

Barbara-Gespräche Payerbach 1995	Band 2	"Geogen - Anthropogen" "Hausmüllversuchsanlage Breitenau"	Seite 227 - 255 Abb. 1 - 12	Wien 1997
-------------------------------------	--------	--	--------------------------------	-----------

BARBARA-GESPRÄCHE

Payerbach 1995

Wasserhaushalt und Emissionssituation
am Beispiel der
Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau

E. BINNER, Th. LAHNER



Payerbach,
25. November 1995

INHALT

1	EINLEITUNG	229
2	ZIELE DES PROJEKTES	229
3	VERSUCHSAUFBAU	229
3.1	Randbedingungen in den Deponieabschnitten	231
3.1.1	Deponieabschnitt 1 (= Feld I)	231
3.1.2	Deponieabschnitt 2 (= Feld II)	231
3.1.3	Deponieabschnitt 3 (= Feld III)	232
3.2	Einbau der Abfälle	232
3.3	Einbauwasser und Sickerwasserkreislaufführung	232
3.4	Oberflächengestaltung	233
4	WASSERBILANZ	233
4.1	Meßdaten	233
4.2	Zufluß	234
4.3	Abfluß (= Sickerwassermenge)	235
4.4	Beurteilung des Einflusses unterschiedlicher Deponieabdeckungsvarianten auf den Sickerwasserhaushalt	238
5	SICKERWASSERINHALTSTOFFE	238
5.1	pH-Wert	240
5.2	Milieuabhängige Parameter	240
5.2.1	Chem. Sauerstoffbedarf (CSB)	240
5.2.1.1	Konzentrationen	240
5.2.1.2	Frachten	243
5.3	Milieuunabhängige Parameter	243
5.3.1	Stickstoff	243
5.3.1.1	Konzentrationen	243
5.3.1.2	Frachten	244
6	GASHAUSHALT	246
6.1	Erfassung des Deponiegases	246
7	STOFFBILANZ DER DEPONIE	248
8	ERKENNTNISSE, INTERPRETATION	248
8.1	Wasserhaushalt	248
8.2	Sickerwasserinhaltsstoffe	249
8.3	Gashaushalt	250
9	LITERATUR	251
	DISKUSSION	253

Anschrift der Verfasser:

Dipl.Ing. E.BINNER

Universität für Bodenkultur Wien

Abteilung Abfallwirtschaft / IWGA

Dipl.Ing. Th. LAHNER

Technische Universität Wien

Abteilung Abfallwirtschaft

Barbara-Gespräche Payerbach 1995	Band 2	"Geogen - Anthropogen" "Hausmüllversuchsanlage Breitenau"	Seite 227 - 255 Abb. 1 - 12	Wien 1997
-------------------------------------	--------	--	--------------------------------	-----------

Wasserhaushalt und Emissionssituation am Beispiel der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau

E. BINNER, Th. LAHNER

1. Einleitung

Der Begriff der "Reaktordeponie" wird in den "Leitlinien zur Abfallwirtschaft" aus dem Jahr 1988 (BUNDESMINISTERIUM für UMWELT, JUGEND und FAMILIE, 1988) festgelegt und in den "Richtlinien für die Ablagerung von Abfällen" aus dem Jahr 1989 (BUNDESMINISTERIUM für LAND- und FORSTWIRTSCHAFT, 1989) übernommen. Demnach handelt es sich bei diesem Deponietyp um eine "Deponie mit Verbindung zur Biosphäre und zeitlich begrenzten, kontrollierten Emissionen, die auf Grund von beherrschbaren biologischen, chemischen und physikalischen Vorgängen auftreten". Durch eine Intensivierung der biologischen Abbauvorgänge im Deponiekörper sollen die Emissionen innerhalb eines abschätzbaren, möglichst kurzen Zeitraumes erfolgen. Löse- und Umsetzungsvorgänge sind so zu beeinflussen, daß diese noch während der Standzeit der Barriere "Deponietechnik" weitgehend abgelaufen sind.

Aufgrund der heutigen Erkenntnisse kann die Reaktordeponie in eine Endlagerstrategie nur insofern eingegliedert werden, als getrachtet wird, die "ökologisch relevante" Bestandsdauer durch verschiedene Maßnahmen möglichst kurz zu halten und das Schadstoffpotential zu minimieren. Der Zeitraum ist insbesondere im Hinblick auf die nur begrenzte Lebensdauer der Barriere Deponietechnik wichtig, danach soll die Deponie in die Umwelt entlassen werden können, ohne deren nachhaltige negative Beeinflussung.

2. Ziele des Projektes

Eine der Zielsetzungen des 1986 begonnenen Forschungsprojektes „Versuchsdeponie Breitenau“ war die Errichtung einer Reaktordeponie nach den Kriterien der Leitlinien zur Abfallwirtschaft in Österreich. Es wurde versucht, Maßnahmen zur Verbesserung des Abbauverhaltens organischer Substanz von Mülldeponien am Beispiel der Versuchsdeponie Breitenau aufzuzeigen.

Um diesen Zielvorstellungen gerecht zu werden, wurde in Breitenau

- nur Hausmüll mit bekannter Zusammensetzung und definiertem Schadstoffgehalt eingebaut
- auf eine homogene Beschaffenheit des Müllkörpers geachtet
- beim Einbau ein optimaler Wassergehalt durch entsprechende Wasserzugaben angestrebt
- durch Sickerwasserkreislaufführung nach Abschluß des Mülleinbaus eine positive Beeinflussung des Abbauprozesses angestrebt.

3. Versuchsaufbau

Die in der Aufgabenstellung des Projektes Hausmüllversuchsanlage Breitenau formulierten Fragestellungen hinsichtlich des Wasserhaushaltes verlangten die Gliederung der Versuchsdeponie in 3 vollständig voneinander

getrennte Abschnitte. Durch das Hochziehen von PEHD-Folien wurden die einzelnen Deponiefelder möglichst flüssigkeitsdicht und gasdicht voneinander getrennt.

Durch die bauliche Trennung der Deponiefelder war es möglich Sickerwasser und Deponiegas aus den einzelnen Teilbereichen gesondert zu sammeln, zu analysieren, und dadurch Aussagen über den Einfluß unterschiedlicher Randbedingungen zu erforschen. Zur Sickerwasseruntersuchung wurden 5 glasfaserverstärkte Zisternen geschaffen, in denen sogenannter „Überlauf“ aus 3 Feldern - er entspricht dem in „normalen“ Deponien anfallenden Sickerwasser - und „Durchlauf“ aus 2 Feldern - er entspricht dem eine mineralische Dichtung durchdringenden Sickerwasser - gesammelt wurden.

Die Gaserfassung erfolgte über in 3 Horizonten übereinander, sternförmig angeordnete Gasdrainagen, die in einen Sammelschacht münden. Jeder Horizont kann einzeln zwangs-entgast werden.

In diesem Vortrag werden die Auswirkungen unterschiedlicher Randbedingungen auf den Wasserhaushalt und die Produktion von Sickerwasser und Deponiegas der Versuchsdeponie dargestellt.

Im folgenden wird näher auf den Aufbau der drei Versuchsfelder eingegangen. Abbildung 1 zeigt einen Schnitt durch die Deponie und gibt einen Überblick über die wesentlichsten baulichen Unterschiede.

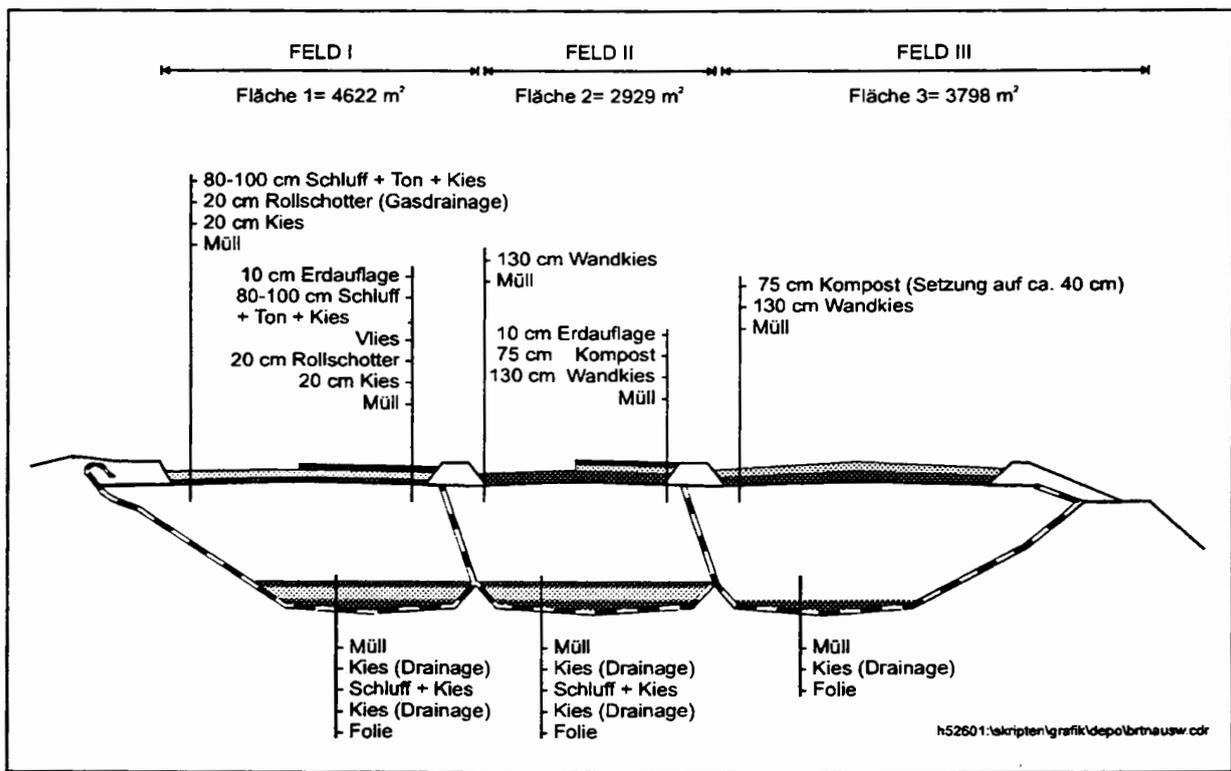


Abb. 1: Schematische Darstellung der Versuchsdeponie Breitenau. Drei Deponiefelder mit unterschiedlicher Feldgröße, Oberflächengestaltung und Basisdichtung.

3.1 Randbedingungen in den Deponieabschnitten

3.1.1 Deponieabschnitt 1 (= Feld I)

Oberflächengröße:	4.622 m ²
Müllmenge:	35.000 t FS
Müllzusammensetzung:	Hausmüll aus Wien, keine Aufbereitung
Schüttbeginn:	November 1987
Schüttende:	September 1988
Schüttdauer:	11 Monate
Schüttgeschwindigkeit:	hoch, Müllmenge < 10.000 t nur 2 Monate
Deponiebasisdichtung:	Schluff-Ton-Kies-Schicht + Folie
Oberflächenabschluß:	Juni 1989
Oberflächengestaltung:	Schluff-Ton-Kiesgemisch, eine Hälfte zusätzlich mit Erdauflage. Begrenzt dicht (Setzungsrisse), geringe Verdunstung.
Einbauwassermenge:	32 l/t Müll
SIWA-Kreislaufführung:	19 l/t Müll während der Einbauphase; nach Oberflächengestaltung keine Sickerwasserkreislaufführung.
Zeitdauer bis zur „stabilen“ Methanphase:	pH-Wert > 7,5 nach 15 Monaten BSB5/CSB < 0,1 nach 24 Monaten

3.1.2 Deponieabschnitt 2 (= Feld II)

Oberflächengröße:	2.929 m ²
Müllmenge:	25.600 t FS
Müllzusammensetzung:	Hausmüll aus Wien, keine Aufbereitung
Schüttbeginn:	Oktober 1987
Schüttende:	Oktober 1988
Schüttdauer:	12 Monate
Schüttgeschwindigkeit:	Müllmenge < 10.000 t über 6 Monate
Deponiebasisdichtung:	Schluff-Ton-Kies-Schicht + Folie
Oberflächenabschluß:	Juni 1989
Oberflächengestaltung:	130 cm Wandkies, eine Hälfte (B) zus. mit 75 cm Roh-kompost und 10 cm Erdauflage. Durchlässig, geringe Verdunstung und Wasserkapazität in Teil A, hohe Verdunstung und Wasserkapazität in Teil B.
Einbauwassermenge:	36 l/t Müll
SIWA-Kreislaufführung:	16 l/t Müll während der Einbauphase 15 l/t Müll in 1. Halbjahr 1990
Zeitdauer bis zur „stabilen“ Methanphase:	pH-Wert > 7,5 nach 8 Monaten BSB5/CSB < 0,1 nach 18 Monaten

3.1.3 Deponieabschnitt 3 (= Feld III)

Oberflächengröße:	3.798 m ²
Müllmenge:	33.200 t FS
Müllzusammensetzung:	1/3 Hausmüll + Klärschl. aus Graz, aufbereitet (zerkl.), 2/3 Hausmüll aus Wien, keine Aufbereitung
Schüttbeginn:	Jänner 1987
Schüttende:	September 1988
Schüttdauer:	21 Monate
Schüttgeschwindigkeit:	sehr nieder, Müllmenge < 10.000 t über 12 Monate
Deponiebasisdichtung:	Folie
Oberflächenabschluß:	Juni 1989
Oberflächengestaltung:	130 cm Wandkies + 75 cm Rohkompost. Durchlässig, aber hohe Wasserkapazität und hohe Verdunstung.
Einbauwassermenge:	6,5 l/t Müll
SIWA-Kreislaufführung:	3,4 l/t Müll während der Einbauphase 6,4 l/t Müll im 2. Halbjahr 1989 11 l/t Müll im 2. Halbjahr 1990 4,5 l/t Müll im 1. Halbjahr 1991 18,4 l/t Müll im 2. Halbjahr 1991
Zeitdauer bis zur „stabilen“ Methanphase:	pH-Wert > 7,5 nach 8 Monaten BSB5/CSB < 0,1 nach 16 Monaten

3.2 Einbau der Abfälle

In die bestehende Grube wurden (als Teilverfüllung; eine freie Sickerwasservorflut ist damit gewährleistet) insgesamt 93.800 t Hausmüll aus Breitenau, Graz und Wien eingebracht, befeuchtet und verdichtet eingebaut. Das verfüllte Volumen nach Verdichtung betrug 76.760 m³; damit wurde eine Dichte von 1,22 t/m³ erzielt. Die Müllzusammensetzungen waren annähernd bekannt.

