

Einsatzmöglichkeiten von Rest- und Abfallstoffen – insbesondere Klärschlamm – bei der Sicherung und Rekultivierung von Deponien

Udo Pauly, Martin Peitzmeier, Stefan Rehfus

EKO-PLANT GmbH

Areas of use for residual and waste materials – sewage sludge in particular – in sanitation and recultivation of landfill sites.

Abstract

The regulations set out in directives on landfill sites and the regeneration of landfills will in future limit the use of residual and waste materials in the surface sealing layer of the sites. In the sections relating to the profiling, levelling, sealing and drainage layers, it will now only be possible to use mineral materials and what is more, for the most part inert mineral materials. It will, under certain conditions, still be possible to use organic materials for the recultivation layer. A very interesting concept from both economic and ecological standpoints is a so-called 'water balance layer' based on sewage sludge soil. A seven year pilot run in large-scale lysimeters showed a reduction in seepage to below 10% of precipitation, thus increasing the basic functionality of the water balance layer.

Inhaltsangabe

Die Regelungen der Deponieverordnung und der Deponieverwertungsverordnung beschränken in Zukunft den Einsatz von Rest- und Abfallstoffen in Deponieoberflächenabdichtungen. In den Komponenten Profilierungs-, Ausgleichs-, Dichtungs- und Entwässerungsschicht werden im Wesentlichen nur noch mineralische und dabei weitgehend inerte Materialien zum Einsatz kommen. In der Rekultivierungsschicht können unter bestimmten Voraussetzungen weiterhin organische Materialien eingesetzt werden. Hier wird das aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht interessante Konzept einer Wasserhaushaltsschicht auf Basis von Klärschlamm Erde vorgestellt. Ein Praxistest über 7 Messjahre in Großlysimetern zeigt eine Verringerung des Sickerwasseranfalls auf unter 10 % des Niederschlags und damit die grundsätzliche Funktionsfähigkeit der Wasserhaushaltsschicht.

Keywords

Deponie, Rekultivierung, Klärschlamm Erde, Lysimeterversuch, Wasserhaushaltsschicht
Re-cultivation, sewage sludge soil, lysimeter trial, water balance layer

1 Einleitung

Die Regelungen der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi 1993) sowie der Abfallablagereverordnung (AbfAbIV 2001) haben seit Juni 2005 eine starke Reduzierung der Deponiestandorte in Deutschland in Gang gebracht. Von bundesweit in 2004 betriebenen 297 Deponien werden im Jahr 2010 schätzungsweise nur noch 27 bis 111 Deponien weiter existieren (BMU 2005). Die Themen Sicherung und Rekultivierung von Praxistagung Deponie 2006 www.wasteconsult.de

Deponien sind damit – ohnehin immer von großer Bedeutung – noch weiter in den Fokus gerückt worden.

In Übereinstimmung mit den Zielen des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG 1996) werden in zunehmendem Maße bei der Sicherung und Rekultivierung von Deponien Baustoffe durch Recyclingmaterialien ersetzt. Der Einsatz dieser in der neuen Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV 2005) „Deponieersatzbaustoffe“ genannten Materialien hat seine grundsätzliche Berechtigung, da an die Stelle einer Entsorgung eine Verwertung tritt.

Andererseits wurden in der Vergangenheit in großem Maße Abfallstoffe scheinverwertet und der Gesetzgeber kam in Zugzwang, den Einsatz von Reststoffen insbesondere bei der Profilierung von Deponieoberflächen stärker zu reglementieren, welches nicht zuletzt durch die DepVerwV geschehen ist.

Ein immer wieder diskutierter „Baustoff“ in diesem Zusammenhang ist Klärschlamm, wobei er in seiner Ausgangsform als „stabilisierter“ Klärschlamm aus der Kläranlage zunächst völlig ungeeignet erscheint, da er aufgrund seines Wassergehaltes keine ausreichenden Eigenschaften eines Baustoffes aufweist. Die Verwendung von Klärschlamm als Material setzt daher voraus, dass die Materialeigenschaften durch entsprechende Konditionierung bzw. Entwässerung herausgearbeitet werden. Klassische Verfahren sind hier die Entwässerung und anschließende Kompostierung sowie eine Entwässerung und „Stabilisierung“ mit Kalk.

Ein Vergleich dieser beiden Verfahren macht deutlich, dass sie auf zwei völlig unterschiedliche Ziele ausgerichtet sind. Bei der Kompostierung handelt es sich um ein biologisches Verfahren, das eine biologische Aktivierung im Sinne von Belebung bei gleichzeitig weitergehender Stabilisierung des organischen Anteils anstrebt. Dagegen ist die Kalkung darauf ausgerichtet, das Ausgangsmaterial zu inertisieren und biologisch zu zerstören. Sie zielt ausschließlich auf die physikalischen Eigenschaften des Ausgangsstoffes Klär- bzw. Überschussschlamm aus der Kläranlage ab. Dass diese Art der Klärschlammkonditionierung unter bestimmten Umständen reversibel ist, zeigt sich bei der Verwendung derart konditionierter Klärschlämme als Düngemittel, da durch die Aufbringung des gekalkten Klärschlammes auf den Boden dieser „wiederbelebt“ wird. Der Klärschlamm entfaltet hierbei seine Eigenschaften als Dünger und verliert gleichzeitig seine Eigenschaften als Baustoff. Bei der Verwendung des Rohstoffes Klärschlamm als Baustoff sind derartige Prozesse unerwünscht und es wird eine vollständige, dauerhafte Inertisierung und Stabilisierung angestrebt (PAULY et al. 2000).

Ein der Kompostierung hinsichtlich der hierbei wirksamen Prozesse ähnlicher Vorgang z. B. beim Umbau der organischen Substanz ist die Klärschlammvererdung in schilfbepflanzten Beeten. Im Gegensatz zur Kompostierung übernimmt das Verfahren flüssige

Schlämme, entwässert diese, konditioniert und stabilisiert sie. Je nach Intensität und Dauer der Behandlung eines Klärschlammes bei der Kompostierung bzw. Vererdung steigt dessen biologische, chemische und physikalische Stabilität in der Reihenfolge

Entwässerung → Kompostierung → Vererdung.

