Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 75 (1983)
Heft: 10

Artikel: Wege für eine zukünftige Optimierung einer Deponie
Autor: Gandolla, Mauro / Grabner, Ernst
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-941283

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Wege für eine zukünftige Optimierung einer Deponie

Mauro Gandolla und Ernst Grabner

1. Einleitung

Die Beseitigung von festen und flüssigen Abfällen wird in diesem Text nach den praktischen Bedürfnissen der Anlagebetreiber behandelt.

Die Abfallbeseitigung ist mit natürlichen und künstlichen Prozessen verbunden; der Mensch kann durch seine Intervention den Ablauf und die Resultate verändern. Gerade diese Überlegung führt die Anlagebetreiber zur Festlegung einiger Prioritäten:

- Umweltbelastung
- Wirtschaftlichkeit
- Betriebssicherheit
- Material- und Energieverwertung

Die Verminderung der Umweltbelastung muss in der heutigen Situation der Abfallbeseitigung der Material- oder Energieverwertung vorangestellt werden. Dazu ist eine koordinierte Planung der einzelnen Elemente der Abfallbeseitigung nötig. Eine enge Zusammenarbeit zwischen den Betreibern von Anlagen, die feste, und von solchen, die flüssige Abfälle behandeln, ist nicht nur im Interesse der Umwelt, sondern auch wirtschaftlicher.

2. Konzept der Abfallbeseitigung

Die Planung muss sich auf ein Konzept, das sämtliche Herkünfte und Arten der Abfälle berücksichtigt (feste, flüssige, industrielle und kommunale Abfälle), sowie auf einige wesentliche Grundsätze stützen:

– Eine vollständige Müllbeseitigung oder -rückgewinnung ist nicht möglich. Mindestens ein Teil des gelieferten Mülls muss nach jeder möglichen Behandlung (Verbrennung, Kompostierung, Trennung, Verwertung usw.) endgültig deponiert werden.

– Es ist undenkbar, Müll zu behandeln oder zu beseitigen, ohne eine weitere Umweltbelastung zu verursachen. Die Wahl des Systems hängt grösstenteils von der örtlichen Situation ab. Oft wird leider der Gesamtbelastung der einzelnen Elemente eines Abfallbeseitigungssystems zu wenig Beachtung geschenkt: Zum Beispiel kann die Einführung von fortgeschrittenen Rauchgasreinigungssystemen in den KVA die Umweltbelastung der Deponie, die die Rückstände bekommt, erhöhen.

– Die an die Beseitigungsanlagen gelieferten Abfälle haben in der Regel keinen Wert bezüglich einer Verwertung. Die verwertbaren Fraktionen (zum Beispiel Glas, gutes Papier, einige Metalle, gebrauchte Öle) sind bereits auf privater Basis zurückgewonnen worden. Eine eventuelle Materialverwertung muss deswegen aus wirtschaftlichen Gründen genau abgeschätzt werden.

