Reaktordeponie und Endlager: Ergebnisse für die Praxis

Autor(en): **Ryser, W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **107 (1989)**

Heft 4

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77038

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

men, sondern für Organismen-Vergesellschaftungen. Diese Tests sollen u.a. eine Rolle spielen in den Risikoabschätzungen für verschiedene langfristige Endlagerszenarien. Schliesslich sind noch Messstrategien und die Weiterentwicklung von Überwachungstechniken zu nennen.

Testverfahren

Bei der Entwicklung von Testverfahren ist als wichtiger Punkt hervorzuheben, dass es einen Einheitstest nicht gibt, sondern dass vielmehr für die einzelnen Kriterien spezifische Testmethoden entwickelt und eingesetzt werden müssen.

Auslaugungstests, wie sie bisher vor allem für kurz- und mittelfristige Abschätzungen verwendet werden, enthalten eine Reihe von Fallstricken. Wir bewegen uns im Moment sehr langsam vorwärts. Um überhaupt etwas Land unter die Füsse zu bekommen, sei darauf verwiesen, dass zumindest ein Vergleich mit der Endlagerqualität «Gestein» (lokal oder Standard) gewisse Hinweise geben könnte, wo sich unser heutiges Endlagermaterial einordnen lässt.

Messstrategien

Zur Messstrategie ist anzumerken, dass sich der Ort der Auswirkung relativ weit entfernt von der Verschmutzungsquelle (hier Deponie) befinden kann.

Die Messstrategien zur Ermittlung der Endlagerqualität sind in Bild 4 dargestellt. Dazu ist folgendes zu bemerken:

Vorteil der Messung an C 1 wäre die unmittelbare Kontrolle am Abfluss, was Hinweise auf zusätzlich erforderliche Messungen und Anfangsparameter für ein Ausbreitungsmodell ergibt. Der Nachteil wäre, dass aus einer punktuellen Messung nur wenige Informationen für die echten Emissionen in den Untergrund zu erhalten sind.

Vorteil der Messung an C 4 wäre die Information über die Wirkung der verschiedenen nachgeschalteten Barrieren sowie über das reale Ausmass der Emissionen. Nachteilig wäre vor allem der zeitliche Verzug zwischen einer Schadstoffabgabe und der Möglichkeit ihrer Erfassung. Es sollte deshalb angestrebt werden, eine Kombination der beiden Messstrategien zu erreichen.

Forschungsschwerpunkte

Ich möchte abschliessend noch einige Schwerpunkte zukünftiger Forschung nennen:

Grundlagenforschung

- Verhalten organischer Substanzen, (Abbau, Synthese, Transport)
- Reaktivität kritischer Metalle bei verschiedenen Deponiebedingungen

Methodenentwicklung

- Biotests für langfristige Effekte
- Elutionstests für langfristige Effekte
- physikalische Modelle

Angewandte Forschung

- Trennungs- und Anreicherungstechniken
- Beschleunigung des organischen Abbaus

Grundlagen

Die Grundlagen für diesen Artikel wurden von 4 Gruppen erarbeitet.

Die erste Gruppe unter der Leitung von Prof. *R.K. Ham,* Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin befasste sich mit *den biologischen und chemischen Prozessen in einer Reaktordeponie.* Diese Reaktordeponie kann sowohl für den Abbau von organischen Substanzen verstanden werden, kann aber als weiteres Behandlungsverfahren z.B. von Schlacken eingesetzt werden.

Die zweite Gruppe unter der Leitung von Prof. *R. Stegmann,* Arbeitsbereich Umweltschutztechnik, Technische Universität Hamburg-Harburg widmete sich den Fragen des *Stofftransports in der Reaktordeponie und den Hüllenmaterialien,* d.h. den Abdichtungen an der Basis und an der Oberfläche des Deponiekörpers.

Die dritte Gruppe unter der Leitung von Prof. *A. Pfiffner,* Geologisches Institut, Universität Bern, behandelte die *wissenschaftlichen und technischen Kriterien für die Endlagerqualität.*

Die vierte Gruppe unter der Leitung von Dr. *P.H. Brunner,* Abt. Abfallwirtschaft und Stoffhaushalt EAWAG, Dübendorf diskutierte über die *derzeitigen und zukünftigen Möglichkeiten zur Bestimmung der Endlagerqualität.*

Jede Gruppe fand 3 bis 4 grundlegende Arbeitspapiere vor und erstellte einen Gruppenbericht, der dann in Plenarsitzungen weiter diskutiert wurde.

- Extraktion löslicher Komponenten
- Verfestigung und Stabilisierung
- Rückgewinnung von Wertmetallen

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. *U. Förstner,* Arbeitsbereich Umweltschutztechnik, Technische Universität Hamburg-Harburg, Eissendorferstr. 38, BRD-2001 Hamburg 90.

