

Deponierückbau als Alternative zur Sanierung?

Prof. G. Rettenberger

Fachhochschule Trier, Postfach 1826, 54208 Trier

EINLEITUNG

Die prinzipiellen Möglichkeiten zur Sanierung von Altdeponien sind begrenzt. Die meistens angewandte Methode ist die Abkapselung unterschiedlicher Ausprägung mit begleitender Beobachtung von Deponie und Umgebung. Als weitere Methode, in der Praxis aber eher weniger angewandt, ist die Erfassung und Reinigung des Grundwassers zu nennen. In jüngster Zeit kommt zusätzlich die Methode des kontrollierten Nichtstun, das sogenannte natural attenuation wieder in den Blickpunkt der Fachwelt. Allen Methoden gemeinsam ist, dass sie sich gestuft einsetzen lassen, angefangen von der Kurierung einiger Symptome wie z.B. unkontrollierte Sickerwasser- und Gasaustritte oder unkontrollierte Oberflächenwasserabflüsse bis zur weitreichenden Sicherung bestehend aus Dichtwänden, Oberflächenabdichtungen sowie einer Bewirtschaftung der Deponiegase und des Grundwassers.

Erfahrungen mit der Sanierung von Altablagerungen haben gezeigt, dass diese, bezogen auf das Projekt, oft in enorme Kostengrößenordnungen gehen können, bezogen auf die spezifischen Kosten pro Kubikmeter Deponievolumen aber selten über € 25 hinausgegangen sind. Meist liegen die spezifischen Kosten unter 5 € pro Kubikmeter Deponievolumen.

Selbstverständlich darf nicht vergessen werden, dass die genannten Lösungen schwerwiegende Nachteile besitzen. Die Funktion der Sanierungselemente muss auf Dauer gewährleistet sein, so dass eine entsprechende Kontrolle aufrecht zu erhalten ist und Reparaturkosten anfallen können. Das Ende von diesen Maßnahmen ist im Grunde kaum zu prognostizieren. In einigen Bundesländern, in denen Handlungsempfehlungen für die Stilllegung von Altdeponien formuliert wurden, wurde klar fest-

gehalten, dass zumindest einige dieser Deponien grundsätzlich nie aus der Nachsorge entlassen werden können.

Daher erscheint es durchaus interessant zu sein, dass Problem der Sanierung umfassend zu lösen und durch Rückbau der deponierten Abfälle die **Ursache** einer Sanierungsbedürftigkeit zu beseitigen. Damit kommen aber zu den reinen Abgrabekosten noch die Entsorgungskosten hinzu. Daher sollten zweckmäßigerweise bei den Überlegungen eines sinnvollen Deponierückbaus auch noch Teillösungen mit in Betracht gezogen werden. Solche könnten z.B. der Teilrückbau mit Entsorgung von z.B. flachen Deponieteilen sein, der Rückbau mit Verbringung der Abfälle auf den bestehenden Deponiekörper mit oder ohne Vorbehandlung der rückgebauten Abfälle oder der Rückbau mit Ablagerung auf einer neuen Deponiefläche mit oder ohne Vorbehandlung.

Die Vorteile des Deponierückbaus liegen ganz offensichtlich auf der Hand. Neben der Sicherheit, die Ursachen für eine Umweltbeeinträchtigung beseitigt zu haben und zukünftig somit keine Risiken mehr aus der Altablagerung in Erwägung ziehen zu müssen, sind insbesondere keine Nachsorgekosten mehr gegeben. Würde man den Zeitraum für die Nachsorgekosten den Realitäten anpassen, so wäre ein Deponierückbau ein klares „Muss“, bei einem Nachsorgezeitraum von 30 Jahren hingegen steht eine relativ kleine Kostengröße im Raum, die, sollte ein Rückbau als Alternative in Frage kommen, von diesem unterschritten werden muss. In der gegenwärtigen Zeit ist dies die entscheidende Größe. Umwelterwägungen sind dabei in den Hintergrund verdrängt. Wo also ist der Rückbau eine sinnvolle Alternative?

METHODEN DES DEPONIERÜCKBAUS

Im vorliegenden Beitrag soll der Deponierückbau als Alternative zur Sanierung genauer geprüft werden. Daher muss untersucht werden: Ist der Deponierückbau technisch möglich, welche Umweltbelastungen entstehen während des Rückbaus, welche Varianten gibt es und was kostet der Rückbau? Zur Beurteilung wurden die Erfahrungen von bisherigen Deponierückbauprojekten an Siedlungsabfalldeponien ausgewertet.

