

I Sanierung von Rotschlammdeponien

Dipl.-Ing. Detlef B. Asmus, Essen

Sanierung von Rotschlammdeponien

1 Einleitung

Im Zuge der Umsetzung der Deponieverordnung mit Stichtag 30. August 2004 und der ebenfalls in Kraft getretenen Deponieverwertungsverordnung mit Stichtag 01. September 2005 sowie mit der Umsetzung der europaweiten Richtlinien sind vor dem Hintergrund der ordnungsgemäßen Rekultivierung von Altdeponien und Einstufung von betriebenen Deponien diverse Sanierungs- bzw. Rekultivierungsmaßnahmen erforderlich geworden. In die Kategorie der sanierungspflichtigen Deponien sind auch Rotschlammdeponien eingestuft.

Bei Inhaltsstoffen von Rotschlammdeponien handelt es sich um ein sehr eigenwilliges Material mit ungewöhnlichen Eigenschaften. Deshalb sind zur Stilllegung bzw. Überbauung von Rotschlammdeponien besondere Maßnahmen erforderlich. Im Wesentlichen ist bei Altdeponien Rotschlamm eingespült genutzt worden. Dieses Spülgut ist nun seit Jahren der Witterung ausgesetzt und muss abgedichtet bzw. überbaut werden.

Der nachfolgende Beitrag wird nach Darstellung der allgemeinen Thematik an zwei Beispielen die unterschiedlichen Behandlungsmöglichkeiten von Rotschlamm und die Varianten der Rekultivierung bzw. Sanierung aufzeigen.

2 Definition von Rotschlamm

Rotschlamm ist ein Abfallprodukt bei der Aluminiumgewinnung. Aluminium wird unter Aufschluss von Bauxit gewonnen. Bauxit ist ein Erz, in dem die Aluminiumverbindungen stark konzentriert vorliegen. Zur Aluminiumgewinnung wird aus diesem Bauxit die Aluminiumkomponente mit Natronlauge herausgelöst, wobei Aluminiumoxid entsteht. Als Abfallprodukt fällt dabei der sogenannte Rotschlamm an, welcher auf Grund des hohen Gehaltes an Eisenverbindungen eine ausgesprochen intensive rote Farbe besitzt.

Die Abläufe zur Herstellung von Aluminium sind in Abbildung 1 (Quelle: GDA, Rotschlamm und Rotschlammdeponien, 30.07.2003) dargestellt.