Reaktordeponie und Endlager

Ergebnisse für die Praxis

Einleitung

Die vier Tage von Gerzensee waren für mich als Praktiker in mancher Hinsicht ein grosser Gewinn.

VON W. RYSER, UTTIGEN

Über die Zielsetzung der Endlagerqualität eines Abfalls, bzw. der Verhinderung von Altlasten für kommende Generationen, war man sich rasch einig.

Über die Frage der Belastbarkeit der Biosphäre bzw. der Lithosphäre durch Reststoffe kamen anfänglich grösste Differenzen zu Tage. Vielleicht kann man sich in diesem Punkt auf internationaler Ebene auch noch nicht restlos einigen.

Während wir in unserem Land davon ausgehen müssen, dass praktisch jeder Quadratmeter Boden in irgend einer Weise bereits heute oder in abschätzbarer Zeit genutzt wird, kennt z.B. der Amerikaner in seinem Land weite Landstriche, wo solche Massstäbe nicht gelten und auch kaum vorstellbar sind.

Aus diesen Überlegungen ist es sicher richtig, dass wir ein eigenes Abfalleitbild nach unseren Massstäben entwikkeln, ausländische Erkenntnisse der gleichen Zielsetzung jedoch immer verfolgen, Vergleiche anstellen und vor allem aufwendige Paralleluntersuchungen vermeiden. In diesem Sinne ist der Swiss-Workshop aus meiner Sicht bereits sehr positiv ausgefallen, und ich möchte an dieser Stelle allen Teilneh-

mern, insbesondere aber Herrn Prof. Dr. *P. Baccini* und seinen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der EAWAG für das grosse Engagement herzlich danken.

Für den Praktiker stellt das neue Abfalleitbild eine Richtschnur dar - die langwierigen Entscheidungsprozesse, die Rückschläge in der Entwicklung neuer Verfahren und Anlagekomponenten sowie die vielen Unbekannten, die uns noch erwarten und so manche Prognose wieder in Frage stellen werden, muss er aber in seinem Realisierungskonzept berücksichtigen.

Mit anderen Worten, bis zur Verwirklichung des Leitbildes vergehen noch Jahre bis Jahrzehnte, und gute Übergangslösungen sind - wollen wir nicht noch mehr Abfallnotstände vorprogrammieren - erforderlich und ökologisch vertretbar.

Entwicklungsgeschichte der «Barrieren»

Die Barrieren, deren hauptsächlichste Aufgabe die Verhinderung der Grundwasserkontaminierung ist, habe ich aus einer etwas anderen Sicht geordnet.

Vier Barrieren sind für die Deponietechnik von Bedeutung und können vom Ingenieur massgebend beeinflusst bzw. bestimmt werden.

Barriere Nr. 4

Der geologische Standort stellt das letzte Hindernis gegen den ungehinderten Schadstofftransport ins Grundwasser dar. Bis Ende der 60er Jahre wurde für die Abfalldeponierung ein mehr oder weniger geeigneter Standort gewählt, weitere Massnahmen fehlten. Solange es sich um kleinere Ablagerungen handelte, reichten die Immobilisierungskräfte in vielen Fällen aus, den Rest besorgte der Verdünnungseffekt. Grössere Ablagerungen aus dieser Zeit mit zum Teil problematischen Inhaltstoffen stellen jedoch heute das Gros sanierungsbedürftiger Altlasten (Bild 1).

Barriere Nr. 3

Im Bewusstsein, dass es in unserem Land an ausreichend natürlich dichten Standorten mangelt, wurde anfangs der 70er Jahre die technische Hülle eingeführt. Sickerwasser wird über der meist künstlich gedichteten Basis gefasst und in ein Klärwerk geleitet. Durch eine Oberflächendichtung soll die Deponie später trockengelegt werden, damit sich die Sickerwasserfracht auf eine «vernachlässigbare» Restfracht reduziert (Bild 2).

Barriere Nr. 2

Grosse Erwartungen wurden mit der gesteuerten Reaktion geweckt. In Lysimeterversuchen konnten z.B. durch Sickerwasserrückführungen äusserst schnelle aerobe wie auch anaerobe Prozessabläufe simuliert werden.

Nachdem sich aber in den 70er Jahren die aerobe Lagerung in der sogenannten Rottedeponie auch nach intensiven praktischen Versuchen nicht durchsetzen konnte (Gerüche und Gas, Schwermetallaustrag usw.), verstärkte man anfangs der 80er Jahre die Bemühungen um anaerobe Lagerung, die sogenannte verdichtete Deponie. Wie wir jedoch noch sehen werden, ist die Optimierung des Reaktors in der Praxis schwierig und der Effekt auf das Langzeitverhalten der Deponie relativ bescheiden (Bild 3).

