

GEOSCHULE PAYERBACH

BARBARA-GESPRÄCHE  
Payerbach 1995

Isotopische Charakterisierung von Müllsickerwässern  
und die Verfolgung der Wasserbewegung  
in der Versuchsdeponie Breitenau  
(Südliches Wiener Becken)

D. RANK, W. PAPESCH



**INHALT**

Zusammenfassung	259
1 Einleitung	259
2 3H-Gehalt der Müllsickerwässer (Überlauf)	261
3 2H- und 18O-Gehalt der Müllsickerwässer (Überlauf)	262
4 Auswirkung von Niederschlagsereignissen nach dem Undichtwerden der Abdeckung von Feld I	264
5 Isotopenverhältnisse der Sickerwässer unter der mineralischen Basisdichtung	265
6 <sup>13</sup> C-Untersuchungen am gelösten anorganischen Kohlenstoff	266
7 Isotopenuntersuchungen am Deponiegas	266
8 Schlußfolgerungen und Ausblick	267
Literatur	269
Diskussion	271

*Anschrift der Verfasser:*

*HR Dr. Dieter RANK  
Dipl.Ing. W. PAPESCH  
BFPZ-Arsenal  
Geotechnisches Inst., Abt. Geohydrologie  
Arsenal - Obj. 214  
Faraday Gasse 3  
A - 1030 Wien*

# Isotopische Charakterisierung von Müllsickerwässern und die Verfolgung der Wasserbewegung in der Versuchsdeponie Breitenau (Südliches Wiener Becken)

D. RANK, W. PAPESCH

## Zusammenfassung

*Isotopenuntersuchungen ( $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$ ) an Sickerwässern der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau Wien geben Einblick in Einzelheiten der Sickerwasserbewegung im Deponiekörper. Von besonderem Interesse sind dabei der Durchgang von Sickerwasser durch die mineralische Dichtungsschicht an der Basis der Deponie und der Mechanismus, wie Niederschlagswässer in Abhängigkeit von der Art der Abdeckung der Deponie den Müllkörper passieren. Als Isotopensignale für die Untersuchungen bieten sich der erhöhte Tritiumgehalt des Sickerwassers (bis 3000 TE) - verursacht durch eine offensichtlich mit dem Müll abgelagerte Tritiumquelle - sowie die starke Deuteriumanreicherung im Sickerwasser als Folge der Methanproduktion an ( $\delta^2\text{H}$ -Werte steigen um 30-40 ‰ an). Da die Isotopenverhältnisse Moleküleigenschaften des Wassers sind, charakterisieren sie die tatsächliche Bewegung des Wassers (Stofftransport) und werden nicht wie gelöste Stoffe von Adsorption und Desorption beeinflusst.*

*Wichtigste methodische Erkenntnis der Isotopenuntersuchungen in Breitenau ist, daß Deponie-sickerwässer und auch Deponiegase durch ihre Isotopenverhältnisse eindeutig charakterisiert sind. Damit lassen sich Sickerwasseranteile im Grundwasser ebenso wie migrierende Deponiegase über Isotopenuntersuchungen identifizieren.*

## 1. Einleitung

Hauptthemen des Forschungsprojektes "Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau" sind der Einfluß von Müll-verfüllten Kiesabbaugruben auf das Grundwasser, die Eignung von Schlämmrückständen aus der Kieswäsche als Grundwasserschutzschicht und der Einfluß der Deponieabdeckung und der Oberflächengestaltung auf den Wasserhaushalt (RIEHL-HERWIRSCH et al. 1995). Die Anlage mit einer abgelagerten Gesamtmenge von ungefähr 100.000 t Hausmüll umfaßt drei voneinander weitgehend unabhängige Deponiefelder, die sich durch unterschiedliche Abdeckungsarten - unterschiedlicher Niederschlagseinfluß - sowie

durch das Vorhandensein oder Fehlen einer mineralischen Dichtungsschicht an der Basis unterscheiden (Abb. 1).

In Feld I und II wurde ein Schluff-Ton-Kies-Gemisch als Basisabdichtung eingebaut. Die Kontrolle der Dichtwirkung erfolgt über eine darunterliegende Drainage, die ihrerseits auf einer Kunststoffdichtungswanne verlegt ist. In Feld I fand ein ähnliches Schluff-Ton-Kies-Gemisch als Oberflächenabdeckung Verwendung. Die Abfallablagerung wird in ihrem Langzeitverhalten sowohl bei vollkommener Einkapselung (Feld I) als auch in Form der "Reaktordeponie" (Feld II, Umsetzungen unter Wasserzutritt) unter natürlichen Randbedin-

gungen untersucht. Die Anlage ermöglicht eine vollständige Erfassung der milieubedingten Reaktionen und der Reaktionsprodukte - Deponiegas und Deponiesickerwasser. Die Untersuchungen sollen eine objektive Aussage über das tatsächliche Gefährdungspotential von Abfallablagerungen in diesem Klimaraum (Mitterndorfer Senke) ermöglichen.

Seit der Errichtung der Versuchsdeponie Breitenau wurden dem Sickerwasser wöchentlich Proben entnommen und in gefrorenem Zustand gelagert. Auf der Basis dieses Probenmaterials bot sich die einmalige Gelegenheit, die zeitliche Entwicklung der Isotopenverhältnisse im Deponiewasser seit dem Einbau des Mülls zu verfolgen, so z.B. während des Überganges von der sauren Gärung zur Methanphase (Anstieg des <sup>2</sup>H-Gehaltes des Deponiewassers). Eine offensichtlich mit dem Müll abgelagerte Tritiumquelle führte zusätzlich zu einer starken Tritiummarkierung des Deponiewassers (bis 3000 TE). Infolge der

zeitweiligen Rückpressung von Sickerwasser in die Deponie dürften jetzt weite Bereiche des Müllkörpers in den drei Feldern mit Tritium markiert sein. Das Deponiewasser unterscheidet sich damit in den Isotopenverhältnissen signifikant vom Niederschlagswasser und vom Einbauwasser der Basisdichtung.

Ziel der Isotopenuntersuchungen sind einerseits Aussagen über den Durchgang von Deponiewasser durch die mineralische Dichtungsschicht an der Basis der Deponie und andererseits über den Mechanismus, wie das Wasser von einzelnen Niederschlagsereignissen in Abhängigkeit von der Art der Abdeckung der Deponie den Müllkörper passiert. Diese Kenntnis der Wasserbewegung im Deponiekörper ist eine Voraussetzung für das Verständnis des Stoffumsatzes in der Versuchsanlage. Methodische Untersuchungen zur Isotopenfraktionierung ergänzen das Meßprogramm.

