

# Ermittlung der Nachsorge- und Folgekosten von Deponien auf Grundlage der neuen Verordnungen

Gerd Burkhardt und Thomas Egloffstein

ICP Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH, Karlsruhe, icp@icp-ing.de

## 1 Einleitung

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. Regelungen zur Stilllegung und Nachsorge von Deponien waren bisher und sind auch weiterhin im Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) und in der TA Siedlungsabfall (TASi) gegeben. Seit Inkrafttreten der Abfallablagerungsverordnung und der Deponieverordnung (DepV) wurden jedoch zusätzliche Regelungen getroffen, die für die Stilllegung und Nachsorge von Deponien und die in diesen Lebensphasen von Deponien auftretenden Kosten Auswirkungen haben. Auch die Deponieverwertungsverordnung, welche in 2005 in Kraft treten soll, kann durchaus noch relevante Auswirkungen auf die bisher vorliegenden Kostenberechnungen haben. Die wesentlichen Änderungen und Auswirkungen sollen im Folgenden kurz dargestellt werden.

## 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 einzelnen Phasen sind in Abb. 1 graphisch dargestellt.

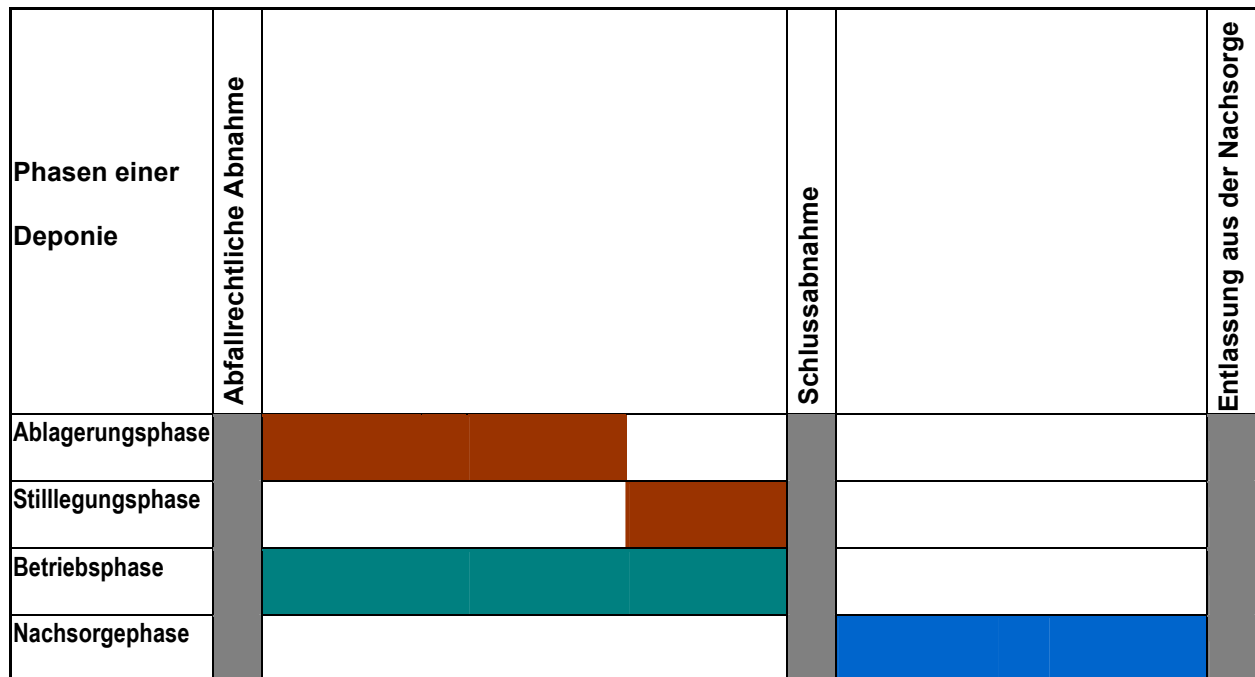


Abb. 1: Phasen einer Deponie

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).

### 3 Rechtliche sowie inhaltliche Grundlagen und Festlegungen

Die Notwendigkeit zur Ermittlung der Nachsorgekosten (oder besser: Folgekosten) für Deponien leitet sich aus gebührenrechtlichen Gegebenheiten und aus Vorgaben des Krw-/AbfG, der Dritten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall) und der Deponieverordnung (DepV) ab.

Regelungen zur Nachsorgephase, d. h. den Zeitraum nach vollständiger Stilllegung einer Deponie sind in § 36 KrW-/AbfG, in Nr. 10.7.2 TA Siedlungsabfall sowie den §§ 12, 13 und 19 DepV enthalten. Hierzu wird zunächst in § 36 KrW-/AbfG vermerkt:

*„(1) Der Inhaber einer Deponie hat ihre beabsichtigte Stilllegung der zuständigen Behörde unverzüglich anzuzeigen. ...“*

*„(2) Soweit entsprechende Regelungen noch nicht in dem Planfeststellungsbeschluss nach § 31 Abs. 2, der Genehmigung nach § 31 Abs. 3, in Bedingungen und Auflagen nach § 35 oder den für die Deponie geltenden umweltrechtlichen Bestimmungen enthalten sind, hat die zuständige Behörde den Inhaber der Deponie zu verpflichten*

*1. auf seine Kosten das Gelände, das für eine Deponie nach Absatz 1 verwandt worden ist, zu rekultivieren,*

