

# Technische und wirtschaftliche Alternativen zum Deponieabschluss

Gerd Burkhardt und Thomas Egloffstein  
ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH, Karlsruhe (icp@icp-ing.de)

## 1 EINLEITUNG

Die Schließung von Deponien über die Stilllegungsphase, die Entlassung in die Nachsorge und jene aus der Nachsorge ist zumindest bis zum Zeitraum Juli 2009 noch ein großes Thema. Viele Deponiebetreiber sind sich über den Ablauf und die Bedingungen jedoch nicht im Klaren. Daher soll mit diesem Beitrag zu diesem Thema einiges aufgeführt werden, was Auskünfte über die Schließung einer Deponie sowie zum erforderlichen Prozedere gibt.

Des Weiteren soll beschrieben werden, welche Möglichkeiten es gibt, verschiedene Möglichkeiten der Schließung miteinander zu vergleichen.

Über die Ermittlung von Nachsorgekosten oder Folgekosten einer Deponie wurde in der Vergangenheit bereits in mehreren Veröffentlichungen, auch durch die Autoren, in der Fachpresse berichtet. Die Regelungen zur Stilllegung und Nachsorge von Deponien sind wie bisher im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG), in der TA Siedlungsabfall (TASi) und der DepV gegeben. Auch die Deponieverwertungsverordnung (DepV) kann durchaus relevante Auswirkungen auf die bisher vorliegenden Kostenberechnungen haben. Eventuelle Änderungen und Auswirkungen der **angekündigten integrierten** Deponieverordnung bleiben noch abzuwarten.

## 2 Begriffsbestimmungen gemäß DepV

Die Deponieverordnung definiert die mit dem „Lebenslauf“ und mit der Nachsorge von Deponien zusammenhängenden Begriffe wie folgt:

**Ablagerungsphase:** Zeitraum von der Abnahme der für den Betrieb einer Deponie oder eines Deponieabschnittes erforderlichen Einrichtungen durch die zuständige Behörde bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Ablagerung von Abfällen auf der Deponie oder dem Deponieabschnitt beendet wird. (Anm. der Autoren: es handelt sich um die abfallrechtliche Abnahme).

**Betriebsphase:** Zeitraum von der Abnahme der für den Betrieb einer Deponie oder eines Deponieabschnittes erforderlichen Einrichtungen durch die zuständige Behörde bis zur Feststellung der endgültigen Stilllegung einer Deponie nach § 36 Abs. 3 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes. Die Betriebsphase umfasst die Ablagerungs- und Stilllegungsphase.

**Nachsorgephase:** Zeitraum nach der Stilllegung einer Deponie bis zum Zeitpunkt, zu dem die zuständige Behörde nach § 36 Abs. 5 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes den Abschluss der Nachsorge feststellt.

**Stilllegungsphase:** Zeitraum vom Ende der Ablagerungsphase der Deponie oder eines Deponieabschnitts bis zur endgültigen Stilllegung der Deponie

Die oben definierten Begriffe werden aber in den Vorschriften nicht immer genau abgegrenzt verwendet. Der Begriff der Nachsorgekosten wird nicht definiert. Aus diesem Grund wird diesem Beitrag eine Definition von Seiten der Autoren beigefügt (Kap. 4). Die einzelnen Phasen sind in Abb. 1 graphisch dargestellt.

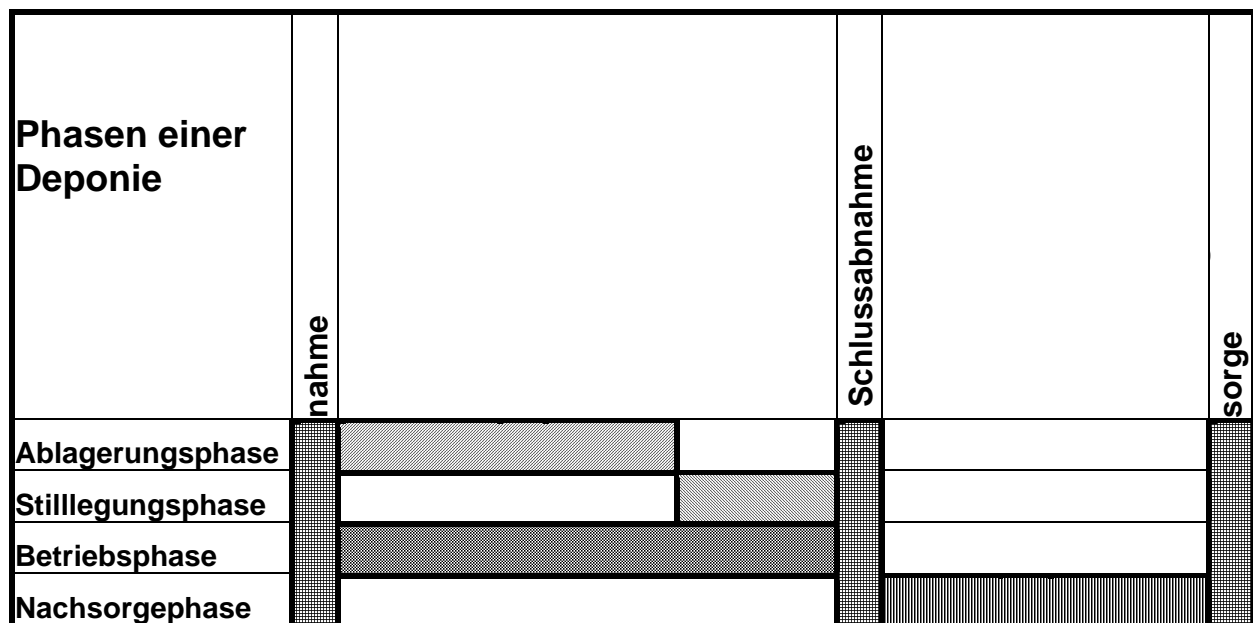


Abbildung 1: Phasen einer Deponie gemäß DepV

### 3 Maßnahmen zur Schließung einer Deponie

Die Stilllegung einer Deponie ist zunächst in § 36 KrW-/AbfG geregelt. Hier wird aufgeführt, dass die beabsichtigte Stilllegung durch den Inhaber der Deponie unverzüglich der zuständigen Behörde anzuzeigen ist. Dieser Anzeige sind Unterlagen über Art, Umfang und Betriebsweise sowie die beabsichtigte Rekultivierung und sonstige Vorkehrungen zum Schutz des Wohls der Allgemeinheit beizufügen.