ERGEBNISSE

Beschreibung des Deponierückbaus

Bei einem Deponierückbau werden Altabfälle unter Einhaltung der Anforderungen an den Arbeits- und Nachbarschaftsschutz abgegraben und anschließend teilweise klassiert und fraktioniert, wobei Grobfraktionen zerkleinert, Gefahrstoffe aussortiert und Teile der rückgebauten Abfälle einer Verwertung zugeführt werden. Je nach Variante wird der nicht verwertbare Anteil verdichtet in einen dem Stand der Technik entsprechenden Deponiebereich eingebaut.

Aushub

Bei den bisherigen Deponierückbauprojekten hat sich der Einsatz eines Systems zur kombinierten Belüftung und Absaugung, eines sogenannten Geruchsstabilisierungssystems, vor dem Öffnen der Deponie bewährt. Die Geruchsstabilisierung hat folgende direkte Auswirkungen:

1. Die Atmosphäre im Deponiekörper wird von anaeroben auf aerobe Verhältnisse umgestellt.
2. Vorhandene Spurengase werden zum großen Teil abgesaugt.
3. Die in anaerober Atmosphäre konservierten, aber aerob biologisch abbaubaren organischen Bestandteile des Altabfalls werden zum großen Teil aerob abgebaut.
4. Der Wassergehalt der Abfälle wird deutlich reduziert.

Dies führt zu folgenden für den Deponierückbau positiven Effekten:

Effekt durch 1. Es wird verhindert, dass es beim Öffnen der Deponie durch Entweichen des im anaeroben Deponiekörper vorhandenen Deponiegases und von Osmogenen zu Geruchsbelästigungen kommt.

Effekt durch 2. Nach erneuter Ablagerung der nicht verwertbaren Abfälle sind im Deponiegas weit weniger Spurengase nachzuweisen.

Effekt durch 3. Das Deponiegasbildungspotential und die organische Sickerwasserbelastung nach erneuter Deponierung der nicht verwertbaren Abfälle nehmen deutlich ab. Nach den bisherigen Erfahrungen genügt eine zweiwöchige Geruchsstabilisierung um die Altabfälle ausreichend biologisch zu stabilisieren. Eine weitergehende Stabilisierung ist dann auf biologischem Wege praktisch nicht mehr möglich.

Effekt durch 4. Die Sortierung der trockeneren Abfälle ist einfacher möglich.

Durch die Ableitung des abgesaugten Deponiegases über Biofilter kommt es zu keiner Abgabe von Schadstoffen an die Umwelt. Erfahrungen vom Deponierückbau auf der Deponie Burghof, Landkreis Ludwigsburg zeigen, dass an der Oberfläche des Filterbettes keine über den Eigengeruch des Filtermaterials hinausgehende Geruchsemission auftreten. Außerdem werden im Biofilter die Methan- und Spurengasgehalte deutlich reduziert. Beim Deponierückbau auf der Deponie Burghof war Methan nach dem Biofilter nicht mehr nachweisbar und die Spurengaskonzentration sank um durchschnittlich 96 % auf unproblematische Konzentrationen.

Nach der Geruchsstabilisierung kann der Abfall in 3 m dicker Schicht abgetragen werden. Die abgegrabenen Altabfälle bestehen bei einer Siedlungsabfalldeponie i.d.R. zu etwa 60 bis 70 Gew.% aus Feinfraktion < 40 mm. Bei ehemaligen Siedlungsabfalldeponien der DDR ist der Feinanteil < 40 mm aufgrund eines hohen Aschegehaltes zumeist noch höher (z.B. Deponie Baßlitz, Landkreis Großenhain: 93,4 Gew.%). Die Grobfraktion besteht i.d.R. etwa hälftig aus Leicht- und Schwerbestandteilen (Leichtbestandteile: Kunststofffolien, Kunststoffverbunde, Textilien, u.ä., Schwerbestandteile: Bauschutt, Metalle, Holz u.ä.). Problemstoffe treten bei Siedlungsabfalldeponien nur in sehr geringen Mengen auf. Der Problemstoffanteil (hauptsächlich: Bleiakkumulatoren, Elektroschrott und Ölfilter) bei bisherigen Rückbauprojekten an Siedlungsabfalldeponien lag zumeist bei etwa 0,05 bis 0,2 %.