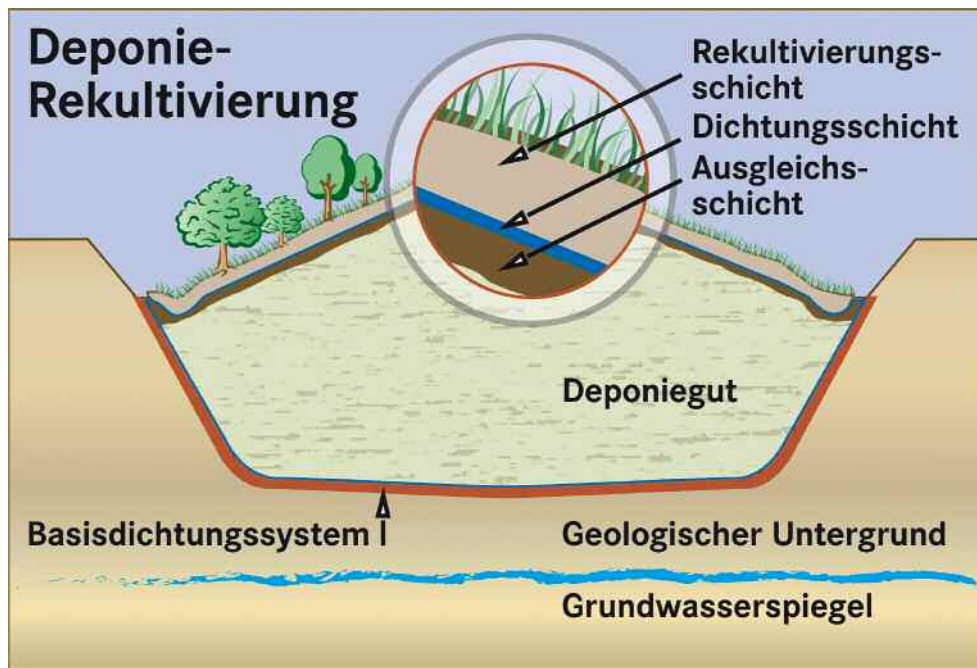
Diese Stabilität kann gemessen werden anhand von Kriterien wie Rottegrad, Atmungsaktivität, Gasbildungspotential, Krümelstabilität oder der Eluatqualität. Aus naturwissenschaftlicher Sicht beschreibt der Vorgang der Vererdung einen verkürzten Bodenbildungsprozess (PAULY 1992; PAULY et al. 2000; FÜHNER 2005). Auch wenn sich die entstehenden Materialqualitäten völlig von denen des Klärschlammes unterscheiden, wird Klärschlammmerde aus rechtlicher Sicht weiterhin als Klärschlamm im Sinne der Klärschlammverordnung behandelt (EKO-PLANT 2006). Diese Einstufung gilt es allerdings neu zu überprüfen, da inzwischen durch ein Oberverwaltungsgericht entschieden wurde, dass Klärschlamm nach einer Klärschlammkompostierung seine Abfalleigenschaft verlieren kann, damit zum Produkt wird und in der Folge die Nachweispflicht mit der Behandlung in der Kompostierungsanlage endet (PIENS 2006).

Aufgrund der spezifischen Verfahrenseigenschaften der Vererdung und der dabei zu beobachtenden Bildung von bodentypischen Materialien und Materialeigenschaften eignen sich Klärschlammmerden hervorragend als Rohstoffe für die Herstellung technischer Böden. Über ihre Materialeigenschaften und die Möglichkeiten des Einsatzes als Bestandteil einer Wasserhaushaltsschicht von Deponien wird nachfolgend berichtet.

2 Einsatz von Abfallstoffen in Oberflächenabdichtungen

Je nach Gefährdungspotential und Schutzerfordernis setzen sich Oberflächenabdichtungen von Deponien aus den Komponenten Profilierungsschicht, Unterbau, Dichtungsschicht, Entwässerungsschicht, Rekultivierungsschicht sowie dem Bewuchs zusammen (vgl. Abbildung 1). Eine gute Übersicht und Entscheidungshilfe über verschiedene Deponieabdichtungssysteme geben EGLOFFSTEIN und BURKHARDT (2001).

Nach Inkrafttreten der DepVerwV in 2005 bestehen nunmehr für alle Komponenten von Deponie-Oberflächenabdichtungen bundesweit einheitliche Mindeststandards. Im Folgenden werden für die einzelnen Komponenten die maßgeblichen rechtlichen Regelungen sowie exemplarisch Einsatzmöglichkeiten von Rest- und Abfallstoffen aufgezeigt.



© 2006 by EKO-PLANT GmbH

Abbildung 1 Oberflächendichtungssystem einer Deponie

2.1 Profilierungsschicht

Bevor eine Dichtung aufgebaut wird, werden häufig Ausgleichsmassen zur Herstellung der endgültigen Form benötigt. Für diese Profilierung können nach der DepVerwV Abfallmassen eingesetzt werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

- die Deponie befindet sich in einer Stilllegungsphase,
- eine Profilierung ist erforderlich und
- eine Profilierung ist nicht durch andere Maßnahmen wie dem Umschieben des bereits eingelagerten Abfalls möglich.

Die bodenmechanischen und chemischen Anforderungen an die eingesetzten Materialien sind im Anhang 1 der DepVerwV detailliert geregelt. In Abhängigkeit von der Sicherung an der Deponiebasis werden unterschiedlich hohe Anforderungen an die einzusetzenden Materialien gestellt. So werden auf Deponien mit geologischer Barriere und Basisabdichtungssystem in der Ausgleichsschicht höhere Gehalte bei den Eluatkriterien toleriert, als dies bei Deponien ohne diese Barrieren der Fall ist. Grundsätzlich dürfen die verwerteten Abfallstoffe keine höheren Schadstoffgehalte aufweisen als die auf der Deponie verwerteten Abfälle. Die Beschränkung des Gehaltes an organischer Substanz auf 3 bzw. 5 % schließt eine Verwertung von biologisch-mechanisch vorbehandelten Reststoffen aus. In einem aktuellen Verordnungsentwurf werden die Vorgaben noch weiter verschärft, indem zukünftig ausdrücklich nur noch mineralische Materialien verwertet werden dürfen (BMU 2006).

2.2 Dichtungsaufleger

Das Dichtungsaufleger kann entsprechend den Vorgaben von TA Abfall und TASI als eine reine Ausgleichsschicht ausgeformt sein. Wesentliche Anforderung an eine Ausgleichsschicht ist die Verwendung homogener, nicht bindiger Materialien. Hier können beispielsweise konditionierte Klärschlämme zum Einsatz kommen (HARTMANN et al. 2004).

