

Verwertung von Schlämmen/Schlacken zur Errichtung einer Deponiebasis

Detlef B. Asmus

ASMUS + PRABUCKI · INGENIEURE BERATUNGSGESELLSCHAFT MBH , Essen

Inhaltsangabe

Mit Inkrafttreten der integrierten Deponieverordnung (DepV) sind strenge Vorgaben für den Einsatz von Ersatzbaustoffen auf Deponien festgesetzt worden.

Neben der DepV regeln diverse weitere Erlasse und Richtlinien den Einsatz von mineralischen Stoffen außerhalb von Deponien. Im vorliegenden Beitrag werden einige Regelwerke gegenübergestellt und Beispiele für die praktische Umsetzung gegeben.

Stichworte

Basisabdichtung, Ersatzbaustoffe, Einsatz mineralischer Stoffe, Einsatz von Hausmüllverbrennungssaschen

ground layer, Replacement of construction material, use of mineral (solid) products, use of incinerator ashes

1 Allgemeines

Im Deponiebau regelt die DepV zurzeit den Einsatz von Deponieersatzbaustoffen. Außerhalb von Deponien regeln diverse Erlasse, Technische Lieferbedingungen (TL), Merkblätter und in Zukunft die Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) den möglichen Einsatz.

Die im Folgenden betrachteten Schlämme, Schlacken und Aschen unterliegen den so genannten „mineralischen Stoffen aus industriellen Prozessen“. Die Rohstoffe, die unter diese Begriffe fallen, sind in erster Linie Schlacken aus der Stahlindustrie.

Darüber hinaus gibt es einen großen Marktanteil durch Müllverbrennungssaschen – oft auch (fälschlicherweise) als Müllverbrennungsschlacke titulierte.

Für beide Stoffkategorien (Schlacken und Aschen) sind in Nordrhein-Westfalen unter anderem durch Runderlasse des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz die Einsatzbereiche geregelt.

Schlämme hingegen unterliegen meist der Abfallentsorgung, weniger der Verwertung. Gleichwohl gibt es eine Kategorie an Schlämmen, die beim Bau einer Basis zum Einsatz gekommen sind.

Tabelle 1 Schlacken aus der Stahlindustrie

Kurzbezeichnung	Bezeichnung
LDS	LD-Schlacke aus der Erzeugung von Massen- und Qualitätsstählen
EOX	Elektroofenschlacke aus der Erzeugung von Massen- und Qualitätsstählen
HOS	Hochofenrückschlacke
HS	Hüttensand
SFA	Steinkohlenflugasche aus Trocken- und Schmelzfeuerung
SKA	Kesselasche aus Steinkohlenfeuerung
GRS	Gießereirestsand
GKOS	Gießerei-Kupolofenschlacke

2 (Grundsätzliche) Einsatzbereiche von Schlacken, Schlämmen und Aschen

2.1 Einsatzbereiche im allgemeinen Baugewerbe

Der Einsatz erfolgt im Straßenbau in Tragschichten, Frostschutzschichten, Auffüllungen und im Dammbau. Diese Bereiche werden nur genannt, hier aber nicht näher betrachtet.

2.2 Einsatzbereiche im Deponiebau

Im Deponiebau werden die Materialien als Deponieersatzbaustoff gemäß DepV eingesetzt. Dabei sind je nach Einsatz die Grenzwerte in der Tabelle 2 einzuhalten.

Der Einsatz im Basisbereich einer Deponie ist durch die Spalten 4 und 5 der Tabelle 2 geregelt. Darin sind die schärfsten Anforderungen formuliert. Die einzuhaltenden Werte sind im Folgenden aufgezeigt und mit anderen Grenzwerten gegenübergestellt.

Oberhalb der Basis ist selbst im Dichtungssystem zugelassen, dass einzelne Zuordnungswerte den Grenzwert überschreiten dürfen (Regelung über die Fußnoten).

Im Umkehrschluss mag das heißen, dass in der Basis eine Überschreitung der Grenzwerte nicht zulässig ist (keine Fußnoten). Damit ist ein Einsatz von Deponieersatzbaustoffen erheblich eingeschränkt.