Dabei sind folgende Unterlagen mit einzureichen bzw. vorzulegen:

- Aktenzeichen der wichtigsten Planfeststellungen
- Wichtigste Daten zur Deponie wie: Inhaber der Deponie, Betreiber der Deponie, Betriebszeitraum, Entsorgungsraum, Fläche, Volumen, Betriebsabschnitte und deren technische Ausstattung
- Art und Menge der abgelagerten Abfälle (Tonnage)
- Angaben zur Betriebsweise der Deponie, z. B. gemischte Ablagerung von Siedlungsabfällen (EAK-Nummern gemäß AVV, Ablagerung und verdichteter Einbau in Schichten mit einer Stärke von...etc.)

- Verweis auf eventuell noch laufende Anträge des Betreibers oder auf evtl. aktuelle Planungen (mit Planungsstand / Zeitplan)
- Lageplan mit den Deponieabschnitten so wie Angaben zur Basisabdichtung und zur (beabsichtigten) Art der Oberflächenabdichtung (evtl. zwei Pläne falls ansonsten zu unübersichtlich)
- Lageplan mit den Einrichtungen zur Entgasung (Fassung und Behandlung) und Sickerwasserfassung bzw. -ableitung und Behandlung von Sickerwasser (evtl. zwei Pläne falls ansonsten zu unübersichtlich)
- Lageplan mit den Endhöhen der Deponie
- Rekultivierungsplan (als Bestandteil des landschaftspflegerischen Begleitplans)
- Noch in der Stilllegungsphase geplante Maßnahmen und Zeitplan für Maßnahmen zum Abschluss der Deponie (Aufbringung der Oberflächenabdichtung, evtl. anstehende sonstige Maßnahmen)
- Verweis auf Jahresberichte (Jahresübersichten und Erklärungen zum Deponieverhalten)
- Ablagerungsplan / Raster 2.500 m<sup>2</sup> gemäß 10.6.2 TA Siedlungsabfall

In der Stilllegungsphase hat der Betreiber einer Deponie unverzüglich alle erforderlichen Maßnahmen durchzuführen, um zukünftige negative Auswirkungen der Deponie oder des Deponieabschnittes auf die in § 10 Abs. 4 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes genannten Schutzgüter zu verhindern (§ 12 DepV). Zu diesen Maßnahmen gehört bei Deponien oder Deponieabschnitten der Klasse II insbesondere die Einrichtung eines Oberflächenabdichtungssystems.

Bei der Ausführung der Rekultivierungsschicht einer Deponie oder eines Deponieabschnittes der Klasse II ist Anhang 5 DepV zu beachten.

#### **4 Erforderliche Unterlagen und Maßnahmen zur Überführung einer Deponie in die Nachsorge**

Der Betreiber einer Deponie der Klasse II hat die Feststellung des Abschlusses der Stilllegung der Deponie nach § 36 Abs. 3 des Kreislaufwirt-

schafts- und Abfallgesetzes unmittelbar nach Abschluss der von der zuständigen Behörde angeordneten Maßnahmen bei der zuständigen Behörde zu beantragen. Sollten keine Maßnahmen angeordnet gewesen sein, ist der Antrag so rasch als möglich nach Durchführung aller Sicherungsmaßnahmen durchzuführen.

Dem Antrag hat der Betreiber einer Deponie der Klasse II

- „...die Bestätigung der Schlussabnahme durch die zuständige Behörde und
- mindestens die Unterlagen nach Nummer 10.7.1 Satz 2 der TA Siedlungsabfall...“

beizufügen.

Nr. 10.7.1 der TA Siedlungsabfall regelt den Abschluss einer Deponie. Dieser Punkt besagt insbesondere:

- Die Oberfläche ist abzudichten (bei großen zu erwartenden Setzungen ist auch eine temporäre Abdichtung möglich)
- Die Schlussabnahme am Ende der Betriebsphase hat unter Berücksichtigung folgender Unterlagen zu erfolgen:
  - Jährliche Erklärung zum Deponieverhalten
  - Jahresübersichten, Auswertung der Kontrollen
  - Funktion der Abdichtungssysteme
  - Betriebspläne nach 10.6.3 TA Siedlungsabfall
  - evtl. noch fehlende Messeinrichtungen sind zu installieren (für die Kontrolle in der Nachsorgephase, siehe unten)

Die Bestimmungen sind hier missverständlich, da ja zunächst die Schlussabnahme durch die zuständige Behörde beantragt werden muss und somit die Bestätigung derselben nicht gleichzeitig dem Antrag beigefügt werden kann. Als pragmatische Empfehlung wird empfohlen, die Schlussabnahme und gleichzeitig die Überführung der Deponie in die Nachsorgephase zu

beantragen. Gleichzeitig sollte ein Vor-Ort-Termin gemeinsam mit dem Planer und Vertretern der zuständigen Behörde vorgeschlagen werden.

Vor der Beendigung der Betriebsphase (hierzu zählt auch die Stilllegungsphase) sind alle erforderlichen Messeinrichtungen auf der Deponie zu installieren, sofern sie nicht bereits vorhanden sind. Hierbei handelt es sich gemäß 10.6.6.2 TA Siedlungsabfall /2/ um:

- Grundwasserüberwachungssystem mit mindestens einer Messstelle im Grundwasseranstrom und eine ausreichende Anzahl von Messstellen im Grundwasserabstrombereich der Deponie; es muss in jedem Fall sichergestellt sein, dass der gesamte Grundwasserabstrom ausreichend genau überwacht werden kann
- Messeinrichtungen zur Überwachung der Setzungen und Verformungen des Deponiekörpers
- Messeinrichtungen zur Überwachung der Setzungen und Verformungen der Deponieabdichtungssysteme
- Messeinrichtungen für die meteorologische Datenerfassung (auf die Datenerfassung von meteorologischen Messstationen an einem vergleichbaren Standort in unmittelbarer Umgebung kann zurückgegriffen werden) folgender Daten:
  - Niederschlagsmesseinrichtung
  - Temperaturmesseinrichtung
  - Windmesseinrichtung
  - Verdunstungsmesseinrichtung
- Messeinrichtungen zur Erfassung der Wassermengen, die zur Aufstellung der Wasserhaushaltsbilanzen erforderlich sind (Oberflächenwasser und Sickerwasser)
- Messeinrichtungen zur Erfassung der Qualität von Sickerwasser und sonstigen Wässern (kann durch regelmäßige Probenahme und Untersuchung ersetzt werden)
- Messeinrichtungen zur Überwachung der Temperatur an der Deponiebasis (die Temperatur an der Deponiebasis wird in der Regel mit der jährlichen TV-Befahrung der Sickerrohre erfasst, eine gesonderte Messeinrichtung entfällt somit)

- Da bei den meisten der bisher betriebenen Hausmülldeponien mit Deponiegas zu rechnen ist, sind bei diesen Einrichtungen für Deponiegasmessungen auf der Deponie und Gaspegel zur Emissionsüberwachung außerhalb des Deponiekörpers vorzusehen

Die Schlussabnahme und Entlassung in die Nachsorgephase wird, wie oben bereits erwähnt, gemäß § 13 DepV durch zuständige Behörde auf Antrag des Betreibers durchgeführt. Sie hat dabei mindestens die Bestandspläne (der abgeschlossenen Deponieabschnitte), die ausgeführten Maßnahmen zum Abschluss der Deponie (z. B. Oberflächenabdichtung und Rekultivierung) und die jährlichen Erklärungen zum Deponieverhalten zu berücksichtigen.

Problematisch sind hierbei im Falle von Deponien mit einer temporären Oberflächenabdichtung. Ob bei diesen Deponien mit einer temporären Maßnahme (auch, wenn diese später in eine endgültige Maßnahme umgewandelt werden soll) die Entlassung in die Nachsorgephase möglich ist, kann durch die Autoren nicht endgültig eingeschätzt werden. Hierzu sind jeweils Gespräche mit der zuständigen Behörde erforderlich.

Nach dem Sinne der geltenden Gesetze und Verordnungen kann eine Deponie mit einer temporären Oberflächenabdichtung streng genommen nicht in die Nachsorgephase überführt werden, da in dieser Phase normaler Weise nur noch Überwachungsmaßnahmen durchgeführt werden. Die Schlussabnahme am Ende der Stilllegungsphase soll gewährleisten, dass alle baulichen Tätigkeiten zur dauerhaften Sicherung einer Deponie ausgeführt sind.

## **5 Erforderliche Unterlagen und Maßnahmen zur Entlassung einer Deponie aus der Nachsorge**

### **5.1 Dauer der Nachsorgephase**

Auf der Grundlage der heutigen, in vielen Bereichen noch unzureichenden Kenntnisse ist die Festlegung des jeweiligen Nachsorgezeitraumes für eine Deponie nur unter gewissen Vorbehalten möglich. Es ist davon auszugehen, dass der Nachsorgezeitraum einerseits an einem als betriebswirtschaftlich sinnvoll zu betrachtenden Zeitpunkt enden muss, andererseits jedoch mindestens so lange anzusetzen ist, wie relevante Emissionen aus dem Deponiekörper austreten können, bzw. relevante Vorgänge im Deponiekörper zu erwarten sind (Setzungen, Deponiegasbildung, Bildung erhöhter Temperaturen etc.).

Deponien bilden nach heutigem Verständnis ein Endlager für die dort abgelagerten Abfälle. Sie bestehen somit über einen praktisch unendlichen Zeitraum. Es ist daher als sicher anzusehen, dass eine Deponie zu keiner Zeit völlig "vergessen" werden darf. Des Weiteren ist die Deponie ein Ingenieurbauwerk und weist als solches in ihren Bauteilen (wie z. B. einer Oberflächenabdichtung) eine endliche, wenn auch unter Umständen sehr lange Lebensdauer auf. Da mit sehr langen oder gar unendlichen Zeiträumen weder ingenieurtechnisch noch betriebswirtschaftlich sinnvoll gerechnet werden kann, ist somit ein Kompromiss zwischen den zu betrachtenden Zeiträumen und der tatsächlichen (aktiven) Nachsorge zu treffen.

Für die Hausmülldeponien (Verfüllung mit unvorbehandelten Abfällen bis zum 31.05.2005 möglich) ist ein Nachsorgezeitraum anzulegen, der berücksichtigt, dass noch über längere Zeiträume mit relevanten Emissionen (Deponiegas, Sickerwasser) zu rechnen ist. Hierbei ist der Zeitpunkt der Aufbringung der Oberflächenabdichtung ein entscheidendes Kriterium.

Durch die Aufbringung einer Oberflächenabdichtung gemäß Deponieklasse II TA Siedlungsabfall /2/ wird der Zutritt von Niederschlagswasser und der Austritt von Deponiegas über die Oberfläche weitestgehend und relativ rasch unterbunden.

Ein hochwertiges Oberflächenabdichtungssystem lässt, solange es intakt ist, nach EGLOFFSTEIN UND BURKHARDT (1996) nur noch geringste Perkolationen im Bereich von deutlich unter 1 % des Niederschlages zu. Eine solche in den Deponiekörper eintretende Wassermenge führt aufgrund des Speichervermögens des Müllkörpers, des Wasseraustrages über die Entgasung und des Wasserverbrauchs aufgrund der anaeroben Abbauvorgänge nicht mehr zu einem relevanten Sickerwasseranfall. Ab dem Zeitpunkt der Fertigstellung der Oberflächenabdichtung fällt somit nur noch Sickerwasser aus Konsolidationsvorgängen an. Es kann davon ausgegangen werden, dass Konsolidationswasser spätestens nach dem Abklingen der Setzungen nicht mehr auftritt (Beobachtungen zeigen, dass nach einer qualifizierten Abdichtung die Sickerwassermengen sehr schnell zurückgehen, siehe hierzu Abb. 2).