*2. auf seine Kosten alle sonstigen erforderlichen Vorkehrungen, einschließlich der Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen während der Nachsorgephase, zu treffen, um die in § 32 Abs. 1 bis 3 genannten Anforderungen auch nach Stilllegung zu erfüllen, und*

*3. der zuständigen Behörde alle Überwachungsergebnisse zu melden, aus denen sich Anhaltspunkte für erhebliche nachteilige Umweltauswirkungen ergeben.*

*Besteht der Verdacht, dass von einer stillgelegten Deponie nach Absatz 1 schädliche Bodenveränderungen oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit ausgehen, so finden für die Erfassung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung die Vorschriften des Bundes-Bodenschutzgesetzes Anwendung“.*

*„(3) Die zuständige Behörde hat den Abschluss der Stilllegung festzustellen (endgültige Stilllegung).“*

*„(4)...“*

*„(5) Die zuständige Behörde hat auf Antrag den Abschluss der Nachsorgephase festzustellen.“*

In Bezug auf die Nachsorgephase, d. h. den Zeitraum nach vollständiger Schließung bzw. Stilllegung der Deponie sind in Nr. 10.7.2 TA Siedlungsabfall folgende Regelungen festgelegt:

*"Deponien bedürfen der Nachsorge. Die Nachsorgephase beginnt mit der Schlussabnahme. In der Nachsorgephase sind insbesondere Langzeitsicherungsmaßnahmen und Kontrollen des Deponieverhaltens nach Nr. 10.6.6. sowie nach Anhang G der TA Abfall durchzuführen und zu dokumentieren. Die Kontrollen und Maßnahmen in der Nachsorgephase sind vom Deponiebetreiber im Rahmen der Kontrollen nach Nr. 10.6.6. sowie nach Anhang G der TA Abfall so lange durchzuführen, bis die zuständige Behörde ihn aus der Nachsorgephase entlässt".*

Ziel der Kalkulation der Folgekosten von Deponien ist es, alle Kosten, die durch abgelagerte Abfälle entstehen den Abfallproduzenten zuzuordnen, so dass dieser alle durch den von ihm produzierten Kosten über die jeweilige Müllgebühr trägt. Bereits im Jahre 1989 wurde vom Landkreistag Baden-Württemberg ein Grundraster zur Ermittlung der

"Nachsorgekosten" bei Hausmülldeponien erarbeitet (Landkreistag Baden-Württemberg 1989).

## 4 Abgrenzung der Begriffe Deponienachsorge- und Deponiefolgekosten

Aus rein betriebswirtschaftlicher Sicht beginnen die Kosten, welche für den Abschluss einer Deponie rückzustellen sind nicht erst in der Nachsorgephase bzw. mit der Schlussabnahme gemäß TA Siedlungsabfall sondern bereits mit der sogenannten Stilllegungsphase nach der Anlieferung der "letzten Tonne Abfall" und somit direkt nach Verfüllung der Deponie, da ab diesem Zeitpunkt keine Einnahmen durch Deponiegebühren mehr erzielt werden können.

Entsprechend dieser Grundlage sind alle nachfolgenden Maßnahmen wie auch das Aufbringen der Oberflächenabdichtung, die Rekultivierung und der Rückbau von Betriebseinrichtungen in der Folgekostenberechnung zu berücksichtigen, soweit sie nicht bereits in der Ablagerungsphase erfolgen konnten.

Der häufig verwendete Begriff "Nachsorgekosten" sollte deshalb besser durch den Begriff "Folgekosten" ersetzt werden, da der Begriff "Nachsorge" sich auf einen Zeitraum nach der Schlussabnahme bis zur Entlassung aus der Nachsorgephase der Deponie bezieht. Der betriebswirtschaftlich zu erfassende Zeitraum entspricht somit nicht der abfallrechtlich definierten Nachsorgephase, wie sie z. B. Bräcker (1996) beschreibt sondern bereits mit der Stilllegungsphase des letzten Deponieabschnitts. Siehe hierzu Abbildung 2.

Die einzelnen Phasen der Stilllegung von Deponien lassen sich jedoch in der Praxis nicht immer so eindeutig trennen, wie dies in Abb. 2 aufgezeigt ist. So sind z. B. während der Nachsorgephase eventuell noch Einrichtungen zu betreiben (Sickerwasserreinigungsanlage, Deponiegasfassung und -verwertung). Diese können dann erst während oder nach der Nachsorgephase rückgebaut werden. Es entstehen somit u. U. auch in dieser Phase Aufwendungen über das reine Monitoring hinaus. Der Umfang der Folge- und Nachsorgemaßnahmen richtet sich maßgeblich nach den Anforderungen der TA Siedlungsabfall (insbes. Anhang G der TA Abfall) und nach den in den jeweiligen Planfeststellungsbeschlüssen enthaltenen Auflagen sowie den Auflagen der Genehmigungsbehörden. Es wäre zukünftig auch folgende Unterscheidung möglich:

