



Stabilisierung von Deponien durch Infiltration von Sickerwasser

Internationale Bio – und Deponiegas Fachtagung

„Synergien nutzen und voneinander lernen V“

3. / 4. V. 2011

Dr.-Ing. Burkhard Weber

Büro für Umwelt- und Verfahrenstechnik GmbH

Am Neuen Kamp 30 24537 Neumünster

Tel: 04321 56988-0 Fax: 56988-9

E-Mail: Info@buv-nms.de

www.buv-nms.de

Stand: 10.03.2011

Dr.-Ing. Burkhard Weber

1 Einführung

„Wasser ist Leben. Ohne dieses Element wäre ein Leben auf der Erde unvorstellbar.“ (www.bmu.de/bildungsservice). Was für die Erde gilt, gilt auch für den Mikrokosmos Deponie. In Analogie zur Abwassertechnik ist es von großem Vorteil und förderlich für die Umsetzungsgeschwindigkeit des Substrates (Kohlenwasserstoffe, Fette, Eiweiße), wenn das Wasser in der Deponie in Bewegung ist (durchmischter und beheizter Faulbehälter) und nicht als Stauwasser, im ungünstigen Fall auch noch auf geringem Temperaturniveau, ansteht (unbeheizter Faultank).

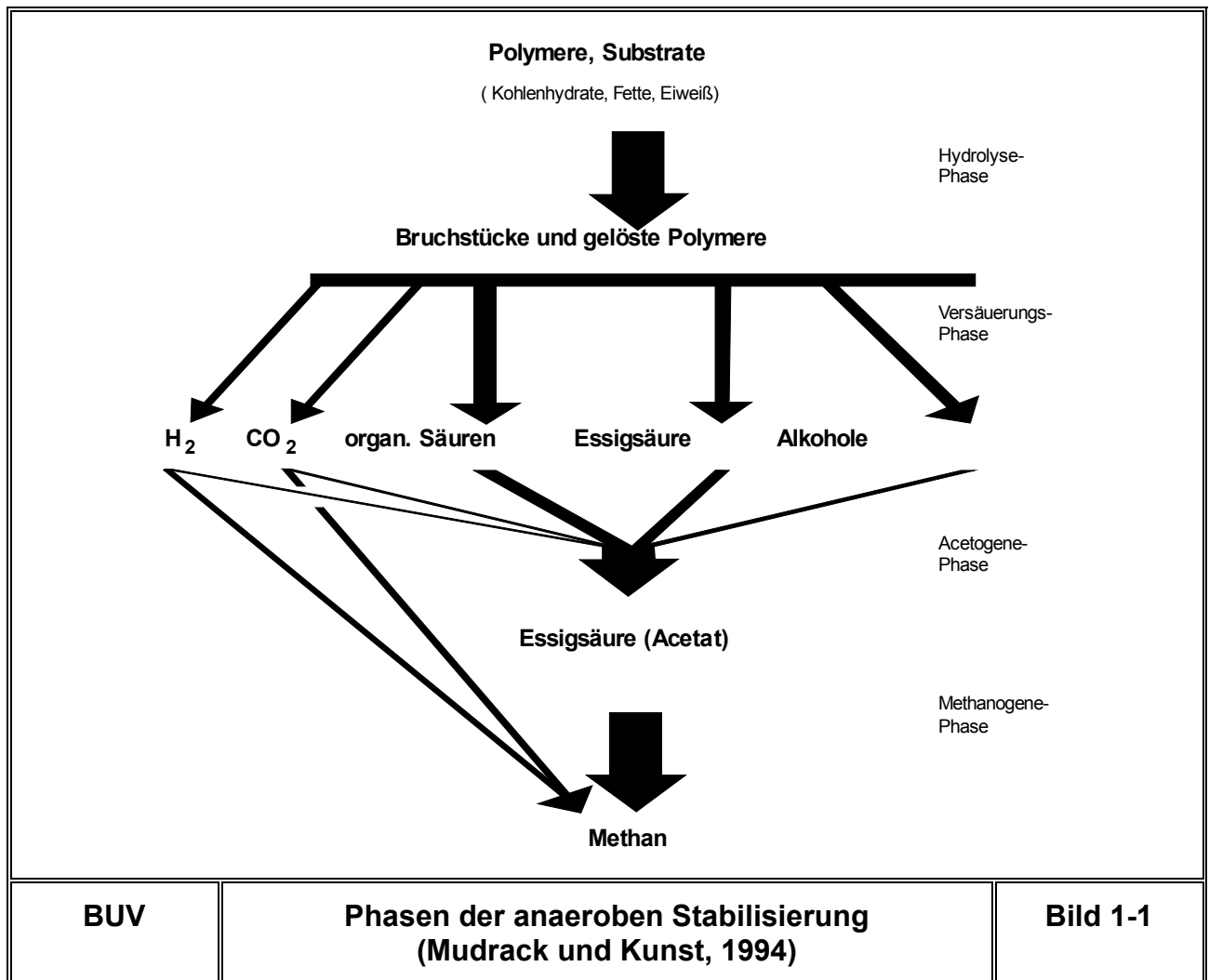
Wasser spielt für die Förderung der biochemischen Vorgänge und als Transportmedium für die Umsetzungsprodukte in herkömmlichen Deponien eine ganz wesentliche Rolle. Die Mineralisierung der organischen Stoffe im Deponiekörper kann z. B. wegen Wassermangels oder eines Überangebots leicht abbaubarer Inhaltsstoffe gestört sein und verläuft insbesondere erst in der "Methanphase" unter optimalen Bedingungen.

Der Einfluss des Wassergehaltes WG auf die Stabilisierung wird von DOEDENS, 1989 wie folgt zusammengefasst:

aerobe Prozesse: - unterbunden ab ca. < 15 % WG
- gehemmt ab ca. < 30 % WG und ca. > 60 % WG
- optimal ca. 40 - 60 % WG

anaerobe Prozesse: - unterbunden ab ca. < 15 % WG
- gehemmt ab ca. < 30 % WG
- optimal und möglichst einzustellen ab ca. 40 % WG

Die förderliche Bewegung des Wassers ist dabei zunächst nicht erfasst. Insgesamt wird bei der anaeroben Stabilisierung über alle Stabilisierungsphasen (s. **Bild 1-1**) Wasser für die Gasbildung verbraucht. Bei den Abbauphasen in Deponien dürften inzwischen alle in der stabilen Methanphase angekommen sein. Die methanogene Phase ist verbrauchsneutral. Wasser als Reaktionspartner wird nicht benötigt, bewegtes Wasser ist gefragt.



2 Rechtliche Rahmenbedingungen

Untersagte die TA Siedlungsabfall noch die Rückführung von Sickerwasser auf die Deponie, wurde diese Möglichkeit zur Beschleunigung der Stabilisierung in die Deponieverordnung aufgenommen, in § 25 der DepV heißt es:

(4) Bei Deponien oder Deponieabschnitten nach Absatz 3 kann die zuständige Behörde auf Antrag des Deponiebetreibers zur Beschleunigung biologischer Abbauprozesse und zur Verbesserung des Langzeitverhaltens ergänzend zu den Anforderungen nach den §§ 6 und 9 eine gezielte Befeuchtung durch Infiltration von Wasser oder, abweichend von § 7 Absatz 1 Nummer 1, von deponieeigenem Sickerwasser, eine Belüftung des Abfallkörpers oder eine Kombination der Verfahren zulassen, wenn nachfolgende Mindestanforderungen erfüllt sind:

1. Bei einer gezielten Befeuchtung durch Infiltration
 - a) wird anfallendes Sickerwasser gefasst,
 - b) werden Maßnahmen zur aktiven Fassung von Deponiegas und zur weitgehenden Verhinderung von Deponiegasfreisetzungen und zu dessen Kontrolle getroffen,
 - c) sind relevante Mengen noch biologisch abbaubarer organischer Substanz im Deponiekörper nachgewiesen,
 - d) sind Einrichtungen zur geregelten und kontrollierten Infiltration und zur Kontrolle des Gas- und Wasserhaushalts der Deponie vorhanden und
 - e) ist der Nachweis der ausreichenden Standsicherheit des Deponiekörpers unter Berücksichtigung der zusätzlichen Wasserzugaben erbracht.
2. Bei einer Belüftung des Abfallkörpers
 - a) sind Einrichtungen zur gezielten und kontrollierten Belüftung und Abluffterfassung und –behandlung vorhanden, so dass unkontrollierte gasförmige Emissionen weitgehend vermieden werden,
 - b) wird eine an die Abluftbeschaffenheit angepasste Abluftbehandlung durchgeführt, sodass schädliche Emissionen weitgehend vermieden werden,
 - c) sind relevante Mengen noch biologisch abbaubarer organischer Substanz im Deponiekörper nachgewiesen.
3. Bei einer gezielten Befeuchtung oder Belüftung des Abfallkörpers sind der Wasserhaushalt, der Gashaushalt, die Temperaturentwicklung und die Setzungen des Deponiekörpers zu kontrollieren, um nachzuweisen, dass keine nachteiligen Auswirkungen auf den Deponiekörper und die Umwelt auftreten und ausreichend intensivierte oder beschleunigte biologische Abbauprozesse stattfinden.