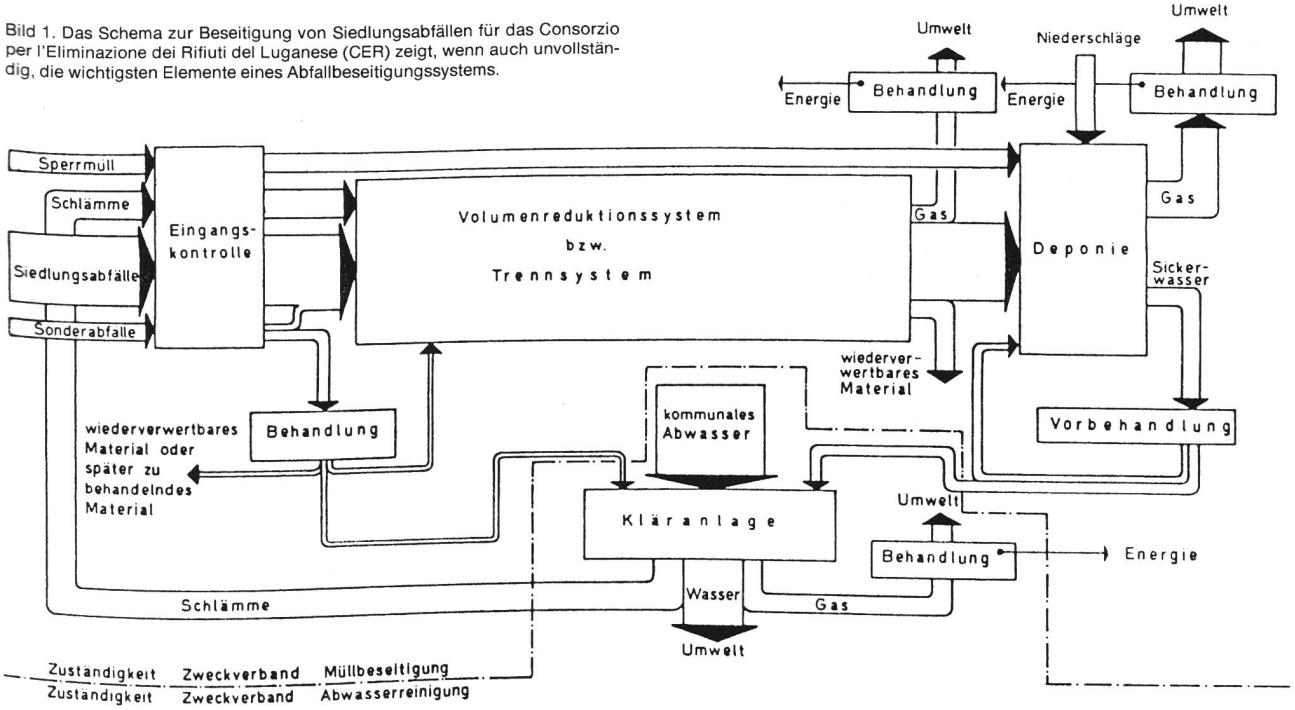
– Die Notwendigkeit der Abwasserbehandlung hat zu einer grossen Schlammproduktion geführt. Die bis heute leichte Schlammbeseitigung in der Landwirtschaft erfordert immer grösseren Aufwand. Es ist zu empfehlen, dass die Schlammbeseitigung in die Beseitigung der festen Abfälle integriert wird. Das vorgeschlagene Schema über die Müllbehandlung der CER stammt aus den obenerwähnten Überlegungen, unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Region Lugano (hügelig, etwa 110 000 Einwohner, Erholungsgebiet mit beschränkter Industrie). Dasselbe kann jedoch auch für die meisten industrialisierten Regionen angewendet werden.

– Die Eingangskontrolle ist unerlässlich. Sie sorgt für eine korrekte Behandlung der verschiedenen Müllarten und vermindert mögliche Missbräuche. Die Kontrolle ermittelt die Art und die Menge der Abfälle und leitet sie zur entsprechenden Behandlung. Die Kontrolle ermittelt andere Beseitigungsmöglichkeiten und gibt entsprechende Informationen weiter, falls die Annahme nicht möglich ist.

– Die Deponie ist die Endablagerung der gesamten Abfallmenge oder deren zurückbleibender Fraktion nach einer eventuellen Vorbehandlung. Ohne Deponie kann eine geordnete Müllbeseitigung unter Berücksichtigung der Umwelt nicht stattfinden.

– Das Element der Volumenreduktion bzw. der Trennung ist zu empfehlen, auch wenn es nicht unbedingt notwendig ist. Es erlaubt eine Volumenreduktion des zu deponierenden Materials und ermöglicht eine eventuelle Energie- oder Materialverwertung. Es hat auch Einfluss auf die Umweltbelastung der Deponie und kann den Betrieb verein-

Bild 1. Das Schema zur Beseitigung von Siedlungsabfällen für das Consorzio per l'Eliminazione dei Rifiuti del Luganese (CER) zeigt, wenn auch unvollständig, die wichtigsten Elemente eines Abfallbeseitigungssystems.



fachen. Verbrennungsanlagen, Kompostieranlagen, Trennungs- und Recyclinganlagen sowie andere Behandlungsanlagen dienen als Volumenreduktion des anfallenden Mülls.

– Oft unterstehen Anlagen, die feste, und solche, die flüssige Abfälle behandeln, nicht der gleichen Verwaltuig. Angesichts der Umweltbelastung und der Betriebsrationalisierung wäre jedoch eine enge Zusammenarbeit vorteilhaft.

Wie bereits erwähnt, bleibt die Deponie nach wie vor ein unersetzliches Element für die Abfallbeseitigung. Die Planung der Müllbeseitigung muss von Anfang an der Unvermeidbarkeit der Deponie Rechnung tragen, wenn nicht sogar mit dieser beginnen.