In Deponien mit Gasbildung kann zusätzlich zur Ausgleichsschicht der Einbau einer Entgasungsschicht erforderlich werden. Diese darf nach den Vorgaben der TASI einen Gehalt an Kalziumcarbonat von maximal 10 Gew.-% aufweisen. Die Gasdurchlässigkeit wird durch Einsatz grobkörniger und dabei langfristig stabiler Materialien erzielt. Mögliche Deponieersatzbaustoffe für eine Entgasungsschicht sind z. B. Glasbruch oder MVA-Schlacken.

2.3 Dichtungsschicht

Die Dichtungsschicht als zentrales Element einer Oberflächenabdichtung ist im Hinblick auf den Einsatz von Abfallstoffen nur in Form mineralischer Schichten von Interesse. Die grundsätzlichen Anforderungen an die Dichtungsschicht ergeben sich aus TA Abfall, TASI, Deponieverordnung, den Grundsätzen des DIBT, der LAGA Ad-hoc Arbeitsgemeinschaft Deponietechnische Vollzugsfragen sowie der GDA-Empfehlung E 2-33. Bei Einsatz von Deponieersatzbaustoffen müssen die Zuordnungskriterien des Anhangs 1 der DepVerwV eingehalten werden, d. h. insbesondere hohe Anforderungen an die Eluierbarkeit von Schwermetallen.

Als Deponieersatzbaustoffe wurden verschiedene Mischungen i. d. R. aus grobkörnigen und tonig-bindigen Einzelkomponenten entwickelt und patentiert. Beispiele hierfür sind

- Dichtungen aus Abfallstoffen, denen wasserglasvergütete Klärschlämme beigemischt werden (KÜGLER et al. 2001)
- Oberflächendichtung aus einer Mischung von Klärschlamm, Wasserglas, Schlacke und Boden (KRIETER 2005)
- Einsatz eines stark tonmineralhaltigen Bauschuttrecyclingmaterials in mineralischen Dichtungen (DÜSER und ULRICH 2003)
- Tonvergütete Mineralgemische auf Basis von Recyclingmaterialien (QUANDT et al. 2003)
- Aufbereitung von Baggergut zu einer Abdichtung (GRÖNGRÖFT et al. 2003 sowie BETHKE et al. 2003)

- Mischungen aus grobkörnigen Waschbergen mit feinkörnigen, tonreichen Vergütungen aus Kaolin-Schlämmen (RÖHL et al. 2003).

Darüber hinaus werden beim Bau von Kapillarsperren Abfallstoffe eingesetzt, siehe z. B. Baustoffrecyclate als Komponenten von Kapillarsperrensystemen (HARDER und KRAMER 2003).

2.4 Entwässerungsschicht

Die Entwässerungsschicht dient der Ableitung des Sickerwasserabflusses aus der Rekultivierungsschicht und muss daher u. a. eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s aufweisen. Allgemeine Anforderungen an die Entwässerungsschicht werden in der TA Abfall, TASI sowie der DepV festgelegt. Der Einsatz von Reststoffen wird durch hohe Anforderungen hinsichtlich der Eluierbarkeit von Schadstoffen seitens der DepVerwV begrenzt. Relevante Deponieersatzbaustoffe für die Entwässerungsschicht sind dementsprechend Glasbruch oder andere inerte mineralische Abfallstoffe.

2.5 Rekultivierungsschicht

Die Rekultivierungsschicht gemäß TASI dient vor allem als Schutzschicht für die Dichtung und als Pflanzenstandort. Aufgrund ihrer geringen Schichtstärke kann sie kaum mit Dauerstauden oder Bäumen bepflanzt werden, da deren Wurzelwachstum die Dichtung gefährdet. Spezifische Eigenschaften eines Bodenkörpers wie Nährstoffausstattung, Porenvolumen, nutzbare Feldkapazität usw. werden in diesem Zusammenhang nicht genutzt. Weitere Anforderungen an Rekultivierungsschichten werden im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

Vorgaben an Rekultivierungsschichten hinsichtlich der Mächtigkeit und deponietechnischer Eigenschaften enthalten die TA Abfall (1991) und TASI sowie in Bezug des Einsatzes von Deponieersatzbaustoffen die DepV. Letztere legt Grenzwerte für maximale Schadstoffgehalte im Feststoff sowie andererseits im Eluat fest, die den Einsatz verschiedener Reststoffe ausschließen. Parameter zur biologischen Stabilität oder zum Gehalt an organischer Substanz werden dagegen in der Verordnung nicht geregelt. Anzumerken gilt, dass das Bodenschutzgesetz und damit die Anforderungen des § 12 der Bodenschutzverordnung (1999) bei der Rekultivierung von Deponien keine Anwendung finden (LABO 2003).

In Rekultivierungsschichten eingesetzte Abfallstoffe sind Komposte, Klärschlämme, Feinfraktionen aus dem Baustoffrecycling, Bodenmaterialien.

3 Wasserhaushaltsschichten unter Einsatz von Klärschlammmerde

Das Oberflächenabdichtungs-Konzept der TASI baut darauf auf, dass die Dichtung/Sicherung der Deponie am besten gelingt, wenn diese in einen „geregelten Dampfdruckapparat“ umgebaut wird. Beim Aufbau der Oberflächendichtung wird der Kunststoffdichtungsbahn die Funktion der Sicherung in den ersten 5 Jahrzehnten zugeordnet. Danach geht man von mehr oder weniger großen Leckagen aus und sichert diese Erwartung durch eine darunter angelegte mineralische Tondichtung. Hierbei wurde übersehen, dass aufgrund des gewählten Aufbaus langfristig die Tondichtung austrocknet und Schrumpfrisse entstehen, die deren Funktion unkontrolliert aufheben. Die Schäden sind irreversibel, da eine erneute Befeuchtung nicht den erforderlichen Feuchtezustand und die notwendige Dichtigkeit wiederherstellen kann (vgl. hierzu WIE-MER et al. 2004 sowie neuere Ergebnisse aus Testfelduntersuchungen in BEHLING und WITTSTOCK 2005).

Eine Wasserhaushaltsschicht kann gegenüber dieser Konstruktion eine sinnvolle Alternative sein, da sie ggf. zwar auch technisch nicht vollständig dicht ist, jedoch im Gegensatz zu den technischen Elementen eines Dichtungssystems nach TASI in erheblichem Umfang „dichter“ und anpassungsfähig an den Alterungsprozess ist. Eine technisch richtig ausgeführte Wasserhaushaltsschicht ist dadurch gekennzeichnet, dass ihre Wirkung über die Zeit zunimmt und langfristig einen stabilen Klimax erreicht.