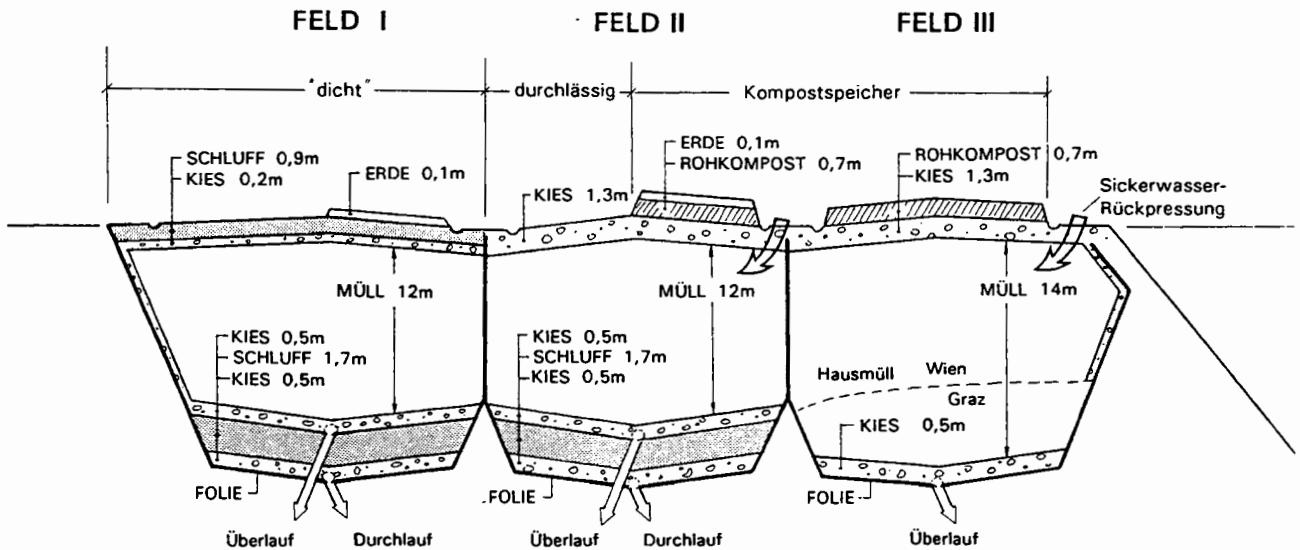


Abb. 1: Schematischer Aufbau der drei Versuchsfelder der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau (RIEHL-HERWIRSCH et al. 1995).

1991 wurde mit einer Isotopenübersichtsuntersuchung begonnen, die zunächst Wasserproben von jedem zweiten Monat umfaßte (Überlauf I, II, III = Sickerwasser an der Basis des eingebauten Mülls; Durchlauf I, II = Sickerwasser unter der mineralischen Dichtungsschicht). Für die  $^3\text{H}$ -Messung mußte ein Teil der Proben durch Schütteln mit Aktivkohle gereinigt werden. Für die Messung der stabilen Isotope wurden die Proben in einem Ultraschallbad 15 Minuten im Helium-Strom gereinigt. Dies sollte ein übermäßiges Entgasen der Probe im Massenspektrometer verhindern (RANK et al. 1992).

Die Interpretation der im Folgenden behandelten Isotopen-Zeitreihen wird dadurch erschwert, daß aus betrieblichen Gründen zeitweise eine Mischung aus dem Überlaufwasser aller drei Felder in den Müllkörper rückgepreßt worden ist - vor allem in Feld III - und daß bisher nur ein Teil der Wasserhaus-

haltsdaten verfügbar ist (RIEHL-HERWIRSCH et al. 1995). Weiters sind die Isotopenverhältnisse des Einbauwassers nicht bekannt.

## 2. $^3\text{H}$ -Gehalt der Müllsickerwässer (Überlauf)

Die Sickerwässer an der Basis des Müllkörpers weisen wesentlich höhere  $^3\text{H}$ -Gehalte auf (Abb. 2), als sie dem allgemeinen Verlauf des  $^3\text{H}$ -Gehaltes in der Umwelt entsprechen (siehe z. B. RANK et al. 1994). Der  $^3\text{H}$ -Gehalt des aktuellen Niederschlagswassers und auch der des Einbauwassers (= mit dem Schluff-Ton-Kies-Gemisch und mit dem Müll eingebrachtes Wasser) liegen 1-2 Größenordnungen unter diesen Werten. Offenbar wurde mit dem Hausmüll eine - bisher nicht identifizierte -  $^3\text{H}$ -Quelle in die Deponie ein-

gebracht. Als Quelle kommen in erster Linie Uhren oder andere Gebrauchsartikel mit Leuchtskalen in Frage. Die  $^3\text{H}$ -Konzentrationen im Sickerwasser stiegen auf über 3000 TE an (Feld III), und gingen in den folgenden Jahren durch den Einfluß von Niederschlagswasser und den radioaktiven Zerfall - Halbwertszeit: 12,43 a - langsam zurück. Eine überschlagsmäßige Abschätzung der bis 1993 ausgesickerten  $^3\text{H}$ -Gesamtmenge ergibt eine Größenordnung von  $0,5 \cdot 10^9$  Bq.

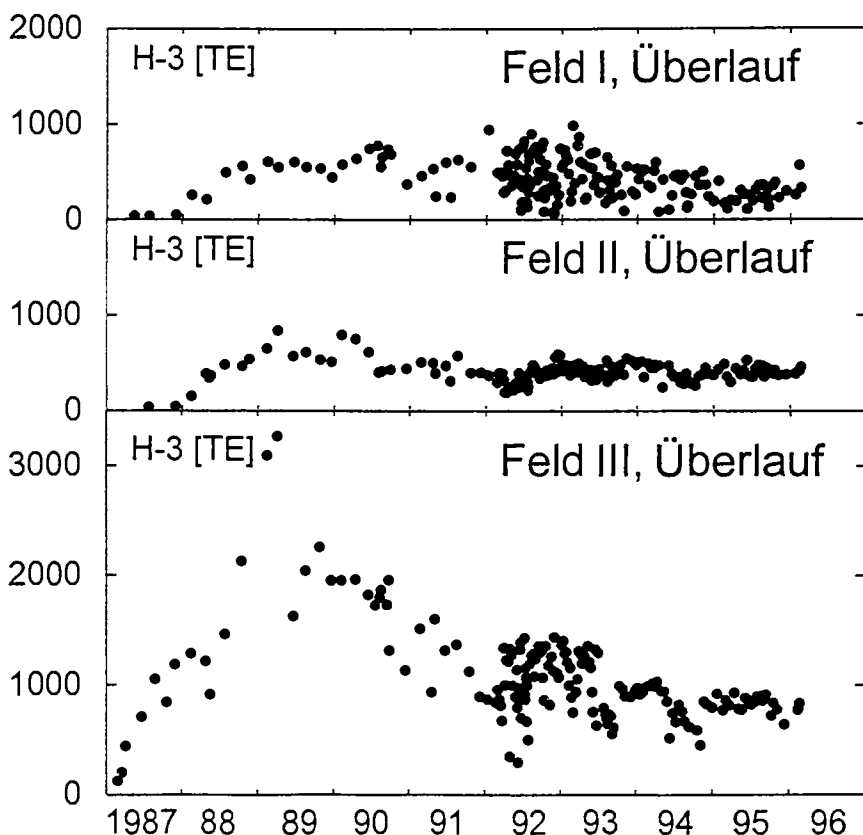


Abb. 2: Verlauf des  $^3\text{H}$ -Gehaltes des Sickerwassers in den drei Feldern der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau (1 TE entspricht 0,118 Bq/kg für Wasser).