Zum Vergleich die folgende Tabelle mit einigen Zuordnungswerten:

Tabelle 2 Zuordnungswerte

Parameter	Einheit	LAGA M19 und M20; Z2 für HMSV	TL Gestein- StB 04 HMVA 1	MV Asche IST	DepV Tabelle 2	
					Spalte 4	Spalte 5
Feststoffwerte						
TOC	Masse-%	-	3	0,6	<1	<1
EOX	mg/kg	3	3	<0,8		
extr. lipophile Stoffe der Originalsubstanz	Masse-%	-	-			
Eluatwerte						
pH-Wert	-	7 - 13,0	7 - 13,0		6,5 - 9	5,5 - 13
Leitfähigkeit	µS/cm	6.000	2.000	252	-	-
DOC	mg/l	-	-			≤50
Phenole	mg/l	-	-		≤0,05	0,1
Arsen	mg/l	-	-		0,01	0,05
Blei	mg/l	0,05	0,05	0,012	0,02	0,05
Cadmium	mg/l	0,005	0,005	0,001	0,002	0,004
Chrom ges.	mg/l	0,2	0,05	<0,05	-	0,05
Kupfer	mg/l	0,3	0,3	0,042	0,05	0,2
Nickel	mg/l	0,04	0,04		0,04	0,04
Quecksilber	mg/l	0,001	0,001		0,0002	0,001
Zink	mg/l	0,3	0,3	0,04	0,1	0,4
Chlorid	mg/l	250	50	78,5	10	80
Sulfat	mg/l	600	200	94,6	50	100
Cyanide I.fr.	mg/l	0,02	0,02			
wasserlösl. Anteil	Masse-%	-	-		0,4	0,4

Im vorliegenden Fall hätte eine Einstufung gemäß Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV) nicht zum Einsatz der HMV-Asche geführt.

Zumindest in NRW ergab sich die Chance, unter Ansatz des Rd.Erl. die MV-Asche einzusetzen, eröffnete er doch die Möglichkeit, diese Stoffe als Auffüllmaterial einzusetzen. Nachfolgend wird an drei Beispiele der Einsatz von Sekundärrohstoffen beschrieben.

→ Beispiel 1: Einsatz von MV-Asche als Auflager für ein Basisabdichtungssystem einer DK II

Die Ausgangssituation ist eine planfestgestellte Deponie mit rechtskräftigem Beschluss aus dem Jahr 1994. Der Baubeginn des aktuellen Bauabschnittes war 2009. Die bauliche Situation sah aus wie im Folgenden skizziert:

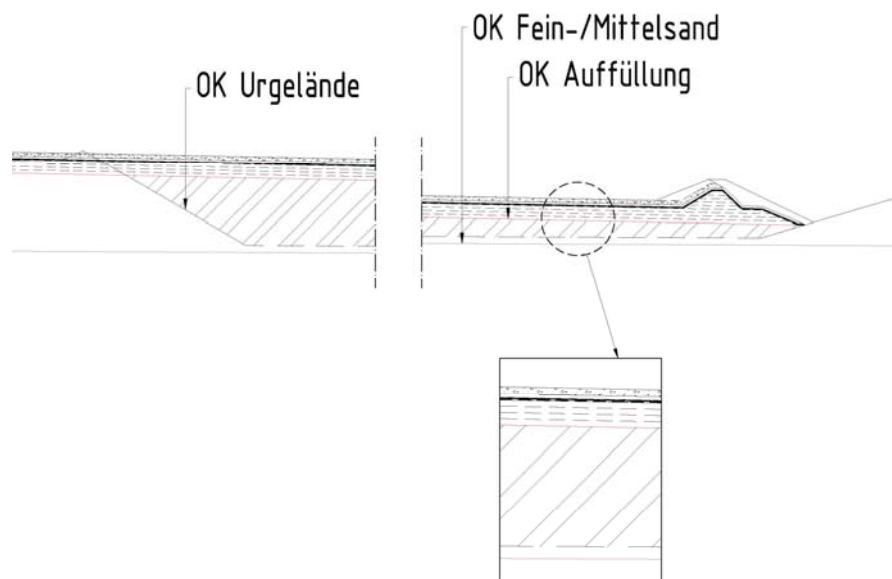


Abbildung 1 Bauliche Situation

Die Plangenehmigung sah vor, die Deckschicht bis auf den anstehenden stabilen Untergrund (OK Feinsand) abzutragen, dann die Fläche so weit aufzufüllen, dass ein Flurabstand zum HGW ≥ 1 m erzielt wurde und darauf das Dichtungssystem zu erstellen. Das Dichtungssystem von unten nach oben besteht aus:

- standsicheres Auflager (Planum) zum Teil im Grundwasserschwankungsbereich
- 4-lagige mineralische Dichtung
- 2,5 mm Kunststoffdichtungsbahn
- 0,3 m mineralisches Dränagesystem.

Die für die Auffüllung zugelassenen Materialien waren im Planfeststellungsbeschluss wie folgt festgelegt: „Für die Auffüllung ist natürlich anstehendes Material oder Material gem. RdErl. des Ministeriums für Stadtentwicklung und Verkehr – III B 6-32-40 (45) – und des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nord-

rhein-Westfalen – IV A 3-953-26308 – vom 25.04.1991 „Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau“ zu verwenden (Waschberge II, RCL I und II, ...).“

Somit ergibt sich die folgende Situation:

- gemäß DepV strenge Grenzwerte für die (heutige geologische) Barriere, die mit Sekundärrohstoffen kaum realisierbar sind.
- gemäß dem geltenden Bescheid sind Grenzwerte gemäß Runderlass möglich und es sind diverse Materialien einsetzbar (allerdings muss man die Auffüllung aus dem Dichtungssystem auskoppeln).

Die Anforderungen an die Auffüllung bezüglich einer Qualitätssicherung waren dementsprechend hoch. In einem Qualitätssicherungsplan wurden die Probenhäufigkeit und der Umfang der Probenbearbeitung festgelegt.

Die Auffüllung im Grundwasserschwankungsbereich wurde mit natürlichen Mineralstoffen realisiert und oberhalb der HGW-Linie wurde güteüberwachte HMV-Asche lagenweise eingebaut und (fremd)geprüft. Insgesamt wurden 150.000 m³ HMV-Asche eingebaut und alle 1.000 t chemische Analysen, 300 dynamische und 60 statische Lastplattendruckversuche sowie 300 Siebschlämmanalysen durchgeführt.

Darüber hinaus wurden die Schwermetalle im Feststoff regelmäßig aus Arbeitsschutzgründen (Staub) untersucht.

Unstrittig ist, dass die eingebaute, streng kontrollierte MV-Asche ein bodenmechanisch ideales Auflager für die Kombinationsabdichtung mit mineralischen Komponenten (hochwertiger Ton) und Kunststoffdichtungsbahn ergaben. Die Untersuchungsergebnisse lagen alle in einer sehr engen Bandbreite, was von einer guten, gleichwertigen Qualität der Asche spricht.

Nach jetziger Rechtslage scheint dieses System noch genehmigungsfähig zu sein, da eine technische Barriere/mineralische Dichtung vom Untergrund entkoppelt sein kann. Dies wird gerade in zunehmendem Maße in den Systemen „Deponie auf Deponie“ realisiert.

Durch den Einsatz von z. B. HMV-Asche kann auf setzungsgefährdeten Ablagerungen eine stabile Pufferschicht erzeugt werden, die dann einen kontrollierten Weiterbau von Dichtungssystemen zulässt. Bei ausreichend dicken Auffüllungen sind enorme Tragfähigkeiten realisierbar. So zeigten die Lastplatten durchweg Werte von $E_{v2} \geq 120 \text{ kN/m}^2$.

Wie das folgende Beispiel zeigt lassen sich aber auch nicht befahrbare mineralische Stoffe zu einer Komponente im Basisabdichtungssystem verwenden.