Bei Projekten in der jüngsten Vergangenheit hat sich gezeigt, dass, soweit der Rückbau an älteren Teilen der Deponie erfolgt, ein Abgraben auch ohne Vorbelüftung erfolgen kann. Die Umweltüberwachung dieser Maßnahmen hat keinerlei Auffällig-

keiten gezeigt. Interessant war, dass die wiedereingebauten Abfälle zu höheren Geruchsemissionen geführt haben als am Abbauort. Grund hierfür ist, dass die Abfälle nicht ausreichend dennoch aber teilweise oxidiert waren, so dass sie sofort in die Versäuerungsphase nicht aber in die stabile Methanphase des anaeroben Abbaus zurückgefallen sind., durch eine entsprechende Einbautechnik ließ sich das Problem leicht lösen.

Aufbereitung

Bei der Aufbereitung der abgegrabenen Altabfälle können nur wenige stofflich verwertbare Fraktionen (v.a. Steine, Metalle) unter hohem Kostenaufwand aussortiert werden. Bei zukünftigen Rückbaumaßnahmen wird die Aussortierung stofflich verwertbarer Fraktionen daher keine oder allenfalls eine untergeordnete Rolle spielen (Ausnahme: Deponien mit sehr hohem Bauschuttanteil). Damit beschränkt sich die Aufbereitung auf die Aussortierung der thermisch zu verwertenden Leichtfraktion. Aufgrund der geringen Ablagerungsdichte der Leichtfraktion führt ihre Aussortierung bei insgesamt relativ wenig entnommener Abfallmasse zu einem deutlichen Volumengewinn. Zur Abtrennung der Leichtfraktion muss zuvor der Feinanteil abgetrennt und die Grobfraktion zerkleinert werden.

Die Feinfraktion und Schwerfraktion können mit hohen Dichten deponiert werden. Beide Fraktionen können aber auch als Deponiebaumaterial innerhalb des basisabdichteten Bereiches der Deponie verwendet werden, die Feinfraktion z.B. für Randdämme oder die Ausgleichsschicht unter der Oberflächenabdichtung und die Schwerfraktion z.B. als Wegebaumaterial.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Erkenntnis, dass das Rückbaumaterial zwei wesentliche Eigenschaften besitzt:

- Die Atmungsaktivität liegt in der Regel unter den Zuordnungswerten für mechanisch-biologisch vorbehandelte Abfälle
- Die Materialien, insbesondere nach einer Vorbehandlung lassen sich so einbauen, dass sie Dichtungseigenschaften haben. Diese lassen sich z.B. durch Zugabe bestimmter Stoffe verbessern

Damit lassen sich diese Materialien nicht nur im Zusammenhang mit dem Bau von Dichtungen sehr vorteilhaft einsetzen sondern ganz generell beim Abschluss der bestehenden Deponie. Und dadurch, dass diese Stoffe den Anforderungen der Ablagerungsverordnung genügen, kann ein Rückbau auch über das Jahr 2005 hinaus rechtssicher erfolgen.

Die Leichtfraktion ist mit durchschnittlichen Heizwerten von etwa 18 bis 20 MJ/kg für eine thermische Verwertung gut geeignet.

In manchen Fällen kann der Verzicht auf eine Leichtstoffabtrennung wirtschaftlicher sein. In diesen Fällen besteht die Aufbereitung vor dem verdichteten Einbau nur aus einer Zerkleinerung der Grobbestandteile.

Emissionen beim Deponierückbau

Bei Durchführung von entsprechenden technischen Maßnahmen zum Arbeitsschutz (Geruchsstabilisierung, Maßnahmen zur Staubminderung, etc.) ist das Gefährdungspotential bei Rückbaumaßnahmen auf Siedlungsabfalldeponien im Vergleich zu anderen Abfallbehandlungsmaßnahmen insgesamt als gering einzustufen. Eine Gefährdung des Betriebspersonals und der Nachbarschaft ist bei Durchführung von entsprechenden technischen Arbeitsschutzmaßnahmen auszuschließen.

