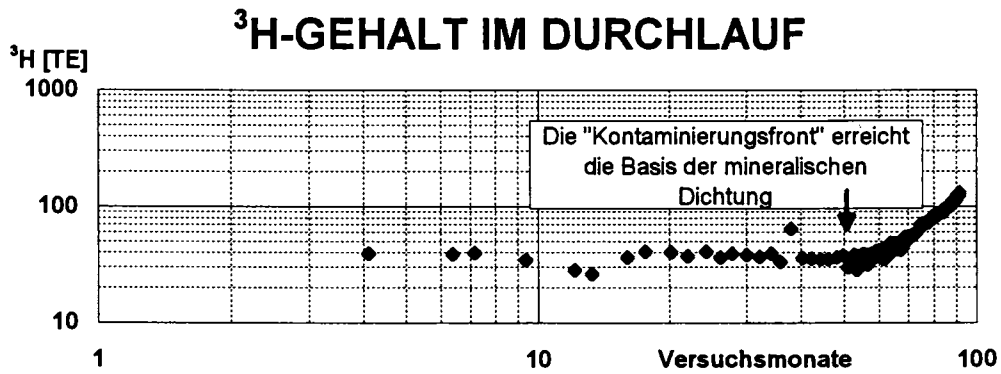


Abb. 3: Isotopenuntersuchungen Breitenau - <sup>3</sup>H-Gehalte im Durchlauf. Zur Verdeutlichung wurde ein doppelt logarithmischer Maßstab gewählt. Die Tritiumbelastung des Überlaufwassers liegt noch um drei Zehnerpotenzen unter dem für Trinkwasser festgesetzten Grenzwert; mit dem eingebauten Müll sind alte tritiumbeleuchtete Geräte (Uhren, Notausgangsbeleuchtung etc.) in die Deponie gelangt.

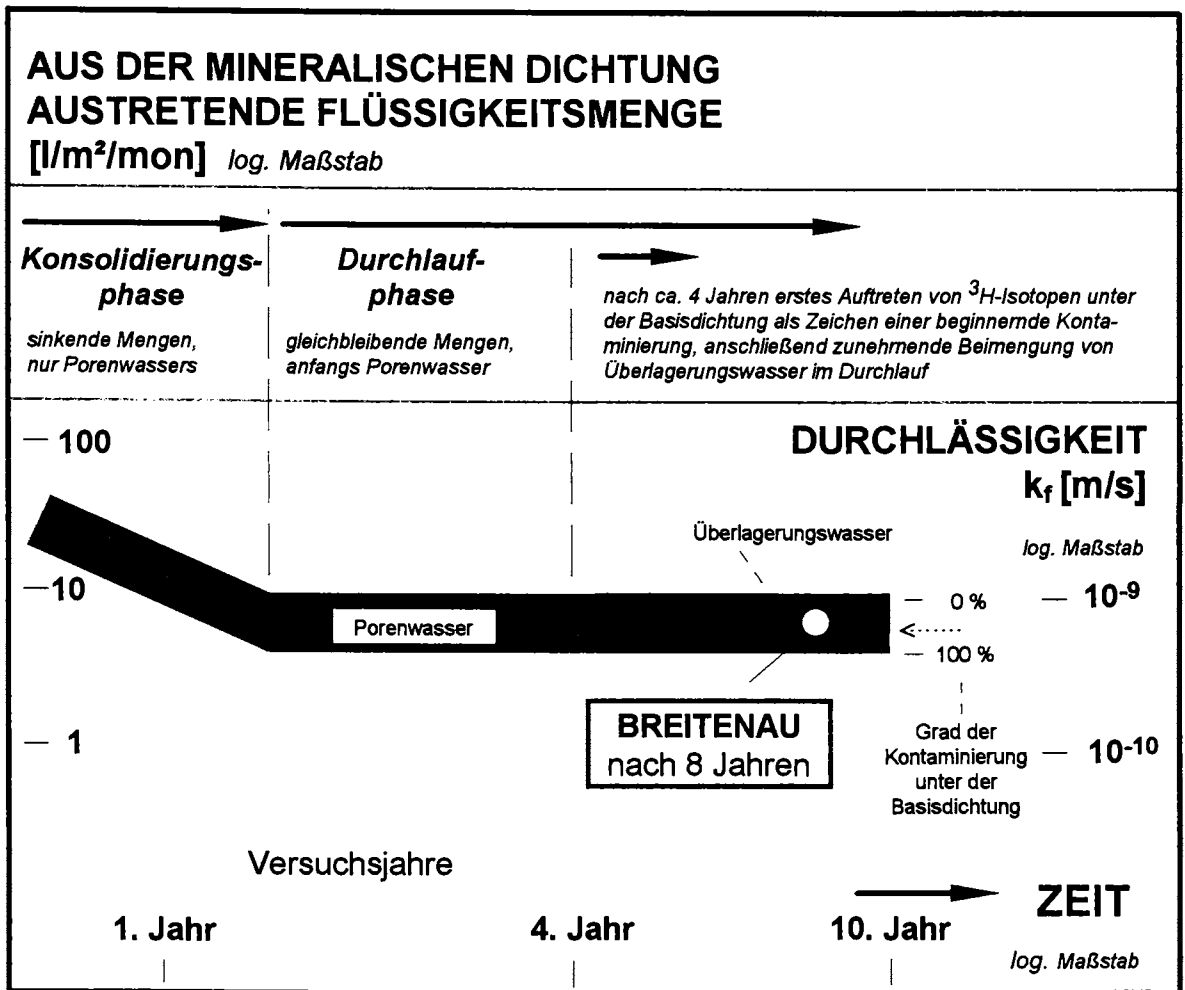


Abb. 4: Das Schema zeigt grob den Verlauf der austretenden Flüssigkeitsmengen während der zwei Entwicklungsphasen: Konsolidierung und Durchlauf. Da ein linearer Maßstab Details des Verlaufs der austretenden Flüssigkeitsmenge nicht sichtbar machen kann, soll die logarithmische Darstellung die Entwicklung dieser Mengen besser verdeutlichen. Zudem können oft natürlich ab- bzw. zunehmende Prozesse in dieser Form der Darstellung als Geradenabschnitte abgebildet werden

Isotopenuntersuchungen der Durchlaufwässer (D. RANK et al., 1997) konnten die Durchsatzgeschwindigkeit von Wassermolekülen des Durchlaufs durch die Dichtungsschicht mit Tritium als Markierung bestimmen. Abb. 3 gibt eine Darstellung der zeitlichen Entwicklung des Tritiumgehalts im Durchlauf. Nach etwa 50 Monaten mit gleichbleibenden Werten markiert ein Anstieg die Ankunft der ersten Wassermoleküle, die die gesamte Schicht durchsetzt haben. Eine "Kontaminierungsfront" ersetzt die intergranuläre Flüssigkeit.

Dieser Zeitpunkt ist zu jenem, der die endende Konsolidierungsphase markiert (Abb. 4), um etwa 40 Monate versetzt. Eine mittlere Geschwindigkeit der "Kontaminierungsfront" läßt sich im Fall Breitenau mit ca. 30 Monaten/m Schichtdicke angeben. Dies entspricht einem  $k_f$ -Wert von ca.  $6 \times 10^{-10}$  m/s.

### 2.3 Chemismus

Abb. 5 gibt einen Überblick zum Großteil der am Sickerwasser ausgeführten Analysen. Abb. 6 zeigt die Ergebnisse der BSB5 und CSB-Werte im Detail.

Das Analysenintervall beträgt bis Mitte 1990 ein Monat. Danach mußte der Zeitabstand aus Kostengründen auf drei Monate erhöht werden, allerdings wurden SIWA-Proben bis 10/96 weiterhin vierzehntägig gezogen und tiefgefroren aufbewahrt.

Die Darstellung von pH-Wert und Leitfähigkeit in Abb. 5 sind in getrennten Diagrammen dargestellt. Der im pH-Diagramm ablesbare Wechsel vom sauren zum basischen

Milieu innerhalb des Müllkörpers ist durch ein Quadrat ( □ ) markiert. Dieser Zeitpunkt ist auch in den Kurven der Stoffkonzentrationen des Überlaufs jeweils gekennzeichnet.

Um den sehr großen Wertebereich der Stoffkonzentrationen aller Analysen innerhalb einer Darstellung festhalten zu können, mußte ein logarithmischer Maßstab gewählt werden, der sieben 10er-Potenzen umfaßt ( 0,01 mg/l bis 100.000 mg/l).

Bei der pH-Wert Darstellung ist der Wechsel vom sauren zum basischen Milieu durch einen Grauraster markiert. Die abgesetzte Darstellung der Diagrammflächen von pH-Wert, Leitfähigkeit und Konzentration erfolgte der größeren Deutlichkeit wegen.

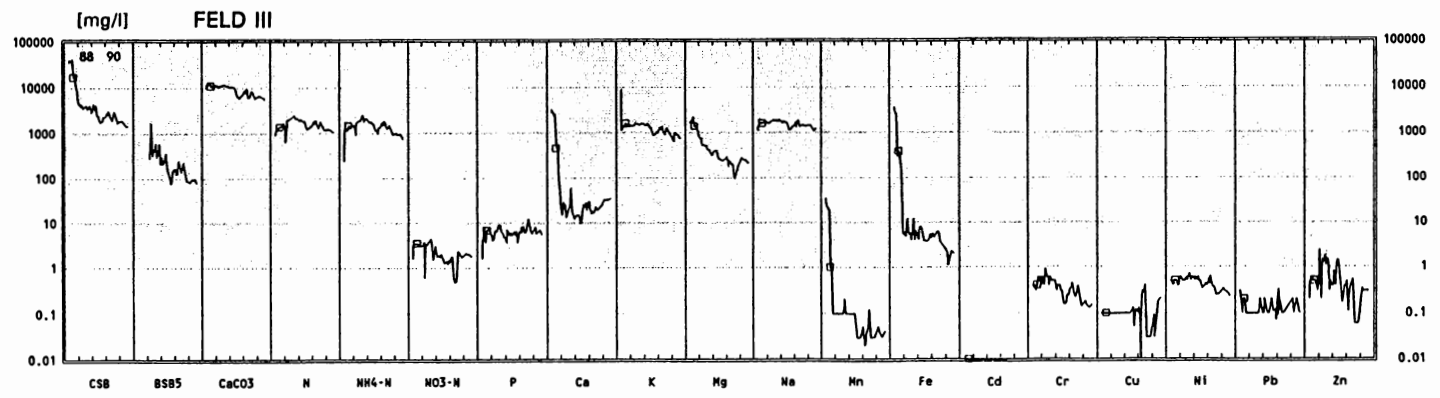
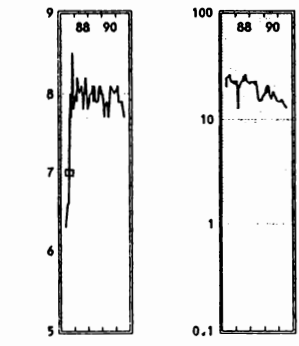
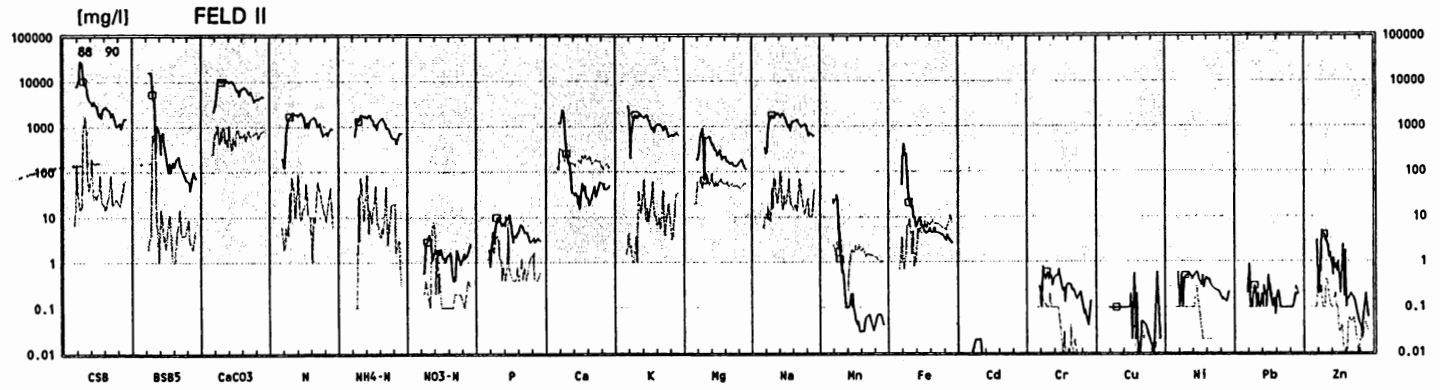
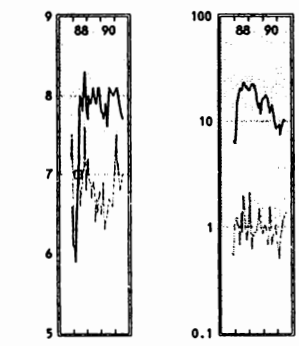
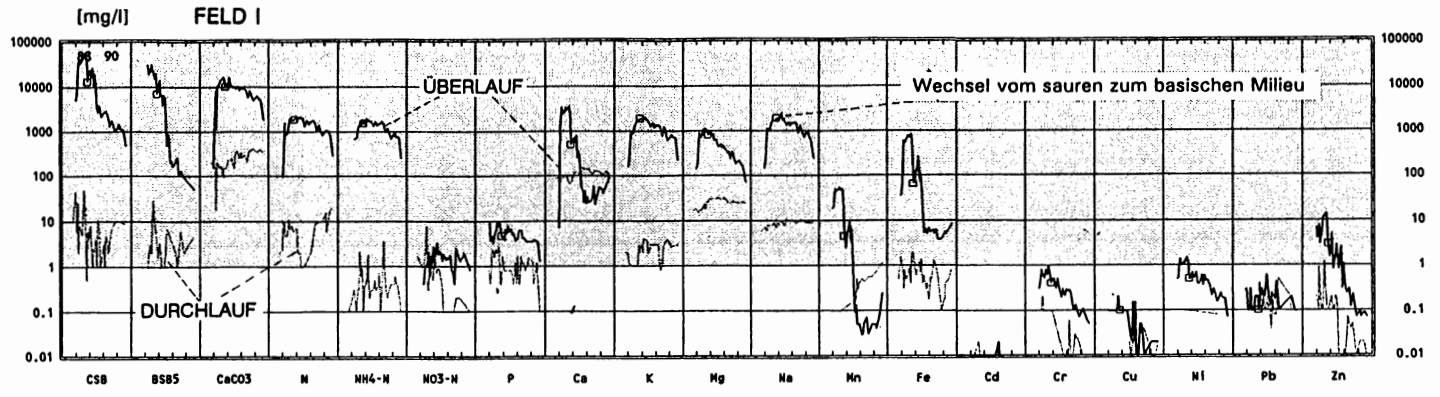
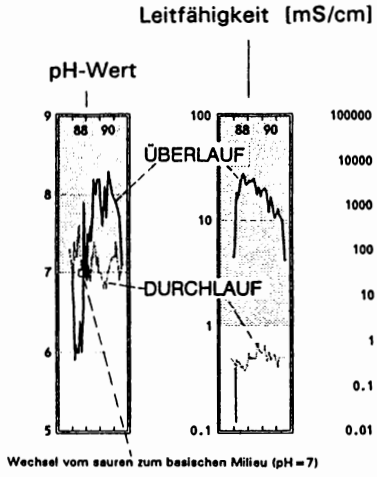
Eine Abschätzung des Schadstoffaustrages aus Deponien kann nicht alleine durch Betrachtung der Sickerwasserkonzentrationen erfolgen. Konzentrationen sind von der Löslichkeit des Inhaltsstoffes und von der Menge (und auch Konzentration - siehe Kreislauführung) des Elutionsmediums Wasser abhängig. Geringe Konzentrationen bedeuten daher nicht zwangsläufig geringe Umweltbelastung, da sie ja auch durch Verdünnung (hohe Sickerwassermengen) hervorgerufen sein können. Die Fragen des Schadstoffaustrages werden besonders ab 1996 bei Feld III von Interesse sein, da ab diesem Zeitpunkt durch die Kanalentsorgung eine klare Niederschlagsaustragslinie eingehalten werden kann.