Barriere Nr. 1

Die Reaktordeponie wurde mit den steten Abfall- und Schadstoffzunahmen immer mehr belastet. Die Einsicht, dass vor der Deponie wesentliche Materialien zwecks Verwertung (Holz, Papier, Alteisen) oder Entfrachtung (Batterien, Klärschlämme etc.) abgetrennt oder in speziellen Kompartimenten separat deponiert werden müssen, hat sich allgemein durchgesetzt. Bis die wesentlichen Massnahmen überall greifen, wird es noch etwas dauern, aber anfangs der 90er Jahre dürfte die Barriere Nr. 1 ein wesentlicher Faktor für die Steuerung der Inhaltstoffe und somit des Langzeitverhaltens der Deponien darstellen (Bild 4).

Im Nachfolgenden werden die wichtigsten Anforderungen an die Barrieren kurz dargestellt.

Anforderungen an die Barrieren

Anforderungen an die Barriere 4 - Geologischer Standort

Der Standort bestimmt die Qualität der Hülle (Bild 5).

☐ Der Untergrund muss schwerdurchlässig und grundbruchsicher sein. Feinkörniges Material erhöht das Absorbtionsvermögen und die Ionenaustauschkapazität.

☐ Kein Fremdwasserzutritt bzw. Schichtenwassereintritt in die Deponie.

☐ Eindeutiges Abflussregime Richtung Vorfluter.

☐ Lange Wegstrecke zwischen Deponiestandort und Flussgewässer/Grundwasser

☐ Eingriffsmöglichkeiten bei Havarien (z.B. wenn Basisdichtung undicht).

Anforderungen an die Barriere 3 - Hülle

Die Grundsätze für die Basisdichtung sind unter anderem (Bild 6):

☐ Standfester Unterbau

☐ Eindeutiges Gefälle und Abflussregime nach ausserhalb des Deponierandes (möglichst keine Schächte in der Basis).

☐ Hohe Dichtigkeit und grosses Sorptionsvermögen der eigentlichen Dichtung mit darunterliegendem Kontrollsystem.

☐ Von aussen kontrollierbares, spülbares und gross dimensioniertes Drainagesystem (mit Festigkeitsnachweis).

☐ Überbau eines Drain- und Filterkörpers, damit sich das Sickerwasser nicht aufstauen kann.

Der «Deckel» dient zur Langzeittrokkenlegung einer Deponie. Darüber folgt die eigentliche Rekultivierung.

☐ Vor dem Aufbau müssen die Setzungen des Deponiekörpers weitgehend abgeklungen sein (evtl. vorbelasten).

☐ Grössere Gefälle reduzieren Dichtungsprobleme bei Nachsetzungen.

☐ Setzungsunempfindliche Dichtungsbahnen inkl. darunter liegender Entgasung und darüber liegendem Drainage- und Filtersystem für die Oberflächenwasserableitung.

☐ Oberbau und Rekultivierungsschicht mit grossem Wasserrückhaltevermögen; geeignete Bepflanzung erhöht die Verdunstungsrate.

Über die Effizienz der oberen Dichtung liegen noch keine Langzeiterfahrungen vor. Es muss aber damit gerechnet werden, das die «Trockenlegung» je nach Aufwand nur zum Teil gelingt und spätere Nachsetzungen, Oberflächenerosionen und Oxidationsprozesse die Porosität der Dichtung wieder erhöhen. Der «Deckel» stellt somit noch keine absolute Langzeitsicherung gegen Schadstoffverfrachtungen dar (Bild 7).

Erkenntnisse über die Barriere 2 - Reaktionen in der Deponie

Grundsatz: Sickerwasser und Gas muss gefasst und behandelt werden (Bild 8).

Die Reaktionsprozesse beim Abfall sind abhängig von: Art, Zusammensetzung, Alter und Dichte; bei der Feuchte von: Regenmenge, Sickerwasserrückführung und Klärschlammeinbau.

Aufgrund dieser Parameter laufen die Abbauprozesse selbständig ab. Günstige anaerobe Verhältnisse liegen vor, wenn sich ein pH-Wert von 7-8 und Temperaturen von 30 bis 40 °C einstellen.