Bei einem Rückbauprojekt an der Deponie Außernzell wurde die Emissionssituation ausführlich untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die zulässigen Umweltstandards nur zu einem Bruchteil ausgenutzt wurden. Tabelle 1 und 2 verdeutlichen diesen Sachverhalt für in der Nähe der Deponie und die an die Deponie angrenzenden Beurteilungsflächen bzw. Messpunkte für die Parameter Staubbiederschlag und Schwermetallniederschlag. Für die anderen gemessenen Parameter gilt das selbe.

Ort	Mär 01	Apr 01	Mai 01	Jun 01	Jul 01	Aug 01	Sep 01	Okt 01
Kindergarten	6%	5%	19%	24%	20%	27%	10%	5%
Klärwerk	11%	8%	14%	14%	35%	48%	6%	13%
Beurteilungsfläche I	2%	4%	8%	10%	15%	14%	8%	5%
Beurteilungsfläche II	3%	4%	9%	11%	14%	19%	8%	2%
Beurteilungsfläche III	4%	6%	13%	9%	14%	13%	10%	2%
Beurteilungsfläche IV	3%	5%	13%	11%	15%	19%	8%	2%

Tabelle 1 Grenzwertausschöpfung des Monatsmittelwertes für Staubbiederschlag

Parameter	Beurteilungsfläche				Kinder- garten	Klär- werk
	I	II	III	IV		
Blei	1 %	1 %	4 %	4 %	2 %	2 %
Cadmium	3 %	3 %	5 %	5 %	4 %	2 %
Thallium	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %

Tabelle 2 Grenzwertausschöpfung der Schwermetallniederschlagswerte für den Zeitraum März bis Mai für die in der TA Luft geregelten Parameter

Parameter	Beurteilungsfläche				Kinder- garten	Klär- werk
	I	II	III	IV		
Blei	2 %	1 %	5 %	5 %	4 %	2 %
Cadmium	3 %	3 %	4 %	4 %	5 %	2 %
Thallium	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %	< 0,1 %

Tabelle 3 Grenzwertausschöpfung der Schwermetallniederschlagswerte für den Zeitraum Juni bis August für die in der TA Luft geregelten Parameter

Deponieverhalten der nicht verwerteten Anteile nach der erneuten Ablagerung

Volumengewinn

Durch den verdichteten Einbau ist bei vorheriger Entnahme der Leichtfraktion eine sehr hohe Dichte erreichbar, so wurde z.B. auf der Deponie Burghof, auf der das Deponiegut aus einer Fraktion 0/20 bestand, eine mittlere Feuchteinbaudichte von durchschnittlich 1,86 t/m³ (Trockendichte von durchschnittlich 1,45 t/m³) erzielt. Die anderen nicht verwertbaren Fraktionen wurden auf der Deponie Burghof als Deponiebaumaterial innerhalb der basisabgedichteten Bereiche eingesetzt.

Insgesamt ist bei Entnahme der Leichtfraktion ein Volumengewinn von etwa 40 bis 50 % zu erwarten. Ohne Entnahme der Leichtfraktion liegt der Volumengewinn aufgrund der Zerkleinerung der Grobstoffe und aufgrund der optimierten Verdichtung beim Einbau i.d.R. bei etwa 15 bis 25 %, z.T. sogar bei über 40 % (Brammer, 1995).

Belastung des Deponiegutes

Grenzwerte der Deponieklasse II der TA Siedlungsabfall (TASi) werden nur für jene Parameter überschritten, die den Organikgehalt in der Originalsubstanz erfassen (Glühverlust, TOC).

Die Grenzwerte für Glühverlust und TOC wurden in der TASi mit dem Ziel festgesetzt, die biologische Reaktivität des Deponiegutes zu minimieren, ursächlich für den erhöhten Glühverlust in den zurückgebauten und für die Ablagerung vorgesehenen Altabfällen ist aber v.a. der hohe Anteil an Kunststofffolien, behandeltem Holz u.ä., also an biologisch inaktiven organischen Stoffen.

Bei der Untersuchung von Parametern, die die biologische Reaktivität direkt erfassen, wurden bei Deponiegut aus Rückbauprojekten mit Geruchstabilisierung nur geringe Werte ermittelt. So erbrachten Untersuchungen auf der Deponie Burghof bei einer Fraktion < 20 mm keine Gärfähigkeit mehr, eine Atmungsaktivität von reifem Kompost und Rottegrade zwischen zumeist IV-V und V. Hinsichtlich der Reaktivität ist anzumerken, daß sich die biologisch abbaubare organische Substanz größtenteils in den feineren Fraktionen befindet. In den gröberen Fraktionen ist die Reaktivität somit noch geringer.