3 Deponietechnische Rahmenbedingungen

Bei Deponien, die sich in der Stilllegungsphase befinden und bei denen durch betriebliche Maßnahmen wie den langsamen Deponieaufbau die Stabilisierung nicht mehr beeinflusst werden kann, sollte die Oberfläche bis zum Abschluss der Hauptsetzungen offen gelassen werden, um so die Einstellung eines optimierten Wassergehaltes zu ermöglichen. Wird nach den Vorgaben der DepV vor Abschluss der Hauptsetzungen eine Abdeckung oder nach Abschluss der Hauptsetzungen eine Abdichtung auf die Deponieoberfläche aufgebracht, so sollten Einrichtungen zur Infiltration von Wasser vorgesehen werden. Nur so kann einer unerwünschten Mumifizierung des Abfalls durch Trockenfallen, welche an einem signifikanten Rückgang der Gasproduktion erkennbar ist, entgegengewirkt werden. Nun widerspricht die Infiltration von Wasser der Intention, dass die Abdeckung die Sickerwasserbildung minimieren soll. Aber nur diese pragmatische Lösung kann gewährleisten, dass Restgasproduktionen und eine weitgehende Stabilisierung innerhalb der überwachten Nachsorgezeit und nicht irgendwann in ferner unbeobachteter Zukunft ablaufen.

4 Betriebsergebnisse von Referenzprojekten

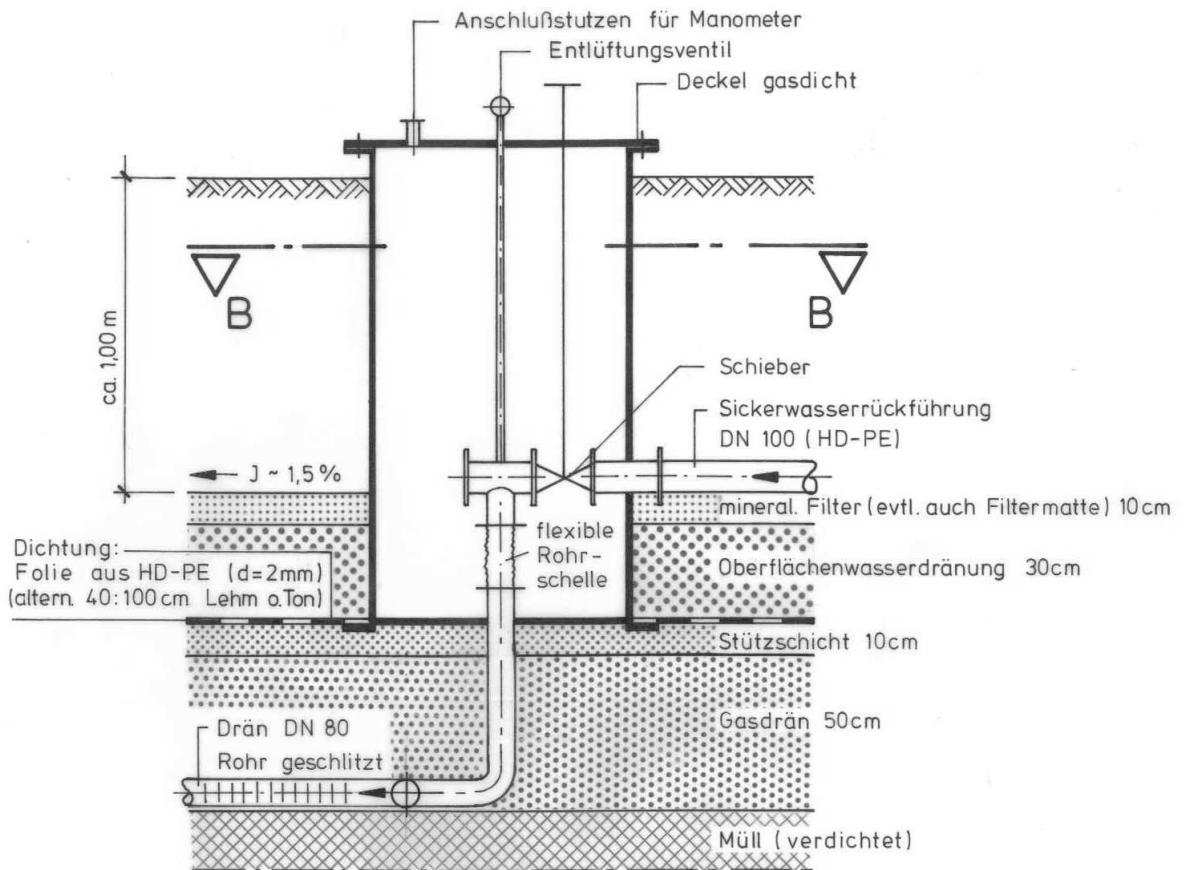
4.1 Deponie Blankenhagen – obere Abdichtung und Sickerwasserrückführung

Mit Ergänzungen des Autors fasst FRÖCHTENICHT, 2010, die Entwicklung auf der Deponie Blankenhagen wie folgt zusammen: „Die Abdeckung des Betriebsabschnittes I erfolgte ab ca. 1981. Im Bereich des Plateaus wurde über einer Ausgleichs- und Gasdränschicht sowie einer Dränmatte eine 3-lagige Isolierfolie (3x0,3 mm HDPE) mit einer Überlappung von 1,0 m eingebaut und dies zu einem Zeitpunkt, zu dem über die Notwendigkeit einer Deponie-Kapselung selbst in Fachkreisen noch nicht Einigkeit bestand. Die in den Folgejahren abgeschlossenen Deponieabschnitte II – IVb wurden vorerst alle nach diesem Prinzip oben abgeschlossen. Der Vorteil dieses Systems besteht in seiner flexiblen und rissfreien Reaktion auf Langzeitverformungen des Deponiekörpers infolge von Setzungen. Demzufolge ergaben sich für die bereits modellierten und abgedichteten Abschnitte

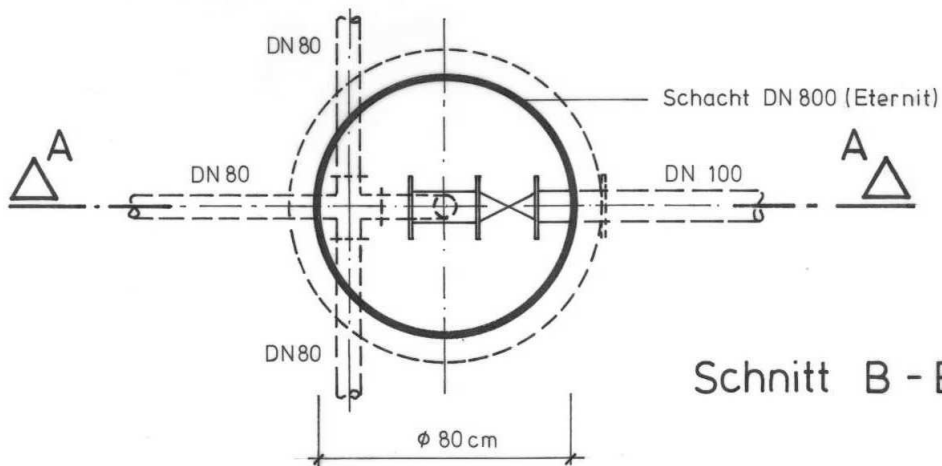
I – IVb im Rahmen von FID-Begehungen keine Hinweise auf ein Versagen der Abdichtung. Die Setzungen und Sackungen der Betriebsabschnitte I und II sind mittlerweile auf ein unschädliches Maß abgeklungen. So konnte in den Jahren 2007 bzw. 2009 die temporäre Abdeckung der Betriebsabschnitte I und II durch eine endgültige Oberflächenabdichtung ersetzt werden.“ Um einer Mumifizierung des Abfalls vorzubeugen, wurde Sickerwasser über Schotterrigolen und punktförmige Schottersäulen zurückgeführt. Das linienförmige System hat sich nicht bewährt, die Schottersäulen wurden bis etwa 1995 genutzt.

„Zur Fassung des Deponiegases wurde eine Kombination aus Gasdomen (Schottersäulen), die während des Aufbaus des Deponiekörpers mit hochgezogen wurden, sowie von nachträglich gebohrten Gasbrunnen bzw. Gaslanzen gewählt. Von 1987 bis 1997 wurde das gefasste Gas im Zementwerk Hardegsen energetisch verwertet.“ Seit etwa 2000 erfolgt die Nutzung in einem BHKW-Modul.