Die Steuerung der Prozesse ist aber beschränkt durch:

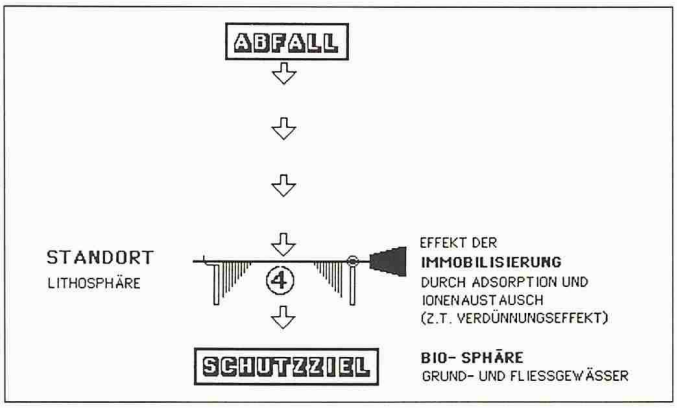

Bild 1. Stand der Deponietechnik bis Ende der 60er Jahre. Mehr oder weniger geeignete Standorte, keine technische Massnahme

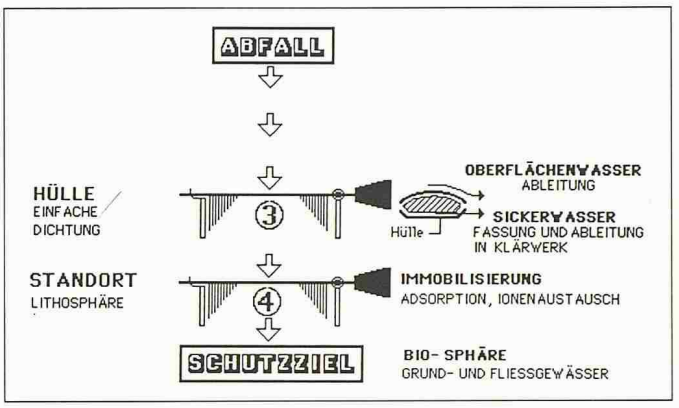

Bild 2. Deponietechnik in den 70er Jahren. Konzept der Hülle (Basis und Deckel)

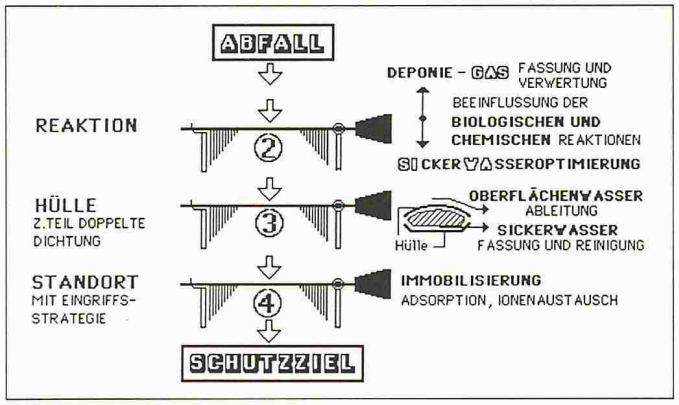

Bild 3. Stand der Deponietechnik Anfang der 80er Jahre. Kontrollierte und z.T. gesteuerte Reaktorphase

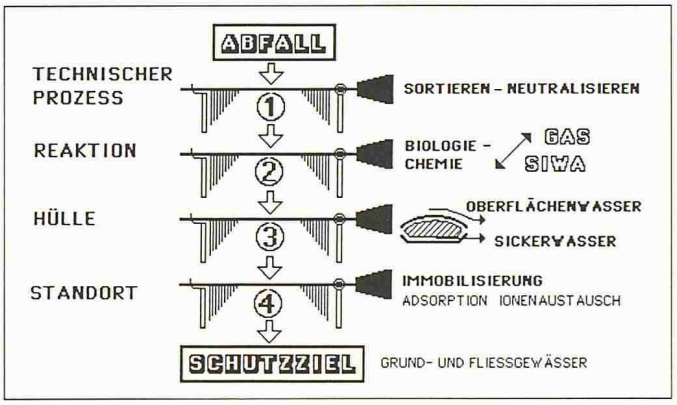

Bild 4. Stand der Deponietechnik Anfang der 90er Jahre. Wert- und Schadstoff-Vorabscheidung