Emissionssituation

Im folgenden sind beispielhaft die Erfahrungen von der Deponie Burghof dargestellt:

- Ein Rest-Gasbildungspotential von nur noch 7,5 m³ pro Tonne Abfall führt selbst bei einer Deponiehöhe von 20 Metern zu einer Restemission über die Oberfläche

von nur noch etwa 1,5 bis 2 l/m²h. Eine systematische Deponieentgasung ist damit nicht mehr erforderlich.

- Die Spurengaskonzentration im Deponiegas des nach dem Rückbau abgelagerten Deponiegutes ist deutlich geringer als im Deponiegas der zurückgebauten Abschnitte vor dem Rückbau: s. Tabelle 4.

Parameter	Vor dem Rückbau	Nach dem Rückbau	Unterschied [Faktor]
Benzol [mg/m ³]	4,3	1,5	etwa 3
LHKW [mg/m ³]	76,9	< 9,5	größer 8
Schwefelwasserstoff [mg/m ³]	162,2	< 1,0	größer 160
Gesamtchlor [mg/m ³]	16,2	1,4	etwa 12
Gesamtfluor [mg/m ³]	8,2	< 0,5	größer 16

Tab. 4: Vergleich der Spurengaskonzentration im Deponiegas vor und nach dem Rückbau (ausgewählte Parameter)

- Das abzulagernde Material ist gut verdichtbar und damit wenig wasserdurchlässig. Konsequenz: Es kommt nur noch zu geringem und gleichmäßigem Sickerwasseranfall. Bei unabgedichteten, begrüntem Deponiebereichen mit ausreichend geneigter Oberfläche fallen nur etwa 8 bis 10 % des auftreffenden Niederschlages als Sickerwasser an.
- Das Sickerwasser bei der Deponierung des wiederabzulagernden Materials ist weit weniger belastet als das Sickerwasser der Deponie vor dem Rückbau: s. Tabelle 5.

Parameter	Vor dem Rückbau	Nach dem Rückbau	Unterschied [Faktor]

AOX [mg/l]	3,2	0,7	etwa 5
NH ₄ -N [mg/l]	1.826	295	etwa 6
CSB [mg/l]	7.681	900	etwa 9
BSB ₅ [mg/l]	2.233	100	etwa 22

Tab. 5: Vergleich der Sickerwasserbelastung vor und nach dem Rückbau

Kosten

Im folgenden werden die für die Durchführung einer Rückbaumaßnahme gemäß den Erfahrungen des Autors erforderlichen Kosten angegeben. Für eine genaue Kostenermittlung ist im Einzelfall eine Planung der Rückbaumaßnahme mit Berücksichtigung von Einsparpotentialen u.a. bei der Verwertung bzw. Ablagerung der entstehenden Stoffströme erforderlich.

Ein Deponierückbau kann für spezifische Kosten ab etwa

13 €/m³ rückgebautes Deponievolumen durchgeführt werden. In diesen Kosten sind folgende Kostenfaktoren enthalten:

- Aushub incl. Geruchsstabilisierung,
- deponieinterner Transport der Altabfälle zur Aufbereitungsanlage,
- Aufbereitung der Altabfälle (Zerkleinerung und Fraktionierung),
- deponieinterner Transport der nicht verwertbaren Fraktionen zum Einbaubereich,
- verdichteter Einbau der nicht verwertbaren Fraktionen
- Arbeits- und Nachbarschaftsschutz.

Hinzu kommen Kosten, die standortabhängig sind und daher nicht pauschal angegeben werden können. Dies sind die Kosten für die Verwertung der Leichtfraktion und für die Sanierung der freigelegten Deponiebasis.

Ein Abgraben und Wiedereinbauen von Abfällen erfordert dagegen lediglich 4-5 €/m³. Teuer wird die Maßnahme erst dann, wenn externe Entsorgungskosten hinzu kommen. Die derzeit günstigste Variante dürfte die Ablagerung gemäß Ablagerungsverordnung sein.

Die Variante der Wahl dürfte in jedem Fall sein, die Abfälle auf die bestehende Deponie zu verbringen, was sich bezüglich der Deponieemissionen günstig auswirkt. Sollte hingegen ein neuer Deponieabschnitt genutzt werden müssen, so sind die Kosten entsprechend zu berücksichtigen. Auf die reinen Baukosten bezogen müsste hier etwa ein Betrag von € 10-15/m³ ausreichend sein.