Über die Themata „chemische Analytik“ und „Abbauvorgänge“ soll wieder auf die Arbeit E. BINNER - Th. LAHNER in diesem Band hingewiesen werden.

---

*Abb. 5 (rechts): Konzentrationen: Die Abbildung stellt die Zusammenfassung der Ergebnisse der chemischen Sickerwasseranalysen dar. Die zeitliche Entwicklung der Konzentrationen (1987-1991) im SIWA-Überlauf und Durchlauf wird jeweils für ein Feld, geordnet nach Stoffen gegenübergestellt. Der Übergang der sauren aeroben Anfangsphase in die Phase der Methangärung (pH 7) ist in den einzelnen Kurven mit einem Quadrat markiert. Abhängigkeiten von dieser "Wende" sind gut erkennbar (Schwermetalle u. a.)*

# STOFFKONZENTRATIONEN IM SICKERWASSER [mg/l]



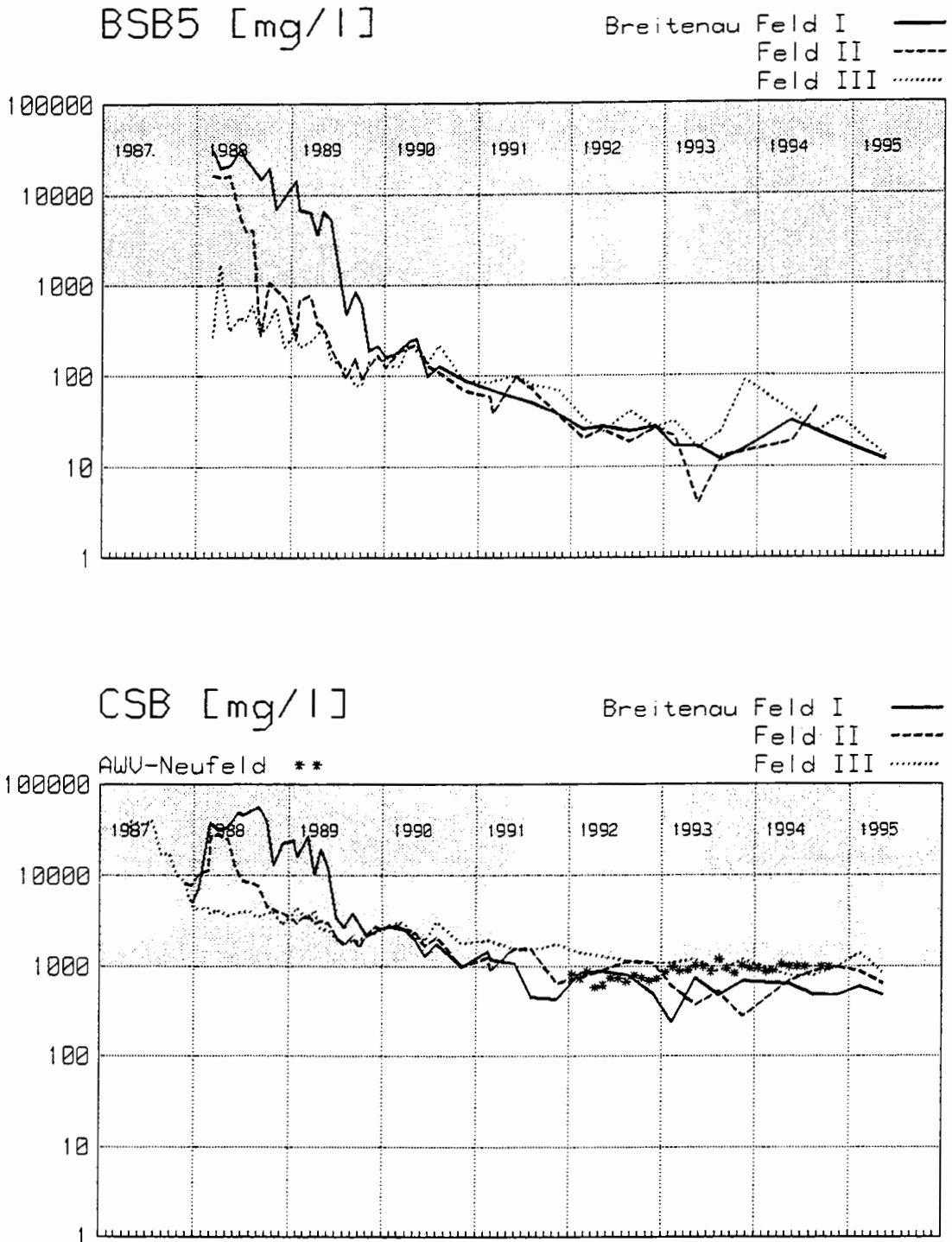


Abb. 6: BSB5 / CSB: Die längere Dauer der sauren Phase in Feld I ist an den erheblich höheren CSB und BSB5-Werten erkennbar. Aussagekräftig für den Abbauzustand ist auch das Verhältnis der beiden Parameter: in der sauren Phase liegt es mit 0,8 bis 0,25 relativ hoch, nach zwei Jahren Bestandsdauer fällt es auf 0,09 bis 0,06. Die stabile Methanphase ist ab einem Verhältnis von 0,1 erreicht.

## 2.4 Biotoxizität

Die Proben der Sickerwässer der 1989-03-10 fertiggestellten Hausmüllversuchsanlage der TU Wien (letzte Mülleinbringung 1988-10-10) waren unstabilisiert tiefgefroren und es sind somit vor allem die ältesten mit gewisser Vorsicht zu betrachten. Die Biotoxizität wurde mittels Leuchtbakterientest (*Vibrium fischeri*) durchgeführt, wobei der  $H_{30}$ -Wert, d.h. die prozentuelle Schädigung der Bakterienkultur nach dreißig Minuten gemessen worden ist.

Die Überlaufwässer aus den drei Feldern zeigen nach einem Minimum 1990/91 einen konstanten Anstieg der Toxizität (Abb. 7), der 1993 kulminiert (M. NOVAHA 1993), wobei der Überlauf Feld III am stärksten belastet ist (75% Hemmung => sehr starke Hemmung, bei Messungen 1993 über 90% Total-schädigung; da der Chemismus des Sickerwassers Schwankungen unterworfen ist und zudem 1993 eine Frischprobe genommen wurde, ist diese Schwankungsbreite durchaus plausibel). Die geringste Belastung weist der Überlauf des Feldes I auf, da in dieses Feld von allen das meiste relativ reine meteorische Wasser eindringt, es auch immer wieder auf bevorzugten mehr oder weniger identen Wegen durchfließt, die dann immer bessere Wegsamkeiten bilden und diese auch auf längere Sicht „ausgewaschen“ werden, und so für Verdünnung der Inhaltsstoffe gesorgt wird.

Der kurze Abfall der Biotoxizität 8-9/94 ist dadurch zu erklären, daß untersuchte Proben nach einem Regenereignis genommen wurden, auch hierbei handelt es sich wohl um einen Verdünnungseffekt.

Der Toxizitätsverlauf der Durchlaufwässer (D I und D II, unter der o.a. Dichtschichte genommen) mit seinem langsamen Anstieg läßt sich durchaus mit den Ergebnissen der Isotopenuntersuchung korrelieren (Abb. 3), mit der zusätzlich zum Porenwasser ein langsam zunehmender Anteil von Müllsickerwasser nachgewiesen werden konnte.

Die hohe Toxizität von Sickerwässern aus anaeroben Ablagerungen wurde auch mit anderen Testmethoden ( $EC_{20}$ ) an anderen Deponien gemessen. Das Eluat von 1kg Müllmaterial müßte mit 1000 l Wasser verdünnt werden, damit weniger als 80% der Leuchtbakterien geschädigt werden. Breitenau stellt somit keinen Einzelfall dar. Von Interesse dabei ist, daß die durch die chemische Analyse festgestellten Inhaltsstoffe keinesfalls diese Toxizität erwarten lassen; es treten hier Synergismen und Antagonismen auf, deren Erforschung noch nicht einmal ansatzweise begonnen worden ist. Unstabilisierte und wasserwegig gebaute Deponien werden Grundwasser und Atmosphäre stets mit unerwünschten Schadstoffen belasten (P.SPILLMANN 1996).

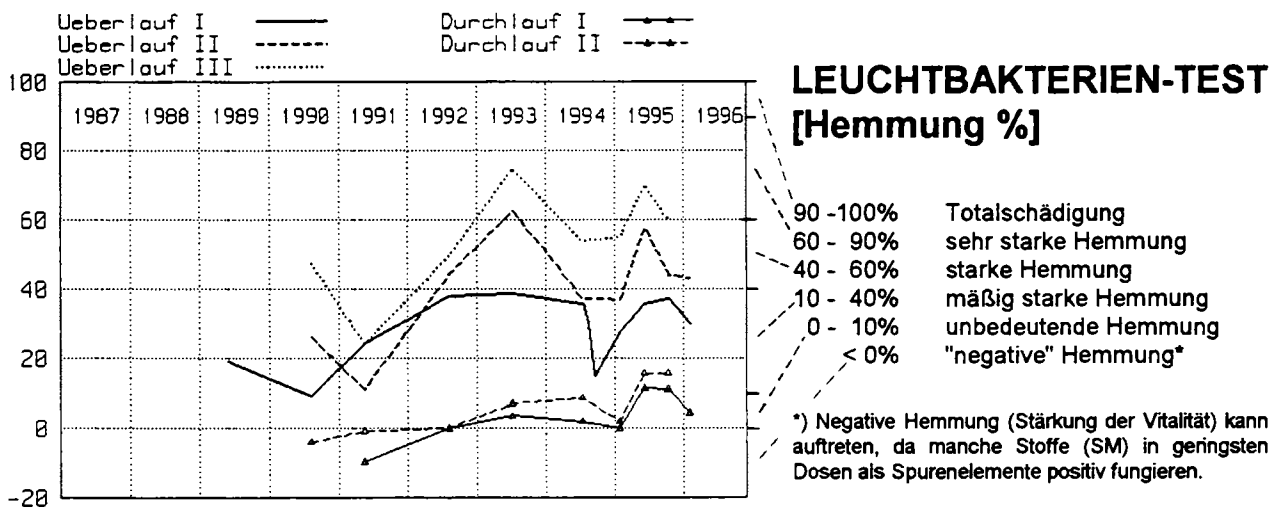


Abb. 7: Verlauf der Biotoxizität in den Müllsickerwässern der Versuchsanlage Breitenau Die Toxizität des Durchlaufes liegt deutlich unter jener des Überlaufes. 1995 ist auch biotoxisch die Kontamination mit Sickerwasser zu erkennen, jedoch immer noch im umweltverträglichen Bereich

### 2.5 Temperaturen

Ein bis zwei Jahre nach dem Ende der Müllschüttung erreichten die Temperaturen mit 47-50°C ihr Maximum. Von da an sanken sie stetig ab und liegen mit Ende 1995 auf 20 - 25°C. Starkregenereignisse lassen sich durch Minima (Abkühlung durch "Frischwasser") erkennen.

Bei Feld I sinkt die Temperatur kontinuierlich seit dem "Durchbruch" der mineralischen Abdeckung 1991.

Feld III hat gegenüber den anderen Feldern höhere Temperaturen. Dies läßt darauf

schließen, daß ehemals trockene und daher inaktive Anteile des Müllkörpers durch das Rückpressen befeuchtet werden und damit eine umfassendere Umsetzungstätigkeit gegeben ist. Parallel dazu setzt erneute Gasbildung ein. Die bei mikrobieller Umsetzung tatsächlich entstehende Wärmeenergie ist sehr gering; das hohe Temperaturniveau beruht auf einem „Kochkisteneffekt“.

Das Absinken der Temperatur in Feld II bei Regenfällen und damit vorwiegend im Sommer kann mit einem stark frequentierten „Wasserweg“ in unmittelbarer Nähe des Temperaturfühlers erklärt werden.