**Nachsorgekosten:** Kosten, welche im Nachsorgezeitraum einer Deponie anfallen.

**Folgekosten:** Alle Kosten, welche im Stilllegungs- und Nachsorgezeitraum einer Deponie anfallen.

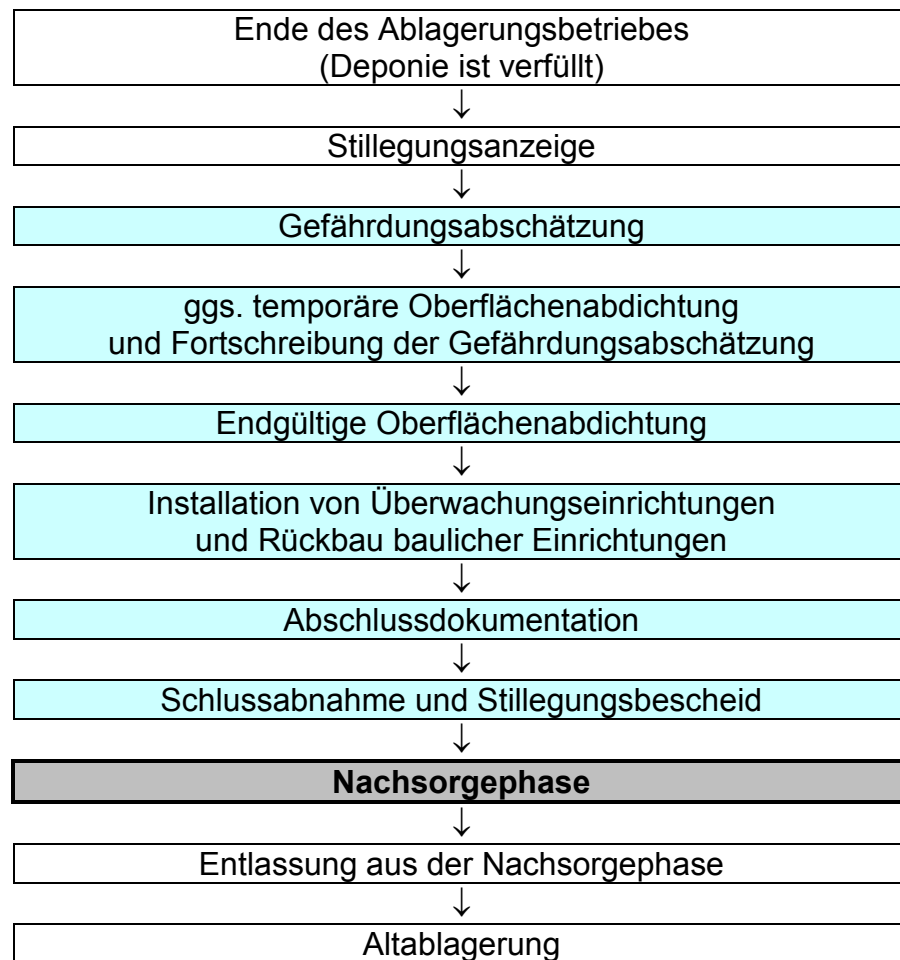


Abb. 2: Ablauf der Stilllegung von Deponien aus abfallrechtlicher Sicht nach Bräcker (1996), verändert (die hinterlegten Phasen sind im Rahmen der Folgekostenermittlung zu berücksichtigen)

## 5 Neuerungen durch die Deponieverordnung

In § 12 DepV wird die Stilllegung von Deponien geregelt. In der Stilllegungsphase hat der Betreiber von Deponien der Klassen 0, III und IV unverzüglich alle Maßnahmen durchzuführen, um zukünftige negative Auswirkungen der Deponie (oder des Deponieabschnittes) auf die in § 10 Abs. 4 des KrW-/AbfG genannten Schutzgüter zu verhindern. Für die Deponien der Klassen I und II sind diese Festlegungen in Kap. 10.7 aufgeführt. TA Siedlungsabfall (TASi) getroffen, so dass sie nicht mehr mit aufgeführt werden.

Durch die DepV werden zwar die einzelnen Phasen einer Deponie definiert. Leider stimmt die Definition nicht völlig mit der Verwendung in der TASi überein. In der TASi wird eine Deponie nach der Stilllegung abgedichtet. Danach wird eine Schlussabnahme durchgeführt und die Deponie in die Nachsorgephase überführt.

Eine endgültige Klärung der häufig gestellten Frage, ob die Nachsorgekosten, für welche Rückstellungen gebildet werden müssen, die Kosten der Oberflächenabdichtung

enthalten dürfen oder nicht, ist somit noch immer nicht gegeben. Die Autoren sind jedoch nach wie vor der Ansicht, dass selbstverständlich für alle Kosten, welche nach der Ablagerungsphase anfallen, Rückstellungen gebildet werden dürfen bzw. müssen. Nach Ansicht der Autoren geht dies unmissverständlich aus § 36 Abs. 2 KrW-/AbfG hervor. In den folgenden Ausführungen ist daher die Oberflächenabdichtung ein Kostenpunkt in der Ermittlung der Folgekosten.

Die Aufbringungen einer temporären Oberflächenabdichtung oder –abdeckung ist nach § 12 Abs. 5 DepV nach wie vor möglich.

Gemäß Abs. 4 und 5 § 13 DepV kann eine Deponie auf Antrag des Betreibers aus der Nachsorge entlassen werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten (und deren Einhaltung durch die zuständige Behörde geprüft wurde):

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

Dies zeigt, dass neben den Maßnahmen zur Überwachung und den Kontrollen alle Maßnahmen zur Sickerwasser- und Deponiegasfassung und –behandlung, sowie auch der Rückbau baulicher oder technischer Einrichtungen in die Nachsorgephase gehören und somit deren Kosten über eine entsprechende Rücklage zu finanzieren sind. We-

sentliche Neuerungen gegenüber der bisher geübten Praxis sind jedoch durch § 13 DepV nicht gegeben.