3. Geordnete und verdichtete Mülldeponie

(Deponie Klasse III nach BUS-Richtlinien)

Es bestehen hauptsächlich zwei Typen der Siedlungsabfalldeponie:

– Die Rottedeponie, in der eine erste Abbauphase aerob (mit Sauerstoff) erfolgt: Sie hat Nachteile in bezug auf Geruch und Ungeziefer. Eine Realisierung in der Nähe von Wohnhäusern wird kaum möglich sein (in der Schweiz kommt sie praktisch nicht vor).

– Die verdichtete Deponie, in der der Abbauprozess praktisch nur anaerob (ohne Sauerstoff) erfolgt.

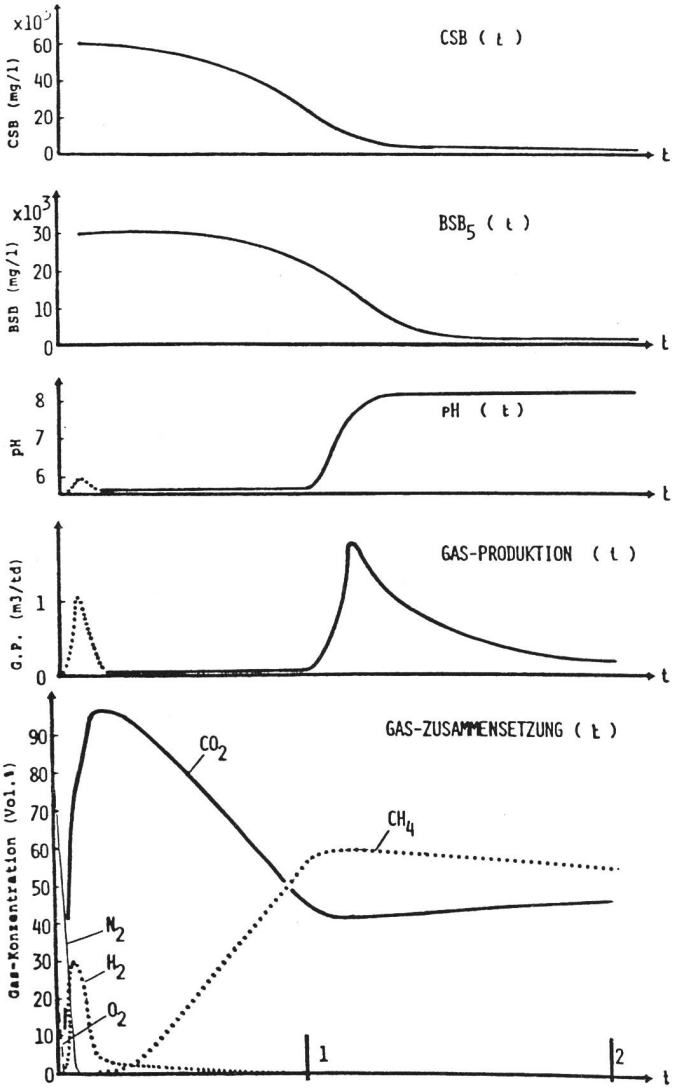


Bild 2. Entwicklung der Gaszusammensetzung und der Sickerwasserbelastung.

Der vorliegende Text beschränkt sich auf die verdichtete Deponie von Siedlungsabfällen.

Wie für jedes Element aus dem Schema von Bild 1 ist für die Mülldeponie ein genaues Studium und eine seriöse Projektierung notwendig; andernfalls muss man mit Betriebsschwierigkeiten und erhöhter Umweltbelastung rechnen.

Die heutigen, geordneten, verdichteten Mülldeponien basieren auf einem biologischen Abbauprozess, der demjenigen in den Faultürmen der kommunalen Kläranlagen ähnlich ist.

Eine Deponie belastet die Umwelt vorwiegend durch Sikkerwasser- und in zweiter Linie durch Gasemissionen. Die Gasemissionen (CH_4, C_{O_2}, und Spuren anderer Gase) verursachen eine begrenzte Umweltbelastung; unkontrollierte Sickerwasseremissionen können hingegen zu erheblichen Schäden führen. Die Emissionen dauern auch nach dem Deponieschluss an. Der Betreiber ist für die notwendigen Kontrollen verantwortlich, bis die Emissionen auf tolerierbare Werte abgesunken sind. Bei den heutigen verdichteten Deponien muss man unter Umständen mit einer Kontrolle von einigen Jahrzehnten über den Deponieschluss hinaus rechnen. Eine gute Projektierung und ein fachmännischer Betrieb können Zeit sparen und Kontrollarbeiten und diesbezügliche Einsätze vereinfachen.