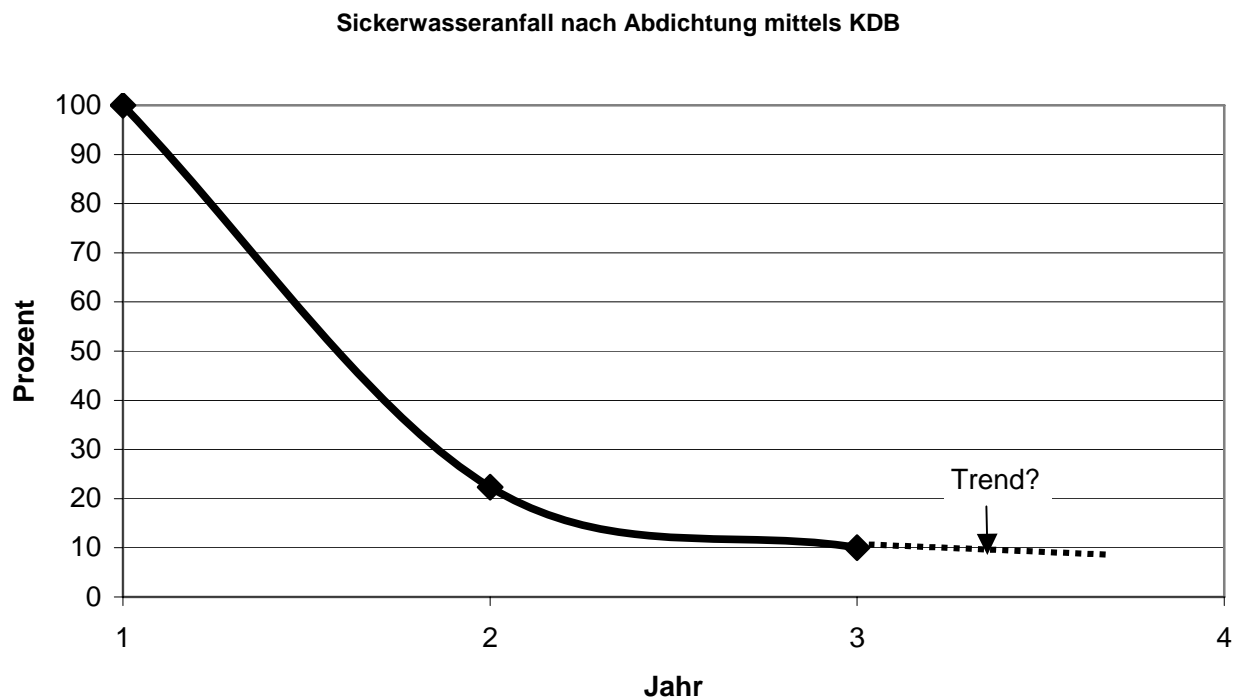


Abbildung 2: Prozentualer Rückgang der Sickerwassermenge nach Oberflächenabdichtung einer Deponie mittels Kunststoffdichtungsbahn (KDB) im Jahre 1 (nach BURKHARDT UND EGLOFFSTEIN 2003)

Auch die Deponiegasbildung wird durch eine Oberflächenabdichtung beeinflusst. Da der Deponiekörper nicht mehr von Niederschlagswasser durchströmt wird, kann er partiell austrocknen bzw. wird ein Nährstofftransport durch das Wasser unterbunden. Die Umsetzungsprozesse sind jedoch auf einen bestimmten Wassergehalt bzw. einen Nährstofftransport (z. B. beim Abbau von Papier) angewiesen. Ab einem Wassergehalt von etwa 20 % und weniger, kommt ein biochemischer Abbau praktisch ganz zum Erliegen. Da Deponiekörper im allgemeinen einen durchschnittlichen Wassergehalt von mindestens 35 % aufweisen (NIENHAUS UND KRÜMPELBECK 1996) und eine völlige Austrocknung über die Entgasung nicht zu befürchten ist (BURKHARDT UND HOMMEL 1994), wird jedoch weiterhin eine Gasbildung stattfinden. Erste Untersuchungen hierzu in Nordrhein-Westfalen bestätigen diese Annahme /9/. Sie zeigen aber auch, dass die

Deponiegasbildung nach oberflächlicher Abdichtung einer Hausmülldeponie zurückgeht. Längerfristige und verallgemeinerungsfähige Untersuchungen an Deponien mit Oberflächenabdichtungen gemäß Deponieklasse II der TA Siedlungsabfall liegen derzeit noch nicht vor.

In der Fachliteratur sind bisher meist nur allgemeine Angaben zur Nachsorgedauer bei Hausmülldeponien zu finden, die in der Regel etwa Zeiträume von 30 bis 80 Jahren nennen. BURKHARDT 1992 hat vorgeschlagen, den Nachsorgezeitraum anhand der Gasbildung zu berechnen. Ab einem für jede Deponie individuell zu bestimmenden Zeitraum ist die Aufrechterhaltung einer aktiven Entgasung nicht mehr gerechtfertigt. Danach sind die Einrichtungen der aktiven Entgasung rückzubauen. Des Weiteren ist eine passive Entgasung einzurichten. Diese kann z. B. so aussehen, dass Biofilter (Kompostfilter) eingerichtet werden, oder das Gas in die Flächen-Drainage oberhalb der Abdichtung eingeleitet wird. Dort kann es sich flächig ausbreiten, im Randgrabenbereich emittieren oder den überlagernden Boden durchwandern, wobei es weitgehend abgebaut wird. Hierbei ist darauf zu achten, dass der Bewuchs nicht beschädigt wird. Eine planerische Lösung hierfür liegt derzeit noch nicht vor.

TABASARAN und RETTENBERGER geben Methankonzentrationen (an der Oberfläche mittels FID gemessen) von 70 bis 100 ppm bzw. 80 ppm an, bei denen keine schädlichen Auswirkungen (Gerüche, Schäden am Bewuchs) mehr festzustellen sind. Da eine gleichmäßige Durchströmung der Deponie nicht gewährleistet werden kann und auch Situationen wie z. B. Frost im Oberboden zu beachten sind, wird ein niedrigerer Wert von 10 ppm bzw. entsprechend ca.  $0,578 \text{ l/m}^2 \times \text{h}$  als Grenzwert für den Rückbau der Entgasung angesetzt (1 ppm Methan, mittels FID an der Deponieoberfläche gemessen, entspricht etwa einem Emissionsmassenstrom an Depo-

niegas von  $5,78 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ). Dies entspricht in etwa auch einem Messwert, der in unbelasteten bewachsenen Flächen ermittelt wird. Bei einer evtl. Passage durch die Rekultivierungsschicht wird die Deponiegasmenge durch aerobe biochemische Vorgänge vor allem im belebten Oberboden nochmals reduziert. Die verbleibenden Restemissionen können mit großer Wahrscheinlichkeit vernachlässigt werden. Dies sollte mittels einer Erfolgskontrolle (Begehung mit FID) über einige Jahre kontrolliert werden.