Von den eingebauten Abfällen stammten rd. 72.000 t aus Wien, rd. 7.000 t aus Graz und geringfügige Anteile aus der Umgebung von Breitenau.

In Feld III wurde im Jänner 1987 mit dem Schüttvorgang begonnen. Um den Schüttvorgang rasch abschließen zu können, waren große Müllmengen erforderlich. Es gelangte daher aufbereiteter (zerkleinerter) Hausmüll aus der Grazer AEVG-Anlage und in nur geringem Umfang Hausmüll aus den Bezirken Neunkirchen und Baden zur Anwendung.

Nach Verfüllen von 1/3 des Deponieabschnittes 3 stand ab Juni 1987 kein Grazer Müll mehr zur Verfügung. Da nicht rasch genug Ersatz gefunden werden konnte, kam es zu einer ungewollten Verzögerung beim Verfüllen von Feld III. Für die restlichen 2/3 von Feld III und die anderen Felder (Schüttbeginn Okt. bzw. Nov. 1987) wurde unzerkleinerter Wiener Hausmüll verwendet. Auch bei Feld II gab es in der Anfangsphase eine Unterbrechung des Schüttvorganges. Feld I wurde sehr rasch verfüllt.

Bedingt durch die Unterbrechung des Schüttvorganges bei Feld III (in geringerem Umfang auch bei Feld II) blieben die Abfälle hier längere Zeit Niederschlägen (und auch Sauerstoffeinfluß) ausgesetzt als bei Feld I. Dies ist bei der Interpretation der Abbauvorgänge und auch der Wasserbilanz zu beachten.

3.3 Einbauwasser und Sickerwasserkreislaufführung

Bei allen Feldern wurde versucht den Einbauwassergehalt im Sinne einer Reaktordeponie zu optimieren. Daher wurden zur Befeuchtung, vom Ausgangswassergehalt abhängige Einbauwassermengen zugesetzt. Feld III benötigte mit 6 l/t Müll wesentlich weniger zusätzliches Wasser (Grazer Müll gemischt mit Klärschlamm war von Haus aus feuchter) als die Felder I und II (um die 35 l/t Müll).

Wesentlich für die Interpretation des Wasserhaushaltes sind auch die Unterschiede bei der Sickerwasserkreislaufführung. Neben dem Niederschlagseinfluß ergab sich daraus in Feld III und im ersten Halbjahr 1990 auch in Feld II ein zusätzlicher Wassereintrag in das Schüttgut.

3.4 Oberflächengestaltung

Als wesentlichste Einflußgröße auf den Wasserhaushalt der Versuchsdeponie stellte sich die unterschiedliche Oberflächengestaltung heraus.

Bei **Feld I** wurde versucht die Oberfläche flüssigkeitsdicht zu gestalten. Dazu wurde eine 80 bis 100 cm starke Schluff-Ton-Kies-Schicht analog zur Deponiebasisdichtung aufgebracht. Eine Feldhälfte wurde zusätzlich mit 10 cm Erdauflage versehen.

Feld II wurde flüssigkeitsdurchlässig mit 130 cm Wandkies abgedeckt. Bei einer Hälfte des Feldes stellte dies die oberste Schicht dar; bei der anderen Hälfte wurden zusätzlich 75 cm Rohkompost und 10 cm Erdauflage aufgebracht.

Bei **Feld III** wurde die 130 cm Wandkies-schicht zur Gänze mit 75 cm Rohkompost abgedeckt. Der Wassereintritt durch die im Prinzip durchlässige Oberfläche wird mit Hilfe des hohen Wasserhaltevermögens des Kompostes und der aktuellen Verdunstung infolge des rasch aufkommenden Bewuchs eingeschränkt.

4. Wasserbilanz

4.1 Meßdaten

Zur Erstellung der Wasserbilanz werden seit Dezember 1988 auf der Deponie Niederschlagsmessungen (N) durchgeführt. Für den Zeitraum 1987/88 wurden Niederschlagswerte aus Katzelsdorf - durch Parallelbeobachtung im Jahr 1989 korrigiert - herangezogen. Die Niederschlagsganglinie (Abb. 2) zeigt über die Jahre gleich bleibende Charakteristika der Niederschlagsverteilung, mit Maxima im Sommer und Minima im Winter, wobei 1991 der Monat Juli als besonders niederschlagsreich heraussticht. Die für den ostösterreichischen Klimaraum charakteristischen, geringen jährlichen Niederschlägen (durchschnittlich 590 mm/Jahr) erlauben Sickerwasserkreislauf-führung zur Reduzierung der in die Kläranlage zu entsorgenden Sickerwassermengen und zur Optimierung des Wassergehaltes im Deponiekörper.

Die Jahresniederschlagsmengen betragen in mm/a bzw. l/m²:

Untersuchungsjahr	Jahresniederschlag
1987	500
1988	497
1989	571
1990	626
1991	740

Der Oberflächenabfluß (O) wird wegen der unterschiedlichen Oberflächengestaltung je Halbfeld getrennt über ein Rinnensystem in Zisternen abgeleitet und gemessen. Durch Kurzschlüsse im Wasserkreislauf (Defekte an der Pumpendichtung) und Setzungen im Rinnensystem traten Fehler bei der Erfassung auf.

Einbauwasser (E) und Sickerwasserrückpressmengen (R) wurden und werden über Volumenmessungen sehr genau erfaßt.

Die aktuelle Verdunstung (V) kann nur mangelhaft abgeschätzt werden. Während der Schüttphase ist die Verdunstung wegen des fehlenden Bewuchses und des Windschutzes (durch die tief unter dem Grubenrand liegende Mülloberfläche) zu vernachlässigbar.

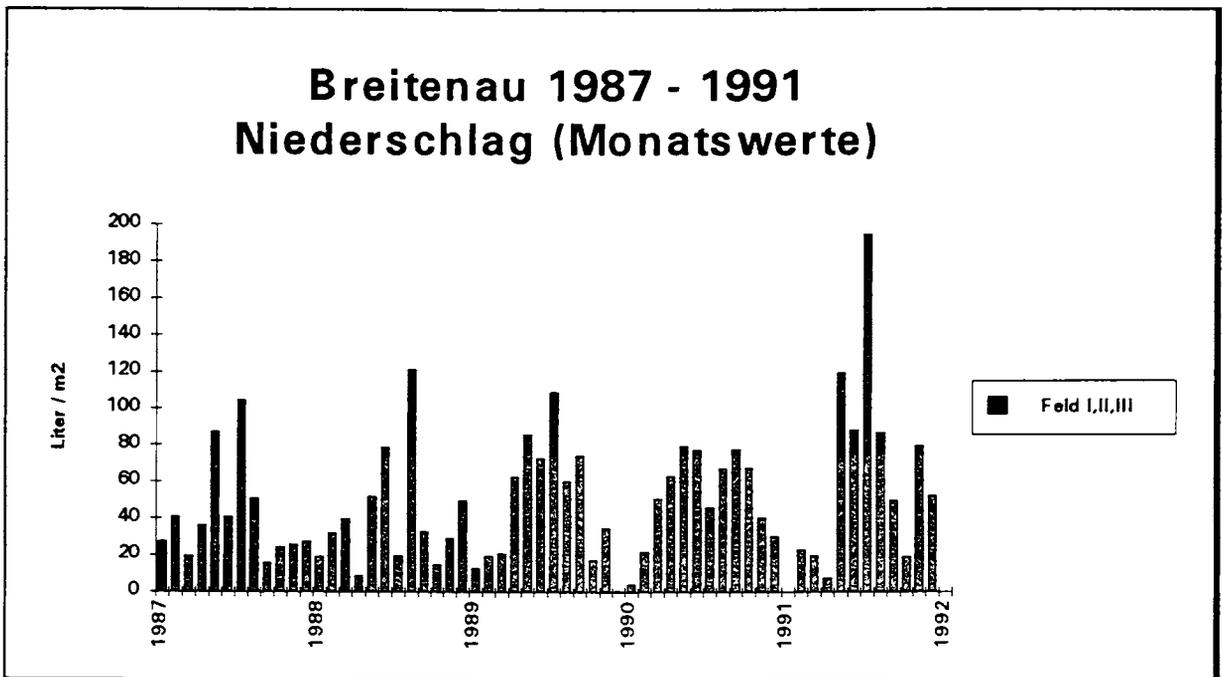


Abb. 2: Niederschlagsverteilung im Raum Breitenau; Beobachtungszeitraum 1987 - 1991.

Nach Abschluß der Deponie steigt sie mit zunehmendem Bewuchs an.

Die Verdunstung und der Einfluß des Wasserhaltevermögens der Abdeckschicht wurden nur qualitativ, nicht jedoch quantitativ berücksichtigt.

Eine qualitative Beurteilung der Verdunstung zeigt folgende Zusammenhänge:

Feld I/1 glatte dichte Oberfläche (bis zum Auftreten von Setzungsrisen), kein Bewuchs, kein Wasserhaltevermögen,

---> sehr großer Oberflächenabfluß, durch ungleiche Setzungen kommt es zur Ausbildung von Wannern, geringe Verdunstung.

Feld I/2 dichte Oberfläche (bis zum Auftreten von Setzungsrisen) mit 10 cm Erdauflage, kein Bewuchs,

---> mittlerer Oberflächenabfluß, durch ungleiche Setzungen kommt es zur Ausbildung von Wannern, geringe Verdunstung.

Feld II/1 sehr durchlässige Oberfläche mit geringer Wasserkapazität, leichter Bewuchs,

--> geringer Oberflächenabfluß, geringe bis mittlere Verdunstung.

Feld II/2 durchlässige Oberfläche mit hoher Wasserkapazität, mittlerer bis starker Bewuchs,

--> geringer Oberflächenabfluß, mittlere bis hohe Verdunstung.

Feld III durchlässige Oberfläche mit sehr hoher Wasserkapazität, sehr starker Bewuchs,

--> geringer Oberflächenabfluß, sehr hohe Verdunstung.

Die Sickerwassermengen (Abfluß) werden aus den voneinander getrennten Feldern in 3 glasfaserverstärkten Kunststoffzisternen gesammelt und mengenmäßig erfaßt.

Ein Teil des anfallenden Sickerwassers (SIWA) wurde alternierend in die Felder II und III zurückgepreßt, der Rest wurde mittels Tankwagen in eine Kläranlage entsorgt. In Feld I wird seit Beendigung des Müllleinbaus nicht rückgepreßt. Die Wasserzufuhr erfolgt hier alleine über Niederschläge.

4.2 Zufluß

Bedingt durch die ungleichen Feldergrößen ist eine Beurteilung der unterschiedlichen Randbedingungen der Felder nur durch Beziehen der Meßwerte auf die Flächeneinheit m^2 Feldfläche oder auf die Masseneinheit Tonne eingebauten Mülls möglich. Die Entwicklung der Niederschlagsmengen je Tonne Müll und Monat zeigen bei allen Feldern - mit Ausnahme der Anfangsphase in Feld III durch die sehr geringen Müllmengen - einen ähnlichen Verlauf. Durch die größere Oberfläche sind die Werte bei Feld I generell höher (0 - 3 l/t) als bei den anderen Feldern. Während der Schüttphase liegen die Niederschläge zwischen 3 und 18 l/t und Monat (Feld III bis über 20 l/t). Nach Deponieabschluß liegen die Werte in der Regel unter 10 l/t Müll und Monat (im feuchten Jahr 1991 traten höhere Werte auf).

Der Zufluß wurde aus

Niederschlagsmenge

[mm/Monat x Feldfläche/t Müll]

+ Einbauwasser [l/t u. Monat]

+ Sickerwasserkreislauf [l/t u. Monat]

- Oberflächenabfluß [l/t u. Monat]

errechnet.

Wie bereits eingangs erwähnt wurde die Verdunstung für die Berechnungen nicht berücksichtigt.

4.3 Abfluß (=Sickerwassermenge)

Der Sickerwasseranfall dieser Deponie ergibt sich aus den Meßwerten von Überlauf plus Durchlauf. Überlauf ist das über der Schluffdichtung abgeleitete Sickerwasser; Durchlauf ist das die Schluffdichtung durchdringende und an der Folie aufgefangene Sickerwasser.

Schwankungen im Abfluß der einzelnen Felder werden während der Mülleinbringung (bis Ende 1988) vor allem durch unterschiedliche Einbauwassermengen und Sickerwasserkreislaufführung verursacht.