Eine Neuerung ist jedoch in § 19 DepV gegeben, in welchem die Sicherheitsleistungen für Deponien geregelt werden. In Abs. 3 des Paragraphen wird bestimmt, dass in der Berechnung der Höhe der Sicherheiten bei den Deponien der Klassen I, II, III und IV ein Nachsorgezeitraum von mindestens 30 Jahren und bei Deponien der Klasse 0 ein Nachsorgezeitraum von mindestens zehn Jahren zu berücksichtigen ist. Von einer Sicherheitsleistung soll gem. § 19 Abs. 6 abgesehen werden, wenn die Deponie durch eine öffentlich-rechtliche Körperschaft betrieben wird.

## **6 Neuerungen durch die Deponieverwertungsverordnung**

Die Deponieverwertungsverordnung soll die Scheinverwertung von Abfällen auf Deponien, zum Beispiel zur Endprofilierung nach der Verfüllung oder Schließung der Deponie verhindern und soll ab 2005 die Verwertung von Abfällen auf Deponien abschließend regeln. Zwar ist die Verwertung von Abfällen im Bereich des Deponiekörpers in der Stilllegungsphase noch möglich, wird aber durch Randbedingungen deutlich eingeschränkt. So darf die Profilierung nur so erfolgen, dass sie eindeutig Rohstoffe ersetzt. Kann eine Profilierung auch durch Umlagerung geschehen, so hat dies Vorrang, solange die Maßnahme verhältnismäßig ist (Wagner 2004).

Durch die Deponieverwertungsverordnung werden daher in Zukunft Profilierungsmaßnahmen in großem Umfang verhindert. (z. B. Deponie Pfuhl: 800.000 t Z 2-Material, Deponie Ulm-Eggingen: ca. 800.000 t Z 2-, Z 3- und Z 4-Material). Deponiebetreiber, die in ihrer Folgekostenberechnung entsprechende Einnahmen aus der Profilierung angesetzt haben müssen neu kalkulieren.

## **7 Arten von Folgekosten**

Die Folgekosten können unterschieden werden in

- Investitionskosten, welche einmalig anfallen und
- zeitabhängige Kosten.

Zu den ersteren gehören die Aufwendungen für die Herstellung der Oberflächenabdichtung, die Aufbringung der Rekultivierung oder der Rückbau betrieblicher und baulicher Einrichtungen. Diese Kosten können relativ genau auf der Grundlage heutiger Kosten ermittelt werden. Weniger genau lässt sich der Zeitpunkt des Anfalles der Investitionen sowie die Kostensteigerung bis zu diesem Zeitpunkt angeben.

Die zeitabhängigen Kosten sind durch Betrieb, Wartung und Reparatur weiter zu betreibender oder zu überwachender Einrichtungen sowie die Überwachung (Monitoring, Kontrollen). Zu den o. g. Unabwägbarkeiten kommt noch die heute nur schwer kalkulierbare Dauer des Nachsorgezeitraumes hinzu, über welchen die kostenverursachenden Maßnahmen durchgeführt werden müssen.

Stachowske (1997) unterteilt die Folgekosten auch ein in

- kalkulierbare Kosten,
- bedingt kalkulierbare Kosten und
- nicht kalkulierbare Kosten.

Zu den (zumindest auf heutiger Basis) kalkulierbaren Kosten zählen die Investitionskosten, jährliche Aufwendungen für Wartung und Unterhalt betrieblicher und baulicher Einrichtungen und die Kosten für das Monitoring.

Bedingt kalkulierbar sind derzeit Betriebskosten für die Sickerwasserreinigung und die Deponiegasbehandlung.

Nicht kalkulierbar sind Kosten aufgrund von Änderungen der gesetzlichen Grundlagen oder aufgrund von unvorhersehbaren Schäden (plötzliches Versagen von Einrichtungen, katastrophale Ereignisse).

Letztere können naturgemäß nicht Bestandteil einer Folgekostenberechnung sein. Hier kommen eher versicherungstechnische Überlegungen zum tragen. Stachowske (1997) regt hierzu z. B. die Bildung eines Fonds an. Auch durch Risikobetrachtungen können hier nur ansatzweise die möglichen Kosten ermittelt werden, da kaum statistische Angaben zur Versagenswahrscheinlichkeit und zu den Häufigkeit des Eintritts entsprechender Schäden vorhanden sind.

## **8 Festlegung des Nachsorgezeitraumes**

Die Festlegung des Zeitraumes der Nachsorgephase obliegt gemäß Nr. 10.7.2 TA Siedlungsabfall der zuständigen Behörde. Gemäß DepV ist eine Sicherheitsleistung für Deponien der Klassen I bis IV für mindestens 30 Jahre zu kalkulieren. Ob dies auch für öffentlich-rechtliche Körperschaften gilt, welche von der Stellung einer Sicherheit befreit sind, konnte bislang nicht abschließend geklärt werden. Die DepV ist noch zu neu, Aussagen zu dieser Thematik werden von Seiten der Behörden erst noch zu treffen sein. Bis heute sind daher keine konkreten Angaben dazu möglich, welchen Zeitraum die Behörden wählen werden. Der Zeitraum, der sich unmittelbar auf die Kosten auswirkt, musste deshalb bisher auf der Grundlage technischer, betriebswirtschaftlicher und öko-



logischer Kriterien vom Deponiebetreiber oder einem Gutachter festgelegt werden. Diese Kriterien sind nun in § 13 DepV definiert (s. o.).