Die Deponieverordnung hat erstmals Mindestzeiträume für die Nachsorge von Deponien fest vorgegeben. Zudem wurden die einzelnen Phasen des Lebenszeitraumes einer Deponie erstmals genau definiert. Die einzelnen Phasen einer Deponie sowie deren Ablauf wurden in Abb.1 wiedergegeben. Die Mindestdauer der Nachsorgephase für Deponien der Klasse II beträgt 30 Jahre. Vorher kann keine Entlassung aus der Nachsorge beantragt werden.

## 5.2 Entlassung aus der Nachsorge

Die Entlassung aus der Nachsorge durch die zuständige Behörde kann gemäß § 13 DepV dann erfolgen, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- „1. *Biologische Abbauprozesse, sonstige Umsetzungs- oder Reaktionsvorgänge sind weitgehend abgeklungen,*
2. *eine Gasbildung ist soweit zum Erliegen gekommen, dass keine aktive Entgasung erforderlich ist und schädliche Einwirkungen auf die Umgebung durch Gasmigrationen ausgeschlossen werden können,*
3. *Setzungen sind soweit abgeklungen, dass verformungsbedingte Beschädigungen des Oberflächenabdichtungssystems für die Zukunft ausgeschlossen werden können,*

4. *die Oberflächenabdichtung und die Rekultivierungsschicht sind in einem funktionstüchtigen und stabilen Zustand, der durch die derzeitige und geplante Nutzung nicht beeinträchtigt werden kann; es ist sicherzustellen, dass dies auch bei Nutzungsänderungen gewährleistet ist,*
5. *Oberflächenwasser wird von der Deponie sicher abgeleitet,*
6. *die Deponie ist insgesamt dauerhaft standsicher,*
7. *die Unterhaltung baulicher und technischer Einrichtungen ist nicht mehr erforderlich; ein Rückbau ist gegebenenfalls erfolgt,*
8. *gegebenenfalls anfallendes Sickerwasser kann entsprechend den wasserrechtlichen Vorschriften eingeleitet werden und*
9. *die Deponie verursacht keine Grundwasserbelastungen, die eine weitere Beobachtung oder Sanierungsmaßnahmen erforderlich machen.“*

Der Nachweis, dass die oben vorgegebenen Anforderungen eingehalten werden, wird über die Kontrollen und Messungen durchgeführt, welche in den jährlichen Erklärungen zum Deponieverhalten aufzuführen sind.

Der Mindestzeitraum für die Nachsorge bei Deponien der Deponieklasse II beträgt nach DepV 30 Jahre. Dieser Zeitraum beginnt mit der endgültigen Stilllegung einer Deponie, also ab dem Zeitpunkt der Überführung der Deponie in die Nachsorgephase (Stichtag ist der Tag der Schlussabnahme).

Das Betriebstagebuch (seit Planfeststellung 1978 Auflage und seit Inkrafttreten der TA Siedlungsabfall ganz allgemein gefordert) muss bis zum Ende der Nachsorgephase aufbewahrt und der zuständigen Behörde auf Verlangen Einsicht gewährt werden.

## **6 Zur Wahl des Zeitpunkts der Aufbringung einer Oberflächenabdichtung**

Bei Rohmüldeponien, wie sie bisher (und bis 31.05.2005 noch) weit überwiegend betrieben wurden, soll die Oberflächenabdichtung aufgebracht werden, sobald keine Setzungen mehr auftreten, welche die Dichtung beeinträchtigen könnten. Diese Forderung wird ab und zu dafür genutzt, die Kosten für eine Oberflächenabdichtung in die ferne Zukunft zu verschieben. Allerdings ist dies nur ein vorgeschobenes Argument, da man zunächst die Kosten für eine Oberflächenabdichtung sparen möchte. Dabei wird nicht bedacht, dass die Deponie erst dann in die Nachsorge entlassen werden kann, wenn eine Oberflächenabdichtung aufgebracht und die sogenannte Schlussabnahme durchgeführt wurde. Erst danach kann die Nachsorgephase begonnen werden, welche gemäß DepV mindestens 30 Jahre zu betragen hat. Die Folgekosten für diese Deponie laufen somit über eine lange Stilllegungsphase und zusätzlich über mindestens 30 Jahre Nachsorgephase.

Die Kosten für die Sickerwasserreinigung können ganz erheblich sein. Die Abbildung 3 zeigt die kumulierten Sickerwasserreinigungskosten aus einem konkreten Beispiel über 30 Jahre im Vergleich zu den Kosten für eine einmalige Aufbringung der Oberflächenabdichtung. Abbildung 4 zeigt die Folgekosten einer Deponie, welche in einem Fall sofort nach Verfüllung an der Oberfläche abgedichtet wird (dabei wurden 2 Jahre Planung und Genehmigung sowie 3 Jahre bis zum Abschluss der Bauarbeiten angesetzt; Stilllegungsphase 5 Jahre) und zum anderen erst nach 15 Jahren eine Oberflächenabdichtung erhält (Stilllegungsphase 18 Jahre). Angesetzt wurden dabei nur die laufenden Kosten der Deponie für Sickerwasserreinigung sowie die Kosten für die Aufbringung der Oberflächenabdichtung (je ein Drittel der Baukosten in den Jahren der Ausführung derselben).