Die höheren  $^3\text{H}$ -Gehalte von Feld III und das spätere Auftreten erhöhter  $^3\text{H}$ -Konzentrationen im Sickerwasser der Felder I und II könnten darauf hindeuten, daß sich die  $^3\text{H}$ -Quelle in Feld III befindet und die anderen Felder erst durch Rückpressen von Sickerwasser mit Tritium kontaminiert worden sind. In jedem Fall dürften durch die Rückpressung von Sickerwasser seither weite Bereiche der Müllkörper in den drei Feldern mit Tritium markiert sein.

Auffällig sind die erhöhten Schwankungen des  $^3\text{H}$ -Gehaltes im Sickerwasser der Felder I und III ab 1991. Ursache hierfür ist das Undichtwerden der Abdeckung des Feldes I, wodurch  $^3\text{H}$ -arme Niederschlagswässer unmittelbar ins Sickerwasser gelangen (siehe Abschnitt 4). Durch Rückpressung des Überlaufwassers in das Feld III treten auch hier diese Schwankungen auf. Auch die Schwankungen vor 1991 sind zumindest zum Teil durch das Rückpressen verursacht. In Feld II - Reaktordeponie - dringen die Niederschlagswässer zwar rasch in den Deponiekörper ein, gelangen aber nicht wie bei Feld I seit 1991 über bevorzugte Wegigkeiten unmittelbar in den Drainagebereich unter dem Müllkörper.

Erhöhte  $^3\text{H}$ -Konzentrationen im Sickerwasser wurden auch bei anderen Deponien in Österreich gefunden. Bei der Deponie Seebensteinthal wurden Werte um 600 TE im Sickerwasser festgestellt (RANK et al. 1994). Wesentlich höhere Konzentrationen - um 5000 TE - hat BRUNNER (1992) im Sickerwasser einer Deponie im Ahrntal südlich von Innsbruck festgestellt, hier wurden wahrscheinlich  $^3\text{H}$ -hältige Industrieabfälle abgelagert. Es ist damit zu rechnen, daß bei der Mehrzahl der im letzten Jahrzehnt betriebenen Deponien erhöhte  $^3\text{H}$ -Konzentrationen auftreten. Die bis jetzt festgestellten  $^3\text{H}$ -Gehalte liegen aber alle weit unter der nach der Strahlenschutzgesetzgebung maximal zulässigen  $^3\text{H}$ -Konzentration für Trinkwasser (37.000 Bq/kg  $\approx$  3,2 · 105 TE).

### 3. $^2\text{H}$ - und $^{18}\text{O}$ -Gehalt der Müllsickerwässer (Überlauf)

Im zeitlichen Verlauf des  $^2\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehaltes fallen die charakteristischen Änderungen beim Übergang von der sauren Gärung zur Methanphase auf (Abb. 3, 4). Während davor das  $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Verhältnis des Sickerwassers dem von Niederschlagswässern entspricht, zeigen die Werte nach dem Übergang zur Methanphase eine starke  $^2\text{H}$ -Anreicherung. Die  $\delta^2\text{H}$ -Werte steigen um 30-40 ‰ an. Im  $\delta^2\text{H}$ - $\delta^{18}\text{O}$ -Diagramm liegen diese Werte oberhalb der Niederschlagsgeraden, hingegen die Anfangswerte - vor der Methanphase - im Bereich der Geraden (Abb. 5). Die niedrigen  $^2\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehalte im Jahr 1987 sind aus der Herkunft des verwendeten Einbauwassers zu erklären (Jahresgang der Isotopenkonzentration in natürlichen Gewässern - Leitha).

Im längerfristigen Verlauf der Isotopenverhältnisse sind ebenso wie beim Tritium auch hier kurzzeitige Minima und Maxima bei den Feldern I und III ab 1991 zu erkennen (Abb. 6), die einem unmittelbaren Niederschlagseinfluß bzw. dem Rückpressen dieser Niederschlagswässer in Feld III zuzuschreiben sind (Abschnitt 4). Mit dem Rückgang der Methanproduktion und der zunehmenden Verdünnung des Deponiewassers durch Niederschlagswasser nimmt auch der  $^2\text{H}$ -Gehalt des Sickerwassers langsam ab und nähert sich langfristig dem Wert im Niederschlagswasser.

In den Langzeitverläufen scheint sich auch eine geringe anfängliche  $^{18}\text{O}$ -Anreicherung abzuzeichnen. Als Ursache kämen entweder biochemische Abbauprozesse oder Verdunstungseffekte bei den erhöhten Temperaturen im Müllkörper - bis 50°C - in Frage. Da die Isotopenverhältnisse des Einbauwassers nicht genügend genau bekannt sind, können hier keine endgültigen Schlüsse gezogen werden.

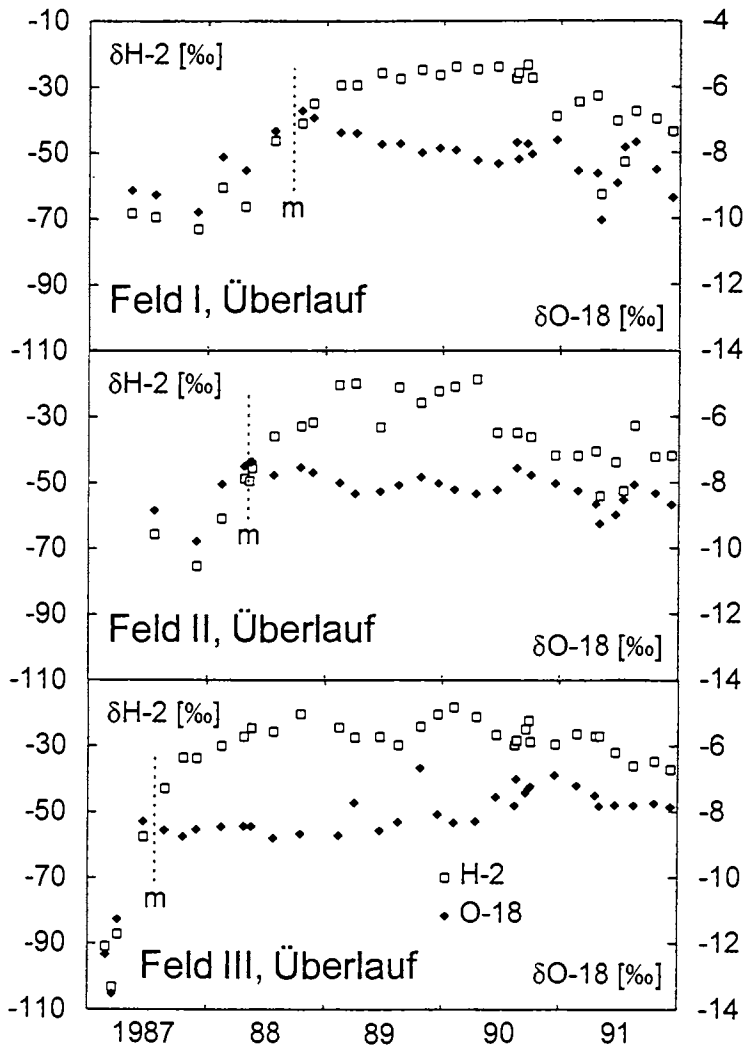


Abb. 3: Verlauf des  $^2\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehaltes des Sickerwassers in den drei Feldern der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau bis 1991; m = Beginn der Methanphase.