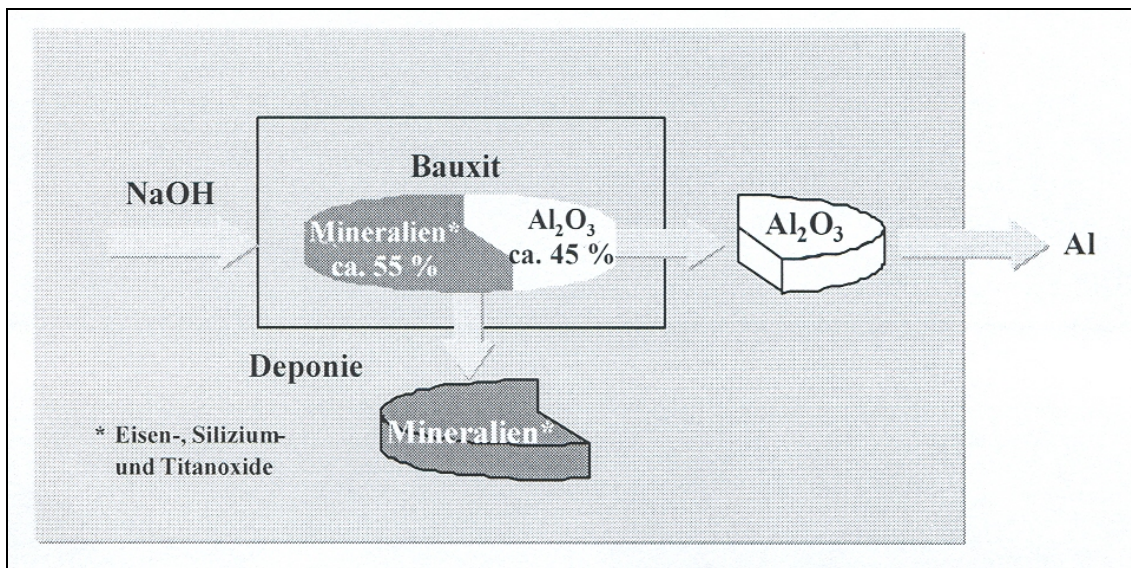


Abbildung 1: Fließbild

Abfalltechnisch ist Rotschlamm ein Produkt, welches umweltneutral deponiert werden kann. Hierzu wird der Schlamm über Rohrsysteme auf industrielle Deponien gepumpt und dort abgelagert. Im Normalfall wird nach der Sedimentation die zurückbleibende Natronlauge in den Produktionsprozess zurückgeführt. Für den Geotechniker ist Rotschlamm ein „Extremstoff“: Er ist extrem rot, extrem „anhänglich“ und extrem wenig befahrbar bzw. bearbeitbar.

Abgelagerter Rotschlamm ist begrenzt gutwillig – genau so lange wie man ihn in Ruhe lässt. Bewegt man ihn, wird er flüssig, da er tixotrope Eigenschaften besitzt. Damit ist das Dilemma vorhanden – man kann ihn nämlich nicht mit Baugeräten befahren geschweige denn in situ bearbeiten. Durch die Dynamik der Baugeräte werden die Materialien automatisch nicht mehr tragfähig, so dass Baugeräte unabdingbar im Rotschlamm versinken (Foto 1).



Foto 1

Die abfallrechtliche Einstufung von Rotschlamm erfolgt über den AVV-Schlüssel gemäß folgender Tabelle 1. Die physikalisch-chemische Kennzeichnung der Materialien erfolgt in Tabelle 2.

Tabelle 1: AVV-Schlüssel

Abfall-Dichtetabelle				
AVV - Schlüssel neu	AVV - Bezeichnung	AVV - Gruppe	Dichte to / cbm	Beschreibung nach LAGA
010102	Abfälle aus dem Abbau von nichtmetallhaltigen Bodenschätzen	Abfälle aus dem Abbau von Bodenschätzen	1,30	Abraumsalze
0103 09	Rotschlamm aus der Aluminiumoxidherstellung mit Ausnahme von Rotschlamm, der unter 01 03 07 fällt	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	1,50	Rotschlamm
0103 04	Säure bildende Aufbereitungsrückstände aus der Verarbeitung von sulfidischem Erz	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	1,50	Rotschlamm
0103 05	andere Aufbereitungsrückstände, die gefährliche Stoffe enthalten	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	1,50	Rotschlamm
0103 06	Aufbereitungsrückstände mit Ausnahme derjenigen, die unter 01 03 04 und 01 03 05 fallen	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	1,50	Rotschlamm
0103 07	andere, gefährliche Stoffe enthaltende Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	1,50	Rotschlamm
0103 08	staubende und pulvrige Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 01 03 07 fallen	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	1,50	Rotschlamm
0103 09	Rotschlamm aus der Aluminiumoxidherstellung mit Ausnahme von Rotschlamm, der unter 01 03 07 fällt	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	1,50	Rotschlamm
0103 99	Abfälle a. n. g.	Abfälle aus der physikalischen und chemischen Verarbeitung von metallhaltigen Bodenschätzen	2,07	Aluminiumoxidschlämme

Tabelle 2: Ergebnisse der Substanzanalyse

	[%]
Al ₂ O ₃	22,0 – 28,0
Fe ₂ O ₃	25,0 – 35,0
SiO ₂	6,0 – 16,0
TiO ₂	8,0 – 24,0
Na ₂ O gesamt	4,0 – 9,0
Na ₂ O löslich	0,5 – 0,7
CaO/MgO	0,5 – 4,0
Glühverlust	7,0 – 12,0

Damit ist deutlich, dass dieses Deponat grundsätzlich auf Deponien der Deponiekategorie II einsetzbar wäre. Die bodenmechanische Einstufung zeigt eine Körnungslinie ausschließlich im Bereich des Schlammkorns $d \leq 0,05$ mm mit einem Anteil von 60 % $> 0,002$ mm. Damit ist es als nicht standsicher zu beurteilen, so dass bodenmechanische Verbesserungen auf jeden Fall erforderlich sind.