„Im Zeitraum 1981 bis 1987 sind Vor-Ort-Versuche über Entwicklung (Anfall) und Zusammensetzung des Deponiegases unter wissenschaftlicher Begleitung der Universität Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, durchgeführt worden. Als wesentliches Ergebnis hieraus bleibt festzuhalten, dass Deponiegas- und Sickerwasseremissionen mittels einer oberen Folien-Abdeckung in Verbindung mit einer Gasfassung zielgerichtet minimiert werden können. Die guten bis sehr guten Erfolge mit diesen damals erstmals bei Hausmülldeponien eingebauten Elementen – die im Laufe der folgenden Jahre fortlaufend verbessert wurden – haben den Landkreis Northeim veranlasst, dieses System bis zum Betriebsabschnitt IVb beizubehalten.“ Die Gasausbeute entsprach im Wesentlichen den Prognosen, eine Aufkonzentrierung des Sickerwassers infolge der Rückführung fand nicht statt. Wegen fehlender Vergleichsfelder kann nicht gesagt werden, welchen Einfluss die Rückbefeuchtung mit Sickerwasser auf den Gashaushalt hatte. Fakt ist, dass ein Einbrechen der Gasausbeute nicht festzustellen war (WEBER, 1990). Der Aufbau des Abdeckungs- und der Systeme zur Sickerwasserinfiltration sind den **Bildern 4.1-1 bis -2** zu entnehmen.



Schnitt A - A



Schnitt B - B

Bild 4.1-1: Schotterrigole zur Sickerwasserinfiltration

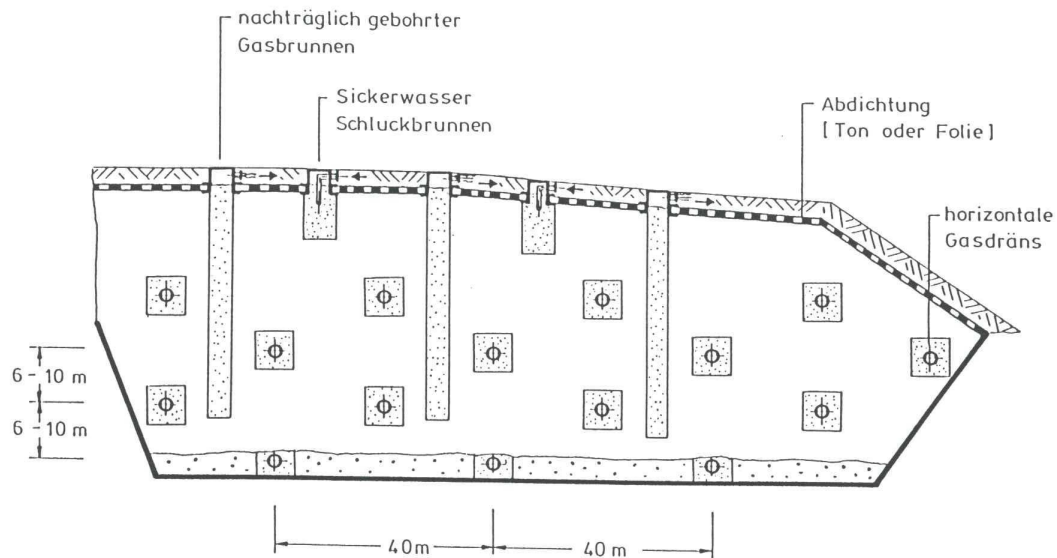


Bild 4.1-2: Gasfassungssystem und Infiltration über Schluckbrunnen

4.2 Deponie B - Sickerwasserverregnung und Konzentratrückführung

Auf der Deponie B wurde zur Verringerung der Sickerwassermenge zur Behandlung (SzB) ein Verregnungssystem errichtet und von 1992 bis 1998 betrieben. Die Sickerwasserbehandlungsanlage bestand aus einer biologischen Vorbehandlung mit nachgeschalteter Umkehrosmose. Das UO-Permeat wurde über eine Druckleitung direkt eingeleitet, das Konzentrat von 1991 bis etwa 1998 in einen Speicherteich auf der Deponie zurückgepumpt. Das Konzentrat sollte von dort aus versickern. Eine Aufkonzentrierung des Sickerwassers durch Rückführung fand nicht statt, eine Erhöhung der Ausbeute oder der Belastung des Deponiegases mit H_2S wurde nicht gemessen. Dies mag in der geringeren Säuredosierung für das biochemisch vorbehandelte Sickerwasser vor der UO begründet liegen. Der Aufbau der Rückführungssysteme ist dem **Bild 4.2-1** zu entnehmen. Die Sickerwasserbehandlung wurde zwischenzeitlich auf Bio/A-Kohle umgestellt.

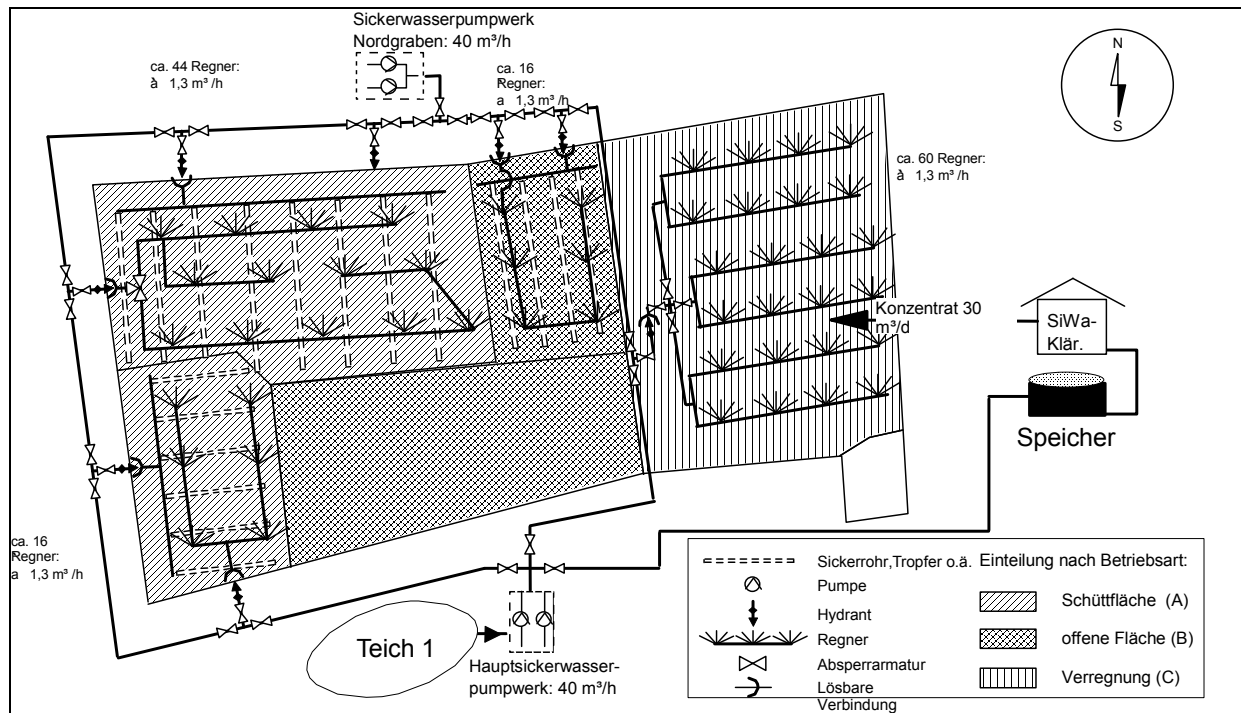


Bild 4.2-1: Sickerwasserverregnung und Konzentratrückführung

4.3 Deponie N - Konzentratrückführung

Auf der Deponie N wurde das Roh-Sickerwasser in einer 2-stufigen Umkehrosmoseanlage behandelt. Das UO-Permeat wurde über eine Druckleitung direkt eingeleitet, das Konzentrat im Zeitraum Mitte 1999 bis Mitte 2004 über ein Verteilerbauwerk auf die Deponie zurückgepumpt. Das Konzentrat sollte im Abfallhaufwerk versickern. Die Behandlung von Roh-Sickerwasser erforderte relativ hohe Schwefelsäure-Dosierungen zur Einstellung eines optimalen pH-Werts für die UO. In der Deponie wurde die Schwefelsäure unter den herrschenden anaeroben Bedingungen zu H_2S reduziert, was zu einem Anstieg dieser Komponente im Deponiegas führte, wobei allerdings einschränkende Konzentrationen hinsichtlich der gasmotorischen Nutzung oder zur Einhaltung der TA-Luft-Werte um den Faktor 2 unterschritten wurden. Von Mitte 1994 bis zur Einstellung des Betriebs in 2009 wurde das UO-Konzentrat extern entsorgt, die Deponiegasbelastung sinkt seitdem (s. **Bild 4.3-1**). Das technische System der Konzentratrückführung ist dem **Bild 4.3-2** zu entnehmen. Im Gegensatz zur Deponie Blankenhagen wurde hier die linienförmige Rückführung über ein optimiertes System erfolgreich praktiziert. Eine Aufkonzentrierung des Sickerwassers infolge der Konzentratrückführung wurde nicht

festgestellt. Als Negativum wurden Sickerwasseraustritte im Böschungsbereich registriert.