Um dies zu erreichen, ist es erforderlich, auf ein Material zurückzugreifen, das über eine hohe nutzbare Feldkapazität verfügt, die es erlaubt, große Mengen Wasser in pflanzenverfügbarer Form gegen die Schwerkraft zu halten. Mit einer permanenten Befüllung (Niederschlag) und Entleerung (Transpiration und Evaporation) einhergehend kann sich ein ausgeprägter Bewuchs etablieren, der durch hohe Interzeptionsleistung zusätzlich den Eintrag von Niederschlag in die Wasserhaushaltsschicht minimiert. Durch eine entsprechende Anordnung wird damit eine „Grundwasserneubildung“ in der Natur minimiert.

Die Natur liefert Vorbilder für Böden mit einer ausgeprägten Fähigkeit, Wasser zwischenzuspeichern und wieder abzugeben, wie z. B. die Schwarzerdeböden. Erkennt man deren grundsätzlichen Aufbau, so stellt sich die Frage, ob und wie solche Böden idealtypisch in einer Wasserhaushaltsschicht nachgebildet werden können. Da es sich i. d. R. um wertvolle Bodentypen handelt, macht es aus ökologischer Sicht wenig Sinn, diese landwirtschaftlich wichtigen Ressourcen auf einer Deponie einzusetzen, zumal durch die Umlagerung deren Eigenschaften zunächst verloren gehen und es notwendig wird, diese am Einbauort wieder herzustellen.

Die Herstellung eines entsprechenden technischen Bodens im Hinblick auf Zielparameter wie Wasser- und Luftdurchlässigkeit, Wasserspeichervermögen, Nährstoffversorgung, Scherfestigkeit etc. drängt sich daher auf. Ausgangsmaterialien können natürliche Böden, Recyclingprodukte wie Ziegelsplitt, organische Materialien wie Komposte oder Klärschlammerden (KSE) sowie weitere Zuschlagstoffe sein. Weiterhin ist eine Wasserhaushaltsschicht gekennzeichnet durch eine Bepflanzung mit hoher Evapotranspirationsleistung, wie dies bei einer gemischten Baum-/Strauch-Vegetation der Fall ist.

Eine funktionierende Wasserhaushaltsschicht ist kein Produkt von der Stange, sondern muss entsprechend den lokalen Standortbedingungen, der maximal möglichen Abflussmengen, der regionalen Verfügbarkeit und Materialeigenschaften von Reststoffen etc. projektspezifisch geplant und hergestellt werden (Abbildung 2).

Projekttablauf: Herstellung einer Wasserhaushaltsschicht

Vorbereitungsphase

Festlegung der Zielparameter der Wasserhaushaltsschicht auf der Deponie.



Recherche verfügbarer Recyclingmaterialien. Qualitätsbestimmung mit Analyse.



Rezepturermittlung mit Prognose der Eigenschaften der technischen Böden.



Umsetzungsphase

Herstellung und Optimierung der technischen Böden mit Qualitätssicherung.



Einbau der technischen Böden und Bepflanzung der Wasserhaushaltsschicht.



© 2006 by EKO-PLANT GmbH

Abbildung 2 Projekttablauf bei der Herstellung einer Wasserhaushaltsschicht

Am Anfang steht eine genaue Zieldefinition der Wasserhaushaltsschicht und der darin eingesetzten technischen Böden. Im 2. Schritt folgt eine Aufnahme der Standortfaktoren wie Art des Dichtungssystems, Klima, Exposition und eine Recherche der potentiell für die Maßnahme zur Verfügung stehenden Recyclingmaterialien, Klärschlammerden, Böden einschließlich deren chemischen/physikalischen Eigenschaften. Auf Basis aller Ausgangsdaten wird die optimale Rezeptur für die technischen Böden ermittelt, die nach Setzung und Ausbildung einer dauerhaften Bodenstruktur die Zielwerte einhalten. Dies erfolgt unter Berücksichtigung einer an den Standort angepassten Vegetationsdecke.

Die Herstellung der technischen Böden erfolgt mit bautypischen Geräten. Die technischen Böden sind biologisch stabil und können unmittelbar nach Herstellung eingebaut werden. Sie können vor Ort produziert und – im Gegensatz zu anderen Verfahren z. B. mit einer integrierten Rotte – unmittelbar eingebaut und bepflanzt werden. Es schließt sich eine Aufbauphase von ca. 3 Jahren an, in der sich die Böden setzen und sich vergleichbar mit natürlichen Bodenbildungsprozessen eine dauerhafte Bodenstruktur ausbildet.

Klärschlammerde weist besondere Vorzüge für einen Einsatz in Wasserhaushaltsschichten auf. Klärschlammerde entsteht durch mehrjährige Behandlung von Klärschlämmen in schilfbepflanzten Becken, die eine Entwässerung bewirkt, und mit einem Abbau und Umbau der organischen Substanz hin zu stabilen Humusverbindungen verbunden ist. Mit der Behandlung in schilfbepflanzten Beeten werden im Klärschlamm enthaltene organische Schadstoffe wie z. B. DEHP und Kohlenwasserstoffe abgebaut (AAGOT 2000). Durch eine Nachlagerung von Klärschlammerde kann der Trockensubstanzgehalt weiter gesteigert werden. Das Endprodukt Klärschlammerde weist kleine, feste poröse Krümelaggregate auf, die Humusform ist als Mull anzusprechen. Die biologische Stabilität ist vergleichbar mit der organischer Substanz von Böden (PAULY et al. 2000).