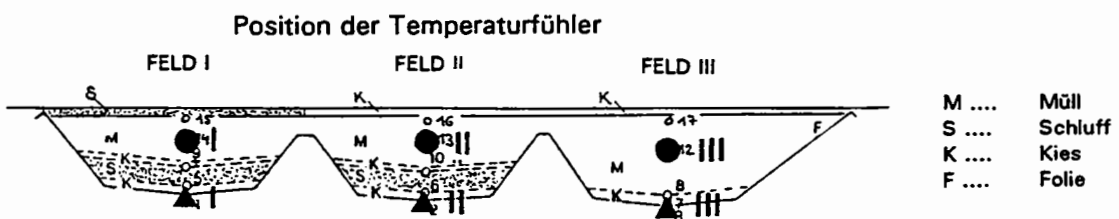
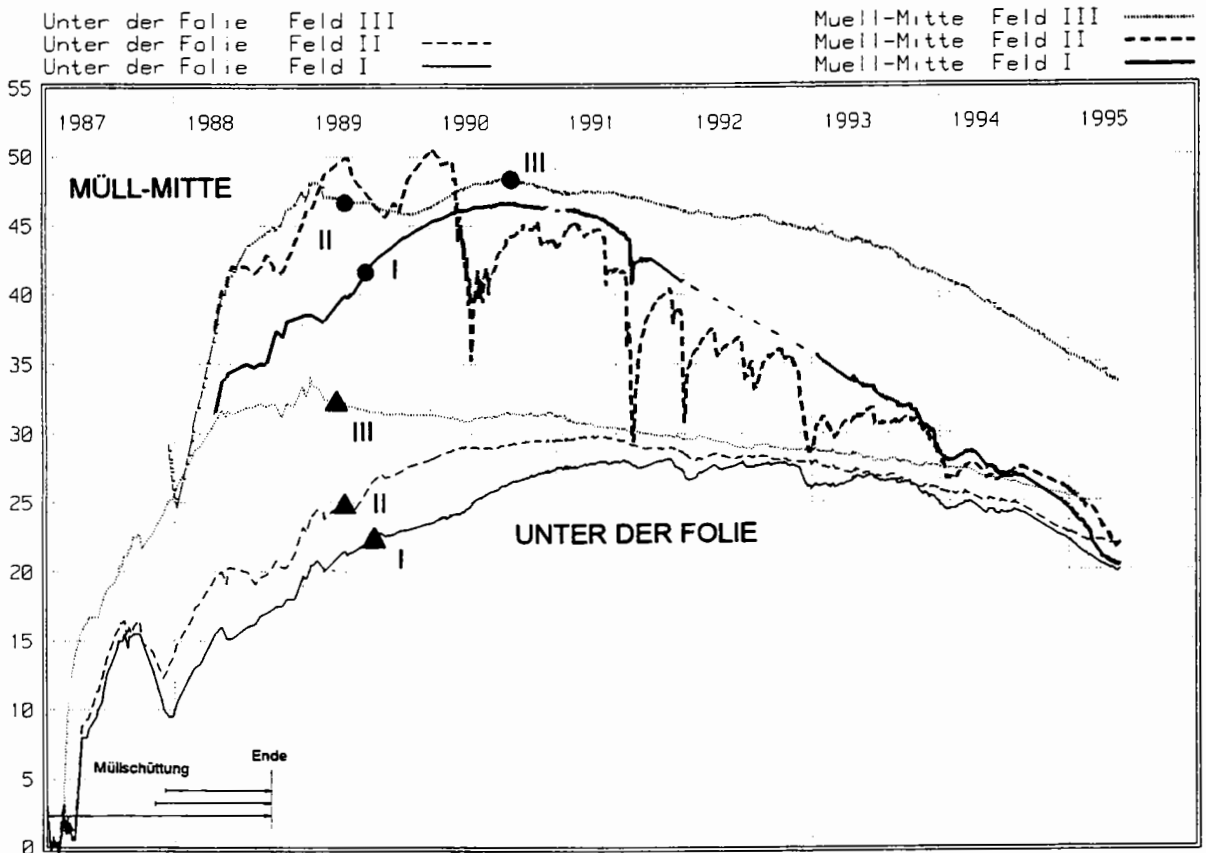


Abb. 8: Temperaturentwicklung im und unterhalb des Müllkörpers

### 3. Wasserwegsamkeiten

#### 3.1 Allgemeines

Die Abbau und Umsetzungsvorgänge innerhalb eines Deponiekörpers sind weitgehend von der Möglichkeit abhängig, in welcher Form und welcher Menge Wasser durch die Deponieoberfläche in den Müllkörper eindringen kann und welche Wege und Verweilzeiten die Flüssigkeit im Müllkörper nimmt.

Obwohl Müll, im vorliegenden Fall Hausmüll, eine heterogene "Masse" ist, kann doch bei einer Deponie mit den Ausmaßen der Versuchsanlage Breitenau von einem relativ homogenen Körper gesprochen werden. Dies würde mehr oder weniger gleichmäßig im Deponiekörper ablaufende Umsetzungsvorgänge erwarten lassen (W. BAUMANN 1985). Die gemessenen Konzentrationen der Schadstoffe in den austretenden Sickerwässern sollten demnach auf den momentanen Abbau- und Auslaugungszustand des gesamten Deponiekörpers schließen lassen.

In der früher üblichen - heute nicht mehr zugelassenen Schrägschüttung ("über die Böschung kippen") - wäre dieses Verhalten plus/minus vorstellbar.

Tatsächlich konnte aus eigenen zusammen mit den in der Literatur beschriebenen Beobachtungen (P. BACCINI et.al. 1987) angenommen werden, daß die Umsetzungsvorgänge deutlich komplexer - lokal und zeitlich inhomogener - ablaufen.

Drei Ursachen können im wesentlichen dafür verantwortlich gemacht werden, Wegsamkeiten im Müllkörper zu beeinflussen und sie sehr komplex zu differenzieren:

Die Gas- und Wasserwegsamkeit im Müllkörper ist abhängig:

- vom eingebauten Material abhängigen Ursachen
- von Aufbau- und schüttungsbedingten Ursachen
- vom Umsetzungsvorgang selbst ausgelösten Ursachen

#### 3.2 Setzungen, Rißbildung

Als Folge der gravitativen Konsolidierung (Setzung, Kompaktion, Entwässerung) und der Umsetzungsvorgänge im Müllkörper (Austrag von Stoff-Frachten durch Sickerwasser) treten Setzungen und Rißbildungen an der Deponieoberfläche auf.

Durch die Setzungen des Deponiekörpers kam es in Breitenau neben Rissen durch die vertikale Bewegung auch zu Dehnungsrisen und dazugehörigen Einengungen, die sich in Aufwölbungen manifestierten. Die Risse verlaufen randparallel. Bedingt durch den Aufbau in Breitenau (geringere Mächtigkeit der Müllablagerung am Rand, größere Mächtigkeit in der Mitte) ist es so zur Bildung einer ringförmigen Rißzone gekommen. Die etwa 1 m mächtige Kiesplatte verhielt sich wie eine Scholle, die gegen den Mittelbereich abgeglitten ist. Zu diesem Vorgang sind sehr gut die randlichen Dehnungsvorgänge (im W von Feld II bildete sich zwischen zwei Rissen ein „Grabenbruchsystem) und die dazu gehörigen Stauchungszonen im Mittelbereich zu erkennen (Abb.9).

Es ist anzunehmen, daß die randlichen Risse als bevorzugte Alimentationswege des Müllkörpers dienen (G. RIEHL, P. LECHNER 1995, pg 153). Die damit in Zusammenhang stehende Höhenverstellung reduzierte und blockierte die Wirkung der beiden oberen Gasdrainagen (Wassersäcke), sodaß es dadurch zusätzlich zu einem Rückstau der Gase im Deponiekörper kommt.

#### 3.3 Einfluß von Deponieaufbau und Müllschüttung auf die Wasserwegsamkeit

##### 3.3.1 Deponieabdeckung

Die erste Barriere für die ankommende Flüssigkeit (Niederschlagswasser) stellt die Deponieabdeckung dar (H.J. EHRIG et.al. 1996). Die Versuchsdeponie Breitenau wurde mit unterschiedlichen Abdeckungsvarianten ausgeführt (Feld I: Einkapselung, „dicht“; Feld II:

RISSBILDUNGEN AN DER DEPONIEABDECKUNG

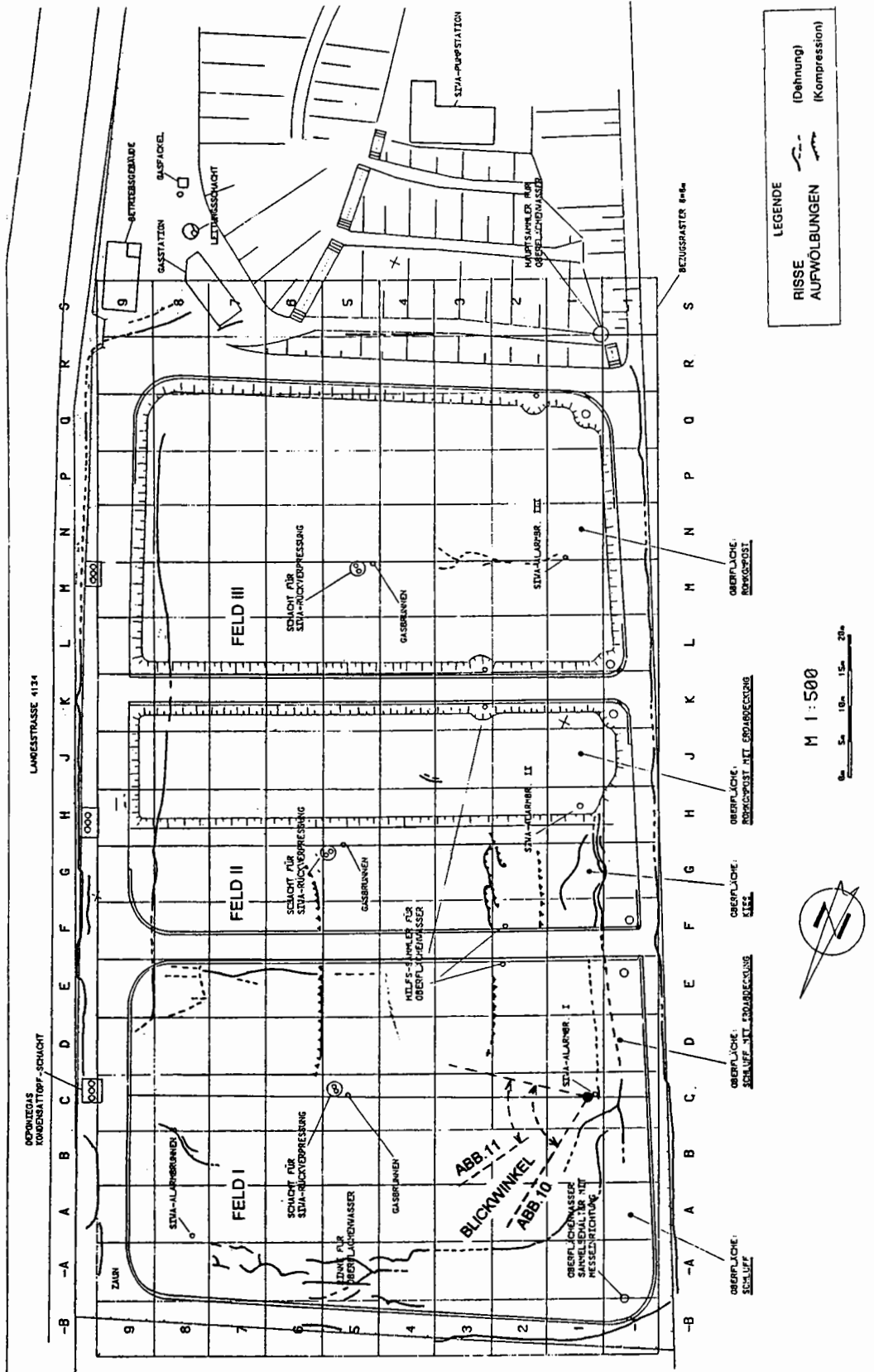


Abb. 9: Risse und Aufschiebungen an der Deponieoberfläche. In den Bereichen, wo die Rißbewegungen sichtbar waren, insbesondere in Feld I/1 und II/1, wurden die meisten Rißbildungen dokumentarisch festgehalten. Sehr schlecht zu beobachten waren sie in I/2, wo die dünne Erdaddeckung die Zuschlämmung durch Feinteile verhindert hat, andererseits aber die Beobachtung der Risse erschwert hat. Nahezu nicht zu beobachten waren Risse auf Feld III, wo die Rohkompostabdeckung und eine dichte Vegetation die Beobachtung erschwert hat. Die Dokumentation abgleitender Platten war besonders gut auf II/1 möglich.



offene Reaktordeponie, „durchlässig“; **Feld III:** Abdeckung mit Rohkompost und Vegetation, „Kompostspeicher“; Mischformen: II/2, I/2, Abb.1). Ihre Auswirkungen wurden, zum Teil in diesem Band, schon beschrieben (R. PAWLICK 1988, E. BINNER u. Th. LAHNER 1997).

An dieser Stelle sei ein Effekt erwähnt, der in den unterschiedlich gestalteten Abschnitten (I/1 und I/2) des Feldes I auftritt. Die das ganze Feld I abdeckende, 0,9 m mächtige Schluff-Ton-Kies-Schicht ist im Bereich I/2 - im Gegensatz zu I/1 - mit einer ca. 10 cm dicken Erdschicht bedeckt.

Die in beiden Feldteilen durch Setzungen entstehenden Risse werden in einem Fall (I/1, keine Erdbedeckung) bei Niederschlägen durch "aufgeschwemmtes" Feinmaterial aus der Schluffschicht selbst abgedichtet. Im anderen Fall (I/2, mit Erdbedeckung) bewegt sich das Niederschlagswasser nach einer Speicherphase in der Abdeckung und einem entsprechend langsamen Sickerweg über der Dichtschicht zu den Spalten, kommt dort verhältnismäßig klar und ungetrübt an, fließt in diesen Spalten durch die Dichtschicht und wirkt dort erweiternd. Damit ist eine nicht beabsichtigte Möglichkeit (erhöhte Wasserwegsamkeit) für Niederschlagswasser gegeben, in den Müllkörper einzudringen. Dieser Vorgang konnte erstmals im April 1991 nach starkem Schmelzwasserandrang beobachtet werden. Eine Endüberdeckung mit Erdüberlagerung bleibt somit trotz einer gewissen Speicherkapazität der Erdschicht wasserdurchlässig. Die blanke Schluff-Ton-Kies-Schicht bleibt durch "Selbstheilung" dicht. Das Ergebnis ist am "See" zubeobachten, der über der Dichtschicht nach Niederschlagsperioden wochenlang erhalten bleibt und nur durch Verdunstung schwindet. Die in Feld I eindringenden Wassermassen dringen über den Erdüberlagerungsteil Feld I/2 ein! Die Lage dieses "Sees" ist im Übersichtsbild (pg.2, Aufnahme 1991-06-21) und im Bild 34 (Aufnahme 1991-12-23, in G. RIEHL - H., P. LECHNER et.al. 1995 dokumentiert (Abb.10). Abb. 11 zeigt, daß sich diese Wasseransammlung auch nach dem "Durchbruch" 1991 bildet.