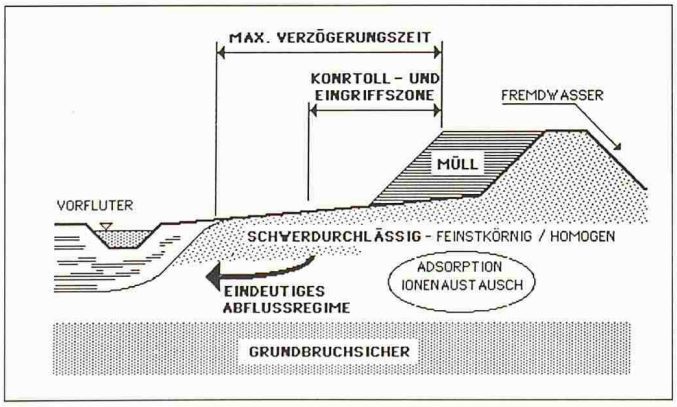

Bild 5. Anforderungen an die Barriere 4 – Geologischer Standort

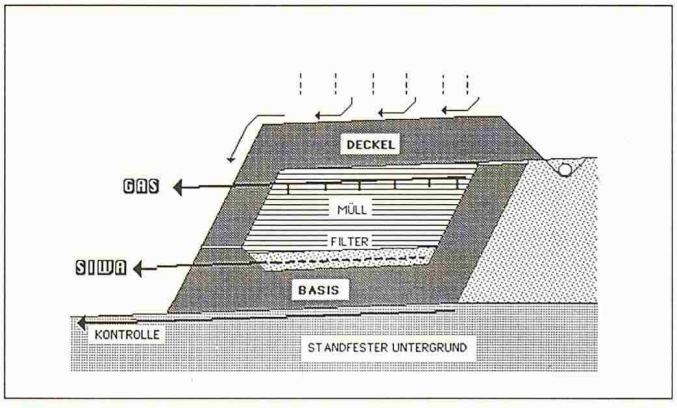

Bild 6. Anforderungen an die Barriere 3 – Hülle

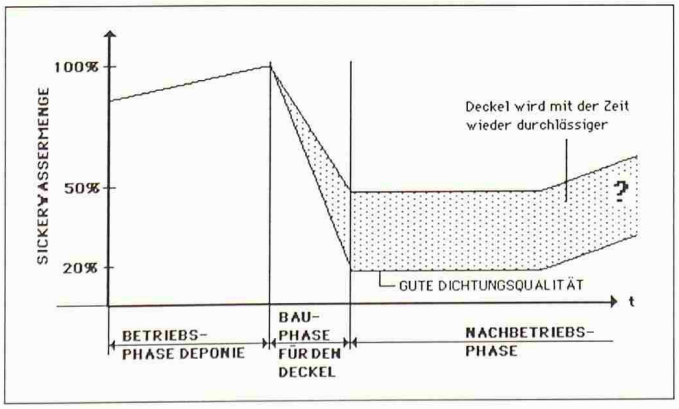

Bild 7. Die Wirkung des «Deckels» auf die Sickerwassermenge

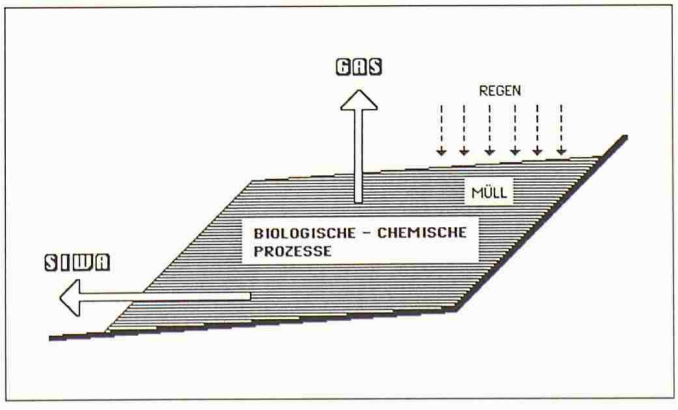

Bild 8. Erkenntnisse über die Barriere 2 – Reaktionen in der Deponie

□ die Möglichkeiten des Betriebes (maschineller Einsatz, Befahrbarkeit).

□ die Auswirkungen auf die Nachbarschaft (Sickerwasserrückführung führt z.T. zu Geruchsproblemen).

□ die Möglichkeiten der Gaserfassungsanlagen: Zu schnell ablaufende Prozesse wirken sich vor allem auf eine kurzfristig sehr hohe Gasproduktion aus, die in der Praxis nur schwer unter Kontrolle zu bringen ist (Gasfassungsrate).

Beispiel eines Versuches zur Steueurng des Reaktionsprozesses (Bild 9).

Auf der Deponie Steinigand wurde folgender Versuch grossmassstäblich durchgeführt:

□ Eine Basisfläche wurde in zwei Teilflächen A und B mit separater Entwässerung unterteilt.

□ Auf der Fläche A wurde der Müll sofort eingebaut und verdichtet.

□ Auf Fläche B wurde die erste Schicht zuerst 12 Monate vorgerottet und erst dann verdichtet (Phase 1, Bild 10).

□ Nach 12 Monaten wurden die belüfteten Trapezmieten verdichtet und mit weiteren verdichteten Schichten überdeckt (Phase 2, Bild 10).