Bewertung des Deponierückbaus als Variante zur Sanierung

Ein Deponierückbau kann somit immer dann durchgeführt werden wenn die Sanierungskosten die oben genannten Beträge überschreiten. Somit müssten die Entsorgungskosten unter 15 – 20 € sein, um einen kompletten Rückbau zu rechtfertigen. Dies ist aber eine unrealistische Größe, so dass diese Variante in der Praxis kaum vorkommen dürfte, es sei denn, diese Materialien wären z.B. zum Abschluss einer bestehenden Deponie anstatt Fremdmaterial einsetzbar.

Wie sieht es aber bei einer reinen Umlagerung aus: Unterstellt man z.B. dass eine Oberflächenabdichtung pro m² ca. € 100/m² kostet, so lohnt es sich, alle Bereiche einer zu sanierenden Deponie unter ca. 20 m Deponiehöhe zu überplanen. Selbst wenn eine neue Basisabdichtung gebaut werden müsste, die sich bei einer 10 m hohen Deponie mit ca. 10 €/m² niederschlägt, so wäre diese Variante möglicherweise kostengünstiger.

Somit ist es ein durchaus realistischer Ansatz im Zusammenhang mit dem Rückbau von alten Deponien in Richtung MBA Deponien zu denken, sei es, dass diese Deponie selbst gebaut wird, oder dass eine entsprechende Fremddeponie hierzu genutzt wird.

LITERATUR

Bilitewski, B., Conrad, H. 1995: „lohnt sich der Deponierückbau? Untersuchungen in den neuen Bundesländern“, Abfallwirtschaftsjournal 7 (1995) Nr. 1/2, 71-75

Brammer, F. 1994: „Rückbau von Deponien - Möglichkeiten und Perspektiven“ in „Mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen - Erfahrungen, Erfolge, Perspektiven“ Hrsg.. TU Braunschweig, Zentrum für Abfallforschung, Heft 10, 297-310

Freidmann, H., Zollner, F. 1995: „Behandlung und Verwertung von Altmüll aus dem Deponierückbau“, Abfallwirtschaftsjournal 7 (1995) Nr. 1/2, 76-81

Heckenkamp, G., Saure, T. 1994: „BMFT-Verbundvorhaben „Abfallwirtschaftliche Rekonstruktion von Altdeponien“ - Ergebnisse der Untersuchung an Altmüll im Hinblick auf Deponieumlagerung und Altmüllbehandlung“, Teil 1 Müll und Abfall 3/94, 155-161, Teil 2: Müll und Abfall 4/94, 227-234

Hütler, K., Wiskemann, B. 1995: „Rückbaufähigkeit von Deponien am Beispiel der Zentraldeponie Düsseldorf Hubbelrath“, Abfallwirtschaftsjournal 7 (1995) Nr. 1/2, 82-91

Rettenberger, G. 1996: „Praktische Erfahrungen mit dem Deponierückbau“ in Haase Energietechnik, Neumünster: „Abfallwirtschaft quo Vadis 1996 ?“, 139-156,

Rettenberger, G. 1996: „Ist Deponierückbau sinnvoll ?“ ATV-SchrR, Band 4, Abwasser und Abfallwirtschaft - Umweltschutz vor neuen Aufgaben, 611-631,

Rettenberger, G. 1997: „Abgraben und Rückbau von Deponien“, Hrsg.: Ingenieurgruppe RUK, Stuttgart

Spillmann, P. 1997: „Wirtschaftlicher Vergleich zwischen Kapselung und stofflicher Sanierung von abgeschlossenen Deponien“ in „Sanierung und Nachsorge bei Deponien und Altlasten - Seminartagung“ Hrsg.: Ingenieurgruppe RUK, Berlin / Universität Rostock

van Hattem, W. A. 1993: „Auf dem Weg zur Nachhaltigkeit: Die Strategie der Rotterdamer Gemeindeverwaltung für Altlasten / kontaminierte Böden“ Altlastensanierung '93 Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 109-110

Umweltauswirkungen bei der offenen Schachtsanierung der Schächte S45 und S108 auf der Deponie Außernzell Zwischenbericht für Oktober 2001 Internetvorlage