### 3.3.2 "Einbaustrukturen"

Unregelmäßig stark verdichtete Bereiche innerhalb des Müllkörpers sind baulich und schüttungstechnisch bedingte Ursachen für dichte „Trennschichten“ und beeinflussen dadurch Sickergeschwindigkeiten und Umsetzungsvorgänge. Sie entstehen trotz horizontaler Schüttung (oder gerade durch sie) und mehrfacher Verdichtung mit leistungsfähigen Kompaktoren, durch systemnotwendige Einbauten wie vertikale Drainage-Schächte mit ihren Zuleitungen oder in den äußeren Randbereichen durch den Schutz der Folienauskleidung. Der unmittelbare Nahbereich dieser Zonen kann mit Kompaktoren der notwendigen Größe nicht gefahrlos befahren bzw. bearbeitet werden. Es entstehen daher Zonen mit stark unterschiedlicher Mülldichte - vertikale bzw. randliche Zonen erhöhter Gas- und Wasserwegsamkeit (Abb.12).

Im Fall Breitenau wurde behördlich ein spezieller „Folienschutz“ durch eine Kies-Beschüttung oder/und durch aufgelegte Autoreifen vorgeschrieben. Diese Maßnahme stellt für das gravitative Absinken des eindringenden Niederschlagswassers bzw. für die im Deponekörper entstehenden Sickerwasser und Gase eine besonders gute und bevorzugte Wegsamkeit dar.

Die auch in Breitenau angewandte horizontale Schüttungstechnik verursacht eine horizontale Schichtung des angelieferten Materials und damit eine wechselnde Wegsamkeit für Gas bzw. Sickerwasser.

Die Kompaktierung des Hausmülls erfolgte in Breitenau besonders sorgfältig (erreichte Dichte ca. 1,2 t/m<sup>3</sup>) unter Zugabe von "Einbauwasser". Während der Müll-Schüttphasen wurde beobachtet, daß bei stärkeren Regenfällen das vorhandene Überschuß-Wasser nicht abfließen konnte. Die Kompaktoren mußten den Betrieb teilweise einstellen da die Deponieoberfläche in diesen Abschnitten zu "weich" und damit nicht mehr befahrbar war. So bilden sich weitere Inhomogenitäten in Form von besonders dichten Lagen (dazu Abb.6.7.-1 pg 150, G. RIEHL - H. P.LECHNER et.al. 1995).



91-12-23/23 Dia 14-15

mineralische Oberflächendichtung

mineralische Oberflächendichtung  
mit 10 cm Erdbedeckung

*Abb. 10 (oben, Aufnahme 1991-12-23): Die Wasseransammlung auf FI/1 erfüllt den Senkungsbereich. Drei Jahre nach der Abdeckung mit Schluff/TonKiesgemisch hat noch keine Bodenbildung eingesetzt und sich daher kaum Vegetation angesiedelt, während 10cm Überlagerung mit Erde der Region auf FI/2 (rechter Bildrand) die Vegetation begünstigt. Angewehrte Föhrensamen auf FI/1 sprießen nur zu kümmerlichen Formen auf (ca. 1/10 der Größe der Föhren auf FI/2).*

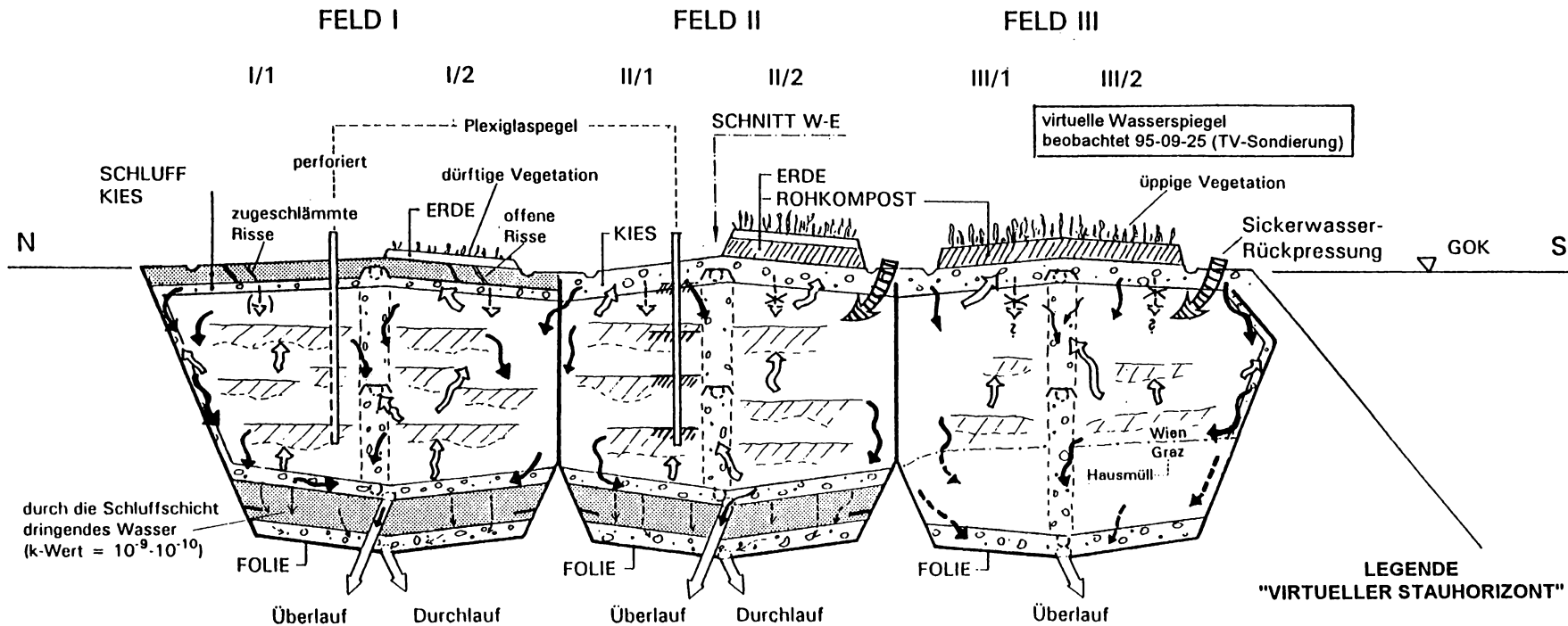
*Abb. 11 (rechts, Aufnahme 1995-03-06): Der "See" auf Feld I/1 nach der Schneeschmelze; er ist flächenmäßig kleiner, zum Teil der stärkeren Senkung im NW-Teil des Feldes wegen, zum anderen Teil wegen geringer Alimentation. In Bildmitte das rote Pegelrohr (pg. 211 ff) Auf beiden Bildern kann man im Hintergrund nahe dem Wald einen Sickerwasseralarmbrunnen mit Sammelbehälter und am rechten Bildrand das zentrale Entgasungsrohr mit dem Leitungsschacht erkennen. Ab 1994 gedeiht die Vegetation auch auf FI/1, wobei vor allem der Bereich der temporären Wasserlache bevorzugt ist. Der Fotostandort ist in Abb. 9 markiert.*



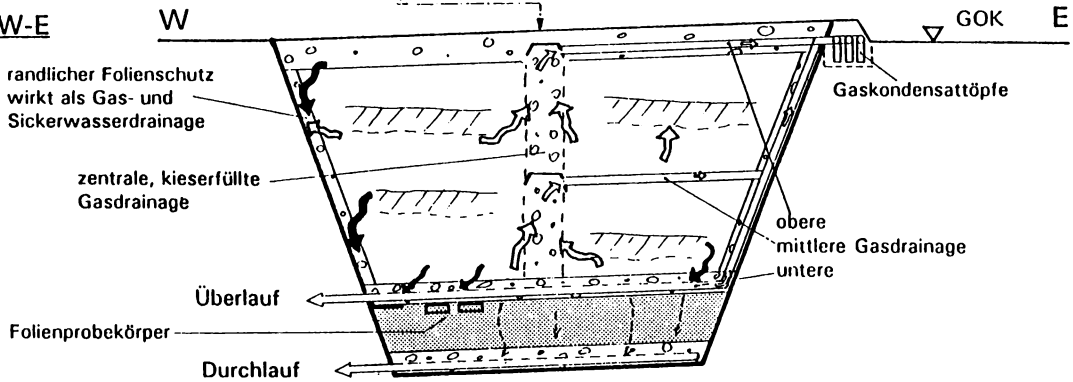
95-02-19 / 03-06 Dia 35

# VORSTELLUNGSMODELL DER GAS- UND WASSERWEGSAMKEIT

## LÄNGSSCHNITT N-S



## QUERSCHNITT W-E



## LEGENDE "VIRTUELLER STAUFHORIZONT"

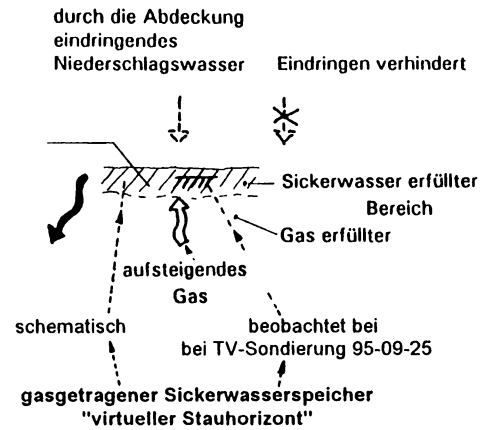


Abb. 12: Schema zum Vorstellungsmodell der Gas- und Wasserwegsamkeit in der Hausmüll-Versuchsdeponie Breitenau (nach G. RIEHL-H., P. LECHNER et al. 1995).

### 3.4 Einfluß der Umsetzungsvorgänge

Das während der Umsetzungsvorgänge entstehende Gas und das Sickerwasser haben unterschiedliche Bewegungsrichtungen. Abhängig von der lokalen Porensituation werden Gas und Sickerwasser aneinander vorbei bewegt oder bilden einen Stauhorizont ("Virtueller Wasserspiegel", R. STEGMANN 1990). Dabei spielen die Mülldichte, aber auch andere Faktoren wie z.B. verstärkte mikrobiologische Aktivität, die zu einer zusätzlichen Verengung des Porenraumes führt, eine Rolle. In Bereichen der Stauhorizonte werden für längere Zeit die Umsetzungsvorgänge wesentlich beeinflusst. Es kommt zu erheblichen Verzögerungen sämtlicher Austräge. Dies könnte eine Komponente sein, die zur beobachteten starken Abnahme von Stoffkonzentrationen im Sickerwasser gegenüber Werten aus der Literatur führt.

Die oben beschriebenen Sachverhalte weisen auf eine stark heterogene räumliche und zeitliche Verteilung und Veränderung des "Auslaugungszustandes" der Deponie hin. In Abb. 12 wird der Versuch unternommen in einem Schema das Prinzip der Wegsamkeiten für die Versuchsdeponie Breitenau darzustellen, wobei die virtuellen Wasserspiegel in Feld II per Stand 1995-09-25 aktualisiert worden sind (TV-Sonde, pg. 210ff).

Drei Beobachtungen im Fall der Versuchsdeponie Breitenau unterstützen dieses Vorstellungsmodell:

- Temperaturabsenkungen FII

Der Temperaturfühler aus Feld II "Müllmitte" zeigt in guter Korrelation mit stärkeren Regenereignissen plötzliche und starke Temperatursenkungen (Abb. 8), die aber durch einen e-Potenz Anstieg (Erwärmungsphase) ausgeglichen werden. Man kann daraus schließen, daß dieser Fühler in der Nähe einer der erwähnten Zonen mit erhöhter Wasserwegsamkeit liegt (zentrale Gasdrainage).

- Sickerwasser"änderungen"

Nach längeren Starkregenereignissen und damit verbundenen entsorgungsbedingten SIWA-Einstausituationen zeigt das austretende Sickerwasser eine deutliche Veränderung von Farbe und Geruch. Diese Merkmale sind im wesentlichen vergleichbar mit den Eigenschaften des Sickerwassers aus der anfänglichen sauren Phase (grüne Färbung, übler Geruch und stabile Schaumbildung). Durch den erhöhten Wasserzutritt könnten in der Nähe der wasserstauenden Zonen (semiphreatischer Bereich) "neue Müllbereiche" aktiviert bzw. sauerstoffreichere Wässer in größere Tiefen geführt werden und so diesen Effekt bewirken. Auch ist in Betracht zu ziehen, daß die Qualität des Müllsickerwassers nicht ausreichend „Auskunft“ über die tatsächlichen aktuellen Umsetzungsvorgänge in den verschiedenen Deponiebereichen gibt.

- Sickerwasseralarmbrunnen

Um ein eventuelles Ansteigen von Sickerwasser über die Oberkante der Folienauskleidung verhindern zu können wurden insgesamt 4 sogenannte SIWA-Alarmbrunnen auf der Deponie eingerichtet (ca. 4m tief, Einflußkreis ca. 4-5 m Durchmesser, Abb.9, 11). Alle Pegelrohre dieser Brunnen zeigen mit Ausnahme des in Feld III positionierten einen relativ konstanten Sickerwasserstand, der sich nach Absenken des Spiegels durch Auspumpen rasch wieder einstellt ("virtueller Wasserspiegel", R. STEGMANN 1990).

Durch die oben beschriebenen, prinzipiellen Möglichkeiten der inhomogenen Wasser- und Gaswegsamkeiten, könnten relativ rasch sinkende Konzentrationen im Sickerwasser einerseits einen Verdünnungseffekt bedeuten, andererseits die Folge der erst unvollständig im Müllkörper verteilten Umsetzungsprozesse sein (noch nicht in Gang gekommene oder temporär verzögerte).

Die Beobachtungen aus den 1993 gesetzten Plexiglaspegeln werden weiter unten beschrieben.

### 3.5 Materialbedingter Einfluß

Speziell sind Unterschiede in der Schadstoffbelastung des Sickerwassers aus den drei Feldern der Versuchsdeponie Breitenau auch durch die unterschiedliche "Müllherkunft" mitverursacht. Zu Beginn der Müllschüttung wurde Feld III im unteren Drittel mit **Grazer Hausmüll** befüllt. Da der Grazer Hausmüll (Th. LAHNER, 1989) in zerkleinertem Zustand angeliefert wurde, war eine spezielle Folienschutzschicht nicht erforderlich. Der Rest des Feldes III und die Felder I und II sind mit unbehandeltem **Wiener Hausmüll** verfüllt. Hier wurde der schon erwähnte Folienschutz vorgesehen. Die damit verschieden gestalteten Randbereiche - geringere oder größere Drainagewirkung - aber auch die Strukturunterschiede - feinerer oder gröberer Müll - könnten Einfluß auf die differierenden Stoffkonzentrationen der Sickerwässer aus den drei Versuchsfeldern haben.