Die Sickerwasseremissionen können wie folgt erfasst werden:

Menge:
ca. 70% der Niederschläge
(Messwerte nach CER für Region Lugano)
(15 bis 25% der Niederschläge [1], bei trockenerem Klima)

Belastung:

CSB:	(60 000)	1 000 bis 50 mg/l	[1] [3]
BSB_5:	(30 000)	500 bis 20 mg/l	
pH:	(5,5)	6,5 bis 8,5	

Frachten:

CSB:	unterschiedlich
BSB_5:	10 bis 5 g/Einwohner und Tag

Die in Klammern angegebenen Werte sind als seltene Extremwerte zu betrachten. Solche können aber nur beim Deponiebeginn und während kurzer Zeit auftreten. Für verdichtete Deponien mit einer guten anaerobischen Gärung gelten normalerweise die in der Tabelle rechts angegebenen Werte.

Die Gasemissionen können wie folgt erfasst werden:

Menge:
150 bis 200 m^3/t (Müll) während etwa 10 Jahren (geschätzter Wert für Schweizer Müll) [2]

Zusammensetzung:

CH_4		45 bis 65 Vol.-%
CO_2		65 bis 45 Vol.-%
H_2	(20 bis 30)	0 Vol.-%
O_2	(max. 20)	0 Vol.-%
N_2	(max. 80)	10 bis 0 Vol.-%
H_2S + Div.		Spuren
H_2O		2 bis 5 Vol.-%

Die in Klammern angegebenen Werte sind als seltene Extremwerte zu betrachten. Der Wasserstoff (H_2) kann sich nur unmittelbar nach dem Mülleinbau in die Deponie und während sehr kurzer Zeit (Stunden, Tage) entwickeln; seine Menge ist unbedeutend im Vergleich zu derjenigen des Methans (CH_4). Sauerstoff (O_2) und Stickstoff (N_2) werden in der Deponie nicht gebildet, sondern durch Lufteinfiltration verursacht.

Bild 2 stellt die Entwicklung der Gaszusammensetzung sowie der Sickerwasserbelastung dar, und Bild 3 zeigt deutlich die Dauer dieses Vorganges.
Die Angaben von Bild 2 sind als Richtwerte zu betrachten; sie erlauben eine Übersicht der Umweltbelastung einer verdichteten Deponie. Bei gut geplanten und betriebenen Deponien kann diese Belastung mit derjenigen des Abflusses einer kommunalen Kläranlage verglichen werden.
Der Deponiebetreiber muss den Sickerwasser- und Gasemissionen grosse Aufmerksamkeit schenken. Unkontrollierte Sickerwasseraustritte können zu grossen Schäden und Behandlungskosten führen. Gasemissionen können unangenehme Gerüche verursachen und Schwierigkeiten für die umliegenden Häuser mit sich bringen. Eine Behandlung (Abfackelung) dieser Emissionen ist zu empfehlen und kann oft mit einer Energieverwertung kombiniert werden.

4. Vorschläge zur Optimierung einer verdichteten Deponie

Die Optimierung einer Deponie muss drei wichtige Faktoren berücksichtigen: 1. *Umweltbelastung,* 2. *Raumnützung,* 3. *Kosten.*
Die Umweltbelastung muss auf ein Minimum reduziert werden. Dazu ist in erster Linie zu empfehlen, die anaeroben Vorgänge, welche im Inneren der Müllmasse ablaufen, maximal auszunützen.
Die Diagramme in Bild 2 zeigen, wie die Beschränkung der Umweltbelastung einer verdichteten Mülldeponie durch die Förderung der anaeroben Gärung (Verkürzung der Dauer der sauren Gärung) möglich ist. In der sauren Gärung tritt die grösste Sickerwasserbelastung ein, weil die biologische Aktivität der Deponie noch zu gering ist, um vor dem Austritt einen guten Reinigungseffekt zu erzielen.
Die Umweltbelastung, welche durch Sickerwasser verursacht wird, kann wie folgt reduziert werden:
– Förderung der anaeroben Methan-Gärung der Abfälle schon unmittelbar nach der Ablagerung.
– Ausnützen der starken Methan-Gärung, die in anderen Deponieteilen bereits in Gang ist, um das Sickerwasser vom frischen Depot zu reinigen.
Der heutige Stand der Kenntnisse und die zur Verfügung stehenden technischen Mittel erlauben dem Deponiebetreiber diese beiden Massnahmen zu planen und zu realisieren.