→ Beispiel 2: Einsatz von stabilisiertem Rotschlamm in einer technischen Barriere

In einer Rotschlammdeponie, in der die Materialien eingespült wurden, ist mit erheblichen größeren Schwierigkeiten bezüglich einer Stabilisierung zu kämpfen. Die betroffene Deponie hat eine Größe von ca. 60.000 m² und Mächtigkeiten von ca. 0,60 bis 2,20 m an eingespültem Rotschlamm, welcher bis dato nicht überbaut werden konnte und deshalb entsprechend bearbeitet werden muss. Da keine Materialien zur Verfügung stehen – sprich kein Grobkorn, um die Materialien zu stabilisieren – wurden im Vorfeld Versuche gefahren, inwieweit eine Verfestigung dieses Materials mit vor Ort anstehenden Materialien bzw. mit vorhandenen Ersatzbaustoffen möglich ist. Dazu wurden im Vorfeld umfangreiche Untersuchungen durchgeführt, um festzustellen, inwieweit die Anforderungen der jeweils gültigen Verordnungen und Regelwerke eingehalten werden können und ob dieses aufbereitete Materialgemisch als Baustoff für eine technische Barriere zum Einsatz kommen kann. Dieses aufwändige Verfahren wurde durch das Landesumwelt Nordrhein-Westfalen begleitet.

Zum Zeitpunkt der Planung im Jahr 2001 wurde in Nordrhein-Westfalen der Rd.Erl. des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen zur Verwertung von mineralischen Stoffen in die Anwendung genommen; folglich mussten die Parameter der eingesetzten Materialien den Grenzwerten des Runderlasses Genüge leisten. Da Rotschlamm hohe Gehalte an Eisenverbindungen besitzen, musste die Frage der Eluierbarkeit und der Beständigkeit nachgewiesen werden. Im Blickpunkt waren unter anderem Parameter wie Chrom, Arsen, Cadmium etc. Dies wurde in diversen Versuchen und Analysen nach dem ph-Stat. Verfahren durchgeführt. Nach bestandener chemischer Prüfung wurden die bodenmechanischen Parameter untersucht. Ein wesentlicher Versuch zur Eignung der Materialien zum Einbau und Überbau war die Frage der Plastizität der Materialmischung. Hier wurde in Anlehnung an die GDA-Empfehlung in einem Versuchstopf der mögliche Krümmungsradius dieser Materialien untersucht (Setzungsverhalten des Untergrundes). Dies erfolgte durch die in Abbildung 2 dargestellte Versuchseinrichtung. Hier ist in einem Kreisring von 1,0 m Durchmesser das Material eingebaut und von unten mittels einer wassergefüllten Gummiblase so weit in eine Verformung gebracht worden, dass an der Oberfläche sofort visuell erkennbar war, wann Risse und Undichtigkeiten eintraten.



Abbildung 2 Versuchseinrichtung

Die Ergebnisse aller Versuche waren durchweg positiv, so dass die zuständigen Behörden zustimmten, dieses Material als einen Teil der technischen Barriere einzusetzen, so dass nach Abschluss des Planfeststellungsverfahrens letztlich im Herbst 2005 mit den Bauarbeiten begonnen werden konnte. Die Durchführung der Mischung, um die Materialien so weit zu stabilisieren bzw. zu verfestigen, dass ein Überbau und eine Befahrbarkeit möglich ist, konnte nur hergestellt werden, indem über einen Zwangsmischer diverse Materialien die zuvor in einer Rezeptur ermittelt wurden, eingebracht und nach bodenmechanisch herkömmlicher Methode eingebaut wurden (Einbau und Verdichtung). Das heißt, der Rotschlamm wurde per Bagger aufgenommen, mittels Dumper zu einer Zwangsmischanlage transportiert und mit weiteren Zuschlagstoffen (die ebenfalls eignungsgeprüft wurden) zu einer definierten Mischung verarbeitet.

Bei der Realisierung des Projektes wurde sehr schnell deutlich, dass auf Grund der Reaktionsprozesse und der unterschiedlichen Wassergehalte die Verarbeitungszeiten recht langwierig waren und eine Überbaubarkeit des Materials zum Teil erst nach einem weiteren in situ-Fräsgang und einer weiteren Ruhepause möglich war. Über lange Zeiträume war ein kontinuierliches Arbeiten lediglich unter erschwerten Bedingungen möglich.