Über solche Verbesserungen wird im Beispiel 2 des Vortrages berichtet.

Im benachbarten Ausland wurde in einem Fall Rotschlamm abgelagert, in dem er über ein Seilbahnsystem mittels Gondeln transportiert und aus mittlerer Höhe verklappt wurde, so dass dieses Material relativ trocken deponiert werden konnte. Das relativ trocken abgelagerte Material hat auch im Laufe der Liegezeiten nicht wesentlich Wasser aufgenommen, so dass dieses Material eher begehbar und zum Teil mit besonderer Vorsicht auch mit leichtem Gerät befahrbar wäre. Auf Grund der nicht stabilen – da grobporigen und nicht verdichtet eingebauten Form – muss davon ausgegangen werden, dass auch in diesem Fall des „Einbaus“ mit großen Setzungen und Bewegungen innerhalb des Ablagerungsbereiches zu rechnen ist.

Die Einbauvarianten nochmals schematisch dargestellt:

Zum einen wurde Rotschlamm eingespült. Das heißt es waren großflächige Becken vorhanden, um z. B. die Sedimentation zu beschleunigen. Diese Becken wurden als Flachpolder gebaut und beschickt. Nach heutiger Rechtslage ist eine Deponierung über Nassversatz nicht mehr zulässig.

Auch eine Ablagerung auf einer geordneten DK II-Deponie ist nicht ohne Weiteres möglich, da mit diesen Materialien die erforderlichen Parameter (Stichfestigkeit, Tragfähigkeit gemäß Deponieverordnung Anhang 3) nicht erreicht werden, so dass eine Ablagerung dieser Materialien unweigerlich zu Standsicherheitsproblemen führen muss.

Im Fall des relativ „trockenen Einbaus“ (Abkippen über Gondeln) ist der Rotschlamm zwar besser zu bearbeiten, gleichwohl hat dieses Material auf Grund seiner Kornstruktur keine hohen Reibungswerte, da in Kontaktflächen durch Aufnahme von Wasser sofort Schmier-schichten entstehen, die Reibungswinkel = 0 besitzen. In der Praxis heißt das: Man bewegt sich wie auf einer glatt polierten Eisfläche.

3 Beispiele

Beispiel 1

Eine hier beschriebene Deponie liegt im Norden der Stadt Luxemburg (Foto 2), an einem von SW nach NO leicht geneigten Hang. Sie ist durch einen Betriebsweg in die Abschnitte I (nordwestlicher Teil) und II (südöstlicher Teil) unterteilt.

a) Deponieabschnitt I

Im westlichen Bereich des Deponieabschnittes I wurden Stahlwerksschlacken, Bauschutt, Schlacken aus der Ferro-Legierungsproduktion sowie Filterstäube und Filterschlämme verkippt.

Ab 1974 fielen in der Produktion zwei Arten von Schlämmen an:

- Filterkuchen aus der Laugung und
- Schlämme aus der Prozesswasseraufbereitung (Rotschlamm).

Zur Deponierung des Rotschlammes wurde im Ostteil des Deponieabschnittes I 1974 ein Abschlussdamm errichtet. Bis 1985 wurde Rotschlamm in das so entstandene Becken eingelagert.

b) Deponieabschnitt II

Im Deponieabschnitt II befindet sich ein bereits verfülltes und oberflächenabgedichtetes Schlammbecken.