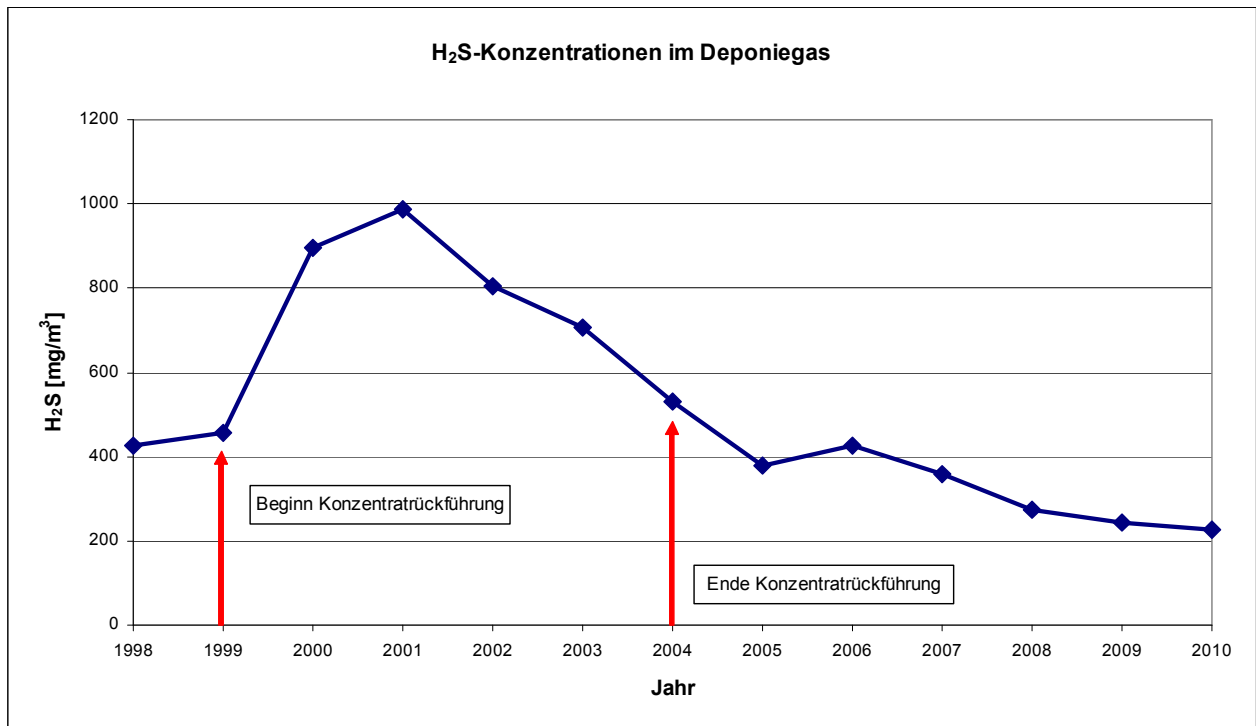


Bild 4.3-1: Schwefelwasserstoff im Deponiegas nach UO-Konzentratinfiltration

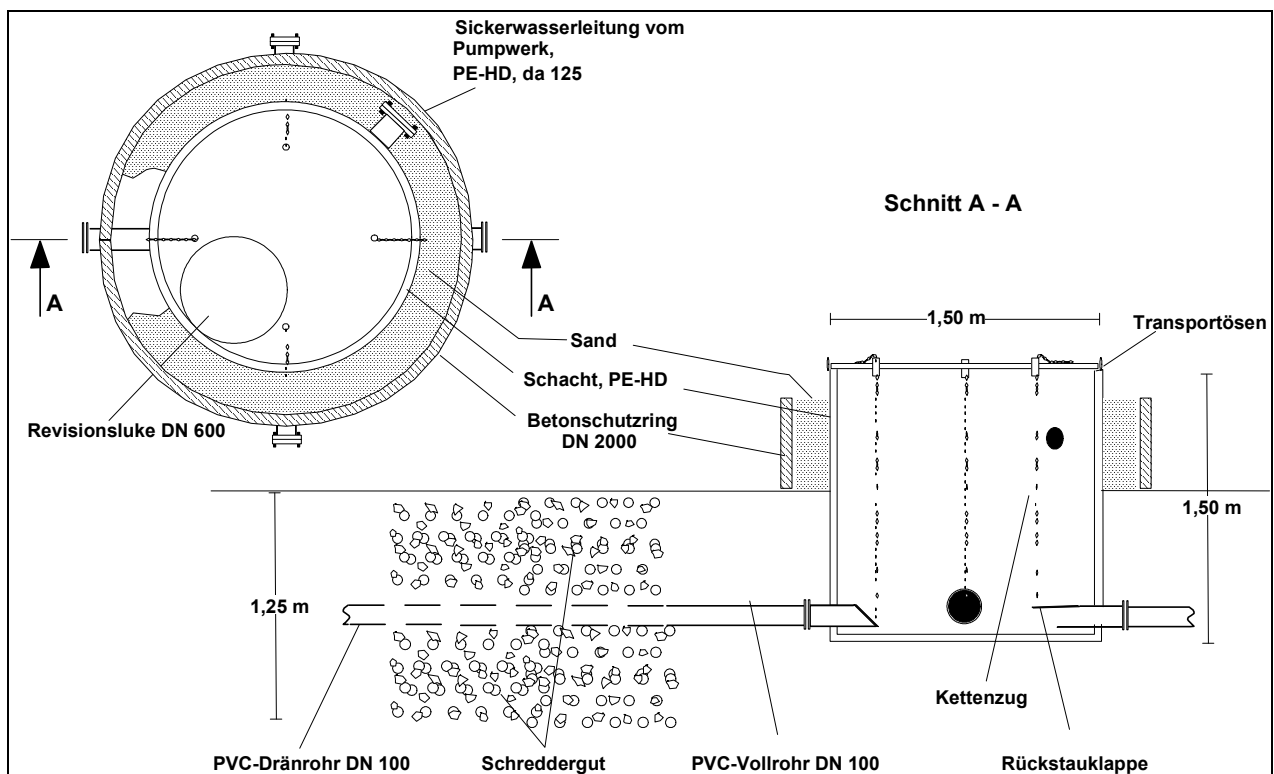


Bild 4.3-2: Konzentratverteilungsschacht

4.4 Deponie H - Konzentratrückführung

Auf der Deponie H wurde das Roh-Sickerwasser in einer 2-stufigen Umkehrosmoseanlage behandelt. Bei der Aufbereitung von Sickerwasser mittels Umkehrosmose wird aus betrieblichen und reinigungstechnischen Gründen eine pH-Wert-Konditionierung vorgenommen. Die auf der Deponie H erforderliche Einstellung auf pH ~ 6,5 erfolgt, wie in den Anwendungsfällen nach Abschnitt 4.2 und 4.3 auch, mittels Schwefelsäure. Die Dosiermenge betrug etwa 0,9 bis 1,8 kg Säure/m³ Sickerwasser. Die Umkehrosmose trennt das Sickerwasser in ableitfähiges, gereinigtes Wasser und einen Konzentratstrom, der die Inhaltsstoffe des Rohsickerwassers und die Schwefelsäure in konzentrierter Form enthält. Damit wurden täglich, bei einem Anlagenzufluss von 100 m³/d, 90 bis 180 kg H₂SO₄ auf einen kleinen, begrenzten Abschnitt der Deponie zurückgeführt. Im Folgenden wird mit einer mittleren Dosiermenge von 125 kg H₂SO₄ pro Tag gerechnet. Der Schwefelgehalt der zwangsläufig gebildeten Sulfate beträgt

$$40,5 \text{ kg SO}_4^- \text{-S/d.}$$

Daraus können bei angenommener vollständiger Umsetzung

$$43,5 \text{ kg H}_2\text{S/d}$$

gebildet werden. Diese rund 30 m³ Schwefelwasserstoff/Tag stellen ein übel riechendes Gas und damit eine potenzielle Umweltbelastung dar. Andererseits ist Schwefelwasserstoff 100mal besser in Wasser löslich als Sauerstoff. Die exponierte Lage der Deponie H 500 m oberhalb einer Ortschaft zeitigte Beschwerden über Geruchsbelästigungen, die zweifelsohne auf die Emissionen geruchsbehafteten Deponiegases zurück zu führen waren.