## 4. Acrylglaspegel Feld II (Beobachtungen mittels TV-Kamera)

### 4.1 Pegelbau

Im Herbst 1993 sind von R. NIEDERREITER, Fa. UWITEC, Mondsee, zwei Acrylglaspegel in Feld I und Feld II bis in eine Tiefe von ca. 9 m gesetzt worden, wobei die Sonde auf Feld I perforiert und unten offen, das Sondenrohr auf Feld II hingegen geschlossen ausgeführt ist. Es besteht seitdem somit die Möglichkeit mit einer TV-Sonde das Innere des Deponiekörpers zu beobachten. Der oberste Pegelbereich ist mit einem Hüllrohr abgeschlossen, das 29 cm über die Deponieoberkante reicht und mit einem Ton/Schluffgemisch abgedichtet worden ist.

Unmittelbar nach dem Setzen der Pegel 1993-09-23 war wegen des fehlenden Kontaktes Rohrwandung/umgebendes Material nichts zu erkennen. Um Kondenswasserbildung an der Innenseite des Rohres zu vermeiden, wurde für die nachfolgenden Befahrungen der Pegel mit Wasser gefüllt.

1993-10-29 (A), 1993-11-27 (B), 1994-10-06 (C) und 1995-09-25 (D) erfolgten Aufnahmen mit einer TV-Kamera (Abb.13).

Auf Grund dieser neu geschaffenen Beobachtungsmöglichkeit kann man nicht mehr von der „Schwarzen Kiste“ Deponie sprechen (H.J. EHRIG, 1997), vor der man staunend steht und die Qualität der Emissionen betrachtet. Durch die Pegel ist eine Erweiterung der Kenntnis der inneren Vorgänge möglich und die Beobachtung der Auswirkung von Umsetzungs- und Transportvorgängen in situ. Geplant war überdies die Konstruktion eines Probenziehers, mit dem gezielt aus den verschiedenen Niveaus der virtuellen Wasserspiegel Sickerwasser entnommen werden kann.

Ein Projekt zur Anlage von mehreren Pegeln auf den Deponiefeldern wurde 1996 im Zuge der Kampagne gegen Breitenau nicht mehr zugelassen. Die Kosten der ersten TV-Pegel konnten zum Teil aus Firmenspenden (Fa. KIES-UNION) finanziell abgedeckt werden.

### 4.2 TV-Aufnahmen des Pegels FII 1993/94/95

#### *Exkurs zur graphischen Darstellung*

*Bei der graphischen Darstellung (Abb. 13) ergibt sich das Problem des Längen- und Breitenverhältnisses: der im TV-Bild dargestellte Ausschnitt entspricht in der Natur einer Breite von 45 mm, die Säulenhöhe (Pegeltiefe) 9000 mm. Eine maßstabgetreue Wiedergabe war daher nicht darstellbar. Bei dem gewählten Darstellungsmaßstab müßten Strukturen stark verzerrt werden, wodurch ihre Charakteristik verfälscht wird. In die Zeichnung floß daher bereits eine Interpretation ein: Querstrukturen sind im allgemeinen höher dargestellt, erfüllte Porenräume größer. Die senkrecht verlaufenden Kanäle sind hingegen in ihrer Dimension korrekt. Die Verzerrungen überschreiten aber nicht die vom Operator während der Befahrung angegebenen jeweiligen Tiefenwerte.*

*Nicht dargestellt ist die Farbe des Abfallmaterials; während der ersten beiden zeitlich kurz aufeinanderfolgenden Befahrungen sind kaum*

*Unterschiede feststellbar. Bei der etwa ein Jahr später folgenden Befahrung von 1994-10-06 war der obere Sondenbereich bis ca. 6 m Tiefe stark nachgedunkelt, wieder ein Jahr später war das Material im gesamten Sondenbereich fast schwarz. Durch die Verfärbung war es teilweise nicht möglich, Strukturen zu erkennen oder zu identifizieren.*

*Bei Interpretationen sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Sondendurchmesser 60 mm beträgt und somit nur die Beobachtung eines Mikrobereichs des Deponiekörpers zuläßt. Die Tiefenangaben erfolgen von der Rohroberkante (ROK = 0m) abwärts.*

#### 4.2.1 Oberer Pegelabschnitt 0 (ROK) - 4m

**93-10-29 (A):** Die Mülloberkante ist noch erkennbar; darunter setzen engräumige (ca. 5 mm) lotrechte Gaskanäle auf, die sich besonders in der S-Hälfte des Pegels häufen. Bei 2,30 m tritt der erste virtuelle Wasserspiegel auf, heftig aufgeschäumt durch an mehreren Stellen einschießendes Gas (Foto). Die Kanäle reichen tiefer hinab, vorbei an einer Zone gasgefüllter, aber abgeschlossener Makroporen bei ca. 2,90 m, zu einem Bereich heftiger Gasbewegungen zwischen 3,00 m und 3,4 m, wo erneut ein Wasserhorizont beobachtet werden kann.. Das Wasser wird wiederum stark von Gas durchströmt (Blasen). Bei 4m ist ein Resedimentationsbereich kenntlich, der eine Durchbewegung der Feinteile mit der Flüssigkeit dokumentiert (starke Auslaugung).

**93-11-27 (B):** Gaszonen sind in den Abdeckungsbereich ober die MOK aufgestiegen; Der Wasserspiegel bei 2,3 m existiert nicht mehr, er hat sich mit dem tieferen vereinigt. Die Hohlräume sind aber noch gasgefüllt vorhanden und strukturell unverändert nach oben gewandert. Alimentiert werden sie aus dem Bereich um 2,9 m (ehem. Poren), wo sich nun jener virtuelle Wasserspiegel befindet, der einen Monat vorher auf 3,4 m positioniert war. Dort finden sich nun Resedimentationen, dafür ist der Sedimentationsbereich bei 4m in der Aufnahme nicht mehr kenntlich. In der Südhälfte treten nach wie vor zahlreiche

lotrechte Kanäle auf. Die Beobachtungen sind durch eine vertikale Gasaufstiegszone erklärbar.

**94-10-06 (C):** An der Position der Gaszonen in der Abdeckung sind Sedimentationsbereiche mit mineralischen Feinteilen aus derselben aufzufinden. Der erste virtuelle Wasserspiegel findet sich bei 1,40 m an der Stelle der MOK, austretendes Gas verwirbelt Feinteile des Abdeckungsmaterials (ungewaschener Kies). Der im Jahr zuvor stark perturbierter Bereich zwischen 1,60 m und 3,30 m zeigt nun zahlreiche Feinstrukturen (Resedimentationen, Mikro- und Makroporen, Kanäle (vor allem wieder um Südteil), im NE-Sektor lassen sich Gasaufstiegswege feststellen. Zwei kleinere Bereiche mit Kondenswasser an Außenseite der Sonde belegen, daß der Abschnitt gasgefüllt ist. Das Abfallmaterial ist im gesamten oberen Bereich dunkel verfärbt. Ab 3,30 m ist das Rohr (Außenseite/zwischen Pegel und Müll) mit Kondenswasser beschlagen.

**95-09-25 (D):** Der oberste virtuelle Wasserspiegel ist auf 1,25 m aufgestiegen und liegt damit bereits im Abdeckungsbereich. Das Wasser ist gasdurchsprudelt und durch mineralische Feinteile des oberen Rohrabschlusses (mit Schlammmaterial gedichtet) gelbbraun verfärbt. Sedimentierte Feinteile dichten die Wasseransammlung teilweise nach unten ab, Gasalimentation ist aus dem SW-Sektor zu erkennen. Das Abfallmaterial ist fast völlig schwarz gefärbt, Strukturen nur mehr schwer zu identifizieren. Bei 1,60 m im SE- und bei 2,10 m im NE-Sektor scheinen stalaktitische mikrobielle Gelbildungen zu sein, in der Folge sind nur mehr die lotrechten Kanäle auszumachen. Bei 3,35 m trifft man auf den nächsten virtuellen Wasserspiegel. Aus einem Aufstiegskanal (Fotoserie) blubbert Gas in das Wasser, das auffallend klar und unverfärbt erscheint.

#### 4.2.2 Mittlerer Pegelabschnitt 4 - 6,30 m

**93-10-29 (A), 93-11-27 (B):** Zwischen 4m und 6m ist das Pegelrohr mit Kondenswasser beschlagen, d.h. daß der Deponiekörper in

diesem Bereich gaserfüllt sein muß. Keine Strukturen zu erkennen.

**94-10-06 (C):** Der Kondensbereich reicht von 3,30 m bis 6,30 m, dahinter sind undeutliche Hohlräume auszumachen, wobei optisch keine Unterscheidung getroffen werden kann, ob senkrechte Streifen Kanäle oder Spuren ablaufender Wassertropfen sind. Querstrukturen bei 5,20 m. Im SW-Sektor ab ca. 4,50 m kein Beschlag (Material zu eng am Rohr anliegend?), senkrechte Kanäle.

**95-09-25 (D):** Der Kondensbereich beginnt sich aufzulösen; durch Versinterungen und Ausfällungen wird das Pegelrohr in weiten Bereichen undurchsichtig. Bei 5,05 m befindet sich ein virtueller Wasserspiegel. Das Wasser ist stark von Gas durchsprudelt Dieses wird durch einen relativ mächtigen (Durchmesser ca. 3 cm) stark gekrümmten Kanal aus dem Inneren des Deponiekörpers gespeist und strömt sodann durch einen anfangs fast eine gesamte-Sektorbreite einnehmenden Bereich weiter nach oben.

#### 4.2.3 Der untere Pegelabschnitt 6,30 - 9 m

**93-10-29 (A):** Unmittelbar unter der Rohrmuffe bei 6,30 m ist über 30-40 cm Kies zu sehen. Dieser stammt aus der mittleren Gasdrainage des Deponiekörpers, die beim Sondensetzen randlich angefahren worden ist. Unter dem Kies ist ein Hohlraum um das gesamte Pegelrohr, besonders großräumig im SW, ausgebildet, der von darunterliegenden Kanälen (Foto) mit Gas beliefert wird. Im Kies und knapp darunter sind zwei "Poren" mit Flüssigkeit zu erkennen, jedoch in unterschiedlicher Höhe und isoliert, sodaß nur von einem Wasserspiegel im Mikrobereich gesprochen werden kann. Unter einem Sedimentationsbereich (6,80 m) folgt eine Querstruktur, teilweise großräumiger geöffnet, teilweise kleinporig. Der tiefste virtuelle Wasserspiegel liegt bei 7,50 m. An der Basis der Wasseran-

sammlung sind - möglicherweise mikrobielle - Bewüchse auszumachen. Bei 8,20 m sind abermals querliegende Hohlräume einzusehen, darunter bis zum Pegelgrund nur mehr kleinporige Bereiche und Müllstrukturen.

**93-11-27 (B):** Die große Querstruktur unter dem Kies hat sich in einzelne Bereich aufgelöst, der größere Hohlraum im SW-Sektor ist zusedimentiert. Ein Gas- Wassergemisch steigt im NW-Sektor vom Wasserspiegel bei 7,50 m (Foto) auf (Fotos) bis 6,80 m (Fotoserie). Hier, bei 6,80 m, kann man auch erkennen, wie Resedimentationen den Verschluß eines Aufstiegskanals und die Ausbildung neuer Wasserwege (im Foto links des Hauptkanals) bewirken können.

**94-10-06 (C):** Bei 6,50 m hat sich im Bereich der großen Querstruktur eine Wasseransammlung herausgebildet, die durch einen breiteren Kanal mit Gas angespeist wird. Der bei A angesprochene Sedimentationsbereich ist nun auf drei Sektoren ausgedehnt. Bei 7,50 m treffen wir wieder auf den Wasserspiegel, aber nicht in einem großen Hohlraum wie 1993, sondern in mehreren Kleinporen, aber höhenmäßig konstant. Das Abfallmaterial ist unter 6,30 m deutlich lichter als darüber. Bei 8,10 m hat sich ein neuer virtueller Wasserspiegel ausgebildet.

**95-09-25 (D):** Der große Hohlraum unter dem Kies ist in mehrere kleinere zerlegt worden, der virtuelle Wasserspiegel verschwunden, der Resedimentationsbereich darunter hat an Mächtigkeit und Erstreckung zugenommen. Das Abfallmaterial ist sehr dunkel gefärbt, Einzelheiten sind kaum mehr auszumachen. Bei 7,50 m ist in zwei Poren des SW-Sektors der virtuelle Wasserspiegel dieses Bereichs noch kenntlich, generell gibt es bis zum Pegelgrund nur mehr kleinere Strukturen als in den vorherigen Befahrungen, In zwei Poren ist der virtuelle Wasserspiegel des Vorjahres bei 8,10 m noch erkennbar, eine zum Teil wassererfüllte Kleinpore liegt im NE-Sektor 30cm darunter. Nahe am Grund zeigen sich im NW-Sektor aufsteigende Gasturbulenzen.