Nach Oberflächenabschluß liegt die Ursache v.a. im unterschiedlichen Eindringen der

Niederschläge und in einer unterschiedlicher Sickerwasserkreislaufführung.

Feld I zeigt, wie durch die dichte Oberfläche zu erwarten war, nach Deponieabschluß sehr geringe Sickerwassermengen. Allerdings zeigt sich auch noch im 2. Jahr nach Oberflächengestaltung (Einflüsse aus der Schüttungsphase können ausgeschlossen werden) ein starker Zusammenhang zwischen Niederschlag und Abfluß. Dies weist auf einige wenige, aber dafür sehr stark durchlässige Bereiche in der Oberflächenabdichtung hin.

1991 treten gegenüber den Vorjahren wesentlich höhere Abflußmengen auf. Das Abflußgeschehen verläuft vergleichbar zu Feld II; die Mengen sind allerdings geringer. Ungleiche Setzungen und Risse lassen die Dichtung zumindest örtlich unwirksam werden. Besonders im mit Erde abgedeckten Teilbereich des Feldes I konnte sehr starke Ribbildung beobachtet werden; mit dem Niederschlag wurde Erde in die Risse eingeschwemmt und verhinderte dadurch die „Selbstheilung“ (= Einwaschen von Feinstteilen) der Schluff-Ton-Dichtung.

Die für diesen Vortrag nicht im Detail zur Verfügung stehenden Vergleichswerte für 1992 bis 1995 zeigen weiterhin hohe Abflußmengen.

Die Spitzen im Abflußgeschehen erfolgen während des Schüttvorganges unmittelbar auf das Niederschlagsereignis, nach Oberflächenabschluß um 1-2 Monate zeitversetzt. Isotopenmessungen (RANK, 1993) zeigen, daß Niederschlagswasser sehr rasch (innerhalb von Stunden) in der Basisdränage ankommt. Zumindest ein Teil des Niederschlags findet somit entlang von leicht durchlässigen (Rand)bereichen (zum Schutz der Folie wurden Altreifen und Kies aufgebracht) zur Deponiebasis. Das länger andauernde Abflußgeschehen nach Beendigung des Niederschlagsereignisses weist allerdings auch darauf hin, daß ein erheblicher Anteil des Niederschlages den Deponekörper durchsickern muß.

Feld II zeigt wesentlich stärkere Schwankungen im Sickerwasserabfluß und liefert die höchsten Sickerwassermengen aller drei Felder bis 1990. Niederschläge können - zumindest im Halbfeld 2 - ungehindert eindringen und versickern.

Die signifikanten Abflußspitzen werden durch starke Niederschläge bei gleichzeitiger SIWA-Kreislaufführung (1. Jahreshälfte 1990) hervorgerufen. Die Abflußspitzen erfolgen rasch auf das Niederschlagsereignis, evt. Randeinflüsse machen sich bemerkbar.

Feld III Niederschlag und Abfluß zeigen auch hier einen deutlichen Zusammenhang. Bedingt durch die SIWA-Kreislaufführung in der 2. Jahreshälfte kommt es zu länger anhaltenden Abflüssen im Winter. Auch die Abflußspitzen liegen in dieser Zeit (geringe Verdunstung wegen der Vegetationsruhe, SIWA-Kreislaufführung).

1991 bringt Feld III trotz Sickerwasserkreislaufführung die geringsten Sickerwassermengen. Obwohl die Rückpressung im 2. Halbjahr 1991 fast doppelt so hoch ist wie im Vergleichszeitraum 1990, und obwohl höhere Niederschläge auftraten, war der Abfluß geringer als 1990. Wasserspeichervermögen und Verdunstung haben sich offenbar weiter verbessert.

Die Abflußmengen sind verglichen mit Feld II sehr gering und erfolgen mehrere Monate zeitversetzt zu den Niederschlägen. Die Erklärung dafür sind die hohe Verdunstung durch den Bewuchs und das sehr hohe Wasserspeichervermögen der Kompostabdeckung, aber auch des aufbereiteten Grazer Mülls. Möglicherweise spielen auch „virtuelle Wasserspiegel“ eine wichtige Rolle.

Betrachtet man die Sickerwassermenge im Verhältnis zum Jahresniederschlag, so zeigt

Feld I (ohne Sickerwasserkreislaufführung) für den Zeitraum nach der Oberflächengestaltung im Juli 1989 bis Ende 1991 einen Wert von 27%. Vergleichsweise gibt EHRIG (1980) für Deponien mit abgedichteter Oberfläche 10 - 15% an.

Feld II lieferte mit 45% den höchsten Anfall an Sickerwasser (Rückpressung in der 1. Jahreshälfte 1990). EHRIG gibt für Deponien mit lockerer Oberfläche 30 - 60% an.

Feld III zeigt trotz lockerer Oberfläche und hoher Sickerwasserkreislaufführung durch den dichten Bewuchs mit 17% einen deutlich geringeren Sickerwasseranfall als Feld I.

Eine Betrachtung der entsorgten Sickerwassermengen seit 1991 zeigt eine Reduktion in allen Feldern (die Niederschläge waren wesentlich geringer als 1991). Der Gesamt-abfluß von Feld II nähert sich jenem von Feld III an. Als Grund dafür kommen Unterschiede in der Sickerwasserkreislaufführung (seit 1991 nur mehr in Feld III) bzw. eine dichtere Vegetationsdecke auf Feld II in Frage. Eine Interpretation ist allerdings erst nach Kenntnis der Detaildaten 1991 bis 1995 möglich.

	Feld I	Feld II	Feld III
Zufluß:	193 l/t	210 l/t	247 l/t
Abfluß:	69 l/t	99 l/t	37 l/t
Abfluß, in % Niederschlag (89-91):	27%	45%	17%
üblich. Bereich (nach Ehrig, 1989):	10-15%	30-60%	k.A.

Tabelle 1: Abfluß als %-Satz des Niederschlages seit Oberflächenabschluß. Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefelder I - III. Beobachtungszeitraum 1989 - 1991.

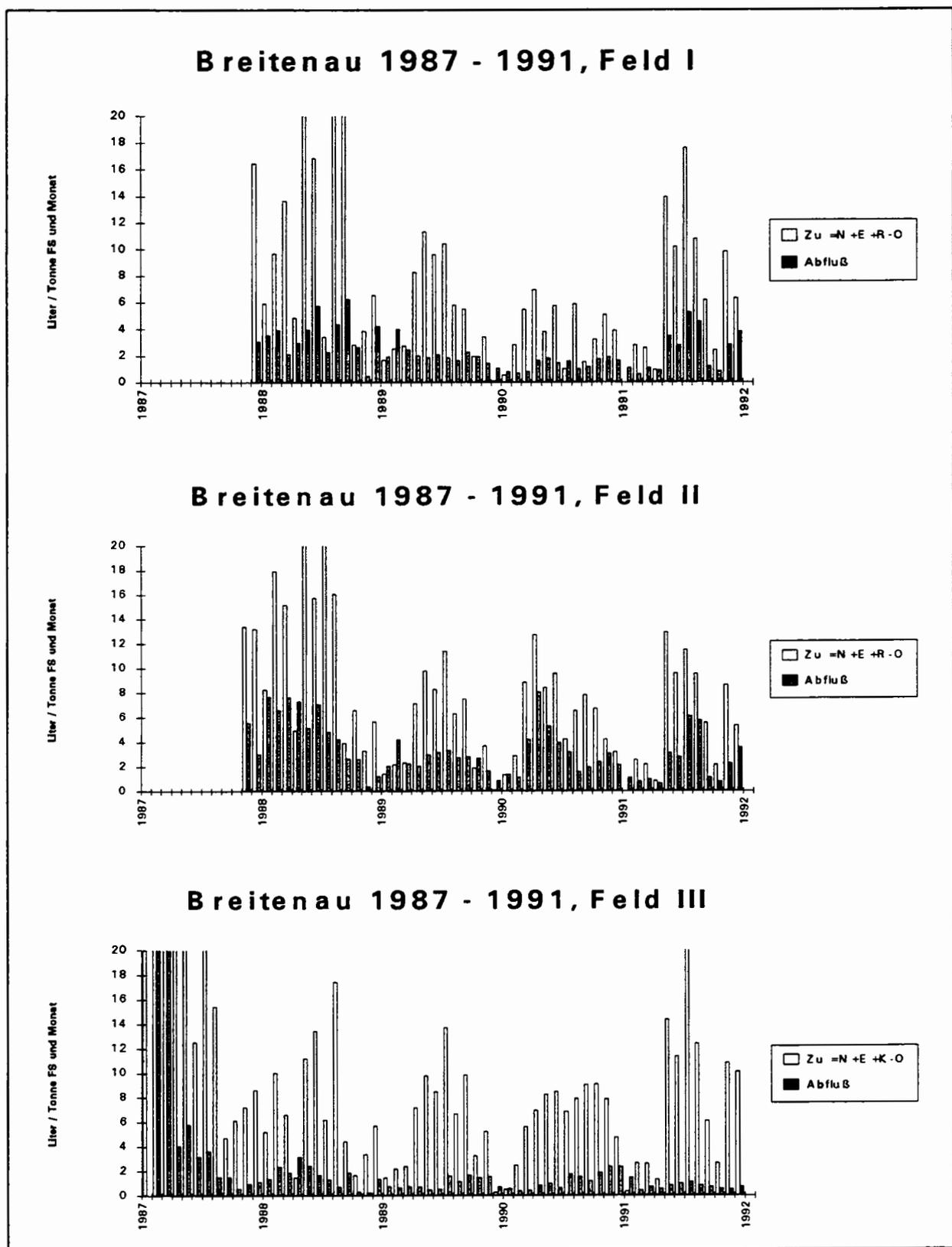


Abb. 3: Wasserbilanz - Zufluß und Abfluß [l/t Müll] Monatswerte; Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefelder I - III; Beobachtungszeitraum 1987 - 1991.

4.4 Beurteilung des Einflusses unterschiedlicher Deponieabdeckungsvarianten auf den Sickerwasserhaushalt

Aus den betrachteten Daten geht hervor, daß bei jeder Oberflächengestaltungsvariante Niederschläge in den Deponiekörper eindringen. Eine Einkapselung durch Aufbringen einer Schluff-Ton-Schichte zur Abdichtung der Oberfläche bewirkt nicht zwingend geringere Sickerwassermengen als eine durchlässig ausgeführte Oberfläche mit Kompostabdeckung und Bewuchs. Nach Versagen der Schluff-Ton-Dichtung (also zu einem nicht vorhersagbaren Zeitpunkt) kommt es durch die Wiederbefeuchtung des Mülls zu erhöhter biologischer Aktivität. Ohne Einkapselung wird dieser Vorgang bereits während einer früheren Phase abgeschlossen. Die Versuche in Breitenau zeigten eine zumindest gleich gute und dauerhafte Wirkung einer Kompostabdeckung mit dichtem Bewuchs hinsichtlich des Wasserhaushaltes (Verdunstung), wie eine versuchte Einkapselung mit einer Schluff-Ton-Abdichtung. Die Auswertung 1991 weist auf eine Schädigung der Oberflächenabdichtung von Feld I bereits innerhalb von 3 Jahren nach ihrer Herstellung hin, während die Wirkung der Vegetation offensichtlich immer besser wird. Trotz Sickerwasserkreislaufführung und höheren Niederschlägen 1991 sinkt der Sickerwasseranfall in Feld III. Die nach Deponieabschluß bei Feld III im Winter auftretenden höheren Sickerwassermengen sind sowohl auf die verringerte Verdunstungsleistung (durch Vegetationsruhe) als auch auf die SIWA-Kreislaufführung während dieser Periode zurückzuführen. Feld II zeigt generell den höchsten Sickerwasseranfall, wobei sich im Sommer der Einfluß der SIWA-Kreislaufführung (bis 1990) zusätzlich negativ auswirkte.

durch die Wiederbefeuchtung des Mülls zu erhöhter biologischer Aktivität. Ohne Einkapselung wird dieser Vorgang bereits während einer früheren Phase abgeschlossen. Die Versuche in Breitenau zeigten eine zumindest gleich gute und dauerhafte Wirkung einer Kompostabdeckung mit dichte

tem Bewuchs hinsichtlich des Wasserhaushaltes (Verdunstung), wie eine versuchte Einkapselung mit einer Schluff-Ton-Abdichtung. Die Auswertung 1991 weist auf eine Schädigung der Oberflächenabdichtung von Feld I bereits innerhalb von 3 Jahren nach ihrer Herstellung hin, während die Wirkung der Vegetation offensichtlich immer besser wird. Trotz Sickerwasserkreislaufführung und höheren Nieder

5. Sickerwasserinhaltsstoffe

Aus den Sickerwassersammelbehältern wurden wöchentlich Proben entnommen und zur Stabilisierung tiefgefroren. Eine Probe je Monat, seit August 1990 nur noch alle 3 Monate, wird einer chemischen Analyse unterzogen.

Durch Vergleich der Ganglinien der Stoffkonzentrationen mit den Sickerwassermengen und den Ganglinien des pH-Wertes können Lösungs- und Abbauvorgänge im Deponiekörper beurteilt werden.

Eine Abschätzung des Stoffaustrages aus Deponien kann nicht alleine durch Betrachtung der Sickerwasserkonzentrationen erfolgen. Konzentrationen sind von der Löslichkeit des Inhaltsstoffes und von der Menge des Elutionsmediums abhängig. Geringe Konzentrationen bedeuten daher nicht zwangsläufig geringe Stoffflüsse, da sie ja auch durch Verdünnung (hohe Sickerwassermengen) hervorgerufen sein können.