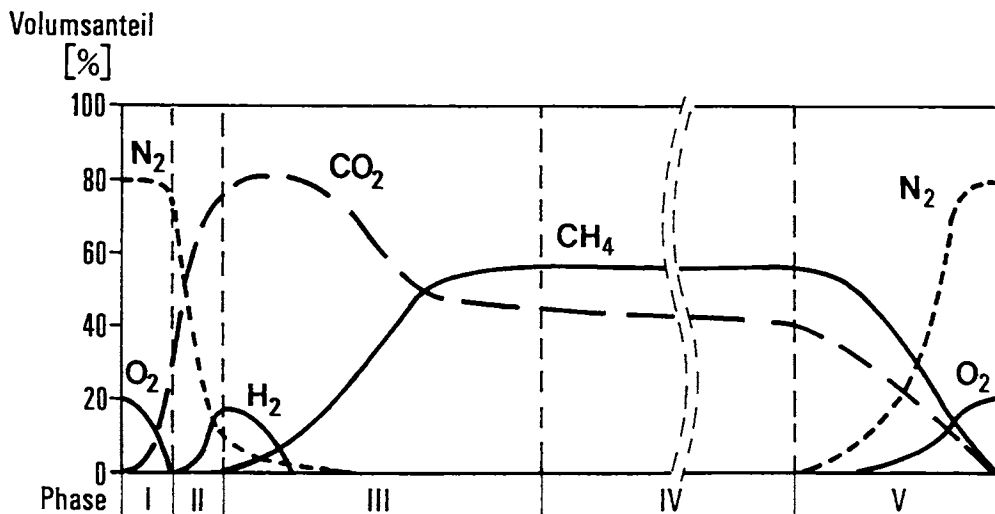


Abb. 4: Zusammensetzung des Deponiegases (schematisch). I: aerobe Phase, II: Phase der Hydrolyse und Versäuerung, III: Startphase der Methanbildung, IV: stabile Methanphase, V: Ausklingphase - Phase des Rückganges der biologischen Aktivität (nach LECHNER, LAHNER 1992).

#### 4. Auswirkung von Niederschlagsereignissen nach dem Undichtwerden der Abdeckung von Feld I

Mit der Rißbildung in der vorher "dichten" Deckschicht (Schluff-Ton-Kies-Gemisch) von Feld I und dem Anstieg der Sickerwassermengen im Jahr 1991 (RIEHL-HERWIRSCH et al. 1995) erhob sich die Frage nach der Wasserbewegung im Deponiekörper bei Niederschlagsereignissen. Verdichtete Probenahmen während einiger Perioden mit stärkeren Niederschlägen im Jahre 1992 brachten näheren Aufschluß. Der Verlauf des <sup>3</sup>H-Gehaltes im Sickerwasser von Feld I zeigt an, daß der Anteil des unmittelbar abfließenden Niederschlagswassers am Sickerwasser bis zu 90 %

betragen kann. (Abb. 7). Das Niederschlagswasser dringt offensichtlich über Risse in der Deckschicht rasch ein und gelangt über besonders durchlässige Bereiche - z.B. den den Müllkörper einhüllenden Kiesmantel - kurzfristig an die Basis des Deponiekörpers.

Auch im <sup>2</sup>H-Gehalt des Sickerwassers zeichnet sich der hohe Anteil an unmittelbar abfließenden Niederschlagswasser deutlich ab. Während das Isotopensignal im <sup>2</sup>H-Verlauf wegen der starken <sup>2</sup>H-Anreicherung im Deponiewasser verhältnismäßig groß ist, unterscheiden sich die <sup>18</sup>O-Mittelwerte von Deponiewasser und Niederschlag nur wenig, sodaß das <sup>18</sup>O-Signal der Einzelniederschläge im allgemeinen weniger ausgeprägt ist als das <sup>2</sup>H- und <sup>3</sup>H-Signal.

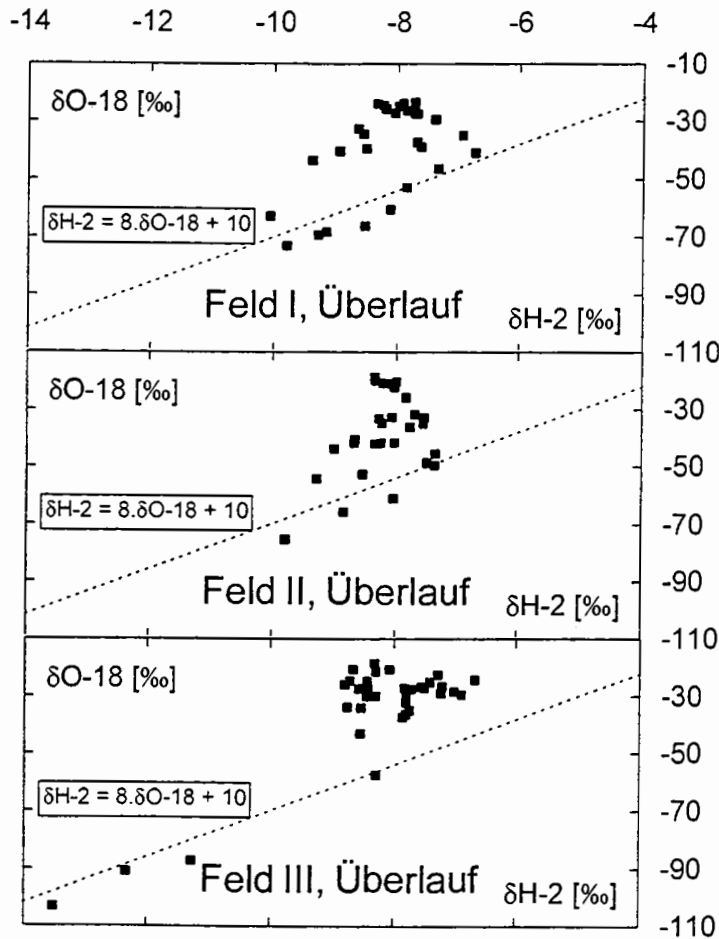


Abb. 5:  $\delta^2\text{H}-\delta^{18}\text{O}$ -Beziehung der Müllsickerwässer (Proben bis 1991) der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau mit eingetragener Niederschlagsgerader.



## 5. Isotopenverhältnisse der Sickerwässer unter der mineralischen Basisdichtung

Im  $^3\text{H}$ -Gehalt des Sickerwassers unterhalb der mineralischen Dichtungsschicht zeichnet sich deutlich die unterschiedliche Ausführung der Basisdichtung in den Feldern I und II ab (Abb. 8). Während sich bei Feld I mit der besseren Ausführung der Randbereiche der Basisdichtung der  $^3\text{H}$ -Gehalt des Sickerwassers bis 1993 kaum ändert (Einbauwasser) und das Sickerwasser erst ab diesem Zeitpunkt Anteile an  $^3\text{H}$ -markiertem Wasser aus dem Müllkörper enthält, steigt der Anteil an Müllsickerwasser bei Feld II bereits seit 1991 stetig an. Darüber hinaus treten im  $^3\text{H}$ -Verlauf von Feld II einzelne Spitzen auf. Dies deutet auf Undichtigkeiten hin, die fallweise - z.B. bei Überstauungen - kurzfristig wirksam werden. Inzwischen (1996) hat bei Feld II der  $^3\text{H}$ -Gehalt des Sickerwassers ungefähr den aktuellen  $^3\text{H}$ -Gehalt des Wassers im Müllkörper erreicht, sodaß nicht mit weiteren Spitzen im  $^3\text{H}$ -Ver-

lauf zu rechnen ist. In Zukunft könnten negative Spitzen auftreten.