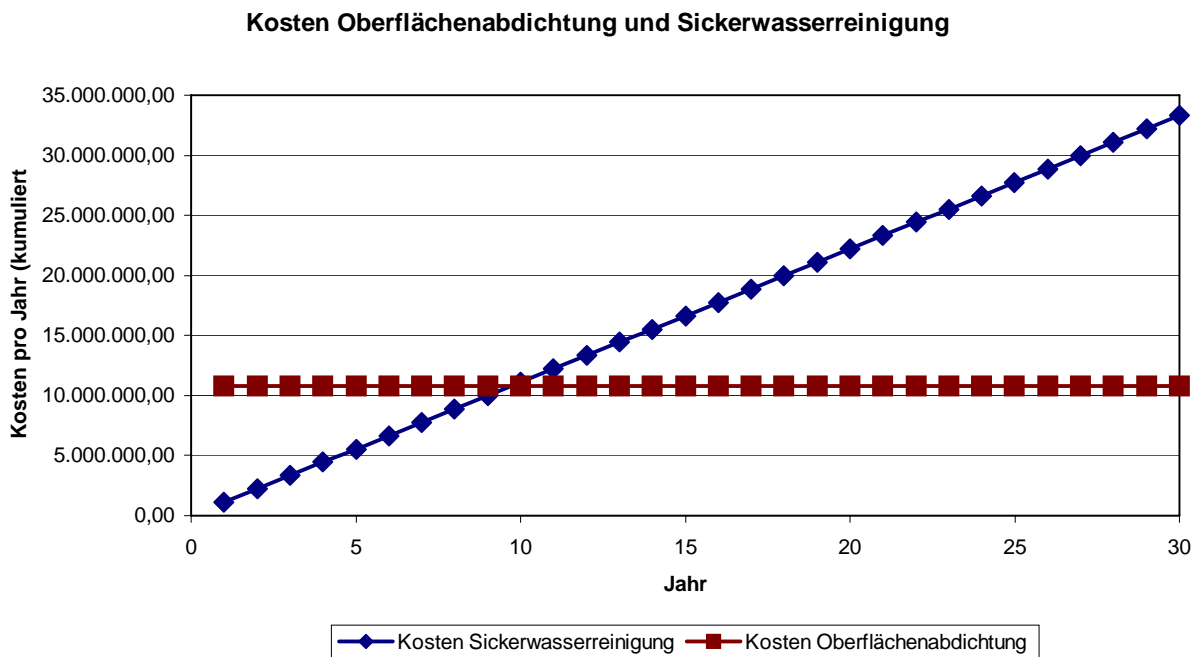


Abbildung 6: Höhe der Kosten für Sickerwasserreinigung (kumuliert, nicht abgezinst) und Oberflächenabdichtung anhand eines konkreten Beispiels aus BURKHARDT und EGLOFFSTEIN 2005

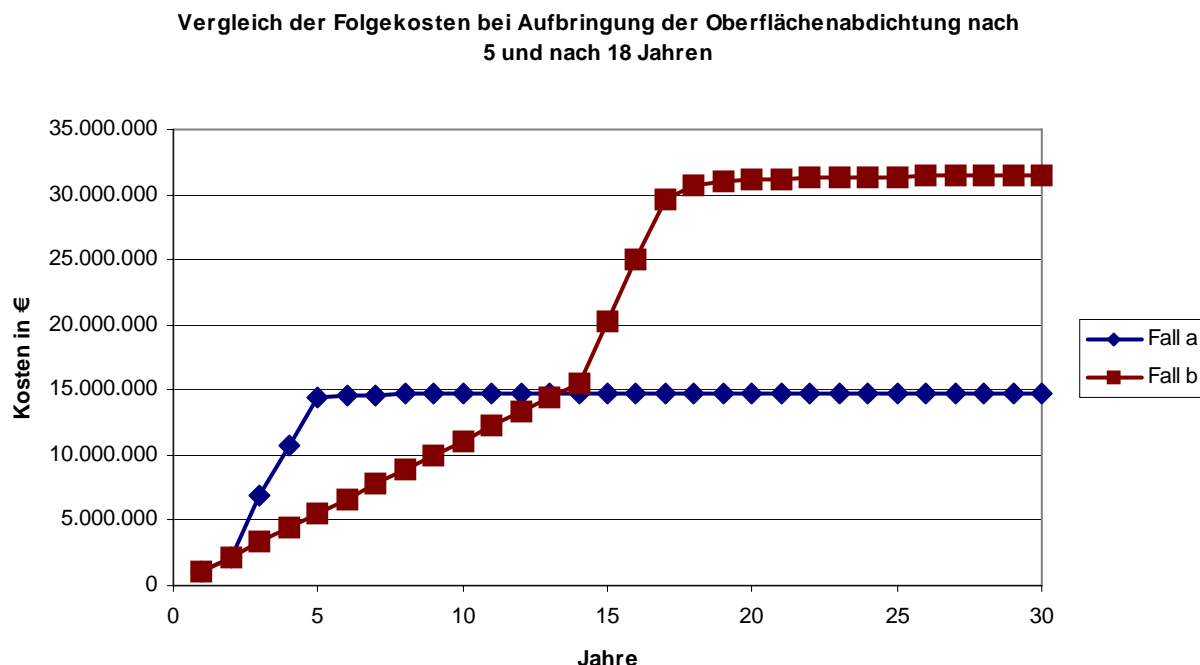


Abbildung 7: Folgekosten Fälle a und b - Aufbringung Oberflächenabdichtung nach 5 oder nach 18 Jahren (nur Kosten Sickerwasserreinigung und Oberflächenabdichtung, nicht abgezinst), BURKHARDT und EGLOFFSTEIN 2005

## 7 Möglichkeiten zum Vergleich von Varianten der Deponieschließung

Ist noch nicht klar, wie eine Deponie geschlossen werden soll und welche Kosten durch unterschiedliche Varianten verursacht werden, kann dies durch eine Variantenbetrachtung ermittelt werden. Dabei müssen die Kosten der jeweiligen Varianten und ein jeweiliges zeitliches Szenario ermittelt bzw. festgelegt werden. Eine Methode die Kosten, die zu unterschiedlichen Zeiten anfallen, aus heutiger Sicht vergleichbar darzustellen ist die Kapitalwertmethode (WÖHE 1978). Bei dieser werden die zukünftig zu leistenden Zahlungen gemäß einem vorgegebenen Zinssatz abgezinst werden. Im folgenden (realen) Beispiel wurde ein Zinssatz von 3 % angesetzt. Es gilt die Formel:

$$\text{Kapitalwert } K = \sum_{t=0}^n (E_t - A_t) \cdot (1 + i)^{-t}$$

mit

$E_t$  = Einzahlungen am Ende der Periode  $t$

$A_t$  = Auszahlungen am Ende der Periode  $t$

$i$  = Kalkulationszinsfuß

$t$  = Periode ( $t = 0, 1, 1, 2 \dots, n$ )