Ergebnis Sickerwasserqualität – AVAG-Versuch Steinigand, Verhalten des pH-Wertes (Bild 11):

□ A Verdichtet – Saure Phase dauert fast 1 Jahr

□ B Vorrotte – Von Anfang an basisches Milieus, kurze saure Phase nach 12 Monaten, hervorgerufen durch die Nachverdichtung

□ Nach 20 Monaten ist kein signifikanter Unterschied mehr feststellbar.

Verhalten der leicht abbaubaren Stoffe (BSB5) (Bild 12):

□ Direkte Verdichtung ergibt sehr hohe BSB5-Werte (Kurve A)

□ Mit Vorrotte nur kurze Spitze nach der Nachverdichtung (Kurve B)

□ Nach 20 Monaten verhalten sich beide Deponien ähnlich.

Verhalten auf die Salzfracht (CL) (Bild 13)

□ Mit Vorrotte etwas tiefere Werte während 20 Monaten (Kurve B)

□ Nachher keine wesentlichen Unterschiede mehr.

Die Gasproduktion am Beispiel eines Vergleichs mit/ohne Sickerwasserrückführung (Bild 14):

□ In beiden Fällen tritt beinahe ein Stillstand der Gasproduktion nach etwa 10–15 Jahren ein, obwohl nur ca. 50% der Biomasse abgebaut sind (Baccini, EAWAG).

Aufgrund der gezeigten Beispiele wage ich aus eigener Erfahrung folgende Aussage:

□ Der Reaktor «Deponie» lässt sich aus betrieblichen Gründen und des «offenen» Systems wegen nicht idealisieren.

□ Eingriffe in die Abbaumechanismen wirken nur relativ kurzzeitig (höchstens 2–3 Jahrzehnte).

□ Bezogen auf das Langzeitverhalten ist die Steuerung der Reaktion durch Klärschlammeinbau, Sickerwasserrückführung, Vorrotte und Rotte unerheblich (Laborversuche sind nur beschränkt übertragbar auf das Grossfeld).

□ In erster Linie bestimmt der Abfall die Langzeitwirkung.

Diese Feststellung heisst nun nicht, dass man die Reaktion nicht steuern soll, aber man kann daraus keine zu grosse Reduktion des Langzeitverhaltens erwarten.

Anforderungen an die Barriere 1 – Technische Prozesse

Die Entlastung der Deponie wird erreicht durch:

□ Sortieren, Ausscheiden von Wert- und Schadstoffen

□ Vorbehandeln und Neutralisieren von Abfällen

□ Verbrennen, Mineralisieren der organischen Abfälle

□ Konzentrieren, Fixieren und separates Ablagern von Schadstoffen.

□ Nur noch bekannte, möglichst kurzzeitig wirkende Nachreaktionen der Deponie zulassen.

Weiter gilt: Die Anforderungen an die technischen Prozesse stellt die Deponie!

Bedingungen an technische Prozesse:

□ Umweltverträglich (Gewässerschutz, Luftreinhaltung, Lärm, Verkehr usw.)

□ Grosse Bandbreite verkraften: variabler Input (Abfall), definierter Output (Endprodukte)

□ Hohe Verfügbarkeit oder sichere Reserveeinheiten (Finanzierungsprobleme von Reservekapazitäten bisher ungelöst)

Je höher die Anforderungen an technische Prozesse, desto länger wird Verfahrenskette und desto kleiner die Verfügbarkeit!

Der technische Prozess muss ein kleineres Lastpaket darstellen als die Reaktordeponie, sonst ist der Aufwand ökologisch nicht vertretbar.

Barrieren Modell 2000?

Nach dem schweizerischen Leitbild wäre das Ziel der technischen Prozesse (Barriere 1) so definiert, dass es in der Endlagerung weder zur Nachreaktion kommt (Barriere 2) noch dafür einer technischen Hülle bedarf (Barriere 3). Der technische Prozess produziert endlagerfähige Produkte (Bild 15).

In den nächsten 2–3 Jahrzehnten müssen wir noch über eine grössere Anzahl Reaktordeponien verfügen, da uns vorerst weder die Wirksamkeit technischer Prozesse noch deren dauernde Verfügbarkeit garantiert werden kann. Zudem sind die relativ langsamen Entscheidungsprozesse beim Ausbau der erforderlichen Anlagen zu berücksichtigen (siehe Beispiel Sondermüll Schweiz).

Praktisches Vorgehen

Gezeigt am Beispiel der AVAG-Region (südlicher Teil des Kantons Bern, Emmental, Aaretal, Oberland).

Kurzfristige Massnahmen zur Entlastung der Deponien:

□ Entfrachtung durch separate Sammlung (Beginn der Kampagne 1974 mit Papier, Alteisen, Sondermüll).

□ Kompostieren von Garten- und Küchenabfällen seit 1987. In einzelnen Gemeinden beträgt die Grünsammlung bis 20% der Müllmenge.