4.5 Deponie DT – Sickerwasser- und Konzentratrückführung

Auf der Deponie DT wurden vorübergehend abgeschlossene Deponieabschnitte oben abgedeckt (Bitumengetränkte Matten oder KDB). Zur Verhinderung der Mumifizierung des liegenden Abfalls wurde Sickerwasser über flächig aufgebraute umgekehrte Dränmatten in ständig steigenden Gaben von bis zu 2 mm/d zurückgeführt. Folgende positive Ergebnisse sind im Zusammenhang mit der Kreislaufführung festzuhalten:

- Die 1998 installierten Rückführungsmatten funktionierten problemlos.
- Die Qualität des Sickerwassers im Pumpwerk PW 1 erfuhr keine Veränderung.
- Die Kreislaufführung wurde als solche dokumentiert: Die gefasste Sickerwassermenge entsprach der Summe aus entsorgter und rückgeführter Menge. Der Kreislauf stockt die zu fassende Menge auf, die zu entsorgende Menge bleibt etwa gleich. Durch den Kreislauf „verschwindet“ kein Abwasser und es kann auch kein Beitrag zur Mengenreduzierung geleistet werden. Diese Aussage gilt unter der Voraussetzung, dass der liegende Abfall die Wasserhaltekapazität erreicht hat.

Allerdings war durch die Kreislaufführung kein Anstieg bei der Gasausbeute zu verzeichnen. Die gefassten Gasmengen sind seit dem Jahre 2000 stark rückläufig.

Die Kreislaufführung hat damit nichts verschlechtert, aber zumindest für den Gashaushalt auch nichts verbessert. Dies mag für den Bauabschnitt BA 1 damit zusammenhängen, dass die Zwischenabdichtung undicht und darunter kein Wassermangel zu beklagen war. Die Situation kann sich für Bereiche, die mit einer Kunststoffdichtungsbahn abgedeckt werden, völlig anders darstellen.

4.6 Deponie W – Zwischenabdichtung mit KDB

Auf der Deponie W wurde eine Teilfläche mit einer KDB-Zwischenabdichtung versehen. Die Gasausbeute ging um etwa 15 bis 20 % zurück. Nachdem die KDB nach etwa 5 Jahren zwecks Überschüttung der Teilfläche aufgenommen wurde, erreichte die Gasausbeute wieder „Normalwerte“.

4.7 Deponie R – Zwischenabdichtung mittels einer Wasserhaushaltsschicht

Auf der Deponie R wurden ein Deponieabschnitt mit einer KDB-Abdichtung und ein weiterer Abschnitt mit einer Wasserhaushaltsschicht versehen. Die Gasausbeute auf BA 2 ging nicht zurück, die Wasserhaushaltsschicht lässt eine Infiltration von etwa 10 % des Jahresniederschlags zu. Über FID-Begehungen wurde dokumentiert, dass BA 2 keine nennenswerten Gas-Emissionen zeigt.

5 Betriebsergebnisse aus der Literatur

5.1 Deponie Horm – Zwischenabdichtung und Befeuchtung

HERTIG, 1997, berichtet, dass auf der Deponie Horm unterhalb einer Zwischenabdichtung ein System zur Sickerwasserrückführung installiert wurde. Kurzzeitig konnte gem. **Bild 5.1-1** ein Anstieg der Gasausbeute registriert werden. Nach Einschätzung von HERTIG war dieser Anstieg nicht nachhaltig. Nach Einschätzung des Autors verläuft der abklingende Ast der Gaserfassung mit Sickerwasserrückführung oberhalb der Gasausbeute ohne Befeuchtung.

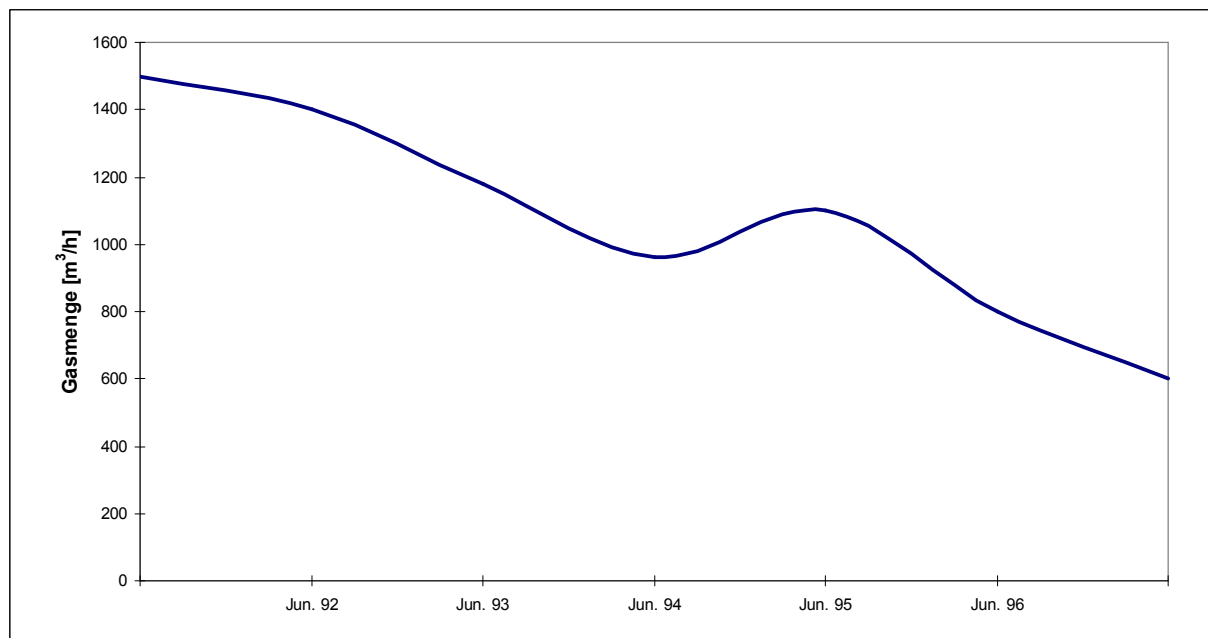


Bild 5.1-1: Gasausbeute auf der Deponie Horm mit Infiltration ab Mitte 1994

5.2 Deponie Hessheim – Obere Abdichtung und Befeuchtung

RETTENBERGER, 1998, legt dar, dass auf der Deponie Hessheim unterhalb einer oberen Abdeckung ein System zur Sickerwasserrückführung installiert wurde. Kurzzeitig wurde gem. **Bild 5.2-1** ein Anstieg der Gasausbeute registriert. Dieser Anstieg ist nicht nachhaltig. RETTENBERGER unterstellt weiter, dass massive Einbrüche bei der erfassten Gasmenge teilweise auch auf die für Methanbakterien toxischen Einflüsse einer Übersaugung und nicht immer auf eine obere Abdichtung

zurückzuführen sind. Dieser Einfluss ist nach eigenen Untersuchungen nicht auszuschließen.