Bei beiden Feldern ist ein langsamer Anstieg - in Feld II etwas rascher - des  $^2\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehaltes zu beobachten (Abb. 9). Dies dürfte hauptsächlich mit der unterschiedlichen Herkunft des beim Einbau der Basisdichtung bzw. des Mülls verwendeten Wassers zusammenhängen. Das beim Einbau des Schluff-Ton-Kies-Gemisches verwendete Grundwasser liegt im  $^2\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehalt wesentlich niedriger als die aus den lokalen Niederschlägen gebildeten Wässer.

Inzwischen zeichnet sich bei Feld II auch - zuerst bei Stausituationen - die  $^2\text{H}$ -Anreicherung im Müllsickerwasser ab, die Werte liegen bereits über der Niederschlagsgeraden. Bei Feld I ist 1995 ebenfalls der erste Einfluß der  $^2\text{H}$ -Anreicherung zu erkennen. Das  $^2\text{H}$ -Signal ist gegenüber dem  $^3\text{H}$ -Signal entsprechend verzögert, weil die  $^2\text{H}$ -Anreicherung im Wasser des Müllkörpers erst mit Beginn der Methanphase auftritt, während die  $^3\text{H}$ -Markierung bereits vorher vorhanden ist.

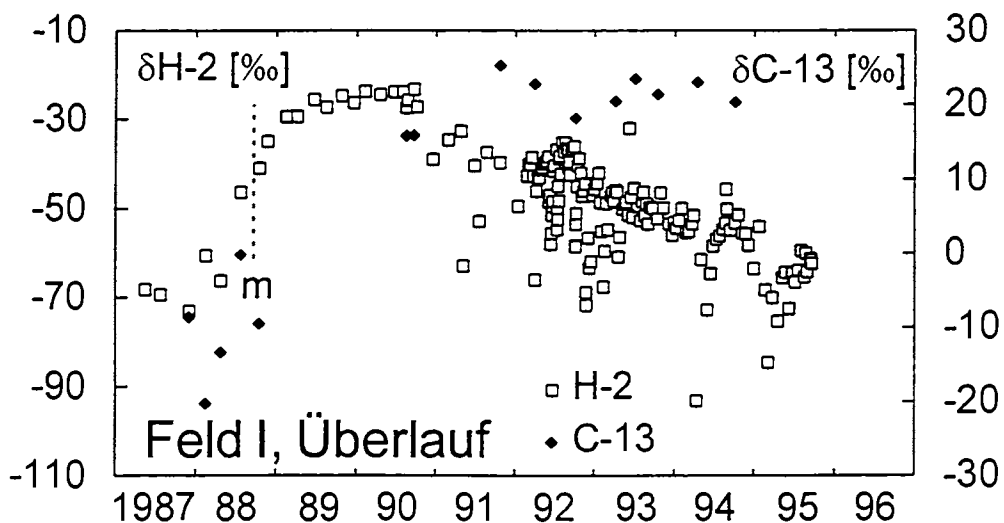


Abb. 6: Verlauf des  $^2\text{H}$ -Gehaltes des Sickerwassers und  $^{13}\text{C}$ -Gehaltes des gelösten anorganischen Kohlenstoffs an der Basis des Müllkörpers in Feld I (m = Beginn der Methanphase). Neben der Langzeitabhängigkeit von der Methanproduktion zeichnet sich im  $^2\text{H}$ -Gehalt deutlich der kurzfristige Einfluß von infiltrierenden Niederschlagswässern ab (RANK et al. 1995).

## 6. $^{13}\text{C}$ -Untersuchungen am gelösten anorganischen Kohlenstoff

Der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert des Bikarbonates in unbeeinflussten Grundwässern bewegt sich um  $-10\text{‰}$ . Das aus dem beim Abbau organischer Stoffe (Fermentation der Essigsäure) entstehenden  $\text{CO}_2$  gebildete Bikarbonat weist hingegen  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte um  $+20\text{‰}$  auf (ARNETH, HOEFS 1988). Die  $^{13}\text{C}$ -Werte beim Überlauf I zeigen die erwarteten Ergebnisse (Abb. 6). Auch beim Sickerwasser unter der Dichtungsschicht an der Basis von Feld II steigen die  $\delta^{13}\text{C}$ -Werte bis auf  $+20\text{‰}$  an (Abb. 8), hingegen liegt der  $\delta^{13}\text{C}$ -Wert einer Sickerwasser-

probe von Feld I aus dem Jahre 1993 mit  $-12\text{‰}$  noch immer im unbeeinflussten Bereich.

## 7. Isotopenuntersuchungen am Deponiegas

Aus der starken Anreicherung des Deuteriums im Müllsickerwasser während der Methanphase ist zu schließen, daß ein erheblicher Anteil des Wasserstoffs des Methans aus dem umgebenden Wasser stammt. Die Bakterien verwenden bevorzugt den isotopisch leichteren Wasserstoff zur Methanproduktion. Zur Überprüfung dieser Schlussfolgerung wurden aus dem austretenden Deponiegas einige Proben