Die direkten Versuche der Probefelder, die im Vorfeld durchgeführt wurden, zeigten, dass eine äußerst hohe Sensibilität bezüglich der Maschinenteknik gegeben war. Selbst große Ackerschlepper mit doppelter Bereifung waren nicht in der Lage, die Materialien zum Fräsen (Abbildung 3) zu befahren, was sich unmittelbar darin auswirkte, dass tiefe Fahrspuren erzeugt wurden und keine homogene Mischung mehr zu erzielen waren. Eine Vielzahl an kostensparenden Verfahren wie z. B. Fräsen oder Grubbern sind auf Grund dieser schweren Befahrbarkeit nicht zustande gekommen. Der Arbeitsgang „Mischen über einen Zwangsmischer“ ist daher unabdingbar.



Abbildung 3 Großer Ackerschlepper mit doppelter Bereifung

Trotz dieser zum Teil widrigen Umstände gelang es, den Unterbau (Teil der technischen Barriere) regelgerecht und verordnungskonform herzustellen. Unabdingbar war und ist dabei jedoch, dass alle am Bau Beteiligten sorgfältig und gewissenhaft ihre Arbeit erledigen. Das gekoppelt mit einer konsequenten Eigen- und Fremdprüfung gewährleistet auch bei schwierigen Baustoffen ein gleich bleibend qualitativ hochwertiges Bauprodukt.

Das Regelprofil des Basisabdichtungssystems ist in Abbildung 4 dargestellt.

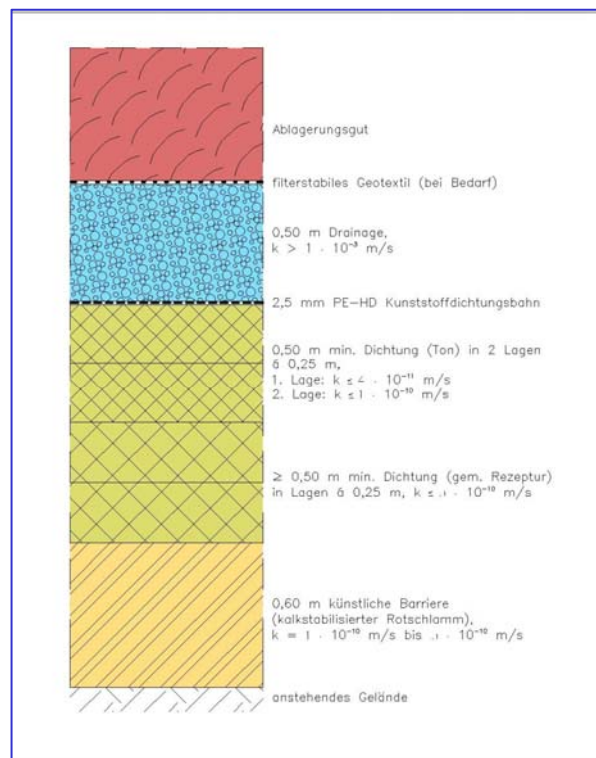


Abbildung 4 Regelaufbau des Dichtungssystems

→ Beispiel 3: Schlammdeponie in Luxemburg

Die Luxemburger Stahlindustrie hat in früheren Zeiten Schlämme (Walzzunder, LDAC etc.) auf einem „Crassier“ in Becken abgelagert. Diese Ablagerungen waren nicht befahrbar und sollten als Untergrund (Baugrund, Planum) für eine neu zu errichtende Deponie für nicht gefährliche Stoffe (~ DK II) genutzt werden.

Das mögliche realisierbare Ablagerungsvolumen von ca. 600.000 m³ machte ein aufwändiges Projekt dennoch rentabel. Neben den grundsätzlich üblichen Untersuchungen zur Geologie und Bodenmechanik inkl. der einzusetzenden Geotechnik mussten im Vorfeld eine Vielzahl von Labor- und später Feldversuchen durchgeführt werden, um letztlich einen Genehmigungsantrag erstellen zu können.