Aus diesem Grund wurden als nächster Schritt Frachten je Tonne eingebauten Mülls berechnet (Konzentration im Überlauf x Sickerwassermenge [g bzw. mg/t FS und Monat]). Als Sickerwassermenge wurde die Summe aus Überlauf und Durchlauf herangezogen. Die unterschiedlichen Feldgrößen (und damit verbunden unterschiedliche Müllmengen) werden durch Errechnen der Stofffrachten je Tonne eingebauten Mülls berücksichtigt.

Durch Aufsummieren der Monatswerte wurden Jahresfrachten und Gesamtfrachten [g bzw. mg/t] errechnet und in Diagrammen dargestellt

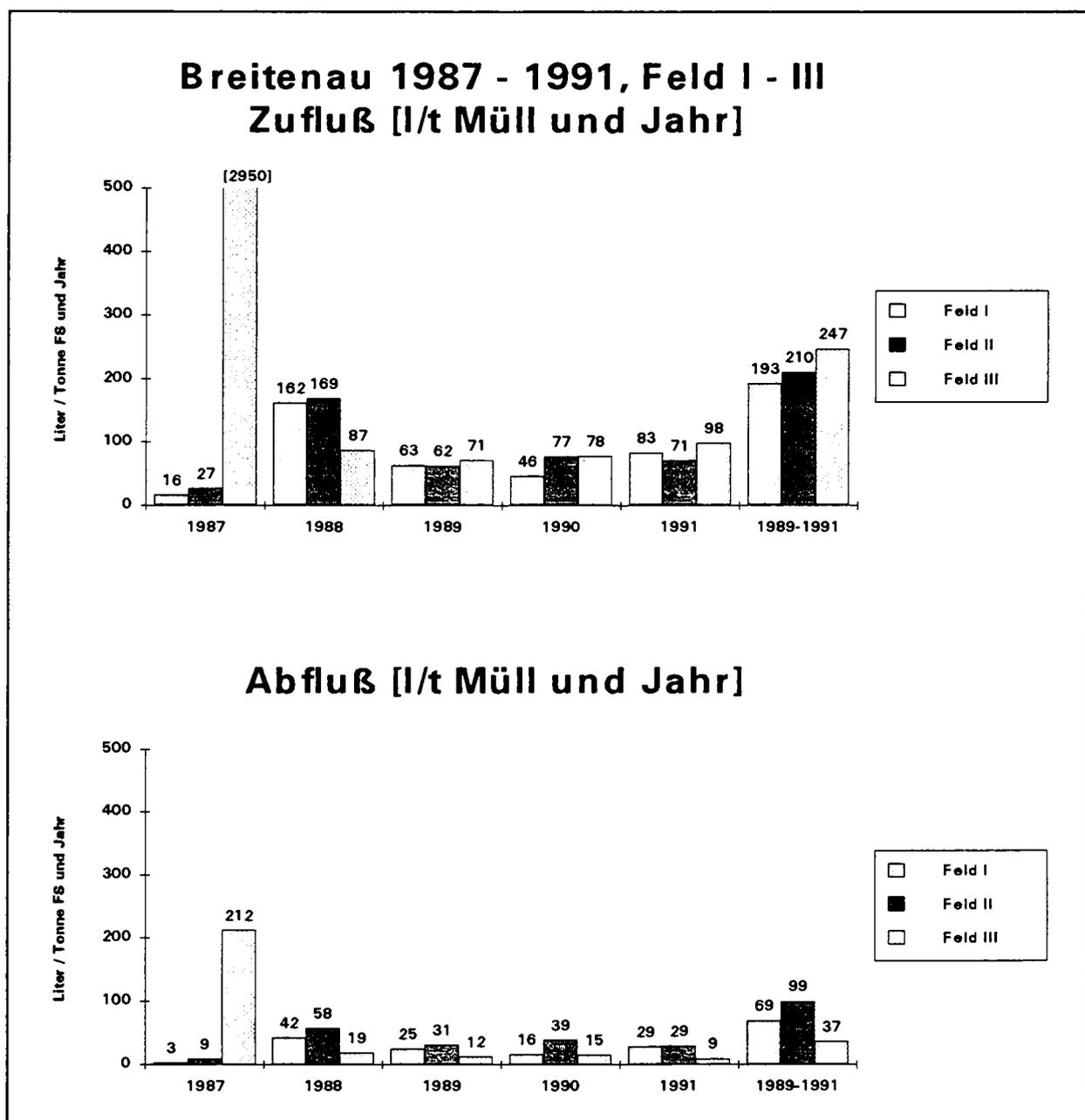


Abb. 4: Wasserbilanz - Zufluß und Abfluß. Jahres- u. Gesamtmengen [l/t Müll]
Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefelder I - III.
Beobachtungszeitraum 1987 - 1991.

Die Auswertung hat gezeigt, daß die Sickerwasserkonzentration einer Reihe von Inhaltsstoffen stärker milieuhabhängig (pH-Wert) ist, während sie bei anderen Parametern vom Umgebungsmilieu nicht beeinflusst wird. Eine dritte Gruppe zeigt zusätzlich einen Einfluß unterschiedlicher Müllzusammensetzung oder -aufbereitung (Feld III - zerkleinerter Grazer Müll) bzw. einen Einfluß der Sickerwasserkreislauf-führung.

1. Zur Gruppe der stark von Milieubedingungen beeinflussten Parametern gehören:
Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB = COD), Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB₅ = BOD₅), Kalzium, Magnesium, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel und Zink.
2. Die Gruppe der gering milieubeeinflussten Parameter umfaßt:

Alkalität, Stickstoff (N_{KJ} , NH_4-N und NO_3-N), Gesamtphosphor, Kalium, Natrium und Blei.

3. Die in Breitenau offensichtlich von der Müllzusammensetzung beeinflussten Parameter sind (auf diese wird im Vortrag nicht gesondert eingegangen):

Organische Belastung, Kalzium, Magnesium, Natrium, Eisen, Nickel, Chrom (höhere Werte in Feld III) Mangan und Zink (niedere Werte in Feld III). Stickstoff bleibt wesentlich höher als bei den anderen Feldern, was aber auch durch die SIWA-Kreislaufführung mitbeeinflusst sein kann.

5.1 pH-Wert

Unmittelbar nach Beginn der Müllschüttung ist das austretende Sickerwasser neutral bis schwach sauer. Nach einer kurzen aeroben Phase unmittelbar nach der Müllschüttung, sinkt der pH-Wert mit Beginn der sauren Phase (einige Monate nach dem Einbau) auf $pH = 6$. Die danach einsetzende instabile Methanphase (kann bis zu 10 Jahre dauern) macht sich in einem Anstieg des pH-Wertes bemerkbar.

Die "Stabile Methanphase" mit starker Gasproduktion ist durch pH-Werte zwischen 7,5 und 9 gekennzeichnet. Die "Instabile Methanphase" wird bei den Feldern II und III sehr rasch überwunden. Innerhalb von 8 Monaten werden pH-Werte um 8 erreicht und bleiben ab diesem Zeitpunkt relativ stabil.

Bei Feld I dauerte die "Instabile Phase" wesentlich länger. Ein pH-Wert von 7,5 wurde erst nach 15 Monaten bleibend überschritten. Erst nach 20 Monaten wurde ein pH-Wert von 8 erreicht. Die Schwankungen bleiben größer als bei Feld II und III. Eine mögliche Erklärung für dieses unterschiedliche Verhalten kann die unterschiedliche Schüttgeschwindigkeit sein. Feld I wurde, vor allem in der Anfangsphase sehr rasch geschüttet.

Dadurch wurde das Material nicht so stark durch Niederschläge befeuchtet, wie beispielsweise in Feld III (hohe Sickerwassermengen zu Beginn der Schüttphase). Wahrscheinlich wurde auch der aerobe Abbau in der ersten Müllschicht stärker behindert als in den Feldern mit langsamerer Schüttgeschwindigkeit - die dafür ausreichende Sauerstoffversorgung kann von oben her bis ca 1 m ins Material erfolgen.

5.2 Milieuabhängige Parameter

5.2.1 Chem. Sauerstoffbedarf (CSB)

5.2.1.1 Konzentrationen

Die organische Verunreinigung zeigt eine sehr deutliche Korrelation mit dem pH-Wert. Niedere pH-Werte (während der "Sauren Phase") liefern sehr hohe CSB (und auch BSB_5) Konzentrationen.

Feld I erreicht durch die lange dauernde "Saure Phase" sehr hohe CSB-Werte (57.000 mg O_2/l). Mit Ansteigen des pH-Wertes über 7,5 gehen die CSB-Konzentrationen auf ca 15.000 mg O_2/l zurück.

Es zeigt sich eine sehr rasche Abnahme der organische Belastung im Sickerwasser. Bereits nach 2 Jahren liegen Konzentrationen mit 2500 mg/l so nieder, wie sie nach EHRIG (1989) in herkömmlichen Deponien erst nach 6 Jahren erreicht wird. Ob dies auf die optimierten Einbaubedingungen der Versuchsdeponie zurückzuführen ist, wäre mittels Analysen des Abbauzustandes der Abfälle zu untersuchen.

Feld II erreichte die stabile "Methanphase" rascher. Dementsprechend niedriger ist die organische Belastung des Sickerwassers. Die maximale CSB-Konzentration beträgt 29.000 mg O_2/l . In diesem Feld sinken die Konzentrationen mit Erreichen eines pH-Wertes $> 7,5$ auf unter 10.000 mg O_2/l .

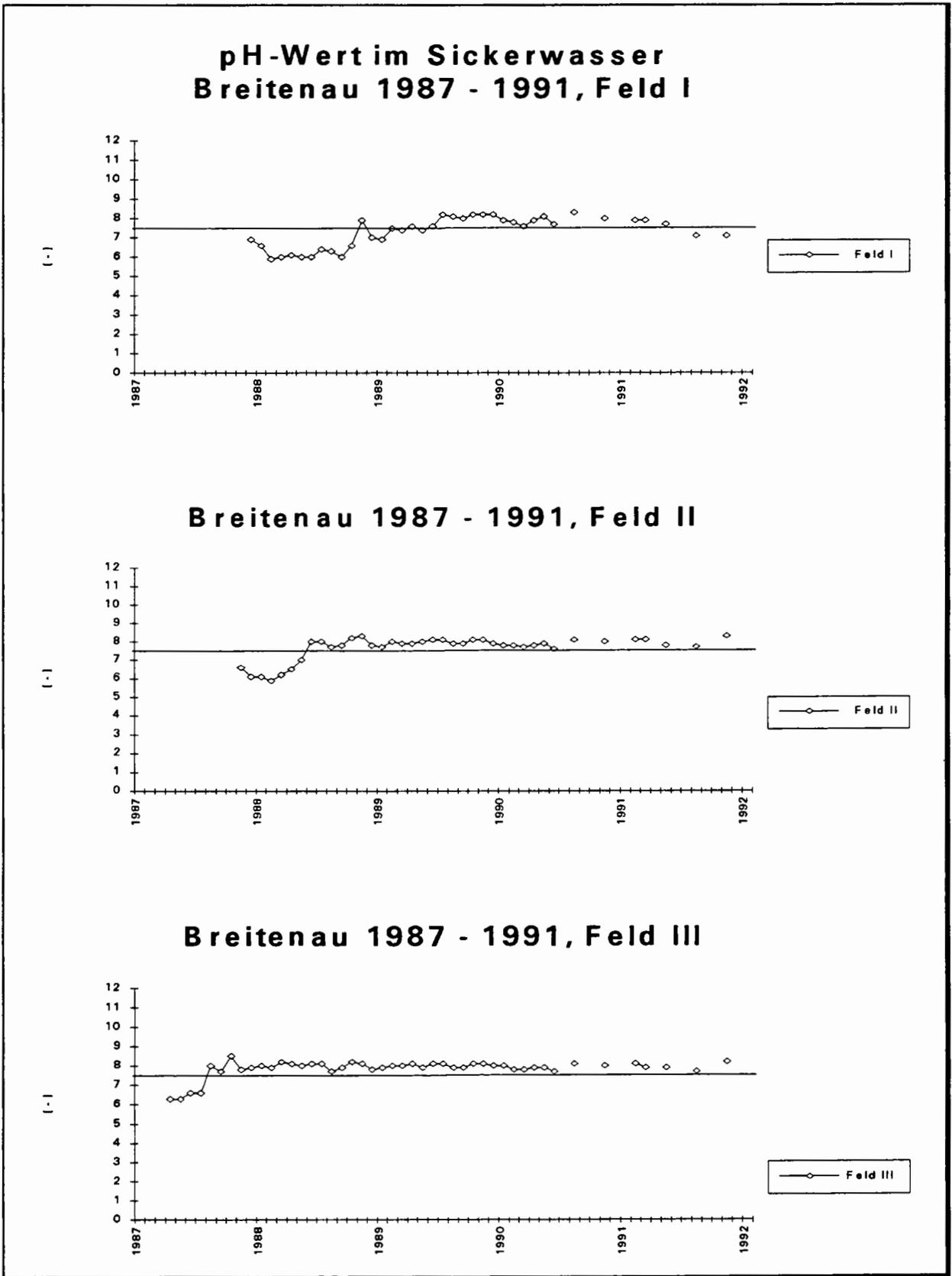


Abb. 5: pH-Werte - Monatswerte im Sickerwasser
Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefeldern I - III
Beobachtungszeitraum 1987-1991.