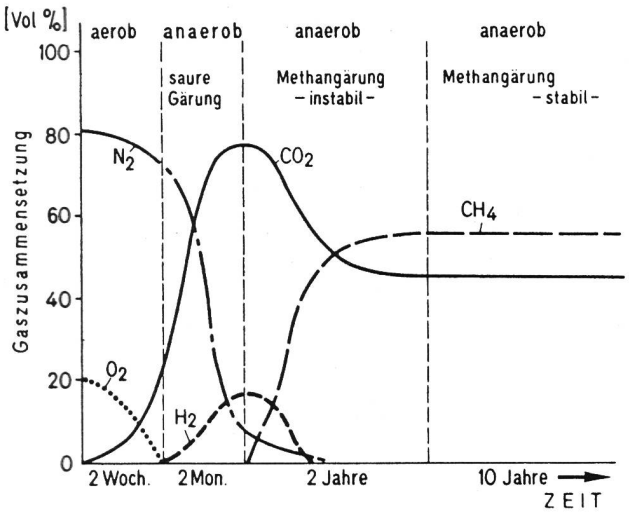


Bild 3. Gaszusammensetzung während des Abbaus von Hausmüll nach Farquhar-Rovers.

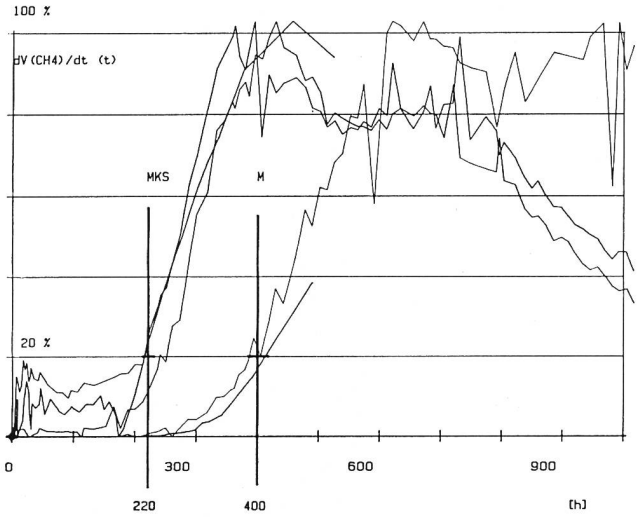


Bild 4. Vergleich zwischen geimpften (MKS) und ungeimpften (M) Fermentern mit sonst gleichen Anfangsbedingungen.

Um die anaerobe Gärung zu fördern, muss man auf folgende Punkte achten:
– den Müll mit geeigneten Bakterien impfen,
– einen Wassergehalt von mindestens 45 bis 55% sichern,
– fehlende substratwichtige Komponenten ergänzen (N, P) [4],
– wenn möglich die Angriffsfläche vergrössern.
Diese Massnahmen sind, auch wenn sie auf den ersten Blick utopisch scheinen, praktisch realisierbar: Allein die Schlämme aus kommunalen Kläranlagen können nach anaerober Gärung im Faulturm, wenn sie mit Müll richtig gemischt sind, die ersten drei Punkte garantieren. Bei Fehlen von Schlämmen, kann man diese durch Sickerwasser ersetzen, das aus einer Deponiezone mit starker Gärung kommt.
Der maximale Wassergehalt des Müll-Schlamm-Gemisches beträgt ungefähr 55%: Um ein solches Gemisch aus dem gleichen Einzugsgebiet zu deponieren, muss man mit einer Schlammentwässerung auf etwa 20% Trockensubstanz rechnen.
Die vorgeschlagenen Massnahmen beschleunigen die Gärung: Die Methanproduktion fängt früher an und geht schneller vor sich; daher rührt die Furcht vor Gestank.
Die schlechtesten Gerüche kommen in der Regel bei der sauren Gärung unmittelbar nach der Ablagerung vor, weil dabei die flüchtigen Fettsäuren in grossen Konzentrationen auftreten. Gleichzeitig tritt auch meistens eine grosse und kurz andauernde (Stunden bis Tage) Gasemission ein. Sie setzt sich aus Kohlendioxid (CO_2) und Wasserstoff (H_2) zusammen und befördert kleine Mengen stark stinkender Gase in die Atmosphäre. Ursache sind fakultativ anaerobe Bakterien, die schon im Frischmüll in grosser Zahl vorhanden sind [5].
Die Zugabe von ausgefaulten Schlämmen ist eine Impfung von methanogenen Bakterien, die Wasserstoff und Kohlendioxid in Methan und Wasser umwandeln und so das austretende Gasvolumen reduzieren.
Was die Emissionen von CH_4 und CO_2 (oft Biogas genannt) betrifft, sind dieselben konzentrierter. Dagegen ist eine bedeutende Steigerung der gesamten Gasproduktion unwahrscheinlich.
Bild 4 erlaubt einen Vergleich zwischen geimpften (MKS) und ungeimpften (M) Fermentern mit sonst gleichen Anfangsbedingungen.
Die vorhergehenden Ergebnisse stammen aus Versuchen, die der CER (Consorzio eliminazione rifiuti del Luganese)