Im Einzelnen: Die obligatorischen chemischen Untersuchungen ergaben, dass von den abgelagerten Schlämmen keine relevante Umweltbeeinträchtigung ausgeht, wenn sie abgedichtet werden (geringe Auslaugbarkeit).

Ohne eine nachhaltige Stabilisierung (mechanisch) wäre aber das Aufbringen einer Dichtung nicht möglich geworden. Folglich wurden geeignete Baustoffe gesucht, um

- die Schlämme zu stabilisieren,
- die Schlämme gering durchlässig zu machen,
- aus der Mischung eine raumbeständige, gering durchlässig Barriere zu erhalten, die Überlagerungen von bis zu 25 m schadlos aufnehmen kann.

Noch während der Laborversuche zeigte es sich deutlich, dass Versuche mit sogenannten „Weißschlacken“ nicht nur stabile Verhältnisse ergab, sondern dass die Mischung Durchlässigkeitsbeiwerte von $1 \cdot 10^{-9}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-8}$ m/s erzielten.

Aufgrund dieser positiven Ergebnisse konnte mit dem Umweltministerium eine Testphase vereinbart werden, in der die Laborversuche im Feld verifiziert werden sollten. Dazu wurden in einem Großversuch 30.000 m³ Schlämme behandelt, lagenweise eingebaut und verdichtet. Das Probefeld wurde durch Fremdprüfer und Eignüberwacher intensiv begleitet und am Ende positiv beurteilt. Tabelle 3 zeigt die gleichmäßigen Ergebnisse.

Anhand der Resultate konnte dann ein Genehmigungsantrag gestellt werden der vorsieht, weitere Schlämme aus alten „Wilden Ablagerungen“ zu sammeln, entsprechend der Erfahrungen zu konditionieren und in Anlehnung an das „Multibarrierensystem“ als Teil des Dichtungssystems anzusehen.

Zur weiteren Profilierung der Deponie werden so Materialien eingesetzt, die ansonsten an diversen Standorten (Crassiers) störend sind.

Tabelle 3 Laborergebnisse Einbau Becken

Probennummer:	Probenart Probenherkunft	Kornverteilung	Bodengruppe nach DIN 18196	nat. Wassergehalt	Trockendichte	Wasserdurchlässigkeit	hydraulisches Gefälle
				%	t/m ³	m/s	m/s
E-6222-170209-HOF-001	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u'	GU	22,3			
E-6222-170209-HOF-002	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*	GI	20,9		2,8E-09	30
E-6222-170209-HOF-003	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u'	GU	21,1			
E-6222-170209-HOF-004	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*	GI	21,0	1,751	1,7E-09	30
E-6222-240209-HOF-001	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*	GI	20,1			
E-6222-240209-HOF-002	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G+S,u'	GU	20,3		5,8E-08	30
E-6222-240209-HOF-003	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,u*,s*	SU*	23,5			
E-6222-240209-HOF-004	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G+S,u'	GU	23,6	1,745	1,2E-08	30
E-6222-090309-HOF-001	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u'	GU	23,1	1,742	5,4E-09	30
E-6222-090309-HOF-002	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u'	GU	23,4			
E-6222-090309-HOF-003	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s,u'	GU	20,2		7,3E-09	30
E-6222-090309-HOF-004	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u	GU*	25,0			
E-6222-090309-HOF-005	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u	GU*	24,9		3,9E-09	30
E-6222-170309-HOF-012	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G+S,u'	GU	23,4			
E-6222-170309-HOF-013	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*	GI	21,6		6,9E-09	30
E-6222-170309-HOF-014	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u'	GU*	22,0	1,743		
E-6222-170309-HOF-015	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u'	GU	24,8		4,8E-09	30
E-6222-170309-HOF-016	Mischung Funiculaire/ Weißschlacken	G,s*,u	GU*	23,0			