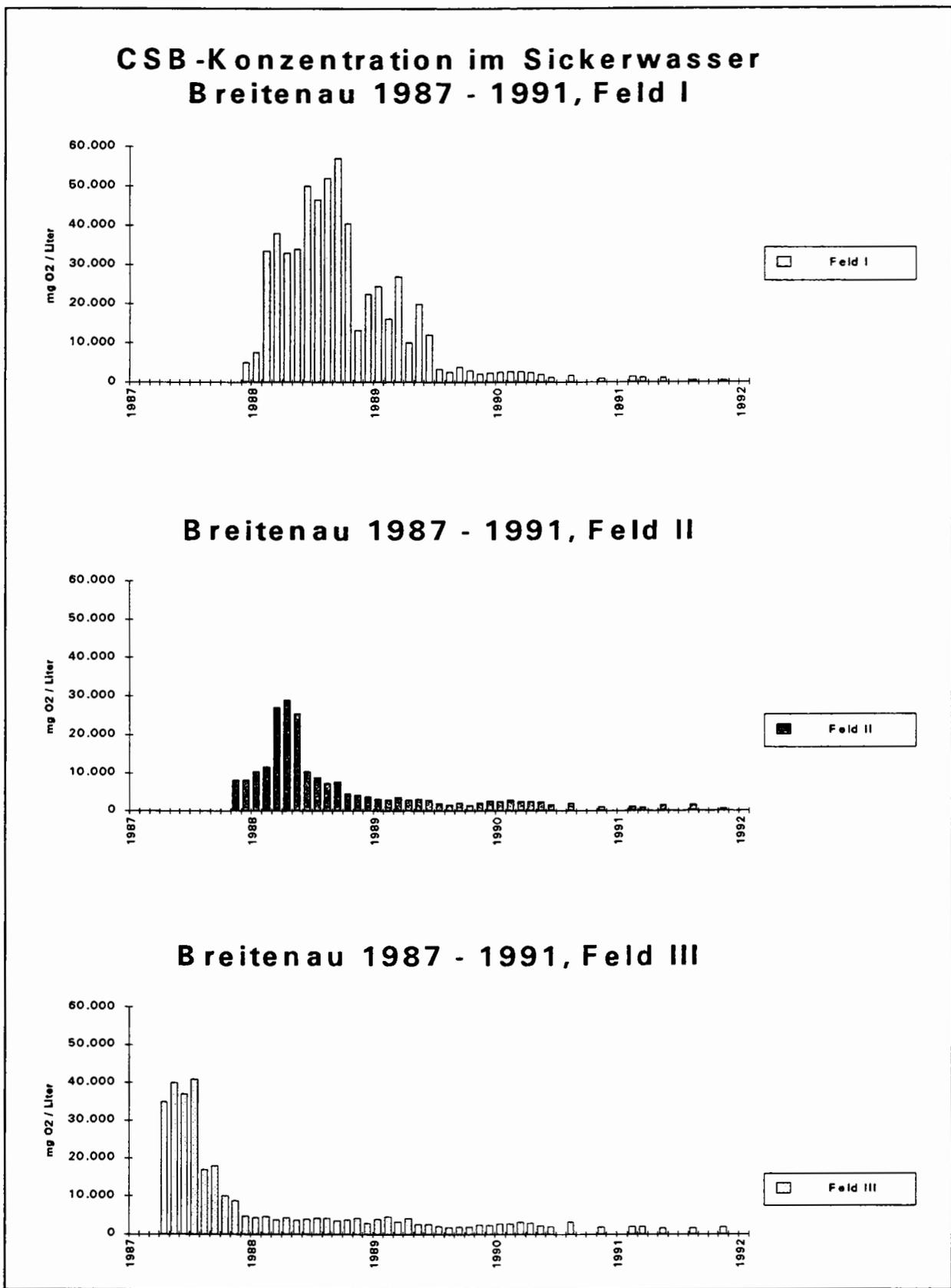


Abb. 6: CSB Konzentrationen - Monatswerte [mg/l] im Sickerwasser Versuchsdeponie Breitenau; Deponiefelder I - III, Beobachtungszeitraum 1987-1991.

Feld III zeigt durch den frühen Schüttbeginn die Spitzenbelastungen schon im Juli 1987. Das Deponiealter liegt allerdings zu diesem Zeitpunkt, genauso wie bei den anderen Feldern, bei etwa 5-9 Monaten. Im Unterschied zu Feld II sinken die CSB-Konzentrationen erst kurz nach Erreichen von pH-Werten $> 7,5$ unter $10.000 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Dies ist möglicherweise auf die anderen Materialeigenschaften (höherer organischer Anteil, Zerkleinerung) zurückzuführen, die wesentlich höheren Maximalkonzentrationen ($41.000 \text{ mg O}_2/\text{l}$) bewirken können.

Die BSB₅-Konzentrationen liegen wesentlich niedriger als die CSB-Konzentrationen, zeigen aber einen ähnlichen Verlauf.

5.2.1.2 Frachten

Feld I liefert sowohl bei den Jahresfrachten 1988 und 1989, als auch bei den Gesamtfrachten wegen der lange dauernden "Sauren Phase" und der hohen Abflußmengen - bedingt durch die große Oberfläche - die höchsten Stoffausträge; dies ändert sich ab 1990. Die Oberflächengestaltung (Abdichtung) wirkt sich positiv auf das Abflußgeschehen aus. Feld I zeigt nun geringere Jahresfrachten als Feld II (Abb. 7).

Feld II Die Oberflächengestaltung wirkt sich offensichtlich nicht frachtenvermindernd aus. 1988 und 1989 liegen die ausgetragenen Frachten zwischen Feld I und III, ab 1990 treten in Feld II die höchsten Frachten auf. Die abnehmende Tendenz ist auf den fortgeschrittenen Abbau der organischen Substanz zurückzuführen.

Feld III zeigt deutlich eine positive Wirkung der Oberflächengestaltung auf Wasserhaushalt und Sickerwasseremissionsfrachten. Durch das Wasserrückhaltevermögen der Kompostschicht und die starke Verdunstung durch die dichte Pflanzendecke aber auch durch die altersbedingte Konzentrationsabnahme kommt es trotz Sickerwasserkreislaufführung zu ähnlich niedrigeren Frachten wie in Feld I.

Sehr aussagekräftig für den Abbauzustand ist das Verhältnis zwischen BSB₅ und CSB im Sickerwasser. Während der "Sauren Phase" liegt das Verhältnis mit 0,8 bis 0,25 relativ hoch. Nach 2 Jahren Bestandsdauer der Deponie fällt das Verhältnis auf 0,09 bis 0,06. Nach BAUMANN (1985) ist ab einem Verhältnis BSB₅:CSB von ca 0,1 die stabile Methanphase erreicht. Für Deponien mit Sickerwasserkreislaufführung nennt er dafür einen Zeitraum von 4 - 7 Jahren. Die Deponie Breitenau erreicht diese Phase in Feld III bzw. II bereits nach 16 bzw. 18 Monaten. In Feld I dauert es 24 Monate.

Die Elemente Ca, Fe, Mn, Mg, sowie eingeschränkt auch Cr, Ni, und Zn zeigen einen ähnlichen Verlauf der Konzentrationen und Frachten im Sickerwasser wie die organische Inhaltsstoffe.

5.3 Milieuunabhängige Parameter

5.3.1 Stickstoff

5.3.1.1 Konzentrationen

Auch bei den Kjeldahlstickstoffkonzentrationen (sie entsprechen im Großen und Ganzen den Ammoniumkonzentrationen) zeigt sich ein starker Anstieg während der Anfangsphase. Anders als beim CSB bleiben die Konzentrationen über den ganzen Beobachtungszeitraum in gleicher Größenordnung. Ein ausgeprägter Einfluß des pH-Wertes ist nicht zu sehen.

Ein Einfluß der Sickerwassermengen auf die Höhe der Konzentrationen kann derzeit nicht eindeutig belegt werden. Zwar scheinen hohe Sickerwassermengen geringere Konzentrationen hervorzurufen (Maxima im Herbst/Winter, Minima im Sommer), doch ist der Einfluß der Sickerwasserkreislaufführung noch nicht abschätzbar. Bei Feld III zeigt die Kreislaufführung nicht so starken Einfluß wie bei Feld II. Weiterführende Aussagen dazu sind erst nach Auswertung der Folgejahre, ab 1992 zu erwarten (keine Kreislaufführung in Feld II).

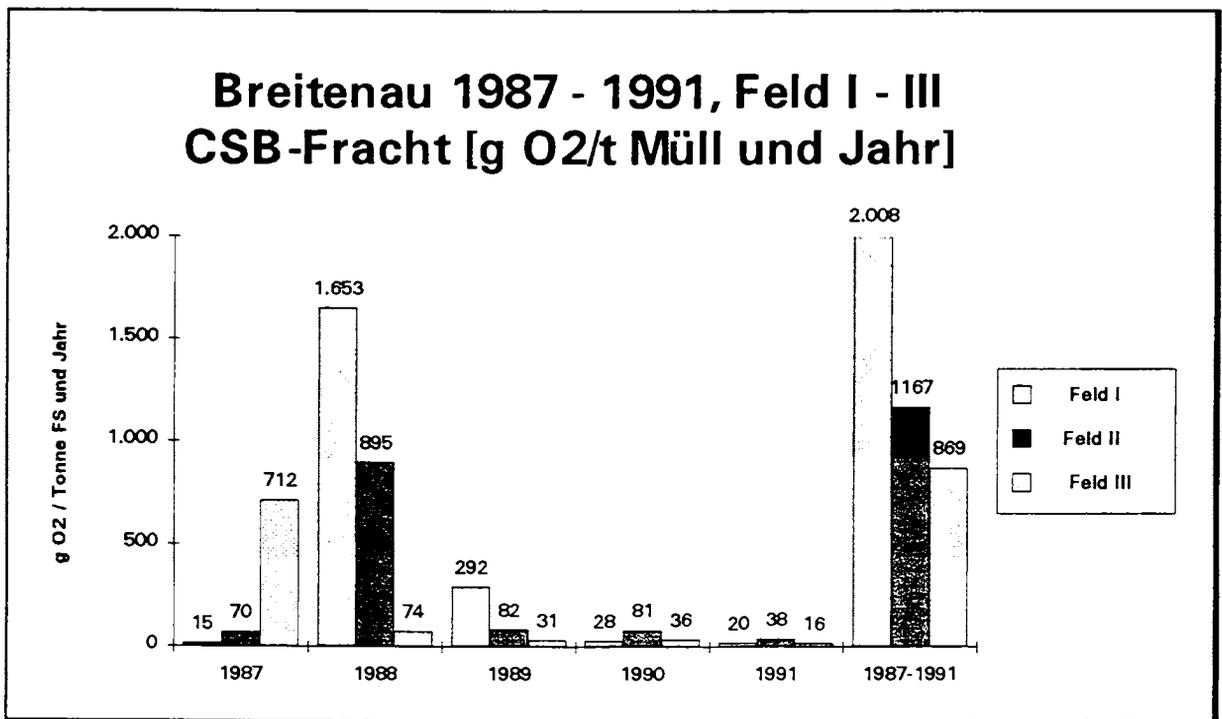


Abb. 7: CSB - Jahres- und Gesamtfrachten/Tonne Müll] im Sickerwasser
Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefelder I - III,
Beobachtungszeitraum 1987-1991.

5.3.1.2 Frachten

Die Frachtenganglinien zeigen eine sehr starke Korrelation zu derjenigen der Abflussmengen. Hohe Sickerwassermengen bewirken hohe Frachten. Diese Tatsache spricht gegen einen Verdünnungseffekt. Bei allen Feldern gibt es nur geringe Konzentrationsschwankungen, auch bei veränderlichen Sickerwassermengen. Feld I zeigt diese Abhängigkeit infolge der generell geringeren Sickerwassermengen nicht so deutlich.

Während bei Feld I (sehr deutlich) und bei Feld III (weniger ausgeprägt) eine Abnahme der Jahresfrachten mit zunehmendem Depo-
niealter festzustellen ist, bleiben bei Feld II die Jahresfrachten ziemlich konstant. Die Ursache liegt wie in Punkt 4 beschrieben in den unterschiedlichen Sickerwassermengen und den Unterschieden in der Kreislauf-
führung.

Während bei Feld I (sehr deutlich) und bei Feld III (weniger ausgeprägt) eine Abnahme der Jahresfrachten mit zunehmendem Depo-
niealter festzustellen ist, bleiben bei Feld II die Jahresfrachten ziemlich konstant. Die Ursache liegt wie oben beschrieben in den unterschiedlichen Sickerwassermengen und den Unterschieden in der Kreislauf-
führung.

Bei den Gesamtfrachten zeigt sich der gleiche Verlauf wie beim Sickerwasserabfluß (Abbildung 9). Feld II liefert die höchsten Werte, Feld III bis auf 1991 (zu beachten ist die Zeitversetzung durch den unterschiedlichen Schüttbeginn) die niedrigsten. Ursache des Anstieges ist wahrscheinlich die Sicker-
wasserkreislauf-
führung. Feld I nähert sich Feld III immer mehr an.

Alkalität, Stickstoff (N_{KJ}, NH₄-N und NO₃-N), Gesamtphosphor, Kalium, Natrium, Cadmium und Blei zeigen ähnliche Charakteristika in ihrem Verlauf.