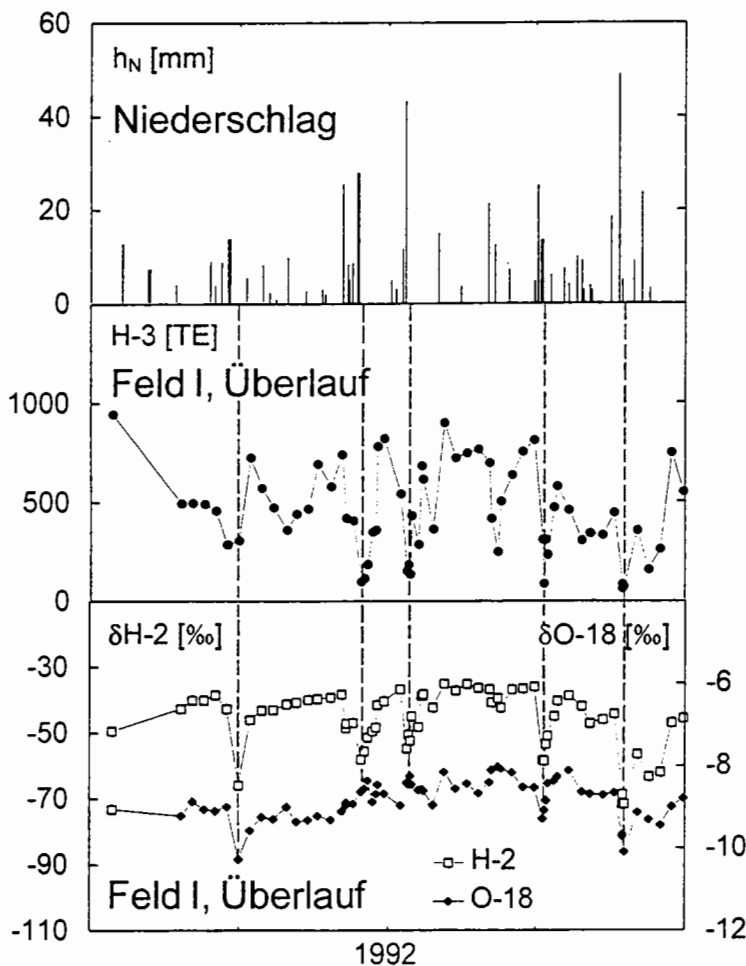


Abb. 7: Einfluß von Niederschlagsereignissen auf die Sickerwasserzusammensetzung in Feld I: tägliche Niederschlagshöhen,  $^3\text{H}$ -,  $^2\text{H}$ - und  $^{18}\text{O}$ -Gehalt des Sickerwassers (Überlauf) im Jahre 1992. Deutlich ist der unmittelbare Einfluß des Niederschlagswassers zu erkennen.

entnommen und untersucht (Tab. 1). Wie erwartet, liegen die  $\delta^2\text{H}$ -Werte sehr niedrig (um  $-290 \text{ ‰}$ ). Sowohl sie als auch der  $^{13}\text{C}$ -Wert des Methans liegen im Erfahrungsbereich für Deponiegase (HACKLEY et al. 1992). Überraschend hoch sind die  $^3\text{H}$ -Werte (800-1000 TE). Sie deuten daraufhin, daß der Wasserstoff des Methans zum überwiegenden Teil aus dem Deponiewasser stammt.

Die in Tabelle 1 enthaltene Probenserie von Feld I wurde während einer Regenperiode

entnommen. Der Niederschlag scheint einen geringen unmittelbaren Einfluß auf die Isotopenzusammensetzung im Methan auszuüben - etwas niedrigere  $^2\text{H}$ - und  $^3\text{H}$ -Gehalte -, dieser Einfluß ist aber wesentlich geringer als der auf die Isotopenzusammensetzung im Sickerwasser (Abschnitt 4). Dieses Ergebnis bestätigt, daß das Niederschlagswasser im Feld I hauptsächlich über gut durchlässige Bereiche abfließt und nur wenig in den Müllkörper eindringt.

Datum	Feld	$\delta^2\text{H}(\text{‰})$	$^3\text{H}(\text{TE})$	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$
1992-09-11	III	-	989 + 71	-
1992-11-03	II	-279,7	750 ± 26	-
1993-06-30	I	-297,7	825 ± 19	-38,57
1993-07-21	I	-284,7	794 ± 20	-
1993-07-22	I	-292,6	824 ± 21	-
1993-07-23	I	-290,7	805 ± 21	-
1993-07-26	I	-281,9	901 ± 23	-
1993-07-27	I	-304,2	851 ± 22	-
1993-07-29	I	-304,3	792 ± 21	-
1993-08-04	I	-291,1	860 ± 22	-

Tabelle 1: Ergebnisse von Isotopenanalysen an Methanproben aus der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau

## 8. Schlußfolgerungen und Ausblick

Die Bestimmung der Wasserstoff-, Sauerstoff- und Kohlenstoffisotope in Deponiewässern und -gasen hat sich als nützliches Werkzeug sowohl für die Untersuchung der Wasserbewegung und Gasbildung im Müllkörper als auch zum Nachweis von Grundwasserkontaminationen durch Müllsickerwässer und der Migration von Deponiegas erwiesen.

Die Versuchsdeponie Breitenau weist im Bereich der Umweltisotope einige Markierungen auf, die das Studium der Wasserbewegung im Deponiekörper und in der Basisdichtung ermöglichen. Sie sind teils zufälliger Natur ( $^3\text{H}$ -Markierung durch im Müll enthaltene  $^3\text{H}$ -Quelle), teils auf das beim Einbau der Basisdichtung verwendete Wasser zurückzuführen und teils während des Deponiebetriebes entstanden (starke Verschiebung des  $^2\text{H}$ -Gehaltes des Deponiewassers als Folge der

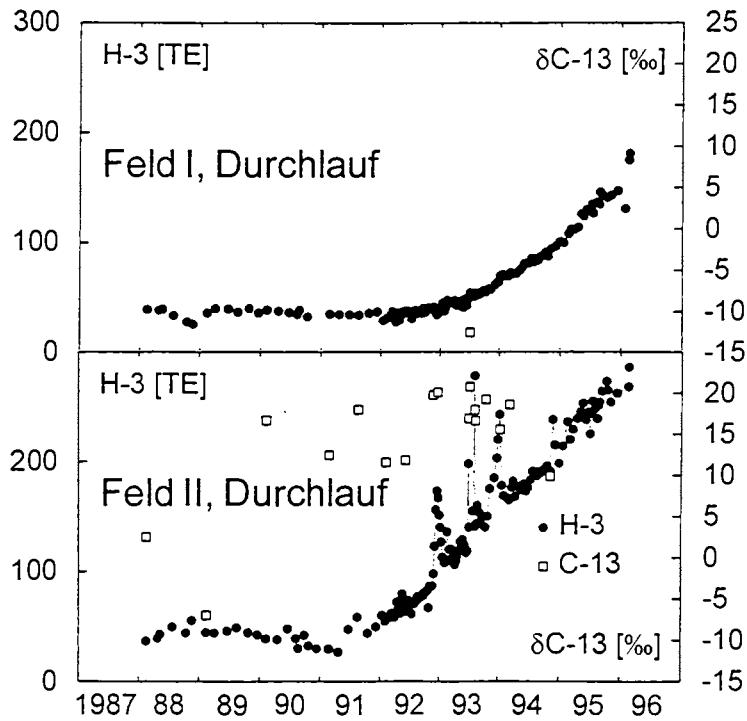


Abb. 8: Verlauf des <sup>3</sup>H-Gehaltes des Sickerwassers und <sup>13</sup>C-Gehaltes des gelösten anorganischen Kohlenstoffs unter der mineralischen Basisdichtung in den Feldern I und II der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau.

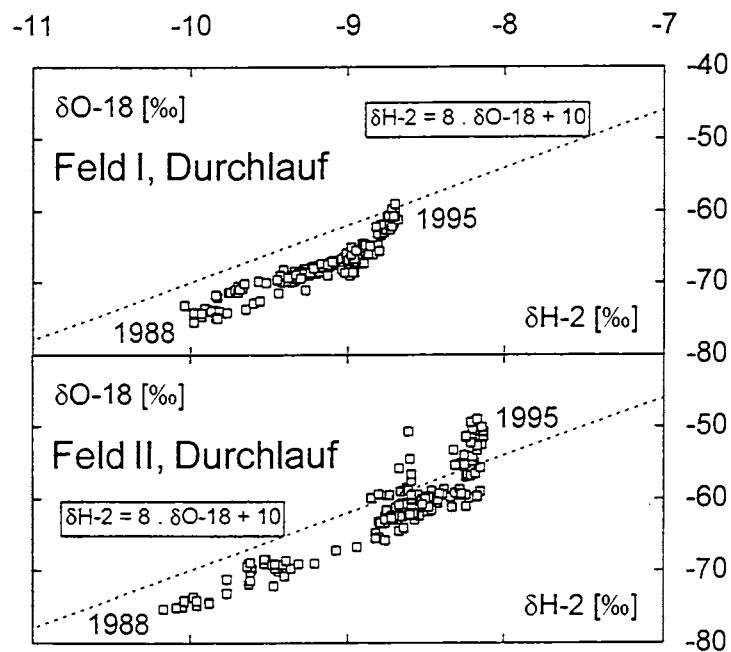


Abb. 9: <sup>2</sup>H-<sup>18</sup>O-Beziehung der Sickerwässer unter der mineralischen Basisdichtung in den Feldern I und II der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau mit eingetragener Niederschlagsgeraden.