# Hausmüll Versuchsanlage Breitenau

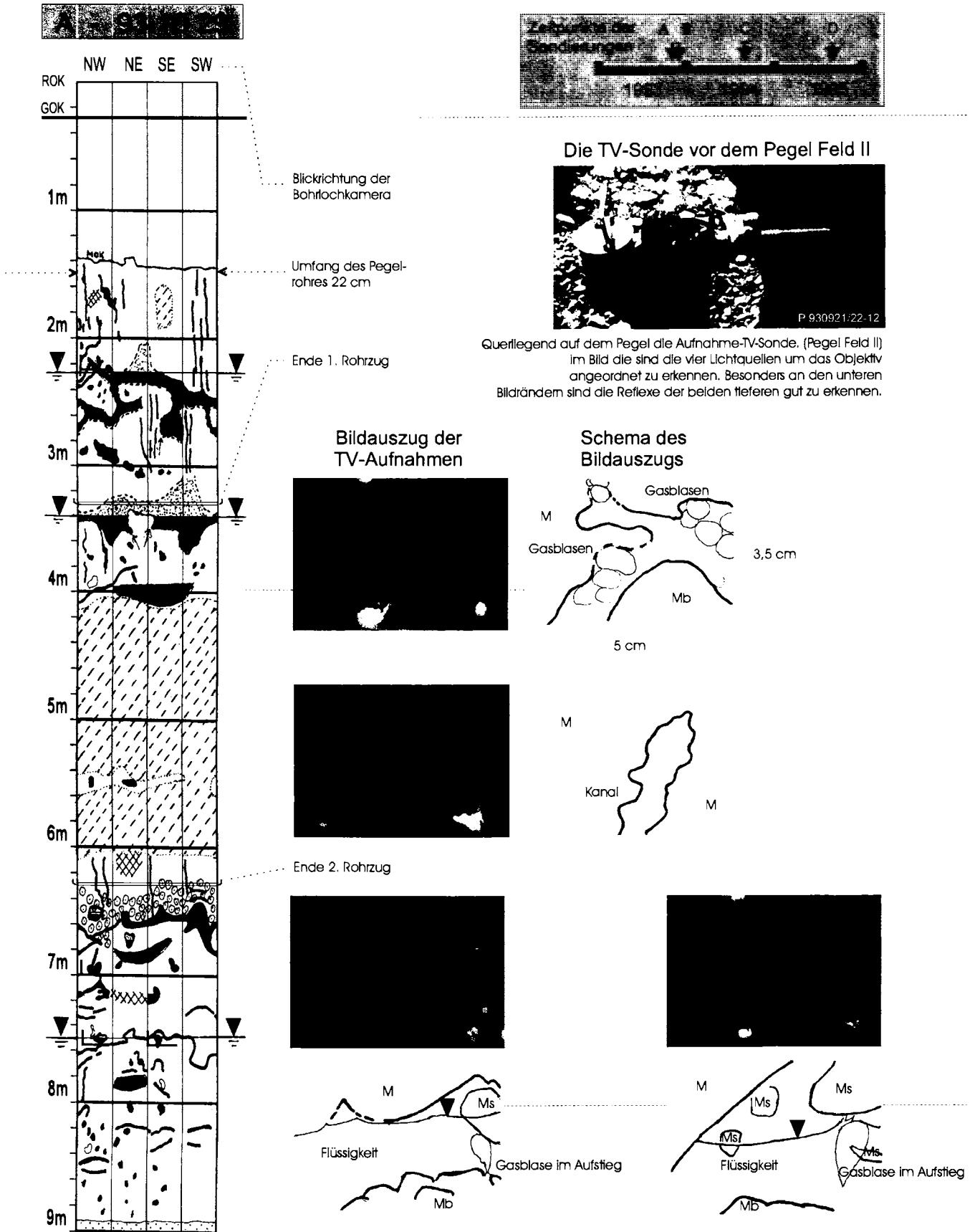
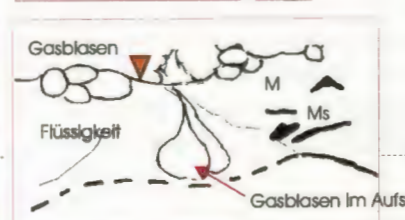
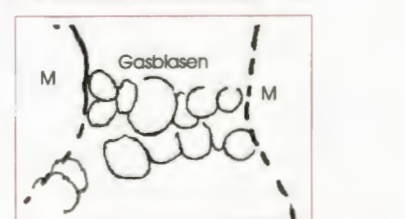
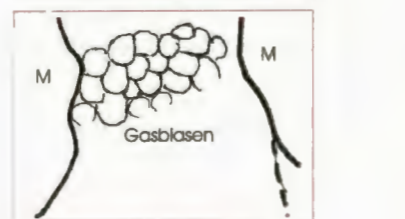
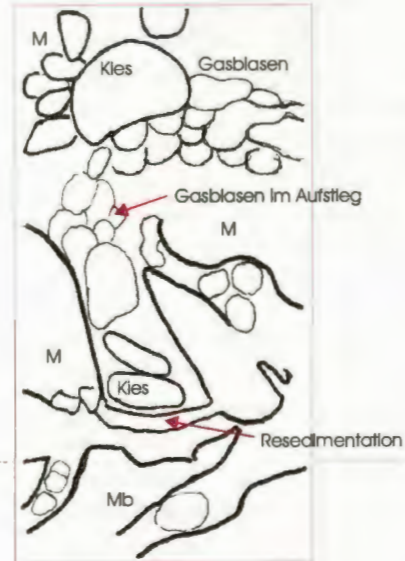
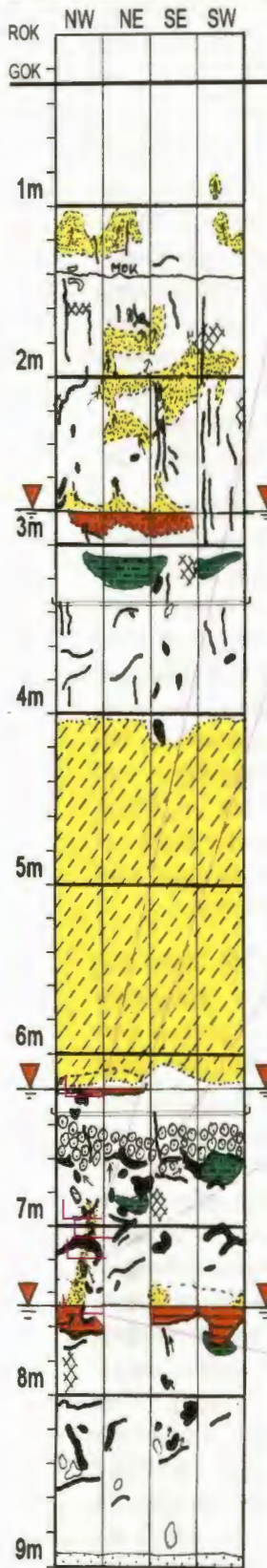


Abb. 13: Die Setzung der Plexiglassonden wurde gemeinsam mit R. NIEDERREITER, Firma UWITEC, Mondsee, geplant, mit dem Ziel, Lage und Position der Gas- und Wasserzonen im Deponiekörper zu beobachten und ihre Schwankungen zu erfassen. Gleichzeitig war vorgesehen, Vergleiche mit dem im Hallenversuch zur DIAGENETISCHE INERTISIERUNG beobachtbaren Verhalten des Altlastenmaterials anzustellen und im Endeffekt den zeitlichen Verlauf der Vorgänge zu vergleichen.

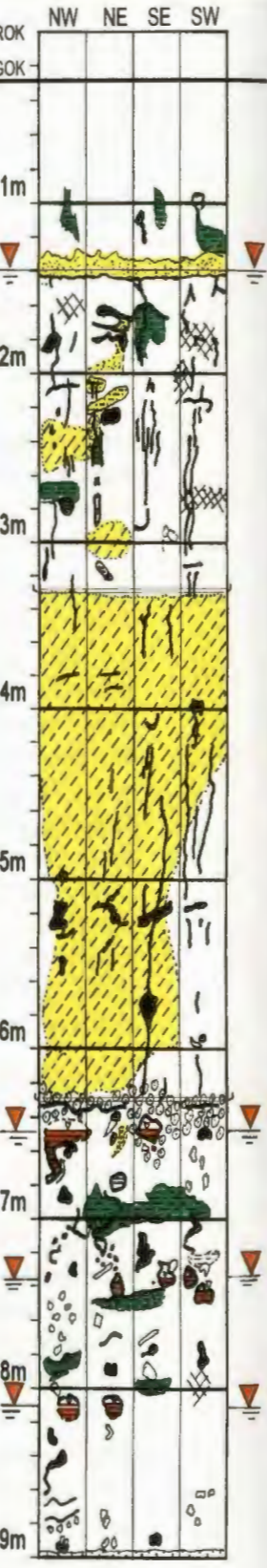


# Schematische Profildarstellung - Plexiglaspegel Feld II

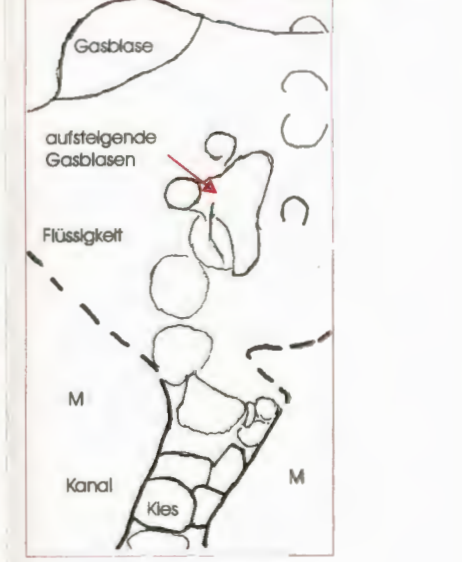
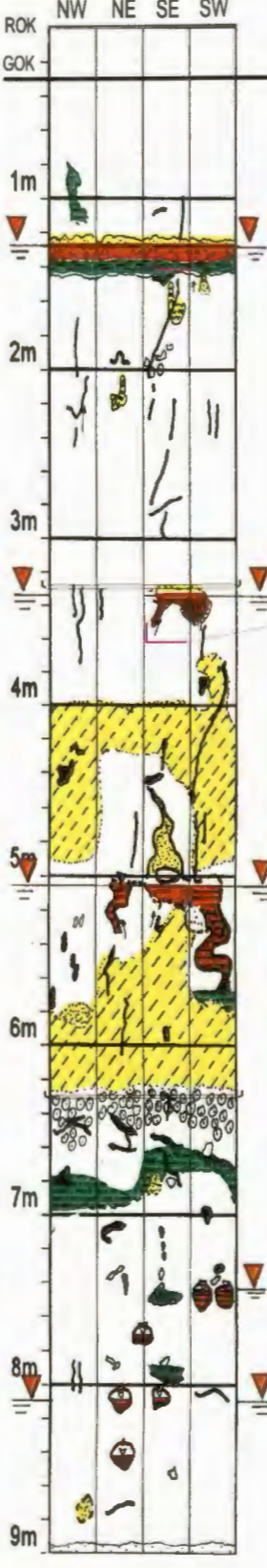
**B - 93 11 27**



**C - 94 10 06**



**D - 95 09 25**



## LEGENDE

- Flüssigkeitspiegel, -bereiche
- Hohraum / Pore allgemein
- Strömungskanal
- horizontale Hohraumstruktur
- Pore mit Flüssigkeitspiegel
- größerer Hohraum deutlich, undeutlich begrenzt
- Gasblasen- Wasserschaum
- poröse Strukturbereiche
- beobachtbare Resedimentation
- Abfallstrukturen
- "Gelstrukturen", mikrobiell verursacht (?)
- Kies
- Rohrbereich mit Kondenswasser (gaserfüllte Bereiche)
- Gasstrom, Gaszutritt (In Flüssigkeit sichtbar)
- Feintelle am Pegelrohrgrund
- M** Müll allgemein
- Mb** Müll mit mikrobiologischer Substanz (?)
- Ms** Müll strukturiert

Im mittleren Bereich ist überall eine Zone mit Überdruck (Gas, gelb ausgeführt) zu erkennen, deren Grenzen leicht schwanken und die sich 1995 aufzulösen beginnt. Eine weitere Zone mit Gas und einem virtuellen Wasserspiegel im oberen Bereich zeigt eine deutliche Verlegung nach oben. Sehr konstant verhält sich hingegen der virtuelle Wasserspiegel bei 7,5 m, der bei allen Befahrungen festgestellt werden konnte.

## 5. Situation wasserwegig gelagerter Abfallkörper

Aus den bisherigen Ergebnissen geht eindeutig hervor, daß es nicht möglich ist, Abfallkörper vollständig und dauerhaft mit technischen Abdeckungen einzukapseln. Auch bei massivem Einsatz flankierender Maßnahmen (B. STEINERT et.al. 1996) bleibt eine konventionelle Deponie ein technisches Bauwerk, ist als solches betreuungsbedürftig, anfällig gegenüber technischen und sonstigen Unzulänglichkeiten und menschlichem Vergessen unterworfen. Zu irgendeinem - dann wohl meist unerwarteten! - Zeitpunkt wird die „Kapsel“ durchlässig und „karstähnliche“ Bedingungen mit allen Umsetzungs- und Lösungsvorgängen (Stofftransport) stellen sich ein.

Die Oberflächenwässer nehmen ihren Weg durch die Deponie auf bevorzugten Bahnen, die einer entsprechend intensiven Auslaugung unterworfen sind. Dabei kommen nicht nur Großformen wie Risse in Frage, bedeutender dürften noch kleinporige Gasaufstiegskanäle sein, die nach dem Ende der lokalen Gasemission bzw. bei Minderung des Gasdruckes dem Eindringen und Durchfließen meteorischer Wässer dienen. Im Pegelrohr Feld II der Hausmüllversuchsanlage Breitenau konnten auf engstem Raum (ca. 4 cm) bis zu vier solcher Tubi, parallel nebeneinander und nicht miteinander verbunden, sichtbar gemacht werden.

Die Anlage und Veränderung all dieser Wasserwege ist von mehreren, nicht zu eliminierenden Faktoren beeinflusst. Morphologische Veränderungen (Setzungen, Risse), baustrukturelle Schwächezonen (geringere Kompaktion, Drainagen, randliche Ausbildung), abfallbedingte Stauer (Kunststofffolien etc.) wirken ebenso wie Umsetzungen und ihre Produkte (Sedimentation von Müllfeinteilen, mikrobielle Schleimbildungen, Gasaufstiegskanäle).

Wie in natürlichen Karsthohlräumen kann es dabei durch Resedimentation auch zu Verlegungen kommen, zur spontanen Ausbildung neuer Wegsamkeiten, die oft die vorher bevorzugten nur zufällig tangieren, aber auch zur Entstehung von Rückstauzonen, wo es beson-

ders im Begegnungsbereich Gas/Wasser zur Bildung gasgestützter Wasserhorizonte („virtuelle Wasserspiegel“) unterschiedlichster Ausdehnung kommt.

Im Zuge der Untersuchungen zur „Diagenetischen Inertisierung“, einer neuen, nicht wasserwegigen Abfallagerungsmethode (G. RIEHL-H.1993, 1994, 1996), sind zur Sichtbarmachung der inneren Vorgänge von Deponien Acrylglaslysimeter mit vorbehandelten und als Nullversuch mit unbehandelten Abfallarten) befüllt worden (Abb. 15), wobei letztere der Lagerung in konventionellen Deponien entsprechen. Auch in dieser Kleindimension stellten sich die verschiedenen Phänomene ein.

Auf Abb. 14 ist solch ein Gasaufstiegskanal deutlich erkennbar. In seinem Bereich finden Auswaschungen, Umlagerungen und Resedimentationen von Feinteilen statt. Diese Resedimentationen, die aus schwer- bis unlöslichen Partikelchen bestehen, können einen Gaskanal zuzementieren und so die Bildung weiterer Kanäle an anderen Positionen verursachen, bei denen es dann erneut zu Auslaugungs- und Umsetzungsvorgängen kommt (Abb. 13, Fotos zu „B“). Der Entgasungskanal endet nicht bei der weißen Kunststoffolie, sondern setzt sich im Inneren des Müllkörpers weiter fort.