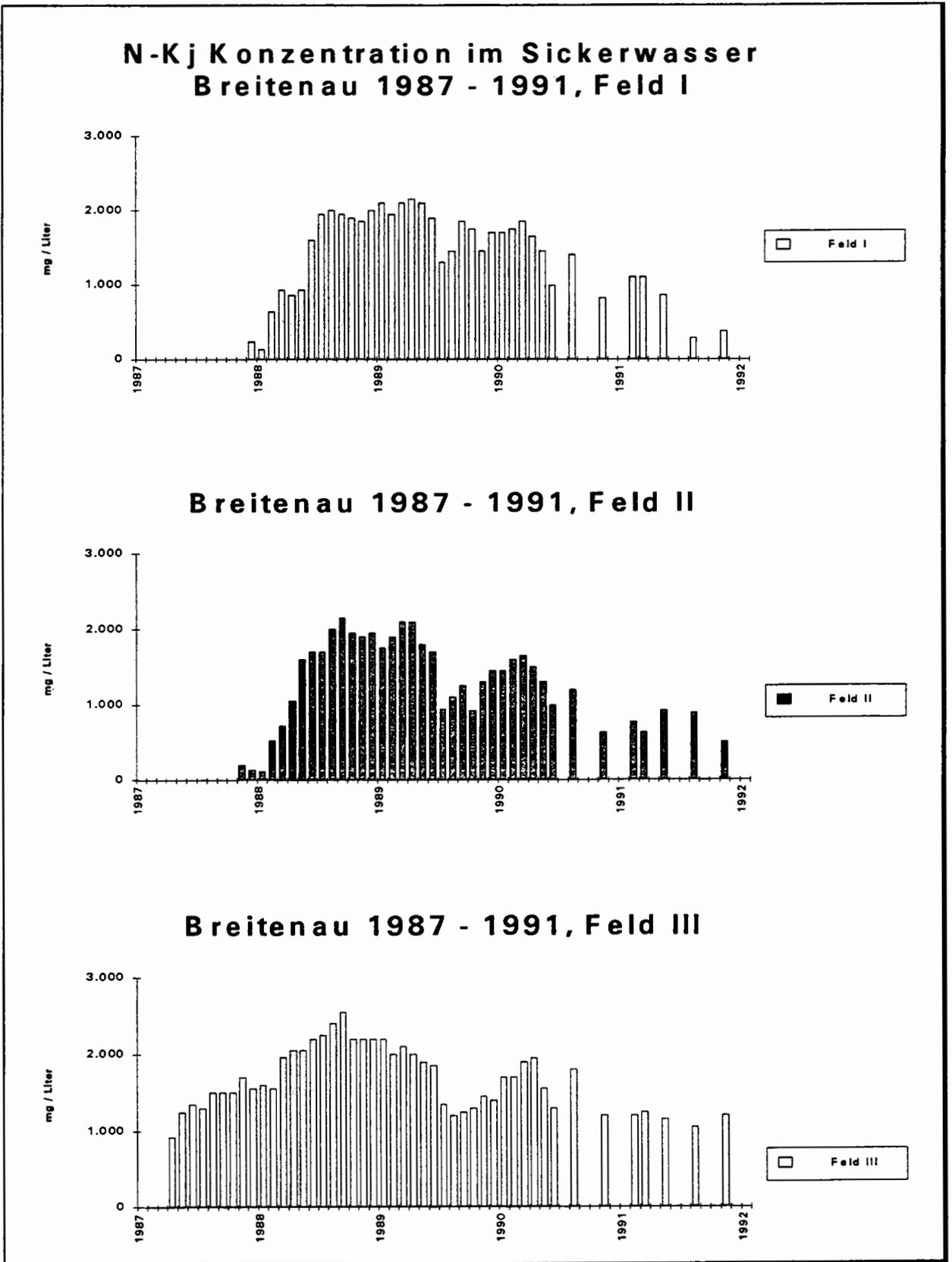


Abb. 8: Kjeldahlstickstoff Konzentrationen - Monatswerte [mg/l] im SIWA Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefelder I - III, Beobachtungszeitraum 1987-1991.

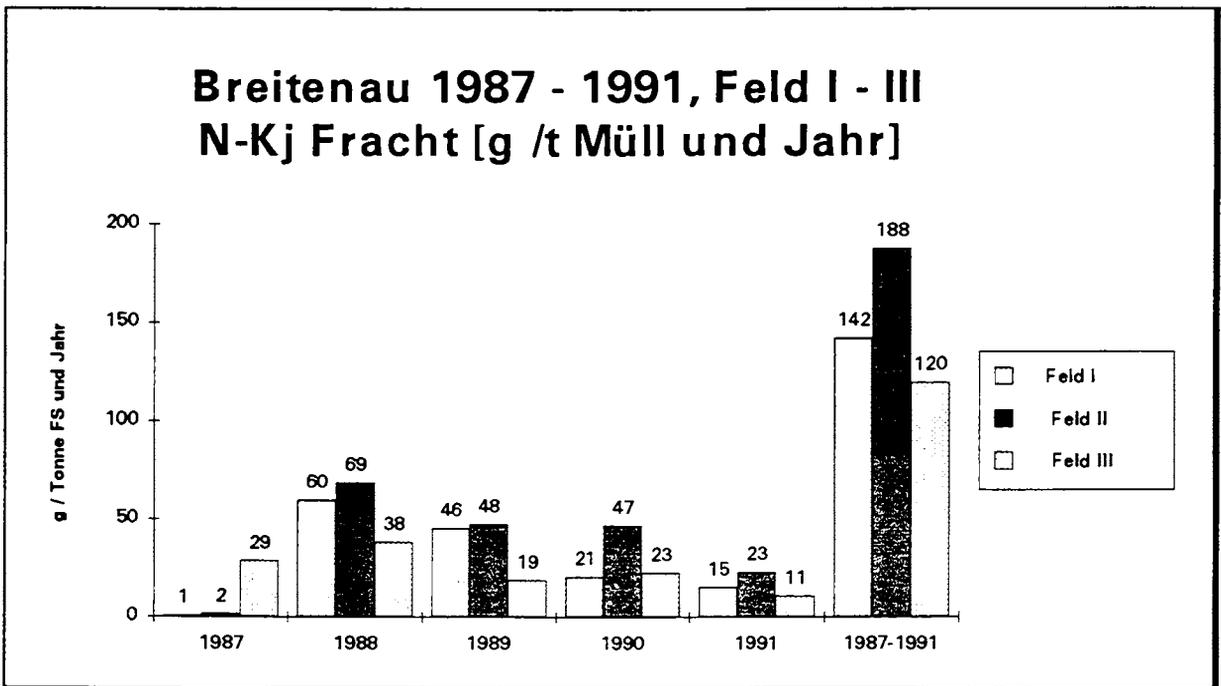


Abb. 9: N_{Kj} - Jahres- und Gesamtfrachten/Tonne Müll im Sickerwasser
Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefelder I - III,
Beobachtungszeitraum 1987-1991.

6. Gashaushalt

6.1 Erfassung des Deponiegases

Das anfallende Deponiegas wurde seit April 1989 mengenmäßig erfasst. Bedingt durch die spezifische Bauweise der Versuchsdeponie war es möglich die Gasmengen aus den einzelnen Deponiefeldern und aus je drei verschiedenen Entgasungshorizonten getrennt zu erfassen.

Da die Deponieabdeckung aber erst einige Zeit nach Beginn der „stabilen“ Methanphase (Feld II 8 Monate, Feld III 20 Monate) aufgebracht wurde, ist ein großer Teil des gebildeten Gases vor Inbetriebnahme der Gaserfassung entwichen. Aufgrund der Inhaltsstoffe des Deponiegases kam es in Teilen des Gaserfassungssystemes zu Korrosionsschäden an den Gaszählern. Die gemessenen Werte sind daher teilweise fehlerbehaftet. Die Gesamtgasmengen von $< 25 \text{ m}^3/\text{t FS}$ liegen jedenfalls weit unter den zu erwartenden Werten. Theoretische Abschätzungen (über C_{org}) ergeben ein Potential von ca $130 \text{ m}^3 \text{ Gas}/\text{t FS}$ erwarten, unbehandelter Restmüll setzte in Laborversuchen 30 bis $80 \text{ m}^3 \text{ Gas}/\text{t FS}$ frei.

Bei der Interpretation der erfassten Deponie-gasmenge ist weiters die Art der Deponieabdeckung unbedingt zu berücksichtigen. Feld II wurde mit 130 cm Wandkies abgedeckt. Wegen der durchlässigen Oberflächenabdeckung konnte daher nur ein Teil der gebildeten Gasmengen erfasst werden. Gasmessungen in der Oberflächenabdeckung zeigten vor allem in diesem Feld erhöhte Methankonzentrationen.

Der Verlauf der Gasproduktionskurve zeigt eine deutlich abnehmende Tendenz der gemessenen Werte. Unterschiede lassen sich sowohl zwischen den einzelnen Feldern, als auch zwischen den einzelnen Gaserfassungshorizonten erkennen. Die wesentlichen Gasmengen wurden aus den mittleren und aus den unteren Horizonten abgesaugt.

Feld III, das 1991 kaum mehr Gasbildung gezeigt hatte, setzt zur Zeit (Nov.1995) wieder Gas frei. Wegen der defekten Gaszähler kann die Gasproduktion nicht quantifiziert werden. Ursache dieser unerwarteten Aktivität könnte sein, daß bisher trockenstabile Deponieteile nunmehr durch Kreislauf- bzw. Niederschlagswasser angefeuchtet wurden. Dafür

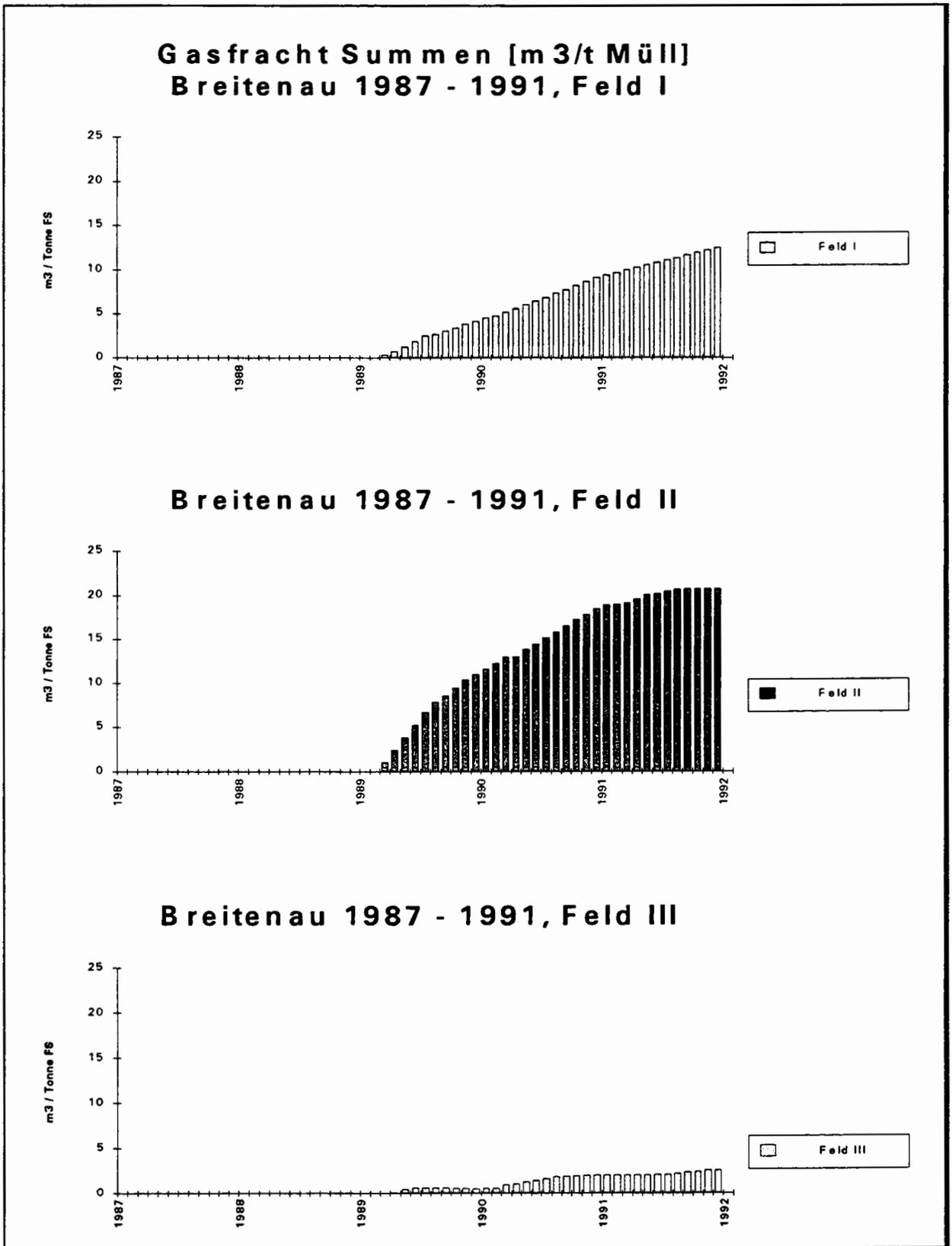


Abb. 10: Gasproduktion pro Tonne Müll (Summenlinie).
Versuchsdeponie Breitenau, Deponiefelder I - III,
Beobachtungszeitraum 1989-1991.