Im Zuge der Abschluss-/Entwicklungsmaßnahme wurde vom Umweltministerium Luxemburg eine Oberflächenabdichtung gefordert. Da die Thematik Mitte der 90er Jahre in verstärktem Maß durch den Einsatz von Geokunststoffen – im Speziellen von Geogittern und Geotextilien – bestimmt wurde, ist als eine Variante der Oberflächenabdichtung durch die Bauberatung Geokunststoffe (bbg) eine Lösung erarbeitet worden, die vorschlug, die gesamte Rot-schlammfläche mit einem zugfesten Geogitter und einem darüber liegenden Geotextil zu überspannen und mit einem weiteren „leichten“ Oberflächenabdichtungssystem durch Kunststoffdichtungsbahn und Dränmatte mit geringer Rekultivierungsschicht zu überbauen.

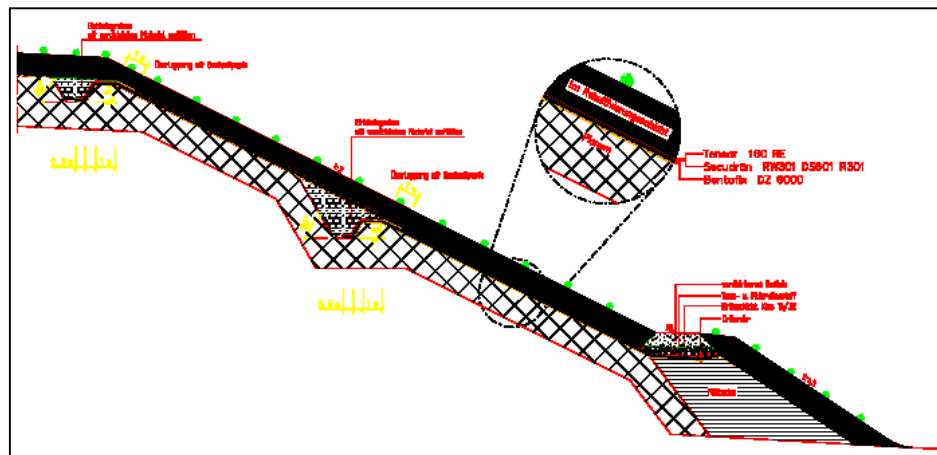


Abbildung 2: Oberflächenabdichtung [Quelle: bbg]

Die Planung wurde vom Betreiber aufgegriffen und in eine Ausschreibung überführt. Durch die unterschiedlichen Genehmigungsverfahren im Herzogtum Luxemburg wurde das Umweltministerium erst relativ spät mit den fertigen Entwürfen konfrontiert, worauf sich unmittelbar Fragen über die Thematik der Oberflächenabdichtung hinaus stellten. Unter anderem wurde seitens des Umweltministeriums ein ausführliches Standsicherheitsgutachten über die Gesamtsituation gefordert. Die Planung seitens bbg war durch den Auftraggeber ausschließlich auf das Oberflächenabdichtungssystem begrenzt.

In diesem Zusammenhang wurde unsere Gesellschaft eingeschaltet, um Sondierungen innerhalb der Rotschlammdeponie und in bzw. auf den Randabschlussdämmen durchzuführen. Es galt, Beiträge zur Standsicherheitsberechnung sowohl der Randdämme zu liefern als auch die Tragfähigkeit des eigentlichen Schlammereichs und der Abdichtung nachzuweisen.



Foto 2

Im weiteren Verlauf des Projektes wurden Sondierungen durchgeführt, welche während der Winterzeit bei starkem Frost erbracht wurden, damit der tixotrope Rotschlamm durch die Vibration des Bohrgerätes nicht in Verflüssigung geriet und dem Bohrpersone die ausreichende Sicherheit der Betretung ermöglicht. Die Bohrsondierungen wurden erfolgreich durchgeführt; es konnte eine exakte Schichtenfolge aufgezeigt und mit den entnommenen Proben und zugehörigen bodenmechanischen Versuchen die entsprechenden bodenmechanischen Parameter für die Ermittlung der Standsicherheiten ermittelt werden. Dabei wurde deutlich, dass die Rotschlammmächtigkeiten bis ca. 11 m betragen.