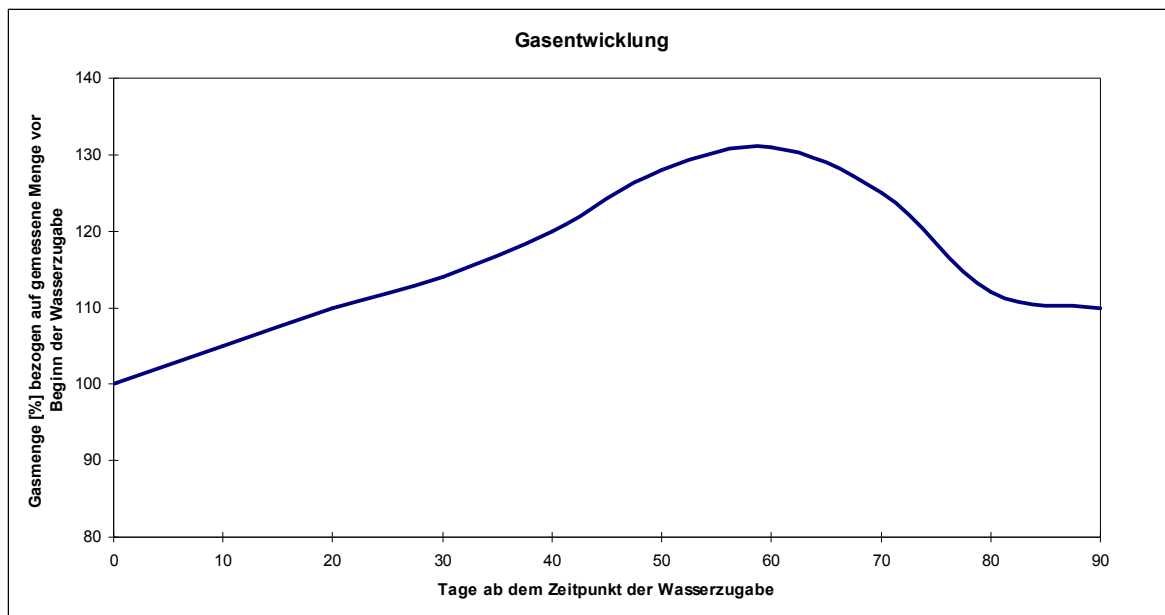
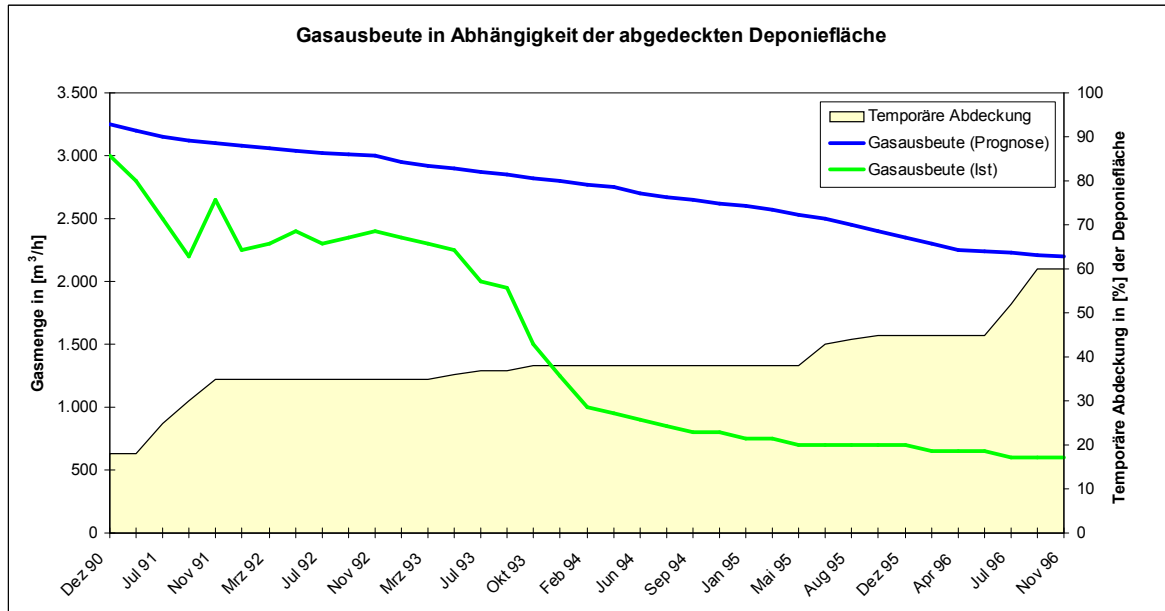


Bild 5.2-1: Gasentwicklung auf der Deponie Hessheim vor und nach Wasserzugabe

5.3 Deponie Erbenschwang – Obere Abdichtung und Befeuchtung

BAUER et al., 1997, berichten, dass auf der Deponie Erbenschwang unterhalb einer oberen Abdichtung ein System zur Sickerwasserrückführung installiert wurde. Mittelfristig wurde gem. **Bild 5.3-1** ein Anstieg der Gasausbeute registriert. Dieser Anstieg ist für den Berichtszeitraum nachhaltig. BAUER und MEISINGER, 1999, schränken ein, dass im sog. Versuchsfeld die erwartete, aber keine höhere Gasausbeute erzielt wurde. Im Vergleichsfeld war die Ausbeute rückläufig.

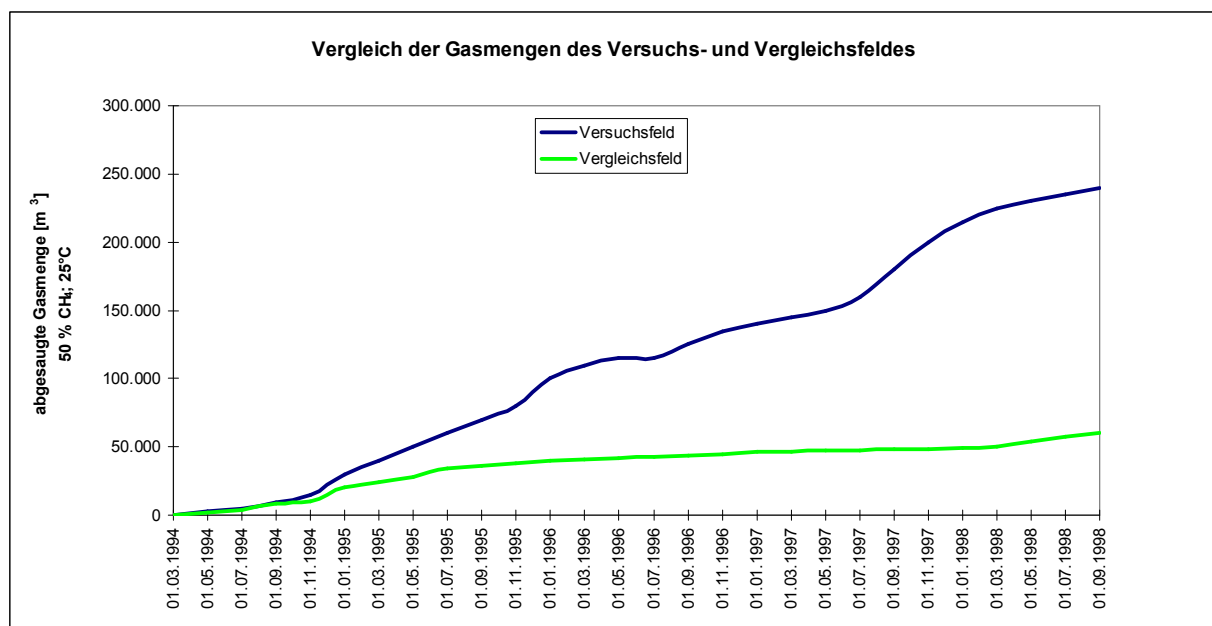


Bild 5.3-1: Gasmengen auf der Deponie Erbenschwang

5.4 Großlysimeter und UO-Konzentratrückführung

ALBRECHT und THOMANETZ, 2002, haben Großlysimeter mit Abfall befüllt. Es wurden jeweils 2 Reaktoren mit gleicher Zusammensetzung genutzt. Der Vergleichsbehälter wurde mit 600 mm/a Niederschlagswasser und der Testbehälter mit zusätzlichen 150 mm/a UO-Konzentrat beaufschlagt. Die Testbehälter wiesen eine um rd. 35 % höhere Gasproduktion auf, die Sickerwasserkonzentrationen erfuhren keine Erhöhung. Der Rest-TOC betrug nach knapp 3 Jahren noch rd. 50 % des Ausgangswertes, was eigenen Analysen des Autors entspricht.

6 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Projekte zur Rückführung von Sickerwasser auf Deponien, die vom Büro des Autors begleitet wurden, hatten aufbauend auf den Erfahrungen von CORD-LANDWEHR folgende Zielrichtungen:

- Reduzierung von Sickerwassermengen durch Verregnung unter Nutzung der Evapotranspiration
- Vorbehandlung von Sickerwasser aus der Sauren Phase bzw. von UO-Konzentrat in Deponieabschnitten, die sich in der stabilen Methanphase befinden
- Einsatz der Sickerwasserinfiltration zur Förderung der biochemischen Vorgänge und zur Aufrechterhaltung von Transportbewegungen für die Umsetzungsprodukte insbesondere bei Abschnitten mit Zwischenabdeckung oder oberer Abdichtung

Die Probleme, wie ein Rückgang der Gasproduktion, die auftreten können, wenn die oben genannten Ziele nicht verfolgt werden, wurden erörtert. Unerwünschte Folgeerscheinungen, wie die Deponiegasbelastung mit Schwefelwasserstoff und Sickerwasseraustritte im Böschungsbereich, wurden beleuchtet. Die eigenen Erkenntnisse wurden mit Berichten in der einschlägigen Fachliteratur verglichen. Danach kann über eine Sickerwasserinfiltration unterhalb einer Abdichtung die Gasausbeute auf dem prognostizierten Niveau gehalten oder gar um 20 bis 30 % gesteigert werden. Die Steigerung würde mit einer weitergehenden Stabilisierung einhergehen. Auf der Grundlage theoretischer Betrachtungen werden die Möglichkeiten einer optimierten Mineralisierung in den **Bildern 6-1 bis 6-3** vorgestellt. Nach **Bild 6-1** wird bei herkömmlichem Deponiebetrieb der Kohlenstoffgehalt von Hausmüll bzw. Siedlungsabfall mit Bezug auf die Trockenmasse von 28 Gew.-% auf 12,5 bis 15 Gew.-% reduziert. Ein optimierter Ansatz über eine Infiltration von Sickerwasser lässt einen Endwert von unter 10 Gew.-% erwarten. Die Auswirkungen auf die Gasproduktion bzw. Gasausbeute sind den **Bildern 6-2 und -3** zu entnehmen. Ein derartiger Verlauf stellt sich nur ein, wenn noch ausreichendes und umsetzbares Substrat vorhanden ist. In den Untersuchungen von TIEBEL-PAHLKE, 2000, auf der Deponie Wilsum hatte der Abfall bereits vor der Befeuchtung einen GB21 < 20 l/kg, da war keine Steigerung der Gasbildung mehr zu erwarten.