All dies macht deutlich, daß große Teile des Deponiekörpers in wasserwegig gelagerten Deponien von den Umsetzungsvorgängen derzeit gar nicht erfaßt werden können und somit zukünftige Gefahrenpotentiale vorgezeichnet sind. Die Vorstellung der Reaktordeponie mit Forcierung der ersten spontanen organischen Reaktionen ist in der Praxis nur mit diesen großen Vorbehalten zu betrachten. Die Komplexität der Wirkungen und Gegenwirkungen zwischen äußeren Einflüssen, Müllzusammensetzung und chemischen wie biochemischen Abläufen, die von Deponie zu Deponie unterschiedlichen Randbedingungen, lassen eine wasserwegige Abfallagerung, und als solche sind alle derzeitigen und nach dem aktuellen Stand der Technik eingerichteten Deponien zu bezeichnen, als inhärent instabil und damit auf die Dauer technisch und gesellschaftlich nicht beherrschbar erscheinen.

## WASSERWEGIGE LAGERUNG BEI UNBEHANDELTEM ALTLASTENMATERIAL

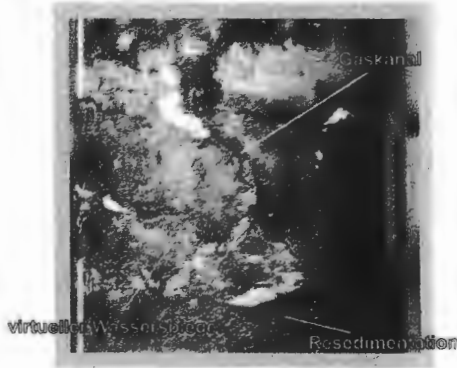
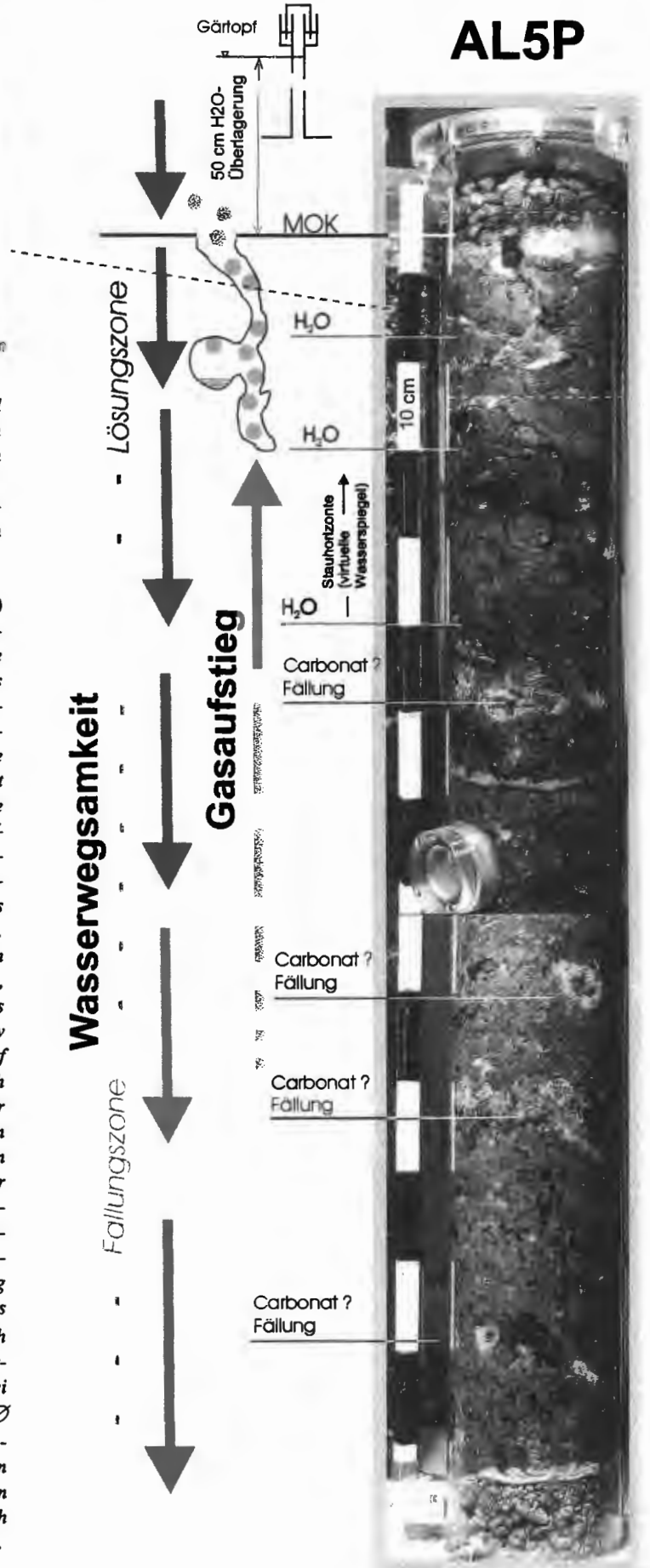


Abb. 14 (oben): (nach G. RIEHL-H. et.al 1996) "Entgasungskanal" im obersten Bereich des AL5P; diese Gaskanäle sind in der oberen Hälfte des Lysimeters erkennbar. In ihrem Bereich findet Auswaschung, Umlagerung und Resedimentation von Feinteilen statt.

Abb. 15: (nach G. RIEHL-H. et.al 1996)) Das Acrylglaslysimeter mit purem unbehandeltem Material zeigt mehrere Stauhohizonte ("virtuelle Wasserspiegel"); bei Öffnen des Entlastungshahnes am Lysimeterdeckel beginnt das im Wasser gehaltene Gas aufzuperlen und im Abfallkörper aufzusteigen. Die Aufwärtsbewegung der Gasblasen beginnt ca. 80 - 100 cm unter der Mülloberkante (ca. 1,5 m H<sub>2</sub>O-Überlagerung). Die Aufstiegswege werden descendend vom Überlagerungswasser genutzt. Aus dem Müllkörper werden lösliche Stoffe durch das Wasser in die tieferen Schichten transportiert. Nach vier Versuchsjahren sind teilweise noch einzelne Organica wie Papier nicht verrottet, Druckerzeugnisse zum Teil lesbar. Dies stimmt mit Beobachtungen aus der New Yorker Abfalldeponie Fresh Kills Landfill auf Long Island überein, in der Zeitungen nach zwanzig Jahren noch einwandfrei lesbar waren. In diesem Lysimeter ist zu beobachten wie die Ausfällungen (RAMKE et.al. 1990) an der Oberfläche von Bakterien erfolgen oder auch lagig um Zonen besonderer Wegsamkeiten ausfallen und dort zu Zementationen führen. Dieses Lysimeter gibt im Gegensatz zu den Großlysimetern nur wenig Sickerwasser ab, da das Durchsickern des Wassers im geringen Ø von 20 cm durch Folienreste etc. ("Größtkorn" bei der Zerkleinerung 10 cm) stark behindert wird. Bei den dazugehörigen Großlysimetern Ø 100 cm bewegt sich das gesamte Aufschlagwasser durch den Müllkörper, desgleichen wohl auch bei allen wasserwegig gelagerten "konventionellen" Deponien, abzüglich etwaiger Abflußmengen und der Evaporation.



## 6. Die Bedeutung von Breitenau und die derzeitige Situation

Mit der Hausmüllversuchsanlage Breitenau steht der Wissenschaft ein Forschungsobjekt zur Verfügung, das bislang einmalig ist: Zum erstenmal wurde eine Abfalldeponie in relevanter Größenordnung allein für Forschungszwecke errichtet und mit den entsprechenden infrastrukturellen Ausstattungen versehen, sodaß alle Probleme der Deponierung von Abfällen vor Ort beobachtet werden können.

Es ist mit der Hausmüllversuchsanlage Breitenau erstmals in diesen Dimensionen ein Instrument geschaffen worden, mit dessen Hilfe es möglich ist, einen Abfallkörper vom Anbeginn der Schüttung in seiner kontinuierlichen Entwicklung zu beobachten und zu messen, samt allen Immissionen und Emissionen, mit allen Nebenfragen und Aspekten, mit allen Möglichkeiten verwandte Forschungsprojekte interdisziplinär, interfakultär und interuniversitär einzubinden.

Bereits im Abschlußbericht über die Hausmüllversuchsanlage Breitenau 1986 - 1991 (Drucklegung 1995, G. RIEHL-H. et al. 1995) wurde darauf hingewiesen, daß internationale Forschungsgruppen besonderes Interesse an der Versuchsdeponie bekundet haben.

Als Themenkreise bieten sich besonders an:

- Versuchsanlage zur Sickerwasseraufbereitung
- Untersuchungen zum Phänomen "virtueller Wasserspiegel"
- Tritiummessungen und <sup>18</sup>O-Messungen
- Biotoxizitätstests
- Denitrifikationsversuche
- Einzelparameter zur AOX-Messung
- Kleinklima und Meßreihen der Abdeckungsvarianten

- Beprobung der Dichtschicht und Bergung der Folien- und Vliesproben<sup>1</sup>
- Sickerwasserreaktionsstrecke
- geophysikalische Modelluntersuchungen
- Permanente Beobachtung der Entwicklung

Die Weiterführung der laufenden Untersuchungen und der angeführten Projekte wäre nicht nur aus wissenschaftlicher Sicht, sondern auch im Hinblick auf im öffentlichen Interesse stehende praxisbezogene Erkenntnisse und Entscheidungen notwendig. Damit könnte ein wichtiger Beitrag für die Entwicklung im Deponiewesen, zur Behandlung von Altlasten und zur Erstellung von Richtlinien, Normen und Vorschriften geleistet werden.

In der Abfallforschung scheint neuerdings der reinen Labormethode nebst punktuellen Stichprobenuntersuchungen der Vorzug gegenüber der Untersuchung an einer Realdeponie gegeben zu werden (H.-J. EHRIG 1997). Zwar können im Labor zeitraffende Methoden angewandt werden und wird unter genauen Randbedingungen gearbeitet, doch kommt es gerade durch die Inhomogenität des Abfalls und die im selben Abfallkörper unterschiedlich einsetzenden Umsetzungsvorgänge zu Synergismen, die nachzuahmen im Laborversuch nahezu unmöglich ist. Ein Anhaltspunkt hierfür ist die trotz fortgeschrittenener Umsetzung stetig hoch bleibende Biotoxizität bei Sickerwässern sowohl des unbehandelten als auch des mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfalls (P. SPILLMANN 1996).

Leider scheint für das mit der Hausmüllversuchsanlage Breitenau zur Verfügung stehende Instrumentarium nur wenig öffentliches Interesse zu herrschen. Seit 1991 werden die für

---

<sup>1</sup> An der Müllbasis von FII sind 45 verschiedene Musterproben von Geotextilien und Kunststofffolien, die zur Abdichtung von Abfalldeponien verwendet werden, für einen Langzeittest unter realen Versuchsbedingungen situiert. Teilproben sollten nach 5 und 10 Jahren geborgen, analysiert, und den „trockengelagerten“ Vergleichsproben gegenübergestellt werden. Aus finanziellen Gründen harren diese Proben noch immer der Bearbeitung....

den laufenden Betrieb (schon gar nicht für Forschungsprojekte!) erforderlichen Mittel (Sickerwasserentsorgung, Beobachtung) nicht zur Verfügung gestellt. Aufwände mußten zum Teil vom Projektleiter privat mit persönlicher Haftung aufgefangen werden, das Projekt wird finanziell ausgehungert. Am geologischen Institut der TU-Wien, das für die Erstellung und den Betrieb der Versuchsanlage Breitenau verantwortlich gezeichnet hat, wurde nach der Emeritierung von F. MAKOVEC jegliches Einfließen geologischer Denkungsweise in die Entsorgungspraxis zurückgenommen. Sogar die Probenahme der Sickerwässer wurde der Projektleitung ausdrücklich untersagt (Dienstorder D. v. HUSEN, 1995).

Dies steht durchaus im Einklang mit dem Bemühen mancher Gruppierungen, geologisch orientiertes Langzeitdenken von diesem Themenkreis fernzuhalten.

Trotz aller müllmengenmindernden Abfallstrategien, die dringendst erforderlich sind, wie etwa Vermeidung, Wiederverwertung und die bei heizbaren Abfällen ökonomisch und ökologisch sinnvolle thermische Verwertung als Ersatz für meist importierte fossile Energieträger, werden immer etwa 30% der anfallenden Abfallmenge auf irgendeine Art und Weise abgelagert werden müssen. Langfristig werden die in die Anthroposphäre eingebauten Stoffe entsorgt werden müssen, und *die einzige nicht-dissipative Möglichkeit, sie der Umwelt zurückzugeben, besteht in der Deponie* (wörtl. Zitat P.H. BRUNNER, 1994). Daher wird es auch in Zukunft notwendig sein Deponieforschung zu betreiben (A. LAGERKVIST et.al. 1997, in diesem Band), auch wenn das gesellschafts- und wirtschaftspolitisch heute nicht unbedingt en vogue ist. Oder will man damit erst wieder beginnen, wenn Feuer am Dach ist?