□ Klärschlammtrocknung, geplante Inbetriebnahme 1989. Grundsatz: kein Klärschlamm mehr in Deponie einbauen, besser verwerten – Verbrennung oder Einsatz als Dünger.

□ Mechansiche Bauschutt- und Muldengutsortierung (geplante Inbetriebnahme 1990). Verwertung, Ausscheidung von Metall/Holz/Schadstoffen – Reststoffe müssen deponiert werden.

□ Monodeponien als Zwischenlager (Projektphase).

Mittelfristige Massnahmen (Vorprojektphase) (Bild 16):

□ Parallel zu den Massnahmen 1–6 wird die Bevölkerung durch gezielte Informationen sensibilisiert (Vermeidungs-, Verminderungsstrategie). Die Ergebnisse aus dem 4tägigen Workshop von Gerzensee haben mich darin bestärkt, dass die vorgesehenen Massnahmen für die AVAG richtig sind und ohne weitere Verzögerungen realisiert werden sollten.

Adresse des Verfassers: *W. Ryser*, dipl. Ing. HTL, Direktor der AG für Abfallverwertung AVAG, 3118 Uttigen.

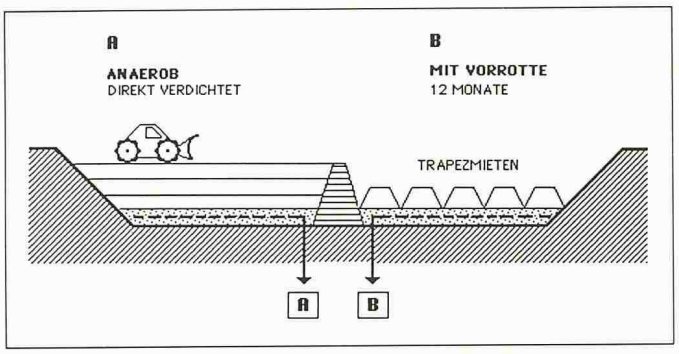

Bild 9. Beispiel eines Versuches zur Steuerung des Reaktionsprozesses auf der Deponie Steinigand

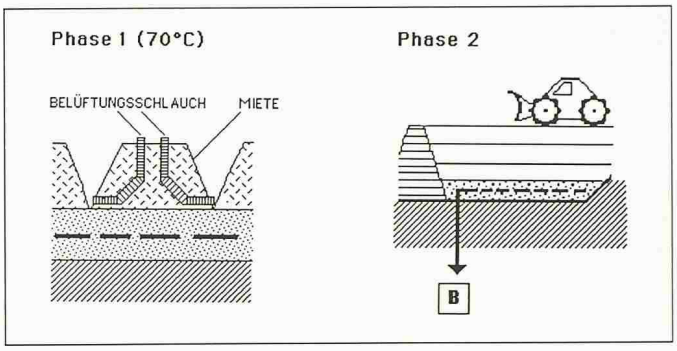

Bild 10. Phase 1 und 2 des Versuches auf der Deponie Steinigand

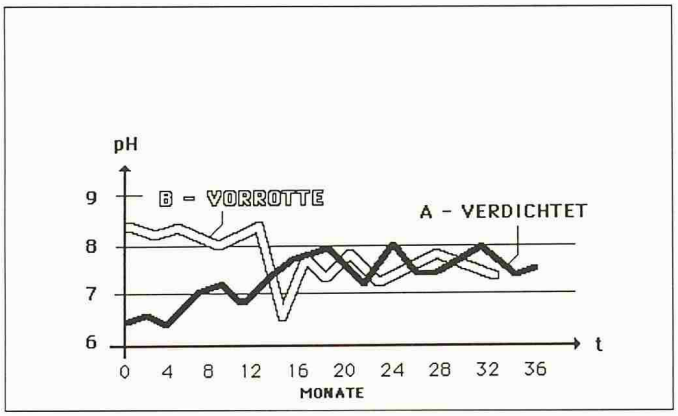

Bild 11. Ergebnis Sickerwasserqualität – AVAG-Versuch Steinigand, Verhalten des pH-Wertes

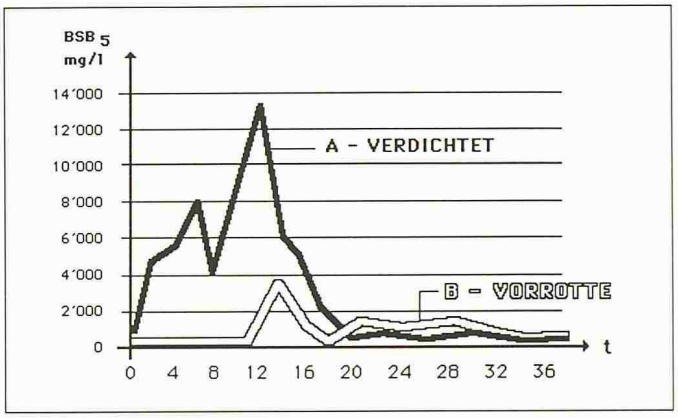

Bild 12. Ergebnis Sickerwasserqualität AVAG-Versuch Steinigand, Verhalten der leicht abbaubaren Stoffe (BSB5)