Zur Infiltration bieten sich folgende Systeme an:

- Schotterrigolen mit ausreichend großen gelochten Rohren
- Schluckbrunnen oder aufgegebene Gasbrunnen als vertikales Element
- gelochte Verteilungsröhre in der Ausgleichsschicht der oberen Abdichtung
- Sickerwasserverteilungsmatten (umgekehrte Dränmatten)

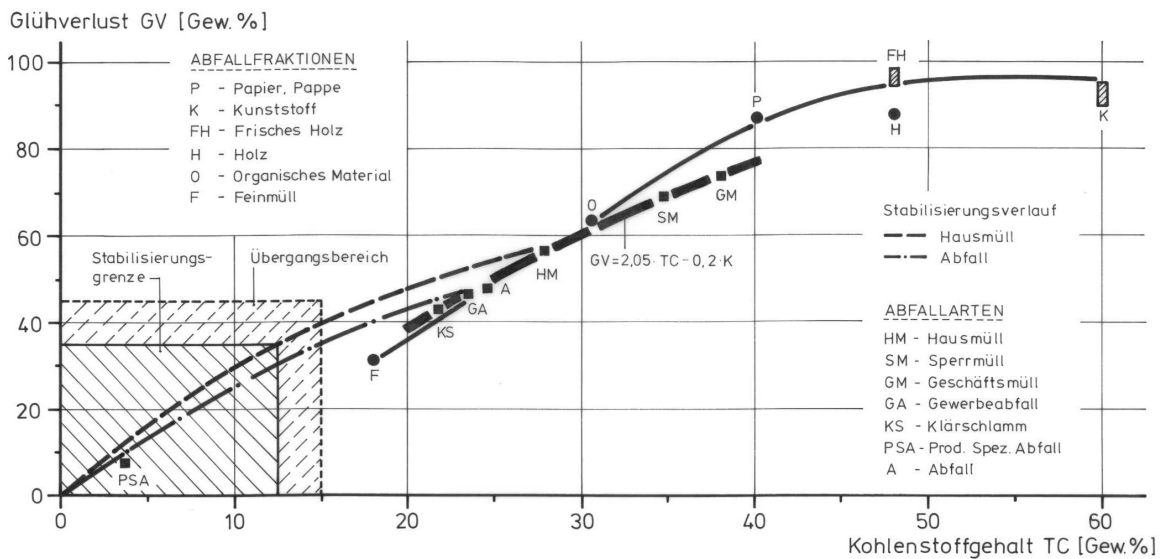


Bild 6-1: Stabilisierungsverlauf verschiedener Abfallarten

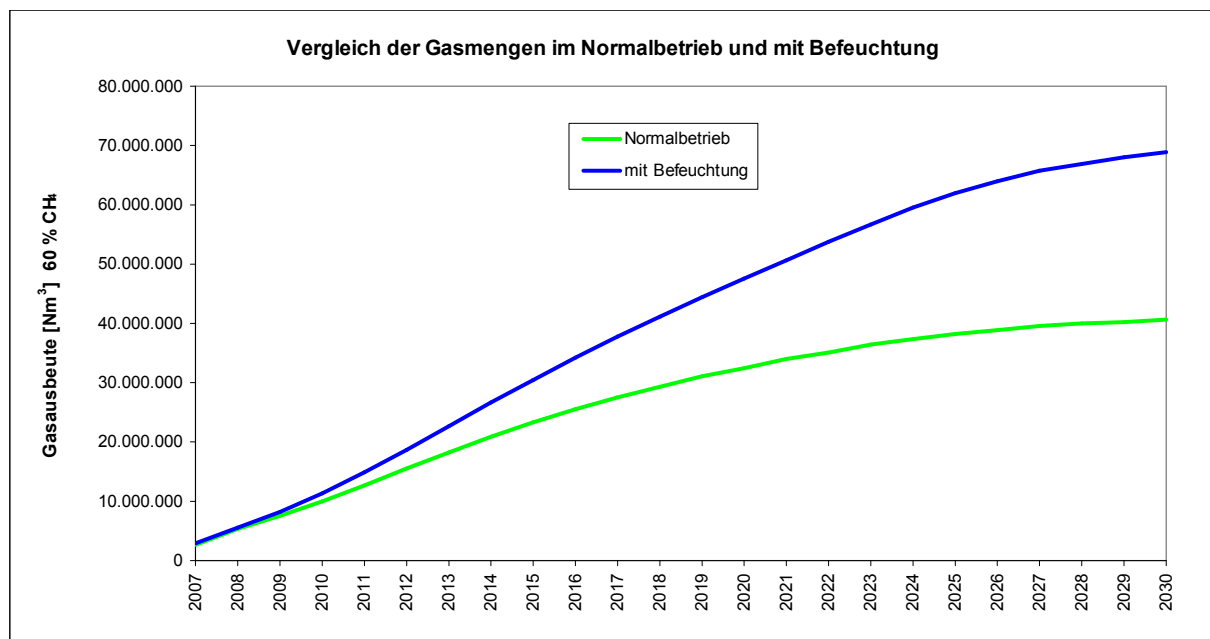


Bild 6-2: Kumulierte Gasausbeute im Vergleich

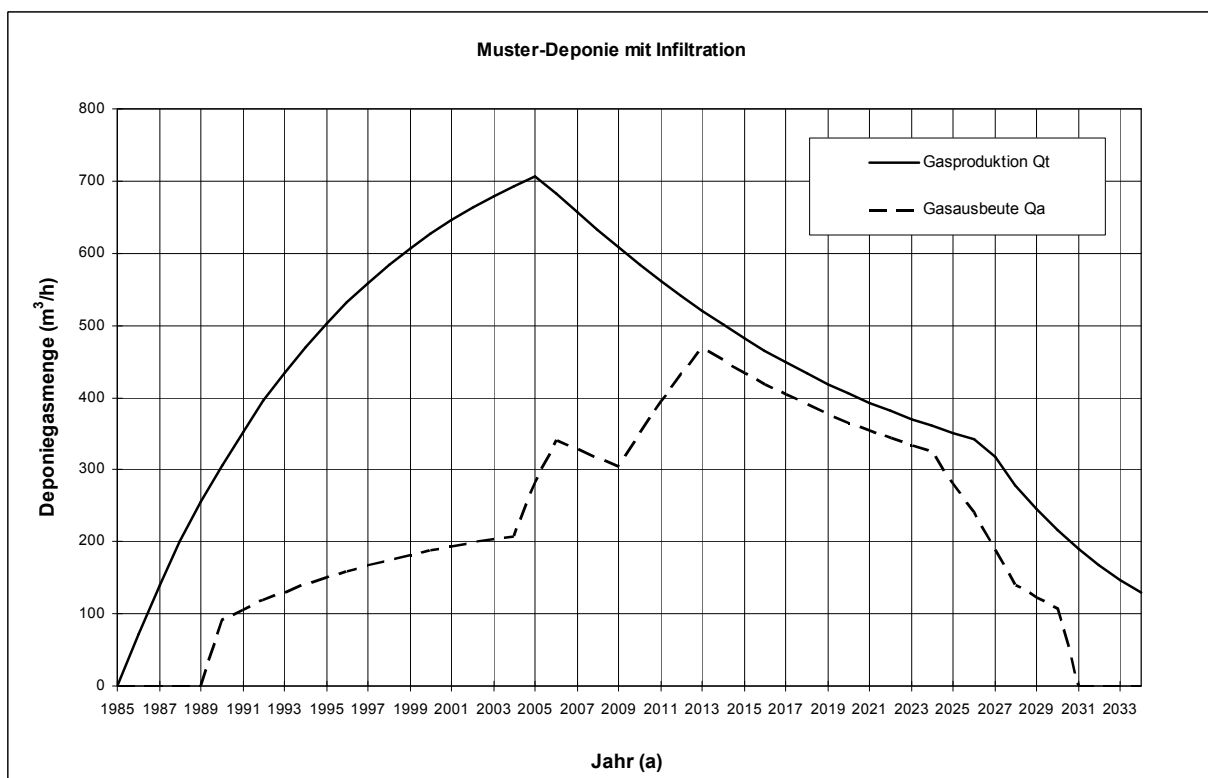
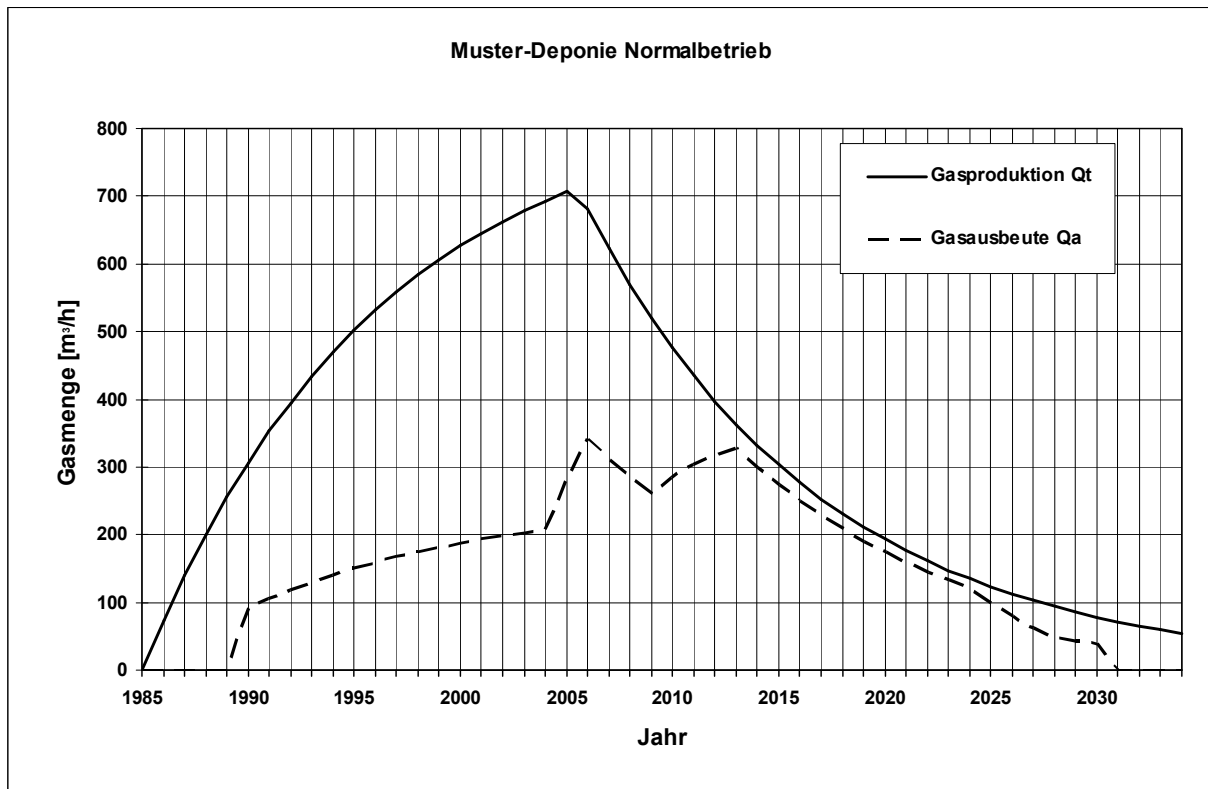