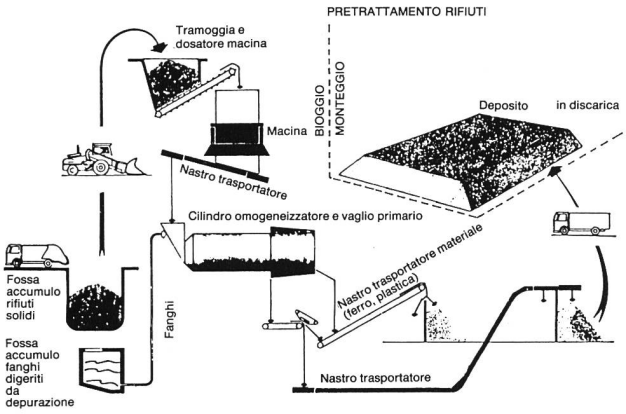


Bild 5. Graphische Darstellung des Konzeptes der Abfallbeseitigung für die Region Lugano.

in Zusammenarbeit und mit der Beratung von spezialisierten Instituten durchgeführt hat.

Die Optimierungsvorschläge, welche vor allem eine Reduktion der Umweltbelastung erzielen, sollten auch eine Reduktion der Kontrolle und der Verantwortung des Betreibers nach Deponieschluss erlauben.

Auch vom Standpunkt der möglichen Energieverwertung aus Gasemissionen ist eine Beschleunigung des biologischen Prozesses wünschenswert. Eine Erhöhung der täglichen Gasproduktion wird die wirtschaftlichen Aussichten dieser Operation verbessern.

Es ist unmöglich, über die rationelle Raumnutzung allgemeine Angaben zu machen. Einerseits beschleunigt die Förderung der Gärung die Setzung, andererseits verursacht die Beimischung von Schlämmen und die eventuelle Müllzerkleinerung eine Reduktion der Stabilität. Die Böschungen müssen somit eine kleinere Neigung aufweisen. Diese letzte Überlegung ist sehr wichtig für Haldendeponien oder für Hochdeponien.

Während man in einer normalen Mülldeponie bei Höhen von 40 bis 50 m Böschungsneigungen von 30 bis 33 Grad erreichen kann, werden sie in einer Deponie von zerkleinertem Müll mit Schlamm gemischt (siehe Vorschlag CER, Bild 5) weniger als 25 Grad aufweisen. Diese Angaben sind vom Abfallzerkleinerungsgrad, den Schlammeigenschaften und -mengen, einer möglichen Materialverwertung und vom Wassergehalt abhängig. Die Standfestigkeit einer solchen Deponie muss von Fall zu Fall berechnet werden.

Die Anwendung der obigen Vorschläge verursacht höhere Investitionskosten als diejenige einer gewöhnlichen verdichteten Deponie. Schwieriger ist ein Vergleich der Betriebskosten: Die Abschätzung der Sickerwasser- und Gasbehandlung, der Einschränkung der Kontrollen nach Deponieschluss und der Energieverwertung ist von den lokalen Situationen abhängig.