Methanproduktion). Eindringendes Niederschlagswasser unterscheidet sich somit in mehreren Parametern eindeutig von den Deponiewässern.

Als weiterführende Arbeiten sind vorgesehen:

- Nähere Analyse der Anfangsphase 1987/88 der Deponie Breitenau durch Verdichtung der Datenreihen auf der Basis des gelagerten Probenmaterials,
- Eingehendere Auswertung der Isotopendaten durch Verknüpfung mit anderen Meßparametern - vor allem den Wasserhaushaltsdaten, sobald diese verfügbar sind,
- Untersuchungen zur Verweildauer des Wassers in einzelnen Deponiebereichen ("gasgetragene Sickerwasserspeicher"),
- Methodische Untersuchungen zur Isotopenfraktionierung an Hand eines Laborversuches (Behälter mit ungefähr 100 l Volumen).

## Literatur:

- ARNETH, J.D., HOEFS, J. 1988: Anomal hohe  $^{13}\text{C}$ -Gehalte im gelösten Bicarbonat von Grundwässern im Umfeld einer Altmülldeponie. - Naturwissenschaften 75, 515-517, 1988.
- BRUNNER, P. 1992: Persönliche Mitteilung.
- HACKLEY, K.C., LIU, C.L., COLEMAN, D.D. 1992: Application of environmental isotopes to assess G 18S monitoring well landfill. - Bericht, 38 S, Champaign, Illinois (Illinois State Geological Survey) 1992.
- LECHNER, P., LAHNER, T. 1992.: Vorlesungsunterlagen Deponietechnik. - Wien (Technische Universität Wien) 1992.
- RANK, D., PAPESCH, W., RAJNER, V., RIEHL-HERWIRSCH, G. 1992: Environmental isotopes study at the Breitenau Experimental Landfill (Lower Austria). - In: H. Hötzl & A. Werner (Herausgeber): Tracer Hydrology, 173-177, Rotterdam/Brookfield (BALKEMA) 1992.
- RANK, D., PAPESCH, W., RAJNER, V. 1995: Environmental isotopes study at a research landfill (Breitenau, Lower Austria). - In: Isotopes in Water Resources Management, Proceedings of a Symposium, 301/302, Wien (IAEA) 1995.
- RANK, D., RAJNER, V., LUST, G. 1994: Der Tritiumgehalt der Niederschläge und der Oberflächenwässer in Österreich im Jahre 1993. - Bericht IG 94/01, 1-35, Wien (Bundesforschungs- und Prüfzentrum Arsenal) 1994.
- RIEHL-HERWIRSCH, G., LECHNER, P., BINNER, E., CARNIEL, P., HACKENBERG, M., LAHNER, Th., RANK, D., RITTER, E., VITEK, E., WALTER, J. 1995: Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau, Abschlußbericht zum Beobachtungszeitraum 1986-1991. - 200 S, Wien (BM für Land- und Forstwirtschaft) 1995.



## DISKUSSION :

## Isotopische Charakterisierung von Müllsickerwässern und die Verfolgung der Wasserbewegung in der Versuchsdeponie Breitenau (Südliches Wiener Becken)

HENRICH: Mir ist ein methodischer Fehler vielleicht aufgefallen; ich weiß nicht, ob ich es richtig verstanden habe, aber die Sickerwässer sind nicht getrennt gesammelt, sondern gemeinsam und gemischt auf Feld I und II verteilt worden. Ist das richtig ?

RANK: Die Wässer werden pro Feld gesammelt. In die Abwassersammelbehälter geht von jedem Feld eine eigene Leitung und das Problem ist, daß das Mischwasser rückgepreßt wird. In Feld I und II wurde anfangs auch zurückgepreßt, was vermutlich zur Tritiummarkierung geführt hat. Schwer tun wir uns mit der Interpretation bei Feld III, weil da ständig Mischwasser hineingepreßt wurde.

HEINRICH: Ist es nicht sinnvoller, daß man die eigenen Sickerwässer in das selbe Feld zurückführt, um irgendwelche Bilanzen sicherer zu haben ?

RANK: Natürlich wäre das vom Standpunkt der Interpretation der Meßdaten der wünschenswert, aber Betriebsnotwendigkeiten gehen eben vor, und das Wasser muß irgendwo hin.

RIEHL-H.: Wir sind zum Teil im Sickerwasser "erstickt", d.h. wir hatten eine Not-situation. Wir haben die freie Vorflut gewährleistet und haben unten die Behälter gehabt. Wir haben über 3 Jahre mit Tankwagen ins Burgenland entsorgen lassen, also in ein anderes Bundesland, weil dort andere gesetzliche Voraussetzungen sind, in Niederösterreich dürften wir nicht einleiten. Das Sickerwasser ist 30 km spazieren geführt worden, um dort in eine Kläranlage zu kommen. Das ist jetzt auch nicht mehr möglich, weil wir kein Geld haben. Das heißt, wir hätten diese

500.000,- im Jahr gebraucht, das ist auch zahlreichen Leuten immer wieder gesagt worden, und die haben gesagt, das geht nicht, wir zahlen Forschungsprojekte, aber keine Erhaltungskosten.

TUFAR: Der Betrag von den 500.000,- ist leider zu groß, sonst hätte ich hier im Saal bereits eine Sammlung gemacht.

RANK: Aber jedes Jahr!

TUFAR: Zweimal im Jahr.

WIMMER: Diese fehlenden 500.000,- halte ich für eine Art nationaler Schande, aber das nur nebenbei. In fachlicher Hinsicht bei diesem Beispiel Tritiumdotation noch eine Frage: In welcher Verdünnung könnte man das zum Background des normalen Niederschlagwassers noch im Umfeld, im Grundwasser rund um eine Deponie finden ? Wie sensibel ist das?

RANK: Der Tritiumgehalt im Niederschlag hat jetzt im Jahresschnitt zwischen 10 und 15 Tritiumeinheiten. Hier liegen 1.000 Tritiumeinheiten vor. Wenn man davon ausgeht, daß man zusätzliche 10 Tritiumeinheiten noch eindeutig identifizieren kann, wäre ein Einfluß auch bei 50 facher Verdünnung noch nachweisbar.

WIMMER: Das heißt, massivere Fahnen von Sickerwasseraustritten aus Deponien könnte man auf diese Art feststellen?