Bild 6-3: Gasproduktion und Gasausbeute einer Muster-Deponie

Die Sickerwassermenge zur Infiltration wird mit 0,5 bis maximal 2 mm/d empfohlen. Die von BRÄCKER, 2000, genannten 3 bis 30 mm/a reichen nur aus, um den Wasserverlust über das Deponiegas auszugleichen. Bei den vorgenannten Mengen

ist zu bedenken, dass in einer oben abgedichteten Deponie infolge des Verlustes an Rückhaltevermögen Sickerwasser von 0,2 mm/d abnehmend auf 0 mm/d austritt.

Literaturverzeichnis

Albrecht, Bernd, und Erwin Thomanetz

"Großlysimeter-Langzeit-Untersuchungen zur Rückführung von Umkehrosmose-Sickerwasserkonzentrat auf den Deponiekörper von Hausmülldeponien unter „Flushing-Bedingungen“". Müll und Abfall. 34. Jg., Heft 11 (2002): 596 – 599.

Bauer, Werner P., Walter Kindsmüller, Stefan Meisinger und Stephan Rosinger

"Infiltration von Sickerwasser – ein Weg zur Aktivierung der Deponie". Müll und Abfall. 29. Jg., Heft 12 (1997): 758 – 761.

Bauer, Werner P., und Stefan Meisinger

"Infiltration von Sickerwasser: Ein Verfahren zur Optimierung von biologischen Umsetzungsvorgängen in abgedichteten Deponien". Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis Bd 114. Berlin 1999.

Bothmann, Peter

"Die Befeuchtung des Deponiekörpers zur Anregung der Gasproduktion – kritische Betrachtung". Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft. Neue Aspekte bei der Deponiegasnutzung. Bd. 11. Hg. Stegmann und Rettenberger (1997): 75 – 85.

Bräcker, Wolfgang

"Empfehlungen zur Rückführung von Sickerwasser in Deponien". AbfallwirtschaftsFakten 1.1. Hildesheim März 2000.

Cord-Landwehr, Klaus

"Stabilisierung von Mülldeponien durch eine Sickerwasserkreislaufführung". Veröffentlichungen des ISAH der Universität Hannover. Hannover 1986.

Doedens, Heiko, und Burkhard Weber

"Entgasung von Deponien mit oberer Abdichtung". Deponiegasnutzung. Dokumentation einer Fachtagung, UBA Berlin/BMFT (1985): 211 - 230.

Doedens, Heiko, und Burkhard Weber

"Degasification of a landfill site with a top sealing system". ISWA 88 Proceedings of the 5th Int. Solid Waste Conference, Vol. II, Academic press, Sept. 11 - 16th 1988, Copenhagen, Denmark. 69 - 74.

Doedens, Heiko

"Möglichkeiten zur Minimierung der Sickerwassermengen". EntsorgungsPraxis Spezial. November 1989.

Fröchtenicht, Dirk

"Historische Entwicklung der Deponie Blankenhagen". 26. Fachtagung Die sichere Deponie 2010 – Abdichtung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen. Berlin 18. u. 19. Februar 2010.

Henigin, Peter

"Rückführung von Umkehrosmose-Konzentrat in den Deponiekörper". Beitrag zum Fachgespräch Infiltration von Wasser in den Deponiekörper. Berlin 14.12.2000.

Henigin, Peter

"Sickerwasserreinfiltration und Schadstoffverhalten im Deponiekörper". Fachtagung Perspektiven von Deponien - Stilllegung und Nachnutzung nach 2005. Dresden 26. u. 27.09.2005.

Hertig, Ulrike

Einfluß von Bewässerungsmaßnahmen im Altbereich der Deponie Horm auf die Deponiegasbildung. Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft. Neue Aspekte bei der Deponiegasnutzung. Bd. 11. Hg. Stegmann und Rettenberger (1997).

Hoins, Henning

"Oberflächenabdichtung von Deponien in Verbindung mit einer gezielten Rückbefeuchtung". Deponienachsorge. Vortragsmanuskript. Flintbek 30.11.2000.

Hupe, Karsten, Kai-Uwe Heyer und Rainer Stegmann

"Gezielte Befeuchtung/ Bewässerung von Altdeponien zur Beschleunigung der biologischen Umsetzungsprozesse". Hamburger Berichte 18. Deponietechnik. Hg. Stegmann, Rettenberger, Bidlingmaier u. Ehrig. Stuttgart (2002): 237-264.

Mudrack, Klaus, und Sabine Kunst

"Biologie der Abwasserreinigung". Gustav Fischer Verlag. Stuttgart 1994.

Rettenberger, Gerhard

"Wasserhaushalt, Oberflächenabdichtungssysteme und Gasbildung". Veröffentlichung zu der Fachtagung "Ist die Nachsorgephase vor dem Hintergrund der Sickerwasserreinigung und Deponiegasverwertung ein wirtschaftlich kalkulierbares Risiko?", Aachen (September 1998).

Tiebel-Pahlke, Christoph

"Welche positiven oder negativen Auswirkungen sind durch Sickerwasser-Infiltrationen zu erwarten?". Beitrag zum Fachgespräch Infiltration von Wasser in den Deponiekörper. Berlin 14.12.2000.

Weber, Burkhard

"Theorie und Ansätze zur messtechnischen Beschreibung des Gashaushaltes von Deponien". Veröffentlichungen des ISAH der Universität Hannover, Heft 60 (1985): 337 - 353.

Weber, Burkhard

Minimierung von Emissionen der Deponie. Veröffentlichungen des ISAH der Uni Hannover, Heft 74. (Diss. Hannover, 1990).

Weber, Burkhard

"Einspeisung von Wasser zur Intensivierung der Deponiegasentstehung". Baustoff Recycling + Deponietechnik 6. Jg., Intern. Sonderausgabe (1991): 15 - 21.

Weber, Burkhard

Minimierung von Emissionen der Deponie vor dem Hintergrund der TA Siedlungsabfall. Veröffentlichungen des ISAH der Uni Hannover, Heft 94. (Hannover, 1995): 269 - 274.