$n$  = Nutzungsdauer des Investitionsobjekts

Der Kapitalwert beträgt jeweils die Summe der abgezinsten Jahressummen (wenn die Periode jeweils ein Jahr beträgt). Die Abzinsung erfolgt dabei gemäß der Formel:

$$\text{Kapitalwert } K = (E_0 - K_0) + \frac{(E_1 - A_1)}{(1+i)^1} + \dots + \frac{(E_n - A_n)}{(1+i)^n}$$

Die Teuerungsrate (Inflation) wurde im Beispiel mit 1,5 % je Jahr angesetzt. Aus der Summe der jährlichen Kosten, der Inflationsrate und der Abzinsung wurde für das besagte Beispiel für jedes Jahr ein Kapitalwert berechnet. Die Summe der Kapitalwerte für die verschiedenen Varianten stellt die Kosten der Varianten aus heutiger Sicht dar und ist somit vergleichbar.

Die Variante A ist eine theoretische Variante, da die Deponie mit einer Erdabdeckung belassen wird, und würde, wenn die Beispiel-Deponie nicht aus der Nachsorge entlassen werden kann, praktisch unendlich lange andauern. Trotz der Abzinsung mit 3 % würden damit über sehr lange Zeiträume Kosten anfallen.

Die Varianten B1 und B2 beinhalten verschiedene Varianten der Oberflächenabdichtung. Die sich im Beispiel ergebenden Kosteneinsparungen bei den Varianten B1 und B2 gegenüber Variante A beruhen auf dem kürzeren Nachsorgezeitraum und den Einsparungen im Bereich der Sickerwasserreinigung. Siehe hierzu die Abbildungen 5 und 6.

Betriebsphase

Jährliche Kosten für die Varianten A, B1 und B2 (nicht abgezinst)

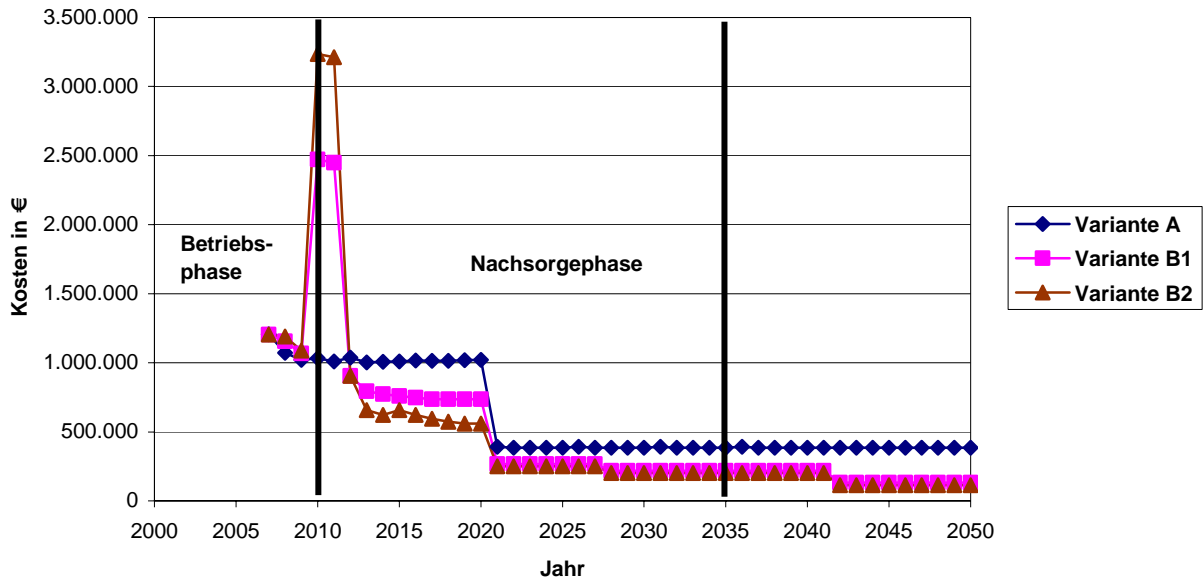


Abbildung 8: Jährliche Kosten für die oben genannten Varianten A, B1 und B2 (netto, ohne Abzinsung etc.)