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. Nachsorgekostenberechnungen sind daher auch regelmäßig zu überarbeiten und auf der Grundlage neuer Regelungen und Kenntnisse zu überprüfen. Bisher wurde in der Regel davon ausgegangen, dass der Nachsorgezeitraum einerseits in einer betriebswirtschaftlich sinnvoll zu betrachtenden Zeit 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, Anfall von Sickerwasser, Bildung erhöhter Temperaturen etc.). Dieser Ansatz wird nun durch § 13 DepV bestätigt.

Deponien bilden nach heutigem Verständnis ein Endlager für die dort abgelagerten Abfälle. Sie bestehen somit über einen praktisch unendlichen Zeitraum. Es ist daher davon auszugehen, dass eine Deponie zu keiner Zeit völlig "vergessen" werden darf. Des Weiteren ist die Deponie ein Ingenieurbauwerk und weist als solches (wie z. B. auch eine 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 maximal zu betrachtenden Zeiträumen und der tatsächlichen „aktiven“ Nachsorge zu treffen.

Bei der Betrachtung der Nachsorgezeiträume ist zu unterscheiden zwischen Deponien, deren Gefährdungspotential grundsätzlich sehr niedrig ist (z. B. reinen Erddeponien oder Deponien der Klasse 0), Inertstoffdeponien, in denen keine biochemischen Umsetzungsvorgänge auftreten (Deponien gemäß der Deponieklassen I und II gemäß TA Siedlungsabfall, bzw. ehemalige Bauschuttdeponien) und herkömmlichen Hausmülldeponien ("Reaktordeponien", Deponien mit organischen Inhaltsstoffen). Gesondert zu betrachten sind sicherlich Deponien mit sehr großem Gefährdungspotential (Deponien der Klassen III und IV).

Für reine Erddeponien (bisher sog. Z 0-Deponien, unbelasteter Erdaushub) ist im wesentlichen ein Nachsorgezeitraum anzusetzen, der gewährleistet, dass das Rekultivierungsziel erreicht wird, da eine längerfristige Überwachung potentieller Emissionen in das Grundwasser oder die Atmosphäre nicht erforderlich wird. Diese Deponien werden mangels anderer Einstufungsmöglichkeiten gemäß DepV als Deponieklasse 0 angesehen.

Für Inertstoffdeponien, wie sie durch die TA Siedlungsabfall für die Deponieklassen I und II definiert sind, liegen derzeit noch keine Erfahrungen hinsichtlich der erforderli-

chen Nachsorgezeiträume vor. In Inertstoffdeponien (vor allem Schlackedeponien) können sich im Deponiekörper hohe Temperaturen (bis 100 °C ) ergeben, die evtl. überwachungsrelevant sind. Der Zeitraum zur Überwachung der Inertstoffdeponien muss daher über eine Abschätzung auf der Grundlage der heutigen Kenntnisse vorgenommen werden, beträgt jedoch mindestens 30 Jahre (§ 19 DepV).

Für Hausmülldeponien ist ein Nachsorgezeitraum anzulegen, der berücksichtigt, dass noch über längere Zeiträume mit relevanten Emissionen (Deponiegas, Sickerwasser) zu rechnen ist. Hierbei sind der Zeitpunkt der Aufbringung der Oberflächenabdichtung und deren Dichtigkeit bzw. Wirkungsgrad entscheidende Kriterien. Durch die Aufbringung einer Oberflächenabdichtung gemäß Deponieklasse II TA Siedlungsabfall oder gleichwertigen Abdichtungssystemen wird der Zutritt von Niederschlagswasser und der Austritt von Deponiegas über die Oberfläche weitestgehend 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. 3).

Beobachtungen auf einer Deponie, welche fast ausschließlich mit einer Kunststoffdichtungsbahn abgedichtet wurde, lassen den Schluss zu, dass der Sickerwasseranfall sehr rasch zurückgeht. Es ist davon auszugehen, dass nach ca. 5 Jahren kein relevanter Sickerwasseranfall mehr zu verzeichnen ist.

Die Setzungen bzw. Sackungen des Hausmüllkörpers hängen weitgehend mit dem Masseverlust durch die Deponiegasbildung zusammen. Aus diesem Grunde kann die Deponiegasbildung als maßgebend für die Bemessung des Nachsorgezeitraumes bei herkömmlichen Hausmülldeponien angesehen werden.

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.