RANK: Mit Sicherheit. Es ist sicher nicht notwendig, wenn aufgrund der chemischen Beschaffenheit der Fall klar ist. Es kann aber auch sein, daß die gelösten Stoffe wesentlich langsamer transportiert werden als das im Wassermolekül enthaltene Tritium. So gilt

auch Tritium als Indikator für radioaktive Kontaminationen von Grundwässern, d.h. es könnten eventuell später wesentlich gefährlichere Radionuklide folgen. Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, daß Tritium in allen Deponien vorhanden ist.

**WIMMER:** Zweite Frage: Der erste Teil der Frage voraus: Wie hoch ist die Deuteriumanreicherung im Sickerwasser bzw. -abreicherung im Gas wirklich?

**RANK:** Wollen Sie die genauen Daten, sind Sie mit den Einheiten bekannt?

**WIMMER:** Mir geht es um den Faktor zum normalen Niederschlagswasser.

**RANK:** Es ist schwer, einen Faktor anzugeben, da der Deuteriumgehalt in Relativwerten gemessen wird. In der Relativskala beträgt die Anreicherung 30-40 ‰ bei einer Meßfehlerbreite von  $\pm 1 \text{ ‰}$ .

**WIMMER:** Die zweite, daran anschließende, nicht unwesentliche Frage: Prosperiert Sickerwasser als eine neue wirtschaftliche Quelle für schweres Wasser?

**RANK:** Nein. Diese Anreicherungen sind, absolut gesehen, sehr gering.

**WIMMER:** Es zahlt sich nicht aus Sickerwasser aufzuarbeiten?

**RANK:** Nein

**TUFAR:** Wenn keine weitere Fragen sind, dann möchte ich nur ganz kurz eine persönliche Stellungnahme abgeben. Wehret den Anfängen, Herr Kollege. Bitte vergewaltigen Sie die deutsche Muttersprache nicht. Anreicherung und Verarmung aber nicht Abreicherung. Das tut weh! Genauso wie Ressourcen und Recycling. Wir haben jahrzehntelang, bald hundert Jahre lang, deutsche Ausdrücke dafür in der Lagerstättenkunde und in den Geowissenschaften und wir müssen nicht alles, was über den Teich oder aus England kommt, annehmen.

**RANK:** Ich muß das Wort Abreicherung verteidigen. Es wird als Fachbegriff verwendet.

**TUFAR:** Es gibt doch das Wort Verarmung und jeden Germanisten dreht es im Grab um.

**RANK:** Es ist im fachlichen Sprachgebrauch eingeführt und ist nicht aus dem Englischen.

**TUFAR:** Ich habe nur beispielsweise Recycling und Ressourcen erwähnt. Aber der Gegensatz zur Anreicherung ist die Verarmung.

**RANK:** In der Physik ist der Ausdruck Abreicherung durchaus üblich. Verarmung kann man sagen, es ist nur ungewohnt.

**TUFAR:** Ich kenne viele Arbeiten, die von Verarmung reden.

**RIEHL-H.:** Ich wollte das nur kurz zeigen, ich habe es zuerst nicht gebracht. Es ist eine Darstellung von BSB5 und CSB. Wir sehen, daß diese Werte sich jetzt einpendeln. Der BSB5 unter 100, da gibt es komische Ausreißer oben, das entsteht dadurch, daß wahrscheinlich in der Deponie in den Feldern durch diese virtuellen Wasserspiegeln eine unbekannte Menge von Sickerwässern in solchen hängenden Wasserspiegeln steckt, die wir nicht erfassen können. Ich hatte heuer in einem Projektantrag eine Untersuchung dahingehend vorbereitet, die wurde abgeschmettert und daher wissen wir nicht, wie das aussieht. Es wäre wichtig hier mit diesen Kunststoffpegeln, diesen Plexiglaspegel zu schauen, wie schaut das innen aus und man könnte dort auch gezielt Proben nehmen für Isotopenuntersuchungen, um zu schauen, wie diese Dinge zustande kommen. Es ist so, wenn also oben gefroren ist oder niederschlagsarme Zeiten, dann kommt es zu diesen Ausreißern hier, der CSB ist also glatter, aber hier unten und da oben sind starke Schwankungen, die darauf zurückzuführen sind, daß Wässer am Rand vorbeigehen und nur mehr aus den Speichern Wasser in die Sickerwasserausflüsse kommen. Das war nur eine Ergänzung. Das läuft bis jetzt, das sind sozusagen Daten, die bis dato eingetragen sind und die zeigen, wie die Situation aussieht.

**WIMMER:** Eine Frage zur kinetischen Isotopenverschiebung/Verarmung auf der einen Seite, Anreicherung auf der anderen Seite. Es wird ja etwa in gleichen Größen  $\text{CO}_2$  gebildet; merkwürdigerweise wird  $^{18}\text{O}$



offensichtlich nicht verändert, obwohl es im großen Anteil mit  $\text{CO}_2$  in Gasphase geht. Wie ist das zu erklären ?

RANK: Diese Frage ist noch offen. Es gibt bis jetzt keine Literatur darüber, zumindest haben wir nichts gefunden. Ich habe den Eindruck, daß im Deponiewasser eine gewisse Sauerstoff-18-Anreicherung vorliegt, aber eine verhältnismäßig geringe. Die Deuteriumanreicherung überwiegt bei weitem. Von Bedeutung dürfte auch sein, daß zwischen  $\text{CO}_2$  und Wasser ein verhältnismäßig rascher Sauerstoffisotopenaustausch stattfindet. Wichtig ist jetzt der Aufbau eines Laborversuches, bei dem einerseits die Reaktionsprodukte quantitativ erfaßt werden und andererseits die Isotopenfraktionierung genau verfolgt wird. Damit sollte die Frage zu klären sein.

HENRICH: Wenn man die absoluten Werte vergleicht, das wäre ja möglich, dann kennt man den Schwankungsbereich der absoluten Werte.

RANK: Das Problem ist, daß wir die Isotopenverhältnisse des Einbauwassers nicht genau kennen.

HENRICH: Das ist nicht gemessen worden ?

RANK: Zu Beginn des Betriebes in Breitenau waren Isotopenuntersuchungen nicht vorgesehen, darüberhinaus setzt sich das Einbauwasser aus mehreren Komponenten zusammen.

HENRICH: Nehmen wir einmal das Verhältnis  $\text{CO}_2$  zu Methan 1:2 bei einem Deponiegas an und wissen, daß wir dann bei Methan 2 Moleküle Wasser brauchen, beim  $\text{CO}_2$  bloß 1 und das dann ein bißchen berechnen, was kann man da erwarten ?

RANK: Es müßte sich einer anschauen, der etwas von Thermodynamik versteht. Es sind natürlich auch die Effekte im Sauerstoff-18 und im Deuterium unterschiedlich. Aber ich glaube, die Voraussetzung dafür, daß wir hier nicht im Dunkeln tappen, ist, daß man versucht, das wirklich einmal im kleinen Maßstab quantitativ zu erfassen.

#### *Diskussionsbeiträge von:*

*Dr. W. HENRICH*

*Vöslauer Heilquellenverwertungs AG  
Paitzriegelgasse 2  
A - 2540 Bad Vöslau*

*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*

*Dipl. Ing. Dr. J. WIMMER*

*Oberösterreichische Umwelthanwaltschaft  
Stifterstraße 28  
A - 4020 Linz*