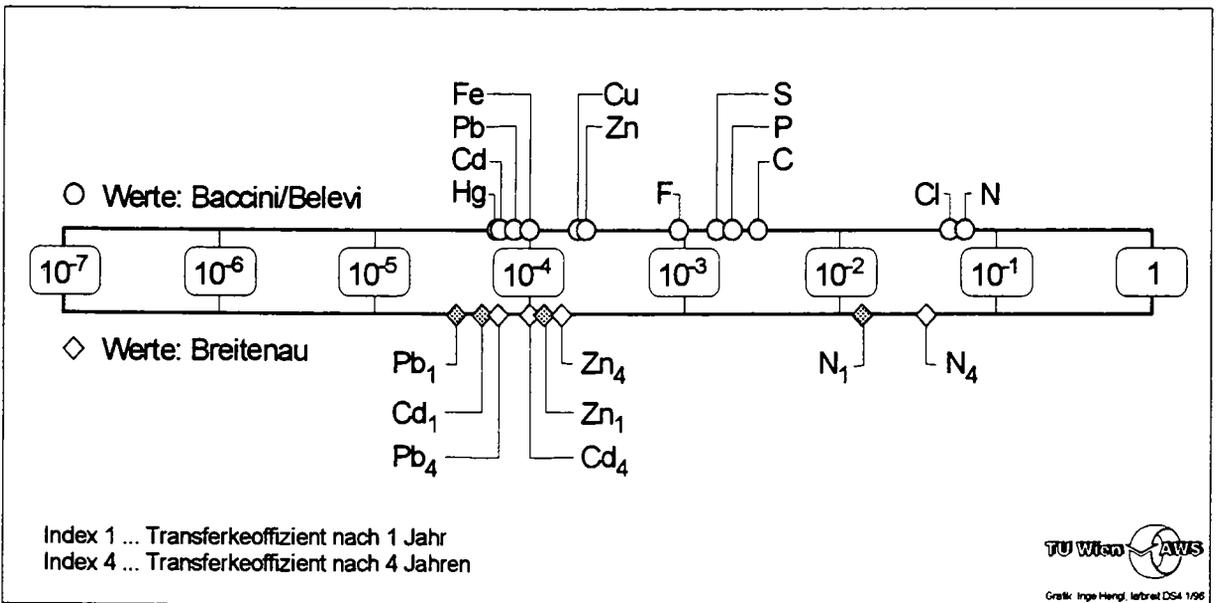


Abb. 11: Vergleich der Transferkoeffizienten für Feld II der Versuchsdeponie Breitenau mit Angaben von BACCINI et al (1987) für Hausmülldeponien mit einem Alter von 10 Jahren

sprechen auch die in Feld III im Vergleich zu den anderen Feldern geringfügig höheren und stärker schwankenden CSB-Konzentrationen im Sickerwasser. Weiterführende Aussagen sind auch hier erst nach einer Auswertung der Meß- und Analysedaten 1992 bis 1995 möglich.

7. Stoffbilanz der Deponie

Zur Bestimmung des Stoffhaushaltes einer Reaktordeponie werden Stoffeintrag in die Deponie (Abfälle), Stoffaustrag über Deponiegas und Sickerwasser und Lagerveränderung bestimmt. Der Quotient aus Stoffinput (Masse x abgeschätzte Stoffkonzentrationen des eingebauten Hausmülls) und Stoffoutput (Sickerwassermengen x gemessene Stoffkonzentrationen im Sickerwasser, für Deponiegas war eine derartige Bilanzierung auf Grund der schlechten Datenlage nicht möglich), ergibt für jeden betrachteten Stoff den sogenannten Transferkoeffizienten. Der Transferkoeffizient beschreibt den Transfer eines Stoffes aus dem Abfall in das Sickerwasser ($k_{S\text{IWA}}$) bzw. in das Deponiegas (k_{GAS}), d.h. er gibt an, wieviel des Inputs eines Stoffes die Deponie bis zum betrachteten Zeitpunkt verlassen haben. Die zeitliche Ent-

wicklung des Transferkoeffizienten wird als Transferfunktion bezeichnet ($k = k(t)$).

Allgemein zeigen Stoffhaushaltsuntersuchungen an Reaktordeponien, daß Kohlenstoff im wesentlichen über das Deponiegas aus der Deponie ausgetragen wird, während Metalle vor allem mit dem Sickerwasser ausgetragen werden. Diese Erkenntnisse wurden durch die Untersuchungen an der Versuchsanlage bestätigt. Neue Erkenntnisse konnten vor allem hinsichtlich des zeitlichen Verlaufes der Transferfunktionen gewonnen werden, die Transferkoeffizienten für Feld II der Versuchsdeponie Breitenau mit einem Alter von 4 Jahren entsprechen in etwa jenen einer 10 Jahre alten Hausmülldeponie (BACCINI et al, 1987).

8. Erkenntnisse, Interpretation

8.1 Wasserhaushalt

Während der Schüttphase können durch ein möglichst rasches Verfüllen einzelner Deponieabschnitte mit sofortiger Deponieabdeckung die Sickerwassermengen stark reduziert werden. In Feld III mit der längsten Schüttdauer in der Anfangsphase (1987/88) sind große Sickerwassermengen - und damit auch Schadstofffrachten - freigesetzt worden. Diese für die Sickerwasserentsorgung günstige Gege-

benheit (geringe SIWA-Mengen) steht jedoch in Widerspruch zu der geforderten möglichst guten und gleichmäßigen Durchfeuchtung des Mülls als Voraussetzung für optimales Abbauverhalten in der Reaktordeponie.

Als maßgebliche Einflußgröße auf den Wasserhaushalt (Sickerwassermengen) abgeschlossener Deponien erwies sich die Oberflächengestaltung.

Die *Oberflächenabdeckung durch Kompost* mit anschließender Begrünung (Feld III) vermindert die Sickerwassermengen (17% des Niederschlages im Zeitraum 1989-1991) - zumindest im Pannonischen Klimaraum mit Niederschlagsmengen unter 750 mm - in gleichem Maße wie eine Abdichtung der Deponieoberfläche (Feld I) mit mineralischem Material (27% des Niederschlages). Eine *Oberflächenabdichtung* hat jedoch den Nachteil eines "vorprogrammierten Versagens" durch Setzungen des Deponiekörpers, zu einem nicht vorhersagbaren Zeitpunkt. Rißbildung und erhöhte Durchlässigkeit sind die Folge. 1991 stieg der Sickerwasseranfall in Feld I zufolge Rißbildung, wie Altersbestimmungen am Sickerwasser zeigten (RIEHL und LECHNER, 1995), auf 29% des Niederschlages, während er bei Feld III auf 11% sank

Die *Kombination aus leicht durchlässigem Boden* (im konkreten Fall Wandkies) und *geringer Pflanzenbedeckung*, wie sie bei Feld II vorliegt, ist bezüglich Sickerwasserbildung die ungünstigste Art der Oberflächengestaltung (Sickerwasseranfall 45% vom Niederschlag bzw 35% im Jahr 1991).

8.2 Sickerwasserinhaltsstoffe

Die Konzentrationen im Sickerwasser nehmen mit zunehmender Lagerungsdauer deutlich ab. Eine derart rasche Konzentrationsabnahme ist einerseits durch extreme Intensivierung der Abbauprozesse in der Reaktordeponie zu erklären, wobei sich vor allem der sorgfältige Einbau (Ablagerung ausschließlich von Hausmüll, Zugabe von Einbauwasser) sehr positiv ausgewirkt hat. Einfluß hat aber andererseits auch der rasche Deponieabschluß nach

weniger als einem Jahr - herkömmliche Deponien werden über wesentlich längere Zeiträume geschüttet.

Die Kreislaufführung zeigte keinen positiven Einfluß auf die Sickerwasserzusammensetzung. Durch den Stoffrücktransport blieben die Konzentrationen im Gegenteil sogar höher. Die Stickstoffbelastungen des nach Rückpressen austretenden Sickerwassers (Feld II und III) liegen höher als die von ausschließlich durch Niederschlagswasser gebildetem Sickerwasser (Feld I). Diese Aussage muß durch Analysen ab 1992 noch bestätigt werden. Bei Feld III wird der Effekt möglicherweise auch durch die andere Müllzusammensetzung (Hausmüll Graz) verstärkt.

Trotzdem wurden in allen Feldern nach 2-3 Jahren CSB-Konzentrationen erreicht, die nach Literaturangaben nach frühestens 6-8 Jahren erreichbar sind (Abb. 12).

Ob die Konzentrationsabnahme im Sickerwasser tatsächlich auf günstigere Abbaubedingungen im gesamten Deponiekörper zurückzuführen ist, oder ob durch die Ausbildung bevorzugter Sickerwege nur örtliche Bereiche durchströmt und dadurch intensiv abgebaut und ausgelaugt wurden, kann erst nach dem geplanten Aufgraben des Deponiefeldes II mit Sicherheit geklärt werden.

Die starke Konzentrationsabnahme der milieuhängigen Parameter (z.B. CSB), bei nur geringem Absinken der Konzentrationen jener Parameter die physikalischen bzw. chemischen Lösungsvorgängen unterworfen sind (z.B. Leitfähigkeit, Stickstoff) lassen eher großräumigen Abbau vermuten. Beim Durchströmen einzelner Bereiche durch großen Wassermengen müßten verschiedene Parameter, wie beispielsweise die Leitfähigkeit wesentlich stärker abnehmen. Dieser Effekt zeigt sich 1991 in Feld I. Bei Feld III könnten die höher bleibenden Konzentrationen auch auf die Sickerwasserkreislaufführung zurückzuführen sein. Dagegen spricht allerdings der parallele Verlauf in Feld II, in dem seit Juli 1990 nicht mehr rückgepreßt wird.

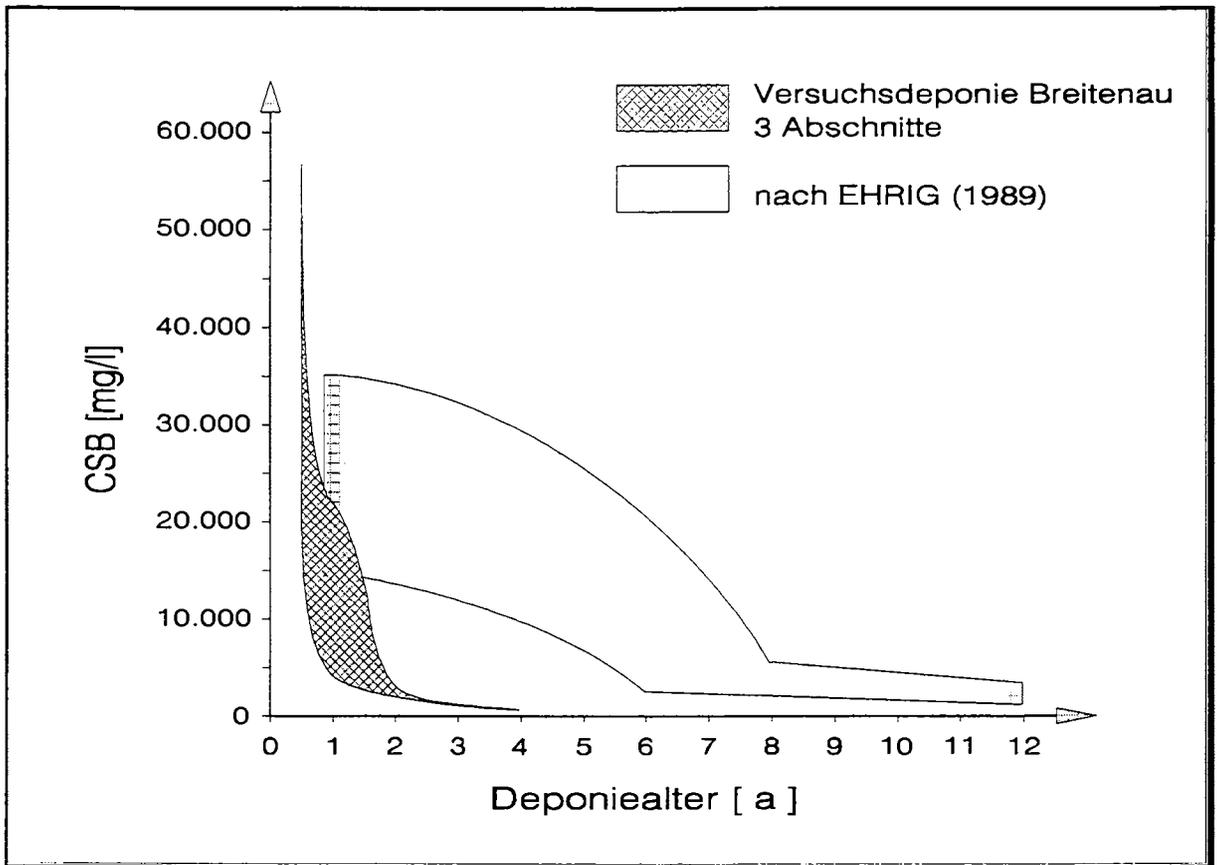


Abb. 12: Sickerwasserkonzentrationen in Abhängigkeit vom Deponiealter - Vergleich der Versuchsdeponie Breitenau mit Literaturangaben (EHRIG, 1989).

Auf die Ausbildung von bevorzugten Sickerwegen lassen die stark schwankenden Temperaturen in Feldmitte von Feld I und II schließen. Hier dürften bevorzugte Sickerwege direkt am Temperaturfühler vorbeiführen, wodurch Niederschlagsereignisse starke Temperaturabnahmen hervorrufen.

Auch die eher geringe Gasproduktion - die Mengenaufzeichnung ist allerdings stark fehlerbehaftet - läßt örtliche Sickerwege wahrscheinlicher erscheinen als gleichmäßigen Abbau im gesamten Deponiekörper.