## 7. Literatur

- P. BACCINI, et al., 1987 "Water and Element Balances of Municipal Solid Waste Landfills". In: Waste Management and Research (1987), 5, pg 483 - 499.
- P. BACCINI, 1992 "Die Deponie in einer ökologisch orientierten Volkswirtschaft." In: GAIA I 1992 no. 1. 1992
- W. BAUMANN 1985 "Minimierung und langfristige Abschätzung von Sickerwasseremissionen aus Hausmülldeponien" INFU Werkstattreihe Heft 15, Institut für Umweltschutz der Universität Dortmund, 1985
- E. BINNER, Th. LAHNER, 1997 Wasserhaushalt und Emissionssituation am Beispiel der Hausmüllversuchsanlage Breitenau, Barbaragespräche 1995, Wien 1997
- P.H. BRUNNER, 1994 Abfall als Langzeitrisiko, Barbaragespräche 1993 „Grenzen der Geotechnik“, pg 103-106, Wien 1994
- H.J. EHRIG, S. HAGEDORN, 1996 Einfluß der Oberflächenabdichtung auf Menge und Qualität des Sickerwassers, in: Entsorgungspraxis 6/96, pg. 49-55, Bertelsmann Fachzeitschriften, Gütersloh 1996
- H.-J. EHRIG, 1989 Water and Element Balances of Landfills. In: Lecture Notes in Earth Sciences. Vol. 20. Baccini, P. (Ed.). 1989
- H.-J. EHRIG, 1997 Einführung in das Verbundvorhaben Deponiekörper, in: Verbundvorhaben Deponiekörper, 2. Statusseminar, pg 1-5; Hrsg. UBA Projektträger Abfallwirtschaft und Altlastensanierung des BMBF, Wuppertal 1997
- A. LAGERKVIST; H. ECKE, 1997 Deponierungsstrategien, Versuchsfelder und die Zukunft, Barbaragespräche 1995, Wien 1997

- Th. LAHNER, 1989 "Untersuchungen zur Zusammensetzung des Grazer Hausmülls." Diplomarbeit am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU Wien., Wien 1989
- P. LECHNER, 1992 "Reaktordeponie - Generelle Zielsetzungen und Erfahrungen mit der Versuchsdeponie Breitenau", 12 S., In: Deponietechnik und Entsorgungsbau, Hrsg: Fettweis, Golser & Hengerer, Balkema, Rotterdam, 1992
- H. LÖFFLER, 1988 "Anforderungen an eine umweltverträgliche Entsorgung von MVA-Reststoffen." In: Beiträge zum Umweltschutz, Heft 17. Magistrat der Stadt Wien (Hrsg.). Wien 1988
- S. MELCHIOR, 1996 Die Austrocknungsgefährdung von bindigen mineralischen Dichtungen und Bentonitmatten in der Oberflächenabdichtung - Ergebnisse der mehrjährigen In-situ-Versuchen und Aufgrabungen auf der Altdeponie Hamburg-Georgswerder, in: U.MAIER-HARTH:(Hrsg.): Geologische Barriere, Basisabdichtung, Oberflächenabdichtung - Möglichkeiten zur standortbezogenen Optimierung, 3.Deponie-Seminar in Bingen-Büdesheim, 40 S, Mainz 1996
- M. NOHAVA, 1993 Etablierung des Leuchtbakterientests in der Umweltkontrolle, Univ. f. Bodenkultur Wien, Inst. f. angewandte Mikrobiologie, Dipl.Arbb., pg. 1-64, Wien 1993
- R. PAWLICK, 1988 "Beitrag zur natürlichen Flächenrotte einer Kompostrohfraktion aus der Müllaufbereitung für die Verwendung als Rekultivierungssubstrat."Dissertation am Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft der TU Wien, Wien 1988
- H.-G. RAMKE, M.BRUNE, 1990, Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit von Entwässerungsschichten in Deponiebasisdichtungssystemen, Abschlußbericht Forschungsvorhaben FK BMFT 1450457 3; 225 S, Braunschweig 1990
- D. RANK, W. PAPESCH, V. RAJNER, G RIEHL-HERWIRSCH, 1992 Environmental isotopes study at the Breitenau Experimental Landfill (Lower Austria), pg.173-177, in: H.Hötzl & A.Werner (Hrsg.) Proc.of the 6.Int.Symp.on Water Tracing, Karlsruhe, 1992, A.A. Balkema, Rotterdam, 1992
- D. RANK, W. PAPESCH, 1997 Isotopische Charakterisierung von Müllsickerwässern und die Verfolgung der Wasserbewegung in der Versuchsdeponie Breitenau (südliches Wiener Becken), Barbaragespräche 1995, Wien 1997
- G. RIEHL - HERWIRSCH, P.LECHNER, 1983, Untersuchung über die Verwendung des Schlammmaterials aus der Kieswäsche als Grundwasserschutzschicht, 66 S., In: Wasserwirtschaft - Wasservorsorge, Hrsg.: BMLuF, Wasserwirtschaftskataster, Wien 1983
- G. RIEHL-HERWIRSCH, 1993 Die "Diagenetische Inertisierung" - eine umweltneutrale Rückeinbindung von Abfall in den natürlichen Stoffkreislauf, Restmüll Enquete, Informationsreihe Abfallwirtschaft des Landes Steiermark, Band 1, pg. 69-72, Graz 1993
- G. RIEHL-HERWIRSCH et.al., 1994 Diagenetische Inertisierung, in: UG'94 3. Arbeitstagung "Erdwissenschaftliche Aspekte des Umweltschutzes" BFPZ Arsenal, Geotechn.Inst. (Hrsg. 1994)
- G. RIEHL-HERWIRSCH, P.LECHNER et.al., 1995 Hausmüllversuchsanlage Breitenau, Abschlußbericht zum Beobachtungszeitraum 1986 - 1991, pg. 1-199 BMLuF (Hrsg.), Wasserwirtschaftskataster, Wien 1995
- G. RIEHL-HERWIRSCH, P. CARNIEL, M. HACKENBERG; 1996, Diagenetische Inertisierung - ein Immobilisierungsverfahren, Lysimeterversuche Katzelsdorf, NÖ, 1992-1996, Kurzfassung des Endberichtes, pg. 1-23, Hrsg.: H. HOLZER (BMFUJF), Th STEIRER (Österr. Kommunalkredit AG), Wr. Neustadt 1996

P. SPILLMANN, 1996 Sanierung von Altdeponien durch Rückbau - Grundlagen und Stand der Praxis, in: Kongreßbericht d. 3. Depotech Kongreßmesse Leoben, pg. 127-134, D. HENGERER, M. NELLES, G. WÖBER, (Hrsg.), Balkema, Rotterdam/Brookfield, 1996

R. STEGMANN 1990 Landfill Gas Extraction, in: Sanitary Landfill-

Process, Technology and Enviromental Impact; Academic Press, London, 1990

B. STEINERT, S. MELCHIOR, K. BURGER K. BERGER, M.TÜRK, 1996 Dimensionierung von Kapillarsperren zur Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten, in: Verbundvorhaben Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen Teil- BMBF -Vorhaben 39, Kurzfassung, Hamburg 1996





## DISKUSSION

## Die Versuchsanlage Breitenau

Aufbau und Wasserwegsamkeiten  
Ergebnisse und Fragen

**CHAMANARA:** Ich hätte eine Frage, was den Untergrundbau betrifft. In der ÖNORM 2074, Teil 2, werden einige Punkte vorgeschrieben, was den Untergrundbau betrifft. Jetzt meine Frage z.B. bei der Basisabdichtung: es wird vorgeschrieben daß man in-situ Versuche im Keuper bestimmt. Meine Frage ist, wie haben Sie das gemacht, haben sie mit Standrohrversuchen gemessen oder habe Sie die Möglichkeit gehabt, eine ungestörte Probe zu nehmen von der Basisabdichtung und die im Labor untersucht?

Die zweite Frage, den natürlichen Untergrund zu verbessern, haben sie angenommen, daß man das überhaupt nicht verbessern braucht oder haben sie irgendwelche Lastplattenversuche gemacht oder wie wurde da vorgegangen?

Die dritte Frage war, wieso Sie im Feld I auf der Seite keine mineralische Basisabdichtung haben. Sie haben nur eine Folie, aber eine Folie ist sehr leicht zu verletzen.

**RIEHL-H:** Die Folie ist sicher überaus leicht zu verletzen, das ist ganz klar. Wir haben da auch Beispiele, wo wir einen Radlader auf der Folie hinuntergelassen haben und Steine sind dazwischengelegen und sie war zerfetzt. Sie haben recht mit der Verletzbarkeit, ich war Tag und Nacht draußen auf der Deponie um zu verhindern, daß die Deponieleute, die ja nicht immer gerade Apotheker sind, mit dem Lader und Kompaktor reinfahren. Es ist auch manchmal passiert und wir mußten es immer wieder flicken. Die Untergrunddichtung, die mineralische Dichtung, ist erst später gekommen, wir haben also noch vor dieser Vorschreibung geplant. Natürlich haben wir mit Lastplattenversuchen den Untergrund untersucht, der Kies ist voll verdichtet, es sind

keinerlei Absenkungen oder so etwas zu erwarten. Es ist ein sehr guter Baugrund und waren Feinsandlagen etc. auch vorgeschrieben und die Vorschreibungen sind alle eingehalten worden. Aber eine mineralische Dichtung unter der Folie gibt es nicht. Ich würde es auch heute absolut ablehnen eine mineralische Dichtung unter der Folie anzulegen, denn was passiert letztendlich? Diese Verbunddichtung, daß man die drauflegt im Preßverbund, das hat noch nirgends geklappt. Es kommt immer Wasser dazwischen oder sonst etwas und à la longue wird ihnen bei den höheren Temperaturen die Tondichtung unten austrocknen und ich habe selber gesehen, da war der Kollege Vortisch bei einer Exkursion dabei, bei Billingham, bei dieser Sondermülldeponie, die war damals gerade im Bau, wir haben dort die Folie weggenommen an einem Stück und ich habe meinen Stock, der ist 1 m lang, in diese Risse hineinstecken können. Sie bekommen diese Risse darunter sicher durch Austrocknung und die Dichtung unten ist wirklich schade ums Geld. Die nutzt überhaupt nichts, denn wenn wirklich ein Riß ist, rinnt es durch diese Risse durch. Sie verschlammten sich auch nicht, sondern werden ausgeschwemmt. Also es ist ein relativ sinnloses Unterfangen.

Die  $k_f$ -Werte haben wir im Labor bestimmt. Die waren auch um die  $10^{-9}$  und wir haben dann die zweiten Werte, das können sie in dem Band sehen, wenn sie sich den dann anschauen, rückgerechnet und kommen auf die identen  $10^{-9}$  jetzt.

Das hat die Boku gemacht, also der Prof. PREGL, die haben Proben mitgenommen und haben die dann verdichtet.

Ich habe ja zuerst erwähnt, wir haben das sehr naß eingebaut, schichtweise mit sehr viel Wasser, haben das Wasser verdunsten lassen, Risse reißen lassen und die Risse wieder aufgefüllt. Außerdem ist ja ein Kies-Schluff-Ton-Gemisch eingebaut und da bekommen sie mit den Versuchsbehältern sowieso keine korrekten Werte, weil sie die Kieskörner ja nicht wegbekommen. Wir haben also nur mit dem Schluff-Ton-Gemisch die Versuche im Labor gemacht. Und dann natürlich hat es Probleme mit der Befahrung, mit der Beschüttung gegeben und wir haben auch einen Grundbruch produziert, das heißt die ausführende Firma, ist mit dem Lader draufgefahren und haben dann noch mit den Institutsleuten gemeinsam geschaut, wie oft man mit einem beladenen Japaner, ich glaube so heißen diese kleinen Dinger, hin- und herfahren kann und nach 10 Befahrungen hat es begonnen zu reißen und durchzusitzen. Also ein verspäteter Thixotropieeffekt. Diese Untersuchungen werden noch einmal in der nächsten Zeit publiziert.

Ich bin vorhin auch auf folgendes nicht eingegangen: wir haben 45 Folien im Feld II, also im Mittelfeld, in 1:1-Bedingungen eingegraben. Wir wären sehr gespannt, was daraus geworden ist in der Zeit. Denn unter Deponiebedingungen, also bei 30°C und Überfluß von Sickerwasser, gibt es sicherlich andere Materialveränderungen als bei den parallelgelagerten Folien im Kunststoffinstitut. Wir wären sehr begierig, das herauszubekommen und die beiden Proben einer gleichen Prüfungsprozedur zu unterziehen. Die Kunststoffleute äußern sich ja und sagen, daß die Folien bis 700 Jahre hielten, de facto geben sie aber max. 3 Jahre Garantiefrist und es ist keiner zu bewegen, diese auszudehnen.

**CHAMANARA:** Die Lastplattenversuche die angesprochen worden sind?

**RIEHL-H:** Haben wir unten nicht gemacht. Wir haben es vorher gemacht auf der Kiesunterlage, also den Boden sozusagen

**NORDEN:** Wäre die Diagenetische Intertisierung, ihr Verfahren, auch im sauren Milieu notwendig? Ich denke da an die geplante Mülldeponie in Aspang am Wechsel.

**RIEHL-H:** Das kommt aufs Material an. Was man nach unseren Voruntersuchungen ausschließen muß, sind sicher sehr hohe Anteile an kompostierbarem, organischem Material, die zumindest mit der Gasproduktion Probleme machen. Aber an sich bei Aschenschlacken sollte es kein Problem geben, bei Aschen unter Umständen schon, wir brauchen keine hydraulischen Binder drinnen, denn bei denen kommt es zu Volumsverlust und zur Steife.

**NORDEN:** Müßte das unbedingt so ein karbonathaltiger Tonschluff sein.?

**RIEHL-H:** Das kommt auf die Zusammensetzung des zu entsorgenden Mülls an. Das kann man nicht a priori für alle Dinge sagen. Das ist sicher von mal zu mal verschieden und anzupassen, das kann man nicht für alles von Haus aus sagen.

**VORTISCH:** Es hat sich gezeigt, daß sich die Mischung von Tonmineralen und Feinteilen der karbonatischen Substanz an sich ein ideales, sich selbst stützendes Sicherheitssystem darstellt. Die Tonminerale wirken zum einen dichtend und auch schadstoffbindend und die Karbonatminerale fördern ganz besonders die Fällung von Schwermetallen außerhalb des Sulfidbereiches, z.B. Kadmiumhydroxid oder entsprechende Karbonate und puffern gleichzeitig das Milieu ab, so daß die Tonminerale ihre Schadstoffbindungsfunktion aufrecht erhalten können. Das heißt, die Schadstoffbindung durch Tonminerale wird durch die fein verteilten Karbonatminerale geschützt, gefördert, und die Tonminerale bringen wieder hohes Maß an Dichtigkeit und geben den langsam laufenden Festlegungsprozessen, den langsam laufenden Bindungsprozessen genügend Zeit, um Fällungen und Mitfällungen entsprechend durchlaufen zu lassen. Wir haben im Prinzip ja 3 Bindungsprozesse, d.h. also Schadstoffsorption an bestehenden Mineralphasen, Schadstofffällungen, Mitfällungen an den beiden weiteren, wenn wir von der reinen Filterfunktion feinputikulärer Substanzen einmal absehen.

*Diskussionsbeiträge von:*

*Mag.H. CHAMANARA*

*Fattstraße 24a*

*A - 6922 Wolfurt*

*Mag.E. NORDEN*

*Postfach 35*

*A - 2870 Aspang*

*Prof.Dr.W. VORTISCH*

*Inst.f.Prospektion u. angew.*

*Sedimentologie*

*Montanuniversität Leoben*

*A - 8700 Leoben*