Betriebsphase

Aufsummierte Kosten der Varianten A, B1 und B2 2007 bis 2050

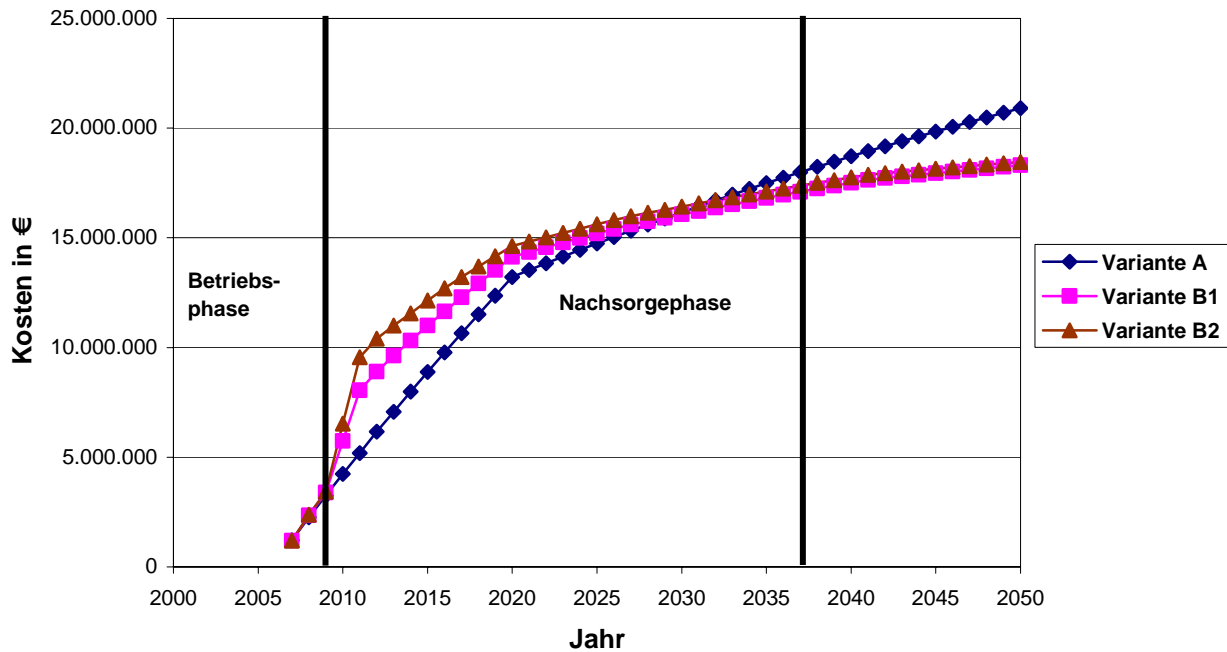


Abbildung 9: Aufsummierte Kosten für die oben genannten Varianten A, B1 und B2 (Kapitalwert nach Abzinsung)

## 8 Quellen- und Literaturverzeichnis

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (1994, Hrsg.): Deponierisikostudie, Reihe Umwelt & Entwicklung, Bayern, Band 98, Langfassung.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1991): Gesamtfassung der Zweiten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) - Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch / physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12.03.1991

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1993a): Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Vom 14. Mai 1993 (Beilage Nummer 99 a zum Bundesanzeiger vom 29. Mai 1993.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2003b): Verordnung über das europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung – AVV) vom 10. Dezember 2001 zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 24. Juli 2002, BGBl I S. 2833 BGBl I 2005, 46, S. 2252

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1994): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts-/Abfallgesetz - KrW-/AbfG), 27. Sept. 1994, BGBl I, S. 2705, zuletzt geändert durch Artikel 69 des Gesetzes vom 21. Aug. 2002, BGBl I, S. 3322

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2001): Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen - Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV), BGBl I 2001, S. 305

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Verordnung über Deponien und Langzeitlager und zur Änderung der Abfallablagerungsverordnung – Deponieverordnung (DepV), BGBl I 2002, S. 2807

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2005): Verordnung zur Verwertung von Abfällen auf Deponien über Tage und zur Änderung der Gewerbeabfallverordnung – Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV), BGBl I 2005, 46, S. 2252

Burkhardt, G. (1992): Deponiefolgekosten, Abfallwirtschaftsjournal 1/92, EF-Verlag, Berlin/Neuruppin.

Burkhardt, G. und Egloffstein, Th. (1996): Invest- und Folgekostenermittlung von Oberflächenabdichtungen und Rekultivierungsmaßnahmen, in VDI-Bildungswerk (Hrsg.), Kostenblock Deponienachsorge, VDI Verlag, Düsseldorf

Burkhardt, G. und Egloffstein, Th. (1997): Deponiefolgekosten, in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Planung-Bau-Kosten, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 103, Erich Schmidt Verlag, Berlin

Burkhardt, G. und Hommel, U. (1994): Ablagerung von Abfällen, in Tabasaran, O. (Hrsg.): Abfallwirtschaft - Abfalltechnik, Verlag Ernst & Sohn, Berlin.

Burkhardt, G. und Egloffstein, Th. (2003): Sickerwasserminimierung durch Oberflächenabdichtung – Prognosen und Erfahrungen aus der Praxis, Kostenkalkulation, in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Erich Schmidt Verlag, Berlin

Burkhardt, G. und Egloffstein, Th. (2003): Sickerwasserminimierung durch Oberflächenabdichtung – Prognosen und Erfahrungen aus der Praxis, Kostenkalkulation, in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Erich Schmidt Verlag, Berlin

Burkhardt, G. und Egloffstein, Th (2005): Ermittlung der Nachsorge und Folgekosten von Deponien, in Kranert, M. (Hrsg.), Zeitgemäße Deponietechnik 2005, Stuttgarter Berichte zur Abfallwirtschaft, Band 84

Egloffstein, Th, Burkhardt, G. und Heidrich, A. (1995): Wasserhaushaltsbetrachtungen bei Oberflächenabdichtungen und -abdeckungen, in Egloffstein, Th. und Burkhardt, G: (Hrsg.): Oberflächenabdichtungen für Deponien und Altlasten - Abdichtung oder Abdeckung?, Schriftenreihe Angewandte Geologie Karlsruhe (AGK), Bd. 37, Eigenverlag AGK, Universität Karlsruhe.

Egloffstein, Th. und Burkhardt, G. (1996): Beurteilung von Oberflächenabdichtungssystemen anhand von Wasserhaushaltsbetrachtungen, in VDI-Bildungswerk (Hrsg.), Kostenblock Deponienachsorge, VDI Verlag, Düsseldorf

ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH: ICP-Info-Blatt Nr. 7 "Deponienachsorge und Deponiefolgekosten" 1996, zu erhalten bei ICP, Eisenbahnstr. 36, 76229 Karlsruhe

Landkreistag Baden-Württemberg: Grundraster zur Ermittlung der "Nachsorgekosten" bei Hausmülldeponien, Juni 1989 (Az.: 720.30).

Nienhaus, U., Krümpelbeck, I. (1996): Auswirkungen von Oberflächenabdeckungen/-abdichtungen auf den Gas- und Wasserhaushalt von Altdeponien, Vortrag im Rahmen der UTECH Berlin 1996.

Rettenberger, G. und Tabasaran, O. (1986): Verwertung des Deponiegases mit vorausgehender Zwangsentgasung der Deponie "Am Lemberg" Landkreis Ludwigsburg, Teil III, Ergebnisse des Mess- und Untersuchungsprogramms, BMFT-FB-T 86-147.

Tabasaran, O. und Rettenberger, G. (1987): Grundlagen zur Planung von Entgasungsanlagen, in Hösel, Schenkel, Schnurer (Hrsg.): Müllhandbuch, Kennziffer 4547, Erich Schmidt Verlag, Berlin

Wöhe, G (1978): Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Verlag Franz Vahlen, 13., überarbeitete Auflage München 1978