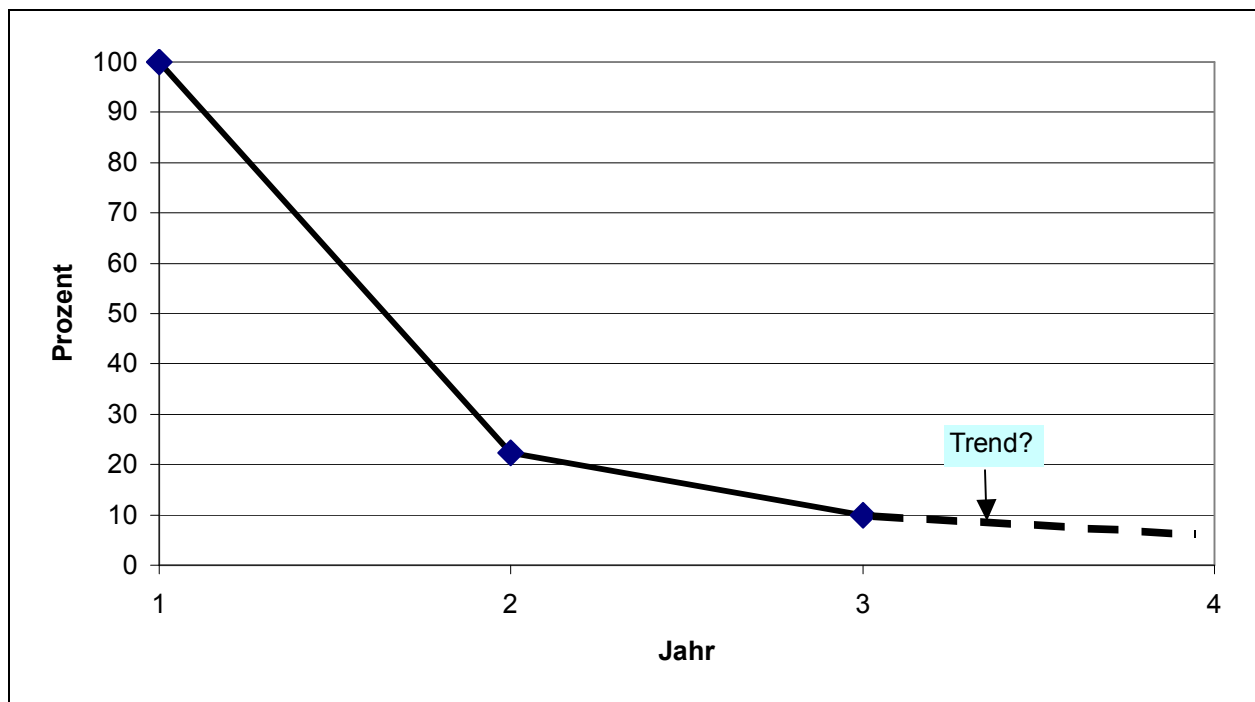


Abb. 3: Prozentualer Rückgang der Sickerwassermenge nach Abdichtung einer Deponie mittels KDB im Jahre 1 (Burkhardt und Egloffstein 2003)

Ab einem Wassergehalt von etwa 20 % und weniger, kommt ein biochemischer Abbau praktisch ganz zum Erliegen. Da Hausmüll-Deponiekörper im allgemeinen einen durchschnittlichen Wassergehalt von mindestens 35 % aufweisen und eine völlige Austrocknung über die Entgasung nicht zu befürchten ist, wird weiterhin eine Gasbildung stattfinden. Erste Untersuchungen durch Nienhaus und Krümpelbeck (1996) bestätigen diese Annahme. Sie zeigen aber auch, dass die Deponiegasbildung nach oberflächlicher Abdichtung einer Hausmülldeponie stark zurückgeht. Längerfristige und verallgemeinerungsfähige Untersuchungen an Deponien mit Oberflächenabdichtungen gemäß Deponieklasse II der TA Siedlungsabfall auf Hausmülldeponien 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 bereits 1992 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 und eine passive Entgasung einzurichten. Diese kann z. B. so aussehen, dass Biofilter (Kompostfilter) eingerichtet werden, oder das Gas in die Flächendränage 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 bzw. keine unzulässigen Emissionen auftreten.

In der Fachliteratur werden z. B. durch Tabasaran und Rettenberger (1987) Methankonzentrationen (an der Deponieoberfläche mittels FID gemessen) von 70 bis 100 ppm angegeben, bei denen keine schädlichen Auswirkungen (Gerüche, Schäden am Bewuchs) durch flächig emittierendes Deponiegas mehr festzustellen sind. Da eine gleichmäßige Durchströmung der Rekultivierungsschicht nicht gewährleistet werden kann und auch Situationen wie z. B. Frost im Oberboden zu beachten sind, sollte 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 werden (1 ppm Methan, mittels FID an der Deponieoberfläche gemessen, entspricht nach Tabasaran und Rettenberger (1987) etwa einem Emissionsmassenstrom von  $5,78 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  Deponiegas). Dieser Wert stellt in etwa auch einem (FID-) Messwert dar, der in unbelasteten bewachsenen Flächen ermittelt werden kann. Auch wenn die oben genannten Werte grobe Vereinfachungen enthalten, kann hiermit eine sinnvolle Größenordnung für die zulässige restliche Gasbildung gefunden werden.

Bei einer Passage durch die Rekultivierungsschicht wird die Deponiegasmenge durch aerobe biochemische Vorgänge vor allem im belebten Oberboden nochmals reduziert. Dies sollte mittels einer Erfolgskontrolle (Begehung mit FID) über einige Jahre kontrolliert werden.

Für größere Hausmülldeponien ergeben sich auf diese Weise meist Nachsorgezeiträume im Bereich von ca. 40 Jahren. Da ab 2005 jedoch kein Abfall mehr abgelagert werden darf, der eine Deponiegasbildung zulässt, wird der Nachsorgezeitraum für Hausmülldeponien, die nach 2005 und 2009 noch weiter betrieben werden, eher zurück gehen (Minimum 30 Jahre gem. DepV).