Ähnliche Anforderungen wurden im Bereich der Wälle umgesetzt. Hier wurden sowohl Schürfe als auch Bohrungen durchgeführt, um ebenfalls eine entsprechende Parameterliste zu erhalten (Foto 3). Als Ergebnis der Untersuchungen ergab sich dann, dass die Situation – bezogen auf die Oberflächenabdichtung – zwar tragfähig war, die Situation bodenmechanisch im Bereich der Dämme und Hanglage der Deponie als nicht ausreichend standsicher angesehen werden konnte (zu steil). Dies erforderte eine grundsätzliche Überarbeitung und Neuregelung der Deponierekultivierungsmaßnahme.



Foto 3

Als Ergebnis aus mehreren Varianten wurde festgelegt, dass die Deponie insgesamt mit flacheren Böschungen ausgestattet werden musste. Dies bedeutete, dass sowohl Vorschüttungen im Fußbereich als auch Profilierungsarbeiten im Kopfbereich der Böschungen durchgeführt werden mussten. Im westlichen Teil der Deponie musste die gesamte Böschung rückgebaut werden, wobei die dabei entstandenen Materialien und Schlackemengen im Bereich des Deponiegeländes entsprechend zu verbringen waren (Abbildung 3).

Dazu wurde die Situation aufgezeigt, dass mit den Rückbaumaterialien der Dämme – hierbei handelte es sich um große Schlackenstücke und kornabgestufte Materialien – gegebenenfalls eine Stabilisierung des Rotschlammes möglich sein könnte. Die Fragestellung, ob sich die großen Brocken in den Rotschlamm einarbeiten lassen, konnten nur in einem Testfeld ermittelt werden. Die gesamten genehmigungsrechtlichen Fragen wurden zunächst zurückgestellt. Es wurde ein Probefeld konzipiert, in dem die Möglichkeiten genau ausgelotet werden sollten, inwieweit eine Stabilisierung durch Einbringen einer groben Steinmatrix in den Rotschlamm die erforderlichen Tiefen erreicht und somit auch die ausreichenden Standsicherheiten gewährleistet werden.

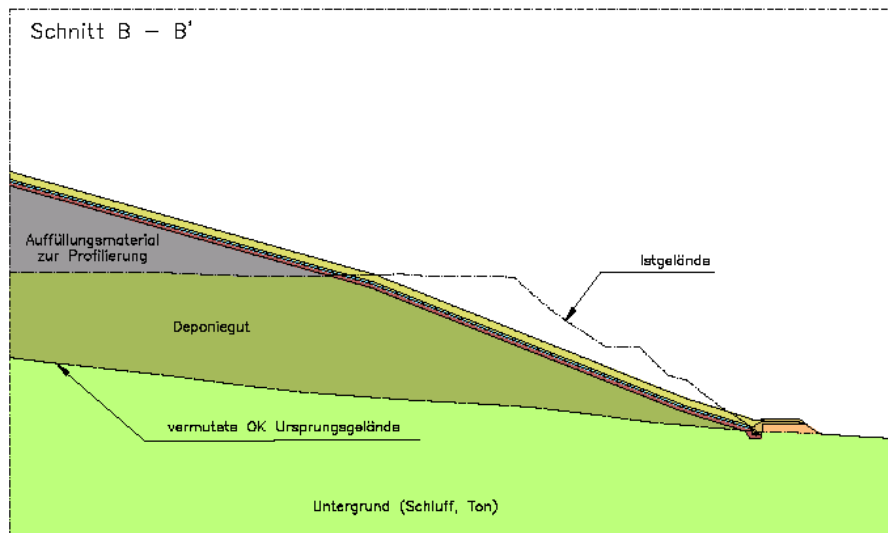


Abbildung 3: Planung

Das Probefeld wurde im August 2001 ausgeführt. Hierbei wurde nach einem strengen Arbeits- und Sicherheitsplan gearbeitet. Die Abfolge ist geprägt durch die hohen Sicherheitsvorkehrungen beim Bau auf dem Rotschlamm. Zunächst wurde bestimmt, dass keine Fahrzeuge direkt auf dem Schlamm fahren dürfen. Alle Materialien wurden in der „Vor-Kopf-Bauweise“ eingebracht. Der Einbau erfolgte im unmittelbaren Dammbereich, so dass notfalls auch vom Dammbereich aus eingegriffen werden konnte. Die Baustraße wurde parallel zur Dammkrone eingebracht.