8.3 Gashaushalt

Für das Erreichen der „stabilen“ Methanphase (angezeigt durch ein BSB_5/CSB -Verhältnis $< 0,1$) zeigt sich ein positiver Einfluß der Sickerwasserkreislaufführung. Bereits nach 24 Monaten (Feld I) bzw. 16-18 Monate (Feld III und II) liegt das Verhältnis unter $0,1$. BAUMANN 1985 gibt für Deponien mit Sickerwasserkreislaufführung einen Zeitraum von

4-7 Jahren bis zum Eintreten der „stabilen“ Methanphase an.

Feld III zeigt den raschesten Übergang zur „stabilen“ Methanphase. Da Feld II ein ähnliches Verhalten wie Feld III zeigt, ist die unterschiedliche Müllzusammensetzung alleine (im Feld III ist zerkleinerter Grazer Müll eingebaut) keine Erklärungsmöglichkeit. Das unterschiedliche Verhalten kann auf eine bessere Durchfeuchtung bzw auf aerobe Milieubedingungen über einen längeren Zeitraum nach dem Einbau - bedingt durch den langsameren Mülleinbau - und das sich daraus ergebende günstigere Abbauverhalten im Deponiekörper zurückzuführen sein. Eine Verstärkung dieses Effektes könnte durch eine entsprechende Vorbehandlung des Hausmülls erreicht werden. Dadurch wird die Phase der Hydrolyse und Versäuerung vorweggenommen; rascheres Erreichen der „stabilen“ Methanphase und geringere Sickerwasserkonzentrationen sind die Folge. Bei längerer

biologischer Vorbehandlung kann auch die Gasbildung beträchtlich vermindert werden.

Die Unterschiede zwischen Feld I und den beiden anderen können durch schlechteres Abbauverhalten bedingt durch raschere Müllschüttung (schlechtere Durchfeuchtung, aerober Abbau nur sehr kurzzeitig) erklärt werden. SIWA-Kreislaufführung als mögliche Ursache scheidet aus, da diese in den beiden ersten Jahren in allen Feldern parallel erfolgte.

Eine weitergehende Beurteilung der SIWA-Kreislaufführung kann erst nach einigen weiteren Beobachtungsjahren erfolgen. Vor allem der Einfluß auf die Sickerwassermengen und die Gasproduktion konnte noch nicht geklärt werden. Feld II und Feld III wurden mit Sickerwasserkreislauf geführt. Bis 1990 lieferte Feld II große Gasmengen, Feld III dagegen äußerst geringe; wegen der späten Inbetriebnahme der Zwangsentgasung fehlen hier allerdings 20 Monate Gaserfassung. Feld I ohne Kreislaufführung zeigt 1991 immer noch beträchtliche Gasproduktion. Seit 1991 erfolgt eine Sickerwasserkreislaufführung nur noch in Feld III; damit ergibt sich die Möglichkeit mit Hilfe der Meßwerte nach 1991 noch offene Fragen betreffend Sickerwasserkreislaufführung zu beantworten.

9. Literatur

- BACCINI P. et al. 1987: Water and Element Balances of Municipale Solid Waste Landfills. In: Waste Management and Research 5, pp 483-299, 1987.
- BAUMANN W. 1985: Minimierung und langfristige Abschätzung von Sickerwasseremissionen aus Hausmülldeponien. INFU Werkstattreihe Heft 15, Institut für Umweltschutz der Universität Dortmund, 1985.
- EHRIG H.-J. 1980: "Beitrag zum quantitativen und qualitativen Wasserhaushalt von Mülldeponien" Veröffentlichungen des Institutes für Stadtbauwesens der TU Braunschweig, Heft 26, 1980.
- EHRIG H.-J. 1989: Water and Element Balances of Landfills. In: Lecture Notes in Earth Sciences. Vol. 20. Baccini, P. (Ed.). 1989.
- RANK D., PAPESCH W. und RAJNER V. 1995: Environmental Isotopes Study at the Research Landfill (Breitenau, Lower Austria). In: Extended Synopses: International Symposium on Isotopes in Water Resources Management, 301/301, Wien (IAEA), 1995.
- RIEHL-H G., LECHNER P. et al 1995: Hausmüllversuchsanlage Breitenau Untersuchungen zum quantitativen und qualitativen Wasserhaushalt (1986-1991). Hrsgb. Bundesministerium f. Land und Forstwirtschaft (1995).

DISKUSSION :

Wasserhaushalt und Emissionssituation am Beispiel der Hausmüll-Versuchsanlage Breitenau

HENRICH: Ich habe eine technische Frage. Ich habe wahrscheinlich überhört, wie die einzelnen Felder gegeneinander abgedichtet sind. Auch durch Folien ?

BINNER: Ja, sie sind durch Folien abgedichtet.

LAGERKVIST: Bei der Bezeichnung "stabile" Methangärung habe ich Bedenken, da es sich ja um verschiedene Milieus in verschiedenen Teilen dieses Mülls handelt. Man könnte eher von einer dominierenden Methangärung sprechen. Wenn man will, daß diese schnell einsetzt, gibt es verschiedene Methoden. Ihre Ergebnisse zeigen, daß die Belüftung die effektivste Maßnahme ist und das hat sich auch in vielen anderen Fällen gezeigt. Es gibt bereits 1991 eine Doktorarbeit in Hamburg, wo man das systematisch in großem Maßstab auf Deponien untersucht hat und es hat sich gezeigt, daß man sofort Methanbildung hat, wenn man eine kompostierte Bodenschicht verwendet. Das kann man also durch technische Maßnahmen beeinflussen. Zu diesen fehlenden Daten über die Gasmenge könnte man vielleicht mit einer Feststoffprobenahme durch alle Profile Ergebnisse bekommen.

BINNER: Ich glaube eher nicht, daß das gehen wird. Wenn ich mir überlege, welche Probleme wir schon im Kompost aufgrund der Probeninhomogenität mit Massenbilanzen haben um allein den organischen Abbau zu bestimmen, so wage ich es auszuschließen, daß wir durch chemische Analysen von Festproben aus der Deponie tatsächlich eine Bilanz machen können. Man kann sicherlich abschätzen, wie weit ist der Streubereich, wie schaut

das Material jetzt aus, wieviel organische Substanz ist in etwa abgebaut worden. Aber eine Bilanz selbst kann man sicher nicht erstellen.

LAGERKVIST: Muß man da vielleicht die ganze Anlage ausräumen ?

BINNER: Ja, man müßte die ganze Anlage ausräumen, durch eine Mühle schicken und dann analysieren. Zu ihrer ersten Anmerkung mit der biologischen Vorbehandlung: das ist sehr richtig, wir schlagen heute nicht mehr vor, die Reaktordeponie so aufzubauen, wie wir es in Breitenau versucht haben, das war Wissensstand 1986. Wir stehen heute auf dem Standpunkt, daß eine biologische Vorbehandlung des abzulagernden Materials unbedingt erforderlich ist. Damit kann ich die saure Phase aus der Deponie auslagern, d.h. die CSB-Konzentrationen, die Schadstoffkonzentrationen, die über das Sickerwasser ausgetragen werden, können minimiert werden. Und natürlich können dann auch die Gasemissionen dann, sehr stark minimiert werden, das hängt aber von der Zeitdauer der biologischen Behandlung ab. Salzburg-Siegerwiesen zeigt, daß 3 Wochen Vorbehandlung für die Stabilisierung des Materials zu wenig sind, daß aber 3 Wochen für die Vorwegnahme dieser sauren Phase sehr gut geeignet sind. Das Material beginnt dort sehr rasch und intensiv zu gasen. Will man die Gasproduktion verhindern, dann müßte man über wesentlich längere Zeiträume biologisch vorbehandeln. Man kommt da bestimmt in den Bereich von 4-6 Monaten, um das Gasemissionspotential um 95 % zu vermindern.

LAGERKVIST: Es gibt noch einen anderen Denkansatz: warum soll man überhaupt diese saure Phase überwinden? Man kann diese saure Phase nützen um die Methanproduktion zu vermindern oder sogar über einen langen Zeitraum zu verhindern. Wir haben in Luleau ein Versuchsfeld, das seit 1988 in die saure Phase ohne Methanproduktion getrieben worden ist. Wir nehmen das Sickerwasser, filtern es, und fangen das Methan sehr einfach ein. Da kann man auch die Schwermetalle sehr rasch auslaugen. Wir haben einen pH von 5,5 und 30 g bis 50 g COD und in diesem Milieu laugen sich viele Komponenten sehr rasch aus und dann bekommt man diese stabilisierten Rückstände.

BINNER: Sie laugen also sehr intensiv aus in der Anfangsphase und machen die Methanproduktion in einem 2.Schritt nebenbei.

RIEHL-H. Vielleicht darf ich ganz kurz zu ihren Ausführungen ergänzen: Ich glaube, daß noch jetzt nach dem sehr langen und intensiven Zurückpressen im Feld III trockene Bereiche von Flüssigkeiten erfaßt werden, denn dort steigt die Temperatur, bzw. sie bleibt länger oben, wir haben noch über 30 Grad im Feld III und unten noch höhere Temperaturen. Dort scheint zwar ein erster Bereich ganz früh begonnen zu haben, ein großer Bereich jedoch dürfte erst jetzt durch das intensive Zurückpressen von Wässern erfaßt sein, der durch die gute Abdeckung/-Vegetation noch trocken gewesen ist und jetzt nachziehen dürfte. Wir haben die hohen Temperaturen im Feld III, die sich länger halten, der besser zerkleinerte Müll ist scheinbar trocken gefallen und jetzt bekommt er wieder genug Wasser.

BINNER: Die wieder steigende Gasproduktion in Feld III deutet ja darauf hin.

RIEHL-H. Das wäre eine Interpretationsmöglichkeit. Ich möchte dazu noch kurz zur finanziellen Situation etwas sagen. Die ganze Versuchsanlage hat den Steuerzahler so gut wie nichts gekostet. Die Schüttung erfolgte durch die bauausführende Firma im Austausch zum Müllerlös. Allein die Untersuchungen wurden von der öffentlichen Hand getragen, und das waren über die gesamte Zeit 4 Mio.

Schilling, also das ist so gut wie gar nichts, wenn man es mit anderen Projekten vergleicht. Wir haben dann immer wieder aufmerksam gemacht, wir brauchen zumindest 500.000,-- Schilling im Jahr, aber das wurde nicht bewilligt. Alle haben dauernd von unserem Finanzbedarf gewußt und es wurde nicht bewilligt. Ich möchte sagen, daß das eher eine Verhinderungsstrategie ist, sodaß die Versuchsanlage Breitenau nicht weiterlaufen soll, eventuell von politischer Seite, ich kann es mir sonst nicht erklären. Das ist eine sehr komplexe Angelegenheit.

TUFAR: Beim Müll geht es ja um sehr viel Geld.

RIEHL-H. Es geht um sehr viel Geld und niemand will wissen, was wirklich genau drinnen ist. Das ist sicher für viele eine Strategie, die sehr nahe liegt. Das ist genau dasselbe, wie bei der Inertisierung, daß es da genug viele gibt, die das gerne möglichst lange hinauszögern wollen.

VORTISCH: Trotzdem sollte man jetzt darauf hinweisen, daß die Versuchsanlage Breitenau besser und funktioneller gebaut worden ist als die meisten Deponien Ende der Achziger, Anfang der Neunzigerjahre. Ich möchte hier noch einen Vermerk zur Diagenetischen Inertisierung machen, denn der total andere Gedanke ist, den Schadstoffbinder mit dem Schadstoffgeber so zu vermengen, daß es überhaupt keine langen Transportwege mehr geben kann und dadurch auch keine Konzentrationssteigerung. Bei gleichzeitig wesentlich günstigerem Verhältnis zwischen Schadstoffgeber und Schadstoffbinder als in jeder anderen Deponie. Der Anteil an wirksamer mineralischer Substanz ist bei der Diagenetischen Inertisierung ein Vielfaches im Verhältnis zu einer konventionellen Deponie. Trotzdem geht kein Deponieraum verloren.

BINNER: Ich gebe Ihnen recht, wenn es sich um vorbehandelte Abfälle handelt.

GRAFENEDER: Ich hätte noch eine Frage zur Gasemission. Sind nach der Abdeckung die Konzentrationswerte der Restemissionen an der Oberfläche untersucht worden?

BINNER: Wir haben in der Oberflächenabdeckung Gasmessungen durchgeführt und immer wieder Methan festgestellt bis in Bereiche von etwa 20-30 % sowie Sauerstoffzehrung, wobei ich die detaillierten Werte hier nicht verfügbar habe. Es wurden Messungen in allen drei Feldern vorgenommen, wobei wir in Feld I, wo Schluffabdichtung war, besondere Probleme gehabt haben, die Sonden zu setzen.

GRAFENEDER: Das waren also die Methankonzentrationen bis etwa 30 %. Mich würde aber interessieren, welche Gasmengen da ausgetreten sind. Gängig ist da $l/m^2/h$.

BINNER: In dieser Richtung wurden keine Messungen durchgeführt. Wir haben nur mittels Sondenentnahme Gasproben auf ihre Zusammensetzung untersucht um zu schauen, ob überhaupt Deponiegas in die Abdeckungsschicht eindringt.

Diskussionsbeiträge von:

GRAFENEDER

Dr. W. HENRICH

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

Dr. A. LAGERKVIST

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

Dr. G. RIEHL-HERWIRSCH

*Institut für Geologie
TU - Wien
Karlsplatz 13
1040 Wien*

Prof. Dr. W. TUFAR

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

Prof. Dr. W. VORTISCH

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