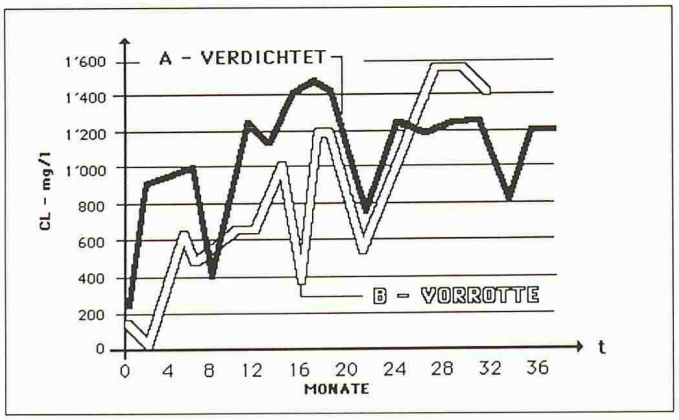

Bild 13. Ergebnis Sickerwasserqualität-AVAG-Versuch Steinigand, Verhalten auf die Salzfracht (CL)

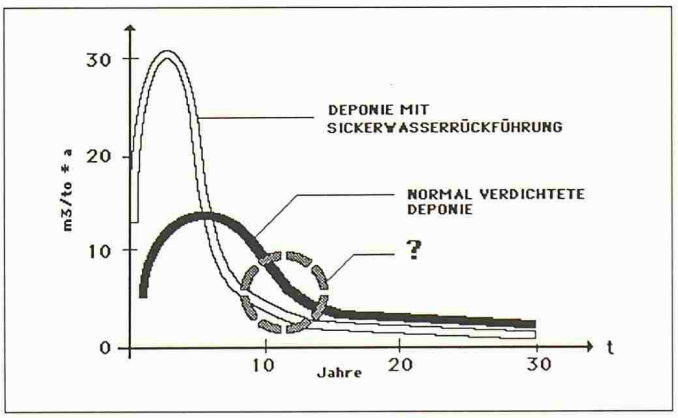

Bild 14. Gasproduktion am Beispiel eines Vergleichs mit/ohne Sickerwasserrückführung

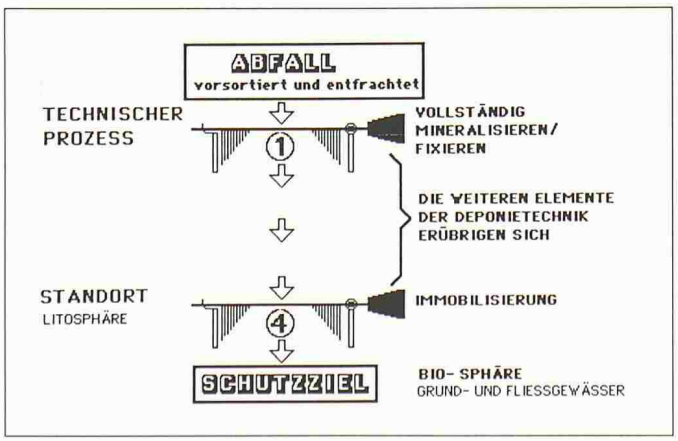

Bild 15. Barrieren Modell 2000?

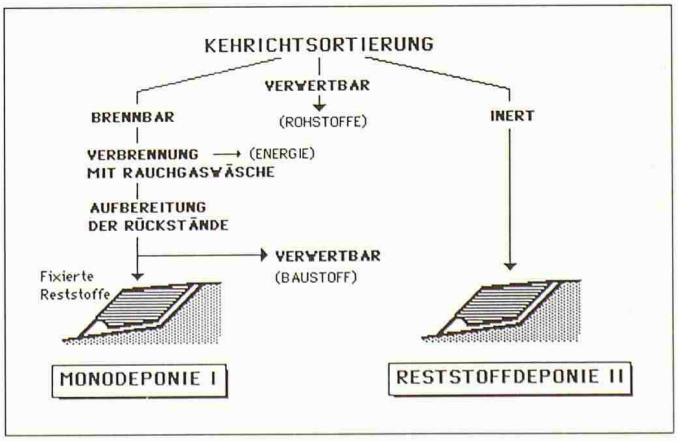

Bild 16. Mittelfristige Massnahmen