## **9 Berechnung der Folgekosten (Nachsorgekosten)**

Die Folgekosten sollten bei der Berechnung übersichtlich und überprüfbar aufgeführt werden. Es sollten nicht nur pauschale Summen genannt sein, die in keiner Weise prüfbar sind und bei einer Fortschreibung der Kostenberechnung nicht nachvollzogen werden können. Es empfiehlt sich daher eine Auflistung in der Art eines Leistungsverzeichnisses. Hierbei können die Kosten z. B. nach Burkhardt und Egloffstein (1996) in folgende Kostenhauptgruppen untergliedert werden:

1. Oberflächenwasserableitung (Bau und Betrieb bzw. Unterhalt)
2. Oberflächenabdichtung (Bau- und Baunebenkosten)
3. Rekultivierung (Herstellung und Pflege)
4. Sickerwasserbeseitigung/-reinigung (Betriebskosten)

5. Entgasung (Betriebskosten, evtl. Rückbau)
6. Mess- und Kontrollprogramm (Monitoring während der Nachsorgephase)
7. Rückbaumaßnahmen (Rückbau von Betriebsanlagen und Gebäuden etc.)
8. Sonstiges (Personalkosten, Pacht etc.)

Die Oberflächenwasserableitung umfasst alle Kosten zur Wartung und Unterhaltung der Oberflächenwassergräben und eventuellen Verdolungen bzw. Regenrückhaltebecken. Die Baukosten werden in der Regel über die Kosten der Oberflächenabdichtung mit erfasst. Somit fallen unter diese Kostenhauptgruppe etwa folgende Punkte:

- Reinigung von Oberflächenwasserbecken (Regenrückhaltebecken) in einem Intervall
- Reinigung bzw. Spülung der Leitungen bzw. Verdolungen nach Erfordernis (z. B. einmal jährlich) gemäß Anhang G TA Abfall
- Durchführung von Oberflächenwasseruntersuchungen
- Inspektion und Reinigung bzw. Instandsetzung von Gräben

Die Oberflächenabdichtung der verfüllten Deponie verursacht einen sehr großen Teil der gesamten Folgekosten. Aus diesem Grund sind hier besondere Überlegungen anzustellen, welche Art des Abdichtungssystems gewählt wird. Durch eine sinnvolle und auf die individuellen Randbedingungen zugeschnittene Lösung lassen sich hierbei Kosten in Millionenhöhe einsparen. Unter bestimmten Umständen kann auch die Einrichtung einer temporären Oberflächenabdichtung nicht nur technisch sondern auch wirtschaftlich von Vorteil sein.

Neben den Baukosten sind auch die Baunebenkosten (Planung, Qualitätssicherung, Projektsteuerung, Gutachten) zu berücksichtigen.

Dies gilt auch für die Rekultivierung. Die Kosten für die Rekultivierung können je nach Rekultivierungsziel sehr unterschiedlich ausfallen. Die Höhe des Erstinvests schwankt zwischen 0,5 bis 12,5 €/m<sup>2</sup> (i. d. R.: 7.500 bis 10.000 €/ha). Hinzu kommen Kosten für die Pflege der Pflanzen (Mähen, Bewässern, Ausschneiden, Beweidung etc.).

Über welchen Zeitraum bei völlig abgedichteten Deponien (Abdichtung mit Konvektionsperre, z. B. Kunststoffdichtungsbahn) Sickerwasser anfällt, kann derzeit nicht allgemeingültig angegeben werden. Erste Untersuchungen hierzu durch Nienhaus und Krümpelbeck konnten nur an weniger gut abgedichteten Deponien (rein mineralische Abdichtung oder Abdeckung) durchgeführt werden.

Aufgrund der fast fünfzehnjährigen Erfahrung mit Entgasungsanlagen ist es möglich, Prognosen über die zu erwartenden Kosten derartiger Anlagen über einen Zeitraum von 30 und mehr Jahren zu erstellen. Die Lebensdauer von Entgasungsanlagen bewegt sich bei fortlaufender optimaler Wartung nach Herstellerangaben in der Größenordnung von 10, maximal 15 Jahren, bevor wesentliche Teile erneuert werden müssen.

## 10 Durchschnittliche Höhe der Deponiefolgekosten

Bisherige Berechnungen haben sehr unterschiedliche Höhen für die Deponiefolgekosten erbracht, da sehr unterschiedliche Grundlagen, Inhalte und Überwachungszeiträume angesetzt wurden. Berechnungen, die auf der Grundlage der TA Siedlungsabfall beruhen und bei denen Zeiträume von 30 bis 80 Jahren für die Nachsorgephase angesetzt wurden, haben jedoch etwa die in der nachstehenden Tabelle aufgeführten spezifischen Kosten für Hausmülldeponien ergeben. In den Folgekosten ist der Aufwand für die Oberflächenabdichtung und Rekultivierung jeweils enthalten.

Die Kostenangaben in Tab. 1 sind verschiedenen Berechnungen für Hausmülldeponien entnommen. Teilweise wurden für einzelne Deponien verschiedene Nachsorgezeiträume (30 und 80 Jahre) angesetzt.