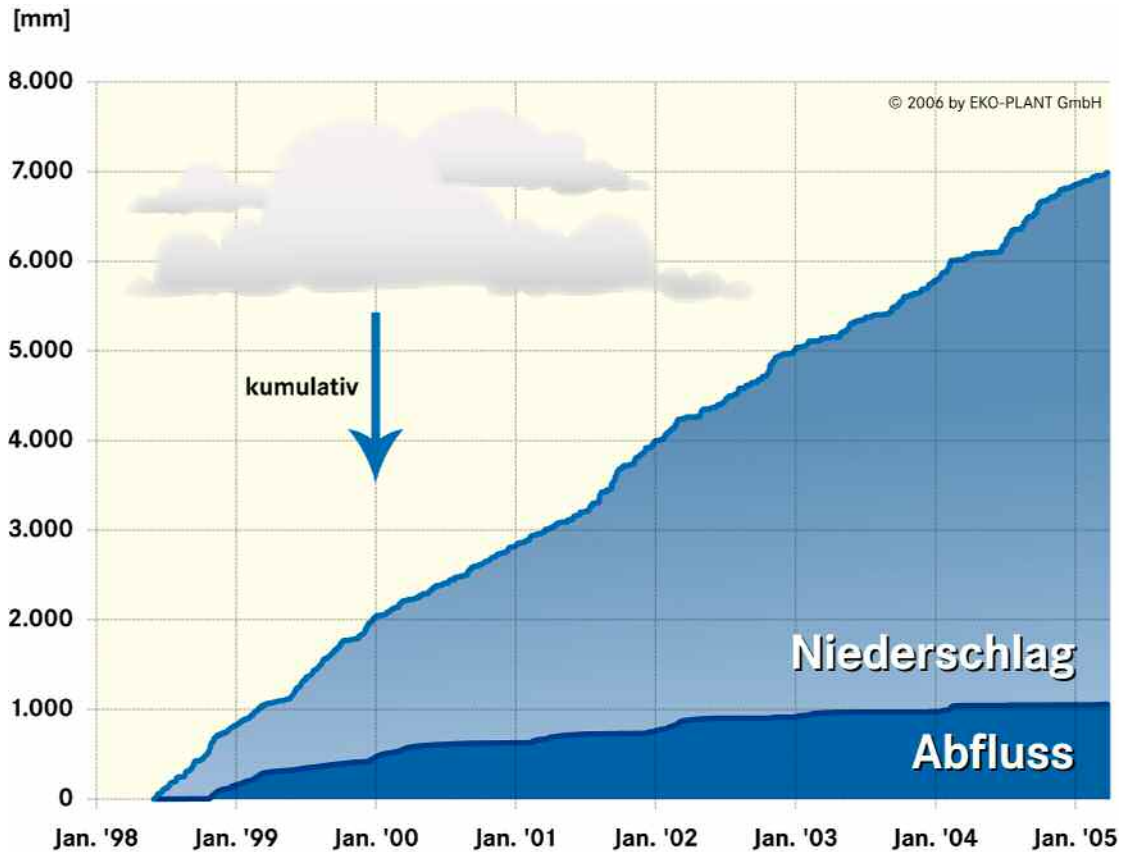
Die Leistungsfähigkeit einer Wasserhaushaltsschicht auf Basis von Klärschlammerde wurde in einem DBU-geförderten Projekt anhand einer Großlysimeteranlage auf der Insel Norderney näher untersucht (PAULY et al. 2000). Nach Projektabschluss wurde die Anlage in eigener Regie weiter betreut, so dass eine Auswertung über 7 Messjahre möglich wurde. Technische Daten der Lyssimeteranlage Norderney zeigt, den Zustand des Pflanzenbewuchses im 7. Betriebsjahr zeigt beispielhaft Abbildung 3.

Tabelle 1 Stationsdaten der Lysimeteranlage Norderney

Geographische Lage	Rechtswert: 25 77 975; Linkswert: 59 53 925 Höhe: 4,3 m ü. NN
Anzahl Lysimeter	10
Maße der einzelnen Lysimeter	Breite 3,0 m, Länge 3,0 m, Höhe 2,0 m Oberfläche = 9,0 m ² , Volumen = 18 m ³
Bodenfüllung	Technische Böden aus unterschiedlichen Anteilen Recyclingsand, Mineralböden und Klärschlammmerde
Bewuchs	Baum-/Strauch-/Gras-Vegetation
Messung der Bodenfeuchte	TDR-Sonden; Tensiometer in 20, 55, 150 cm Tiefe
Messung der Abflusshöhe	Sammelgefäße, tägliche manuelle Ausliterung
Niederschlagsmessung	Hellmann-Sammler, 1 m Höhe, tägliche Messung
Wetterstation	Kontinuierliche Messung von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur/-feuchtigkeit, Strahlung
Inbetriebnahme	01.06.1998

**Abbildung 3** Lysimeteranlage Norderney im November 2005

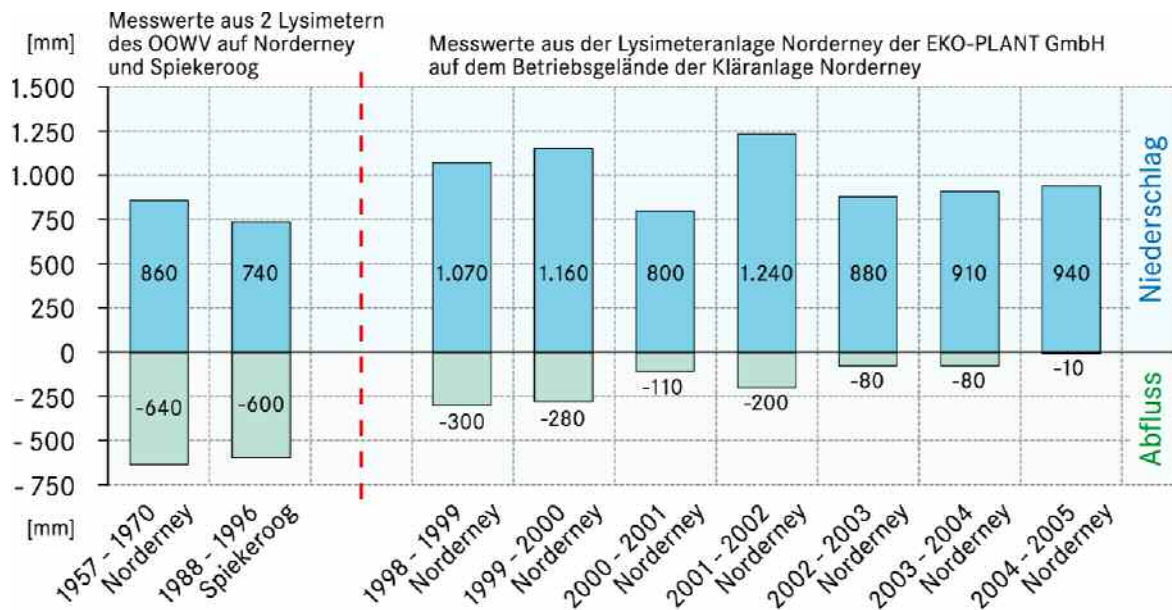
Die Ergebnisse zeigen, dass durch den Einsatz von Klärschlammerte in technischen Böden deren physikalische Eigenschaften wesentlich verbessert werden können. Die nutzbare Feldkapazität des Bodenkörpers wird erhöht, so dass im Mittel von 7 Messjahren ca. 90 % der Niederschläge zwischengespeichert und an die Atmosphäre zurückgegeben werden können (Abbildung 4).