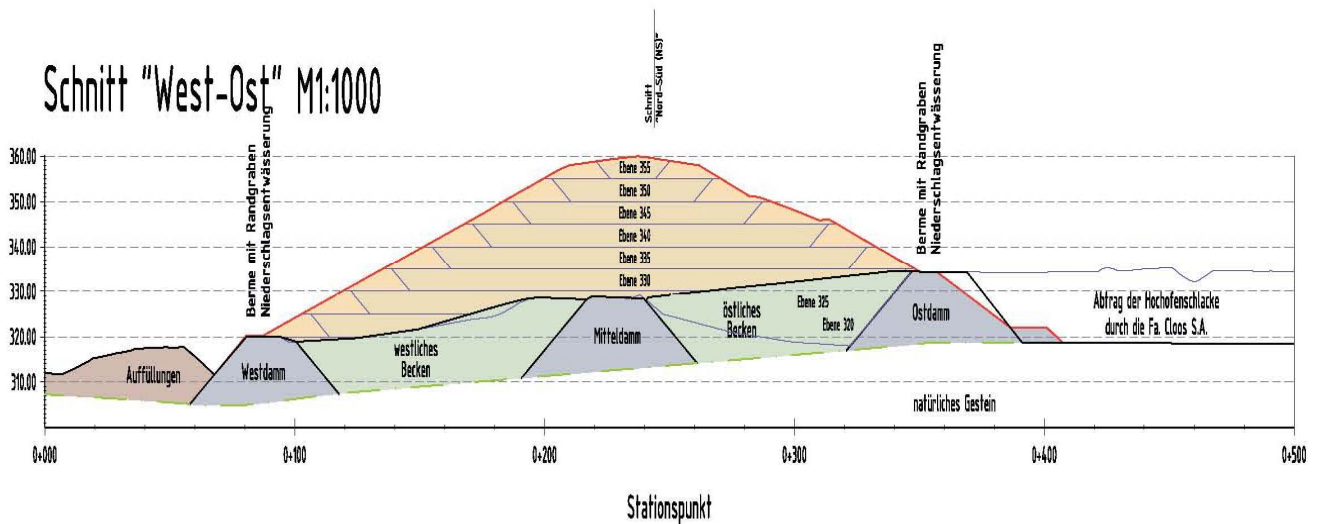


Abbildung 5 Schnitt Differdange

3 Fazit

Bei allen vorgestellten Beispielen wird deutlich, dass man von einer „einfachen“ Nutzung, das heißt einen Einsatz von Sekundärrohstoffen im Basisabdichtungssystem weit entfernt ist. Erst durch eine geschickte Systemauswahl und durch eine intensive Bearbeitung auf der chemischen und physikalischen Ebene kann es gelingen, einen Sekundärrohstoff zu einem Dichtungselement in der Basis zu verarbeiten.

Der Einsatz von Sekundärrohstoffen beim Bau von „Deponien auf Deponien“ scheint ein viel versprechender Ansatz zu sein, um dem Verwertungserlass neuen Auftrieb zu geben. Gerade wenn Massengüter für Auffüllungen, Profilierungen oder Stabilisierungen erforderlich werden, stehen die güteüberwachten mineralischen Stoffe in gleich bleibender Qualität zur Verfügung.

4 Literatur

- | | | |
|--|------------|--|
| Ministerium für Umwelt,
Raumordnung und Land-
wirtschaft des Landes
Nordrhein-Westfalen | 09.10.2001 | Güteüberwachung von mineralischen Stoffen im
Straßen- und Erdbau |
| | 09.10.2001 | Anforderungen an die Güteüberwachung und den
Einsatz von Hausmüllverbrennungsaschen im Stra-
ßen- und Erdbau |
| | 09.10.2001 | Anforderungen an den Einsatz von mineralischen
Stoffen aus industriellen Prozessen im Straßen-
und Erdbau |

09.10.2001 Anforderungen an den Einsatz von mineralischen Stoffen aus Bautätigkeiten (Recycling-Baustoffe) im Straßen- und Erdbau

14.09.2004 Anforderungen an die Güteüberwachung und den Einsatz von Metallhüttenschlacken im Straßen- und Erdbau

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Detlef B. Asmus

ASMUS + PRABUCKI · INGENIEURE BERATUNGSGESELLSCHAFT MBH

Wittenbergstraße 12

D-45131 Essen

Telefon +49 201 720 85-0

Email ap.essen@ap-ingenieure.de

Website: www.ap-ingenieure.de