Tab. 1: Spezifische Folgekosten für Hausmülldeponien (Werte auf € umgerechnet und gerundet), nach ICP (1996)

	<b>Volumina m<sup>3</sup></b>	<b>Flächen m<sup>2</sup></b>	<b>Spezifische Nachsorgekosten € je m<sup>2</sup></b>	<b>Spezifische Nachsorgekosten € je m<sup>3</sup></b>
<b>Minimum</b>	1,0	7,5	200	10,5
<b>Arithm. Mittel</b>	2,9	19,1	250	17,5
<b>Maximum</b>	4,8	28,5	310	23

Es zeigt sich, dass die Höhe der Folgekosten weitgehend von der Fläche einer Deponie abhängt, da viele Kostenhauptgruppen direkt über die Fläche der Deponie in die Berechnung eingehen (Oberflächenabdichtung, Sickerwassermengen, Rekultivierung). Die spezifischen Folgekosten je Kubikmeter abgelagerten Abfalls sinken somit in dem Maße, je günstiger das Verhältnis von Fläche zu Volumen einer Deponie ist.

Selbstverständlich hat auch die Dauer der Nachsorgephase einen Einfluss auf die Deponiefolgekosten. Hierbei ist anzumerken, dass die Fixkosten (Oberflächenabdichtung, Rekultivierung, Rückbau von Betriebseinrichtungen etc.), die nicht von der Dauer der Nachsorge abhängen, in der Regel etwa 60 bis 80 % der gesamten Folgekosten bei Hausmülldeponien und oft bis bzw. über 90 % bei Inertstoffdeponien betragen. In den

Abbildungen 4 (herkömmliche Hausmülldeponie) und 5 (Inertstoffdeponie) sind die Kosten prozentual nach den oben genannten Kostengruppen aufgeführt.

### Aufteilung der Folgekosten Hausmülldeponie

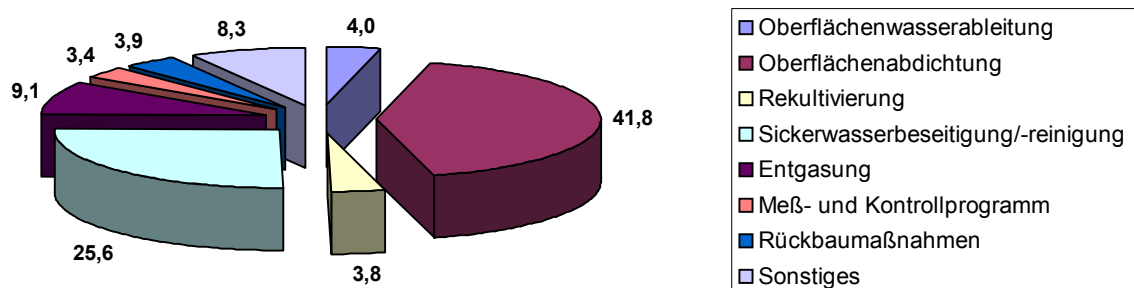


Abb. 4: Aufteilung der Folgekosten bei einer Hausmülldeponie (Beispiel)

### Aufteilung der Folgekosten Inertstoffdeponie

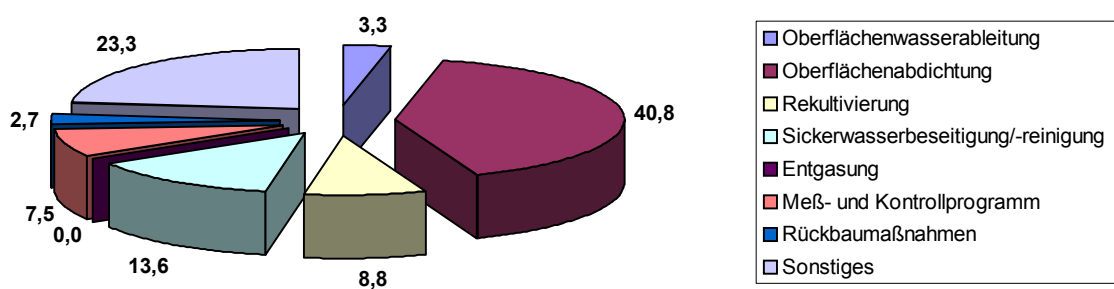


Abb. 5: Aufteilung der Folgekosten bei einer Inertstoffdeponie (Beispiel)

## 11 Literatur und Quellen

Bräcker (1996): Persönliche schriftliche Mitteilung vom 18.11.1996

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, Band 128, Erich Schmidt Verlag, Berlin

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).

Lichtensteiger, T., Zeltner, C. (1994): Wie lassen sich Feststoffqualitäten beurteilen? In: Depo- nierung fester Rückstände aus der Abfallwirtschaft. Tagung in der Kartause Ittingen im September 1993. vdf Hochschulverlage AG an der ETH Zürich.

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

Stachowske, M. (1997): Ermittlung von Nachsorgekosten und Kalkulation von Rückstellungen, Vortrag anlässlich des Seminars „Kostenblock Deponienachsorge“ des VDI-Bildungswerkes, 06./07.03.1997, Augsburg

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

Wagner, K. (2004): Die Deponieverwertungsverordnung – Referentenentwurf vom Juni 2004, Inkrafttreten, Auswirkungen auf die Stilllegung von Deponien, in Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 132, Erich Schmidt Verlag, Berlin

### **Anschrift der Verfasser**

Ingenieurgesellschaft Prof. Czurda und Partner mbH  
Eisenbahnstraße 36, 76229 Karlsruhe, icp@icp-ing.de