180800241ov03_Tabelle_Niederschlag_Rekultivierung

Abbildung 4 Summenkurven von Niederschlag und Abfluss (Bsp. Lysimeter 80 Vol.- % KSE) über 7 Messjahre

Eine Wasserhaushaltsschicht ist dabei im Gegensatz zu einer rein technischen Lösung ein biologisches System, das sich hinsichtlich Bewuchs und Bodenstruktur erst über mehrere Jahre stabilisiert. Unter den Bedingungen des Versuchsstandortes kann erwartet werden, dass langfristig die Abflussquote gegen Null tendiert und nahezu kein Sickerwasser in tiefer liegende Schichten fließt (Abbildung 4). Die Ergebnisse der Lysimeteranlage Norderney wurden bei einem durchschnittlichen Jahresniederschlag von ca. 950 mm erzielt, der damit deutlich über dem bundesdeutschen Mittel von 770 mm liegt. D. h. bei einer Übertragung der Ergebnisse auf andere Standorte kann i. d. R. von einem geringeren Niederschlagsinput auf die Deponieoberfläche und tendenziell niedrigeren Sickerwasserraten ausgegangen werden.



© 2006 by EKO-PLANT GmbH

180800241ov02a_Tabelle_LysimeterNN

Abbildung 5 Niederschlag und Abfluss der Wasserhaushaltsschicht (am Beispiel von Lysimeter 80 Vol.-% KSE) im Vergleich zum langjährigen Mittel Ostfriesischer Inseln (Lysimetermessdaten; OOWV 1998)

Ein Vergleich der technischen Böden mit den Anforderungen der DepV zeigt, dass die Feststoffparameter von der Variante 25 Vol.-% KSE durchgängig eingehalten werden. Die Variante 80 Vol.-% KSE hält bei der Mehrzahl der Schwermetalle die Grenzwerte ein, lediglich Kupfer und Zink zeigen aufgrund des relativ hohen Klärschlammanteils erwartungsgemäß Überschreitungen (Abbildung 6).

Die Anforderungen an die Eluatwerte werden beim Parameter elektrische Leitfähigkeit deutlich überschritten, was sowohl auf den Anteil an Klärschlammmerde als auch auf den enthaltenen Recyclingsand zurückzuführen ist. Die Schwermetallgrenzwerte im Eluat werden – abgesehen von Kupfer bei der Variante 80 Vol.-% KSE – durchgängig eingehalten, wobei Quecksilber nicht bestimmt wurde (Abbildung 7).

Insgesamt zeigt sich damit, dass die in der Versuchsanstellung getesteten Böden die Anforderungen der DepV im Wesentlichen einhalten und nur hinsichtlich einzelner Parameter Grenzwertüberschreitungen aufzeigen. Grundsätzlich wird erkennbar, dass bei entsprechender Anpassung der Rezeptur technische Böden auf Basis von Klärschlammmerde den Anforderungen der DepV konform hergestellt werden können.

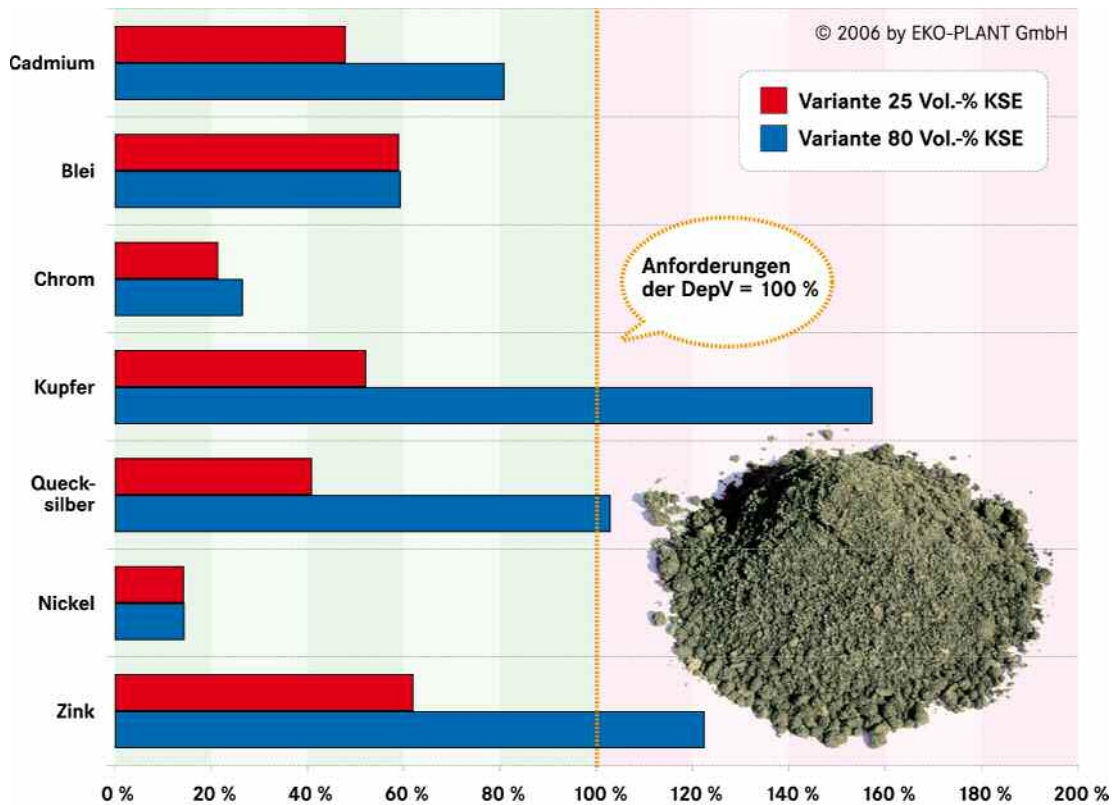


Abbildung 6 Vergleich von zwei Lysimeterböden (80 Vol.-% KSE; 25 Vol.-% KSE) ein Jahr nach Einbau mit den Anforderungen von Anhang 5 DepV – Feststoffparameter