Es zeigt sich bei den Stabilisierungsversuchen schon nach wenigen Lkw-Ladungen (Foto 4), dass die groben Abbruchmaterialien nur schwer in den Rotschlamm einzuarbeiten waren, dass zwar der Rotschlamm eine relativ geringe Feuchte hatte – dennoch nicht befahrbar war –, dass aber gleichwohl die groben Brocken nicht ohne weiteres in den Rotschlamm einzuarbeiten waren.

**Foto 4**

In einem nächsten Schritt wurden durch Baggerschürfe im Randbereich Bereiche freigelegt, in die dann Lkw-weise die Abbruchmaterialien eingebracht wurden (Foto 5). Von diesen Spornen aus wurden anschließend weitere Fahrstraßen vor Kopf in den Rotschlamm eingebracht und mittels schwerem Walzgerät eingearbeitet; immer wieder wurden Belastungsversuche durch beladene Lkw vollzogen, um sicherzugehen, dass die eingearbeiteten Abbruchmaterialien auch die entsprechenden Standsicherheiten lieferten (Foto 6).

**Foto 5**



Foto 6

Insgesamt zeigte sich dann die gesamte Baumaßnahme als „gutmütig“, das heißt bei fortlaufendem Probefeld wurde die eingebrachte Schicht immer dünner, so dass letztlich die Extrema „Auskoffierung bis zum Grund“ und „Verfüllung mit Abbruchmaterial“ bis hin zur Überbauung der Materialien mit Abbruchmaterial in Schichtdicken von 2 x 50 cm zur Überführung mit schwerem Gerät völlig ausreichte.

Darüber hinaus sind dann noch entsprechende „Stützsporne“ eingebaut worden, um die Standsicherheit insgesamt zu erhöhen (Foto 7). Die befürchtete Verdrängung des Rot-schlammes und damit eine Erhöhung der Schlammlinie trat nicht ein. Im Gegenteil: Es zeigte sich eine nach Abschluss der Arbeiten homogene Fläche, welche im Bereich der Stabilisierungen mit schwerem Gerät ohne Probleme befahren werden konnte. Daraus ergab sich die neue Planungssituation. Durch die Verfestigung konnte davon ausgegangen werden, dass eine Überbaubarkeit der profilierten Deponie möglich ist – somit konnten Deponiedichtungsbaustoffe zur Anwendung gelangen, die vom Auftraggeber selbst bereitgestellt wurden. Dabei sind Bodenmaterialien aus benachbarten Baugebieten benannt worden, welche einer Eignungsprüfung unterzogen wurden. Es stellte sich heraus, dass erhebliche Kontingente von Ton und tonigen Schluffen vorhanden waren, um damit eine mineralische Abdichtung nach dem Stand der Technik bauen zu können (Abbildung 4).