Die integrierte Beseitigung von Müll und ausgefaulten Klärschlämmen könnte eine wirtschaftliche und interessante Lösung sein; gerade wo die Beseitigung der Schlämme in der Landwirtschaft Schwierigkeiten bereitet und nichts anderes übrigbleibt, als dieselben zu verbrennen oder in Monodeponien abzulagern.

Man kann annehmen, dass die Gesamtkosten der vorgeschlagenen Abfallbehandlung höher sein werden als diejenigen der direkten Ablagerung in den heutigen verdichteten Deponien; die Gesamtkosten für ein Beseitigungssystem mit Verbrennung vor der Ablagerung in der Deponie werden bedeutend höher sein.

Ein Beispiel der erwähnten Vorschläge ist das Abfallbeseitigungskonzept, das der CER seit 4 Jahren in Zusammenarbeit mit Behörden und Fachinstituten gründlich ausarbeitet. Der CER plant, eine verdichtete Deponie mit vorbehandeltem Müll im Jahre 1988 zu eröffnen. Bild 5 erlaubt eine einfache Übersicht der Anwendbarkeit der obenerwähnten Gedanken.

5. Zusammenfassung

Die Deponie ist immer noch ein unerlässliches Element der Abfallbeseitigung unserer Zivilisation. Eine Abfallbehandlung vor der endgültigen Deponierung ist oft zu empfehlen.

Die Vorbehandlung der Siedlungsabfälle durch Zerkleinerung, Befeuchtung und Impfung mittels Zugabe von ausgefaulten Schlämmen aus kommunalen Kläranlagen fördert die natürliche Deponiegärung und kann die durch Sickerwässer verursachte Umweltbelastung vermindern.

Die Beschleunigung der Gärungsprozesse erlaubt eine rationellere Gasfassung und -behandlung: Die Geruchsbekämpfung wird durch eine rationellere Energieverwertung gefördert. Die Beschleunigung der Gärungsprozesse könnte die Kontrollen und deren Kosten nach Deponieschluss reduzieren, weil die Emissionen früher auf tolerierbare Werte sinken.

Die vorgeschlagene Behandlung verursacht im Vergleich zu den heutigen Mülldeponien eine Kostenerhöhung, die durch eine Reduktion der Umweltbelastung und eine Vereinfachung des Deponiebetriebes kompensiert werden kann.

Die vorgeschlagene Behandlung ist für die Beseitigung der Schlämme von kommunalen Kläranlagen, auch bei gleich grossen (für feste und flüssige Abfälle) Einzugsgebieten, eine gute Lösung. Die vorgeschlagene Behandlung bringt weiter eine grosse Dichteerhöhung mit sich, die einfaches Umladen und einen rationellen Transport erlaubt.

Für die vorgeschlagene Behandlung können Geräte und Maschinen eingesetzt werden, die schon jetzt der Kompostierung dienen, die einen guten Entwicklungsstand erreicht haben und die ein zusätzliches Recycling zulassen.

Literatur

[1] *R. Stegmann:* Sickerwasser aus geordneten Deponien. «ISWA-Journal» 28/29, 1979.

[2] *Gandolla, Grabner, Leoni:* Möglichkeiten der Gasnützung an Deponien unter besonderer Berücksichtigung kleiner Deponien. «ISWA-Journal» 31/32, 1980.

[3] *Gandolla, Grabner, Leoni.* Vortragsmanuskript, Braunschweig 1982.

[4] *T. Conrad:* Bericht über Untersuchungen von Sickerwasser der Versuchsdeponie in Croglio. EAWAG-Bericht, 25. November 1982.

[5] *M. Aragno:* Persönliche Mitteilungen.

Folgende Institute und Firmen haben ihre Beratung und Unterstützung für die notwendigen Untersuchungen geliefert: EAWAG (Prof. *R. Braun);* EPFL (Prof. *P. Péringer);* UNI-NE (Prof. *M. Aragno);* CIBA (Prof. *J. Nuesch);* Gebr. Bühler (*H. Bühler,* UT).

Adresse der Verfasser: *Mauro Gandolla,* dipl. Ing., und *Ernst Grabner,* Chemotechniker, Consorzio per l'Eliminazione dei Rifiuti del Luganese (CER), 6934 Bioggio/TI.

Referat gehalten an der Tagung der Schweiz. Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene (VGL) und der Schweiz. Interessengemeinschaft der Abfallbeseitigungsorganisationen (SIAO) am 25. Oktober 1983 zum Thema «Die geordnete Deponie».