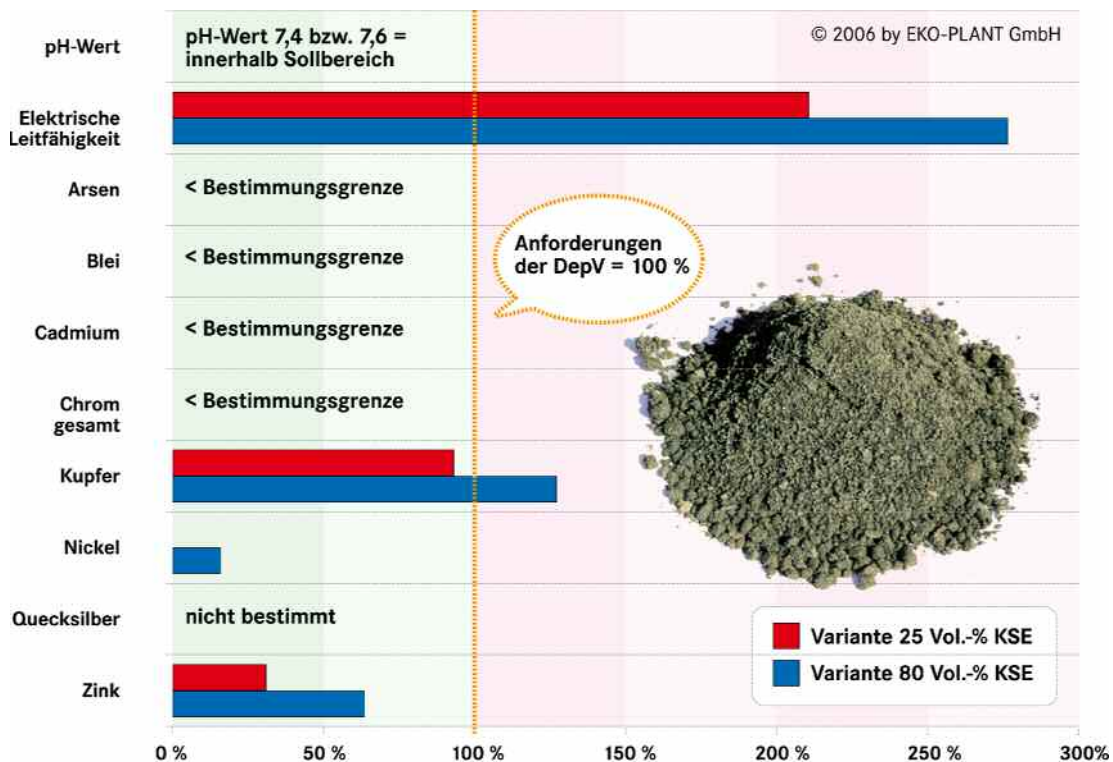


Abbildung 7 Vergleich von zwei Lysimeterböden (80 Vol.-% KSE; 25 Vol.-% KSE) ein Jahr nach Einbau mit den Anforderungen von Anhang 5 DepV – Eluatkriterien

Interessant an der Versuchsanstellung ist die große Praxisnähe. Die Ausgangsmaterialien sind bundesweit verfügbar, das Mischen und der Einbau der technischen Böden erfolgten mit praxisüblichen Baugeräten. Die Bepflanzung erfolgt mit verdunstungsstarken, standortangepassten Baum- und Straucharten.

Während in den ersten 2 Jahren ein Teil der Gehölze vertrocknete und nachgepflanzt werden musste, entwickelte sich in den Folgejahren eine geschlossene, mehrstufige Vegetationsdecke, die mit ihren Wurzeln offensichtlich weite Bereiche der Wasserhaushaltsschicht erschließt. Hierbei ist festzuhalten, dass ein Vertrocknen von Rekultivierungspflanzungen fast schon deponietypisch ist. Dies kann durch eine Erfassung und Sammlung von Sickerwasserabflüssen in einem Rückhaltebecken gelöst werden. Das Sickerwasser wird in den ersten Betriebsjahren während Trockenzeiten zur Bewässerung der Anpflanzungen eingesetzt. Stickstoff, der in der Anfangsphase in Folge der Umlagerung und Mischung der Böden mineralisiert und mit dem Sickerwasser ausgebracht wird, kann auf diese Weise zur Wasserhaushaltsschicht zurückgeführt werden.

4 Fazit

Die professionelle Konzeption und Erstellung von Rekultivierungsschichten setzt umfangreiches ingenieurtechnisches Know-how voraus, mit einem hohen Verständnis der biologischen und bodenkundlichen Zusammenhänge. Eine standortbezogene Analyse, Planung und Ausführung ist daher erforderlich, Pauschallösungen sind praxisfern.

Der Einsatz von Reststoffen beim Bau der Oberflächenabdichtungen von Deponien schont natürliche Ressourcen, da klassische Baustoffe vermieden werden. Ökologisch gesehen können auf diesem Wege Rest- und Abfallstoffe regional einer sinnvollen Verwertung (Nutzung) zugeführt werden. Negative Auswirkungen des Oberflächenabdichtungssystems auf die Umwelt werden in Zukunft durch die Regelungen insbesondere der DepV und der DepVerwV minimiert, abgesehen davon, dass Deponien einer langfristigen Nachsorge unterliegen. Beim Einsatz von Klärschlammprodukten in der Rekultivierungsschicht wird organische Substanz in Form von Humus dem Stoffkreislauf entzogen. Im Vergleich zu einer Verbrennung des Materials werden bei Verwendung in der Deponierekultivierung relevante Mengen organischer Substanz und damit Kohlenstoff konserviert, daraus ergibt sich eine günstige CO₂-Bilanz mit diesem Verwertungsweg.

Die Verwendung von Abfallstoffen bei der Deponierekultivierung bringt wirtschaftliche Vorteile mit sich, da z. B. bei Klärschlamm durch Zuzahlung seitens des Abfallerzeugers Erträge erwirtschaftet werden können und gleichzeitig für den Klärschlammproduzenten Entsorgungs- bzw. Verwertungssicherheit hergestellt werden kann. Gleichzeitig verringert der Deponiebetreiber Kosten, da er auf den Einkauf von „unbelastetem“, ggf. aber dennoch ungeeignetem Material verzichten kann.