Foto 7

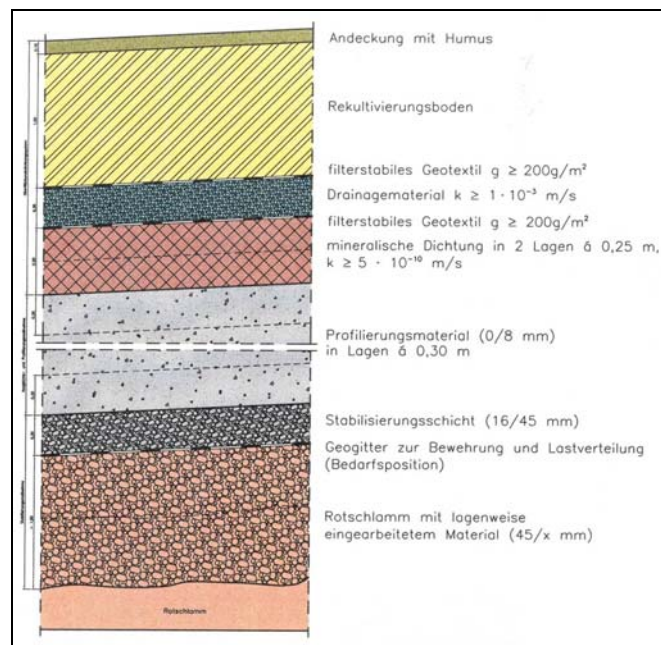


Abbildung 4: Aufbau der Oberflächenabdichtung

Um auf der sicheren Seite zu liegen wurden dennoch weite Bereiche der Fläche im Rahmen der Ausschreibung mit aufgenommen, wo zusätzlich zu den Verfestigungsmaßnahmen noch Geogitter zum Einsatz kommen, welche allerdings nicht im Probefeld getestet wurden, da hierüber mittlerweile eine ausreichende Anzahl von allgemeinen Ergebnissen vorliegt.

Seit Dezember 2005 wird diese Deponie jetzt umgelagert (profilert und stabilisiert). Dabei zeigte sich, dass die während der Probeverdichtung und Stabilisierung durchgeführten Maßnahmen so nachhaltig wirksam sind, dass unmittelbar nach Planierung der Wege diese ausgesprochen gut zu benutzen sind.

Es sind keinerlei Setzungen, Rutschungen oder sonstige Bewegungen festzustellen. Die im Jahr 2001 eingebauten Baustraßen sind nach wie vor ohne Schwierigkeiten mit schwerem Gerät zu befahren. Eine Bearbeitung der Materialien könnte zurzeit teilweise sogar unmittelbar auf dem Rotschlamm erfolgen – was allerdings aus Sicherheitsgründen durch die Gewerbeaufsicht nicht zugelassen ist. Letztlich können die Überschussmassen der Profilierung aus dem Westbereich unmittelbar in die dafür vorgesehenen Flächen (Rotschlammbecken) eingebaut und mit entsprechender Verdichtung sofort überbaut werden (Abbildung 5).

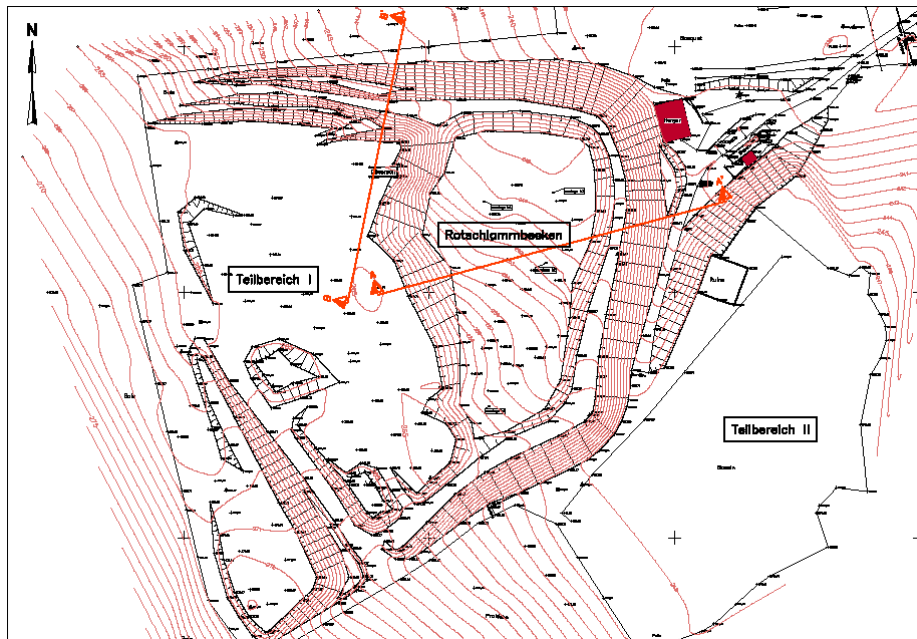


Abbildung 5: Lageplan

Insgesamt hat sich mit der veränderten Situation eine Topographie ermöglichen lassen, die zwar immer noch mit relativ steilen Böschungen hantiert, auf Grund der Materialauswahl der eingesetzten Baustoffe allerdings eine ausreichende Sicherheit auch im Langzeitverhalten erwarten lässt (Abbildung 6).