Langfristig entwickelt sich eine Wasserhaushaltsschicht zu einem stabilen Ökosystem, welches – im Gegensatz zu konventionellen Rekultivierungsschichten mit geringer Schichtdicke – keiner Pflegemaßnahmen bedarf und damit die Nachsorgeaufwendungen verringert. Es besteht vielmehr die Möglichkeit, zusätzliche Einnahmen zu generieren, wenn langfristig gesehen nachwachsende Rohstoffe geerntet und vermarktet werden können.

5 Literatur

- | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aagot, S., Hensen, G.,
Nielsen, S. M., Jensen J. | 2000 | Investigation and monitoring programme on the turnover of hazardous substances in sewage sludge mineralization plants and sludge stores.
http://www.mst.dk/project/NyViden/2001/10210000.htm |
| Behling, D. und Wittstock, R. | 2005 | Deponieoberflächenabdichtungen im Test – Ergebnisse von bundesweiten Testfelduntersuchungen. In: Wiemer K. und Kern, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung IX. Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Witzenhausen |
| Bethke, H., Biener, E.,
Sasse, T., Wemhoff, T. | 2003 | Die Eignung von Baggergut als mineralische Komponente in Deponieoberflächenabdichtungssystemen. WLB Supplement TerraTech 9/2003, S. TT 14 - 18 |
| BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) | 2005 | Nachhaltige Abfallwirtschaft ist Ressourcen- und Klimaschutz.
http://www.bmu.de/files/abfallwirtschaft/downloads/application/pdf/siedlungsabfallentsorgung_statistik.pdf |
| BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) | 2006 | Entwurf einer Verordnung zur Umsetzung der Ratsentscheidung vom 19. Dezember 2002 zur Festlegung von Kriterien und Verfahren für die Annahme von Abfällen auf Abfalldéponien. In der Fassung des Kabinettsbeschlusses vom 08.02.2006 |
| Düser, O. und
Ulrich, G. | 2003 | Verwertung von Bauschuttrecyclingmaterial in mineralischen Dichtungen. geotechnik 26 (2003) Nr. 3, S. 180-187 |
| Egloffstein, Th. und
Burkhardt, G. | 2001 | Welche Dichtungs-/Rekultivierungssysteme sind an welchen Standorten anwendbar? Müll und Abfall, 6, S. 336-345 |
| EKO-PLANT | 2006 | Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung – Änderungen gesetzlicher Grundlagen? Ein Rückblick. E-KOPRESS Ausgabe 01.2006
http://www.eko-plant.de/ekopress/ |

- Fühner, C. 2005 Biologie der Klärschlammvererdung. Vortrag auf der Fachveranstaltung „Bedeutung, Stand und Perspektiven ökotechnischer Anlagen und Produkte“, 12. - 14.10.2005 auf Burg Ludwigstein, Witzenhausen
- Gröngröft, A., Berger, K., Tresslet, K., Miehlisch, G 2003 Abdichtung von Deponien mit aufbereitetem Baggergut: Ergebnisse eines mehrjährigen Feldversuchs. In: Bauhaus-Universität Weimar, Schriftenreihe Geotechnik, Heft 10, Band 2
- Harder, H., Kramer, C. R. 2003 Baustoffrecyclate als Komponenten von Kapillarsperrensystemen. In: Bauhaus-Universität Weimar, Schriftenreihe Geotechnik, Heft 10, Band 1
- Hartmann, R., Maas, G., Meggender, B., Zick, R. 2004 Bau von Deponieausgleichsschichten und Stützkörpern aus konditionierten Klärschlämmen. Müll und Abfall, Heft 10/2004, Seite 491 - 495
- Krieter, A. 2005 Erfahrungen mit einer Oberflächendichtung aus einer Mischung von Klärschlamm, Wasserglas, Schlacke und Boden, Fachtagung „Abfallverwertung bei der Rekultivierung von Deponien, Altlasten und Bergbaufolgelandschaften“, 31.03.-01.04.2005 in Hamburg
- Kügler, J.-U., Belouschek, P., Schultz, C. 2001 Sicherung von Deponien mit geeigneten Abfallstoffen unter Einbeziehung von wasserglasvergüteten Klärschlämmen. VKS-News 52. Ausgabe, Juli 2001, Seiten 11 - 12
- LABO (Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz) 2003 Rechtliche Grundlagen zu den Anforderungen an das Aufbringen und Einbringen von Materialien auf oder in den Boden (§ 12 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung). Beschluss der 26. BORA-Sitzung.
- OOWV (Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband) 1998 Schriftliche Mitteilung.
- Pauly, U. 1992 Ausstattung, Entwicklung, Leistung und Verhalten einer Wurzelraumanlage mit integrierter Schlammbehandlung. Dissertation GH Kassel, Witzenhausen
- Pauly, U., v. Borcke, P., Peitzmeier, M. und Queringässer, S. 2000 Steigerung der Verwertung von Klärschlämmen durch verbesserte Produkte, Qualitätsnormungen und erweiterte Märkte. DBU-Forschungsprojekt Az. 07491 (unveröffentlicht)
- Piens, R. 2006 Kein Abfall: Klärschlamm auf Kompostanlagen. KA – Abwasser, Abfall 2006 (53), Nr. 2, S. 181 - 184

- Quandt, T., Berndt, S. 2003 Deponieoberflächenabdichtungen aus tonvergüteten mineralischen Reststoffen - eine Alternative mit Langzeitwirkung? Müll und Abfall Heft 9, 2003, S. 466 - 472
- Röhl, K.-E., Czurda, K., 2003 Entwicklung und Genehmigung einer alternativen Oberflächenabdichtung aus Kaolin-Schlämmen und Bergematerial. In: Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis AbWi 128 ESV Berlin
- Krystkiewicz, B.- F.
- Wiemer, K., Spengler, P. 2004 Alternativer Abschluss von Deponien. In: Wiemer K. und Kern, M. (Hrsg.): Bio- und Restabfallbehandlung VIII. Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH, Witzenhausen
- und Behling, D.

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Udo Pauly
Dipl.-Ing. Martin Peitzmeier
Dipl.-Ing. Stefan Rehfus
EKO-PLANT GmbH
Karlsbrunnenstraße 11
D-37249 Neu-Eichenberg
Tel. +49 (0) 55 42 93 61-0
Fax +49 (0) 55 42 93 61-68
E-Mail: concept@eko-plant.de
Internet: <http://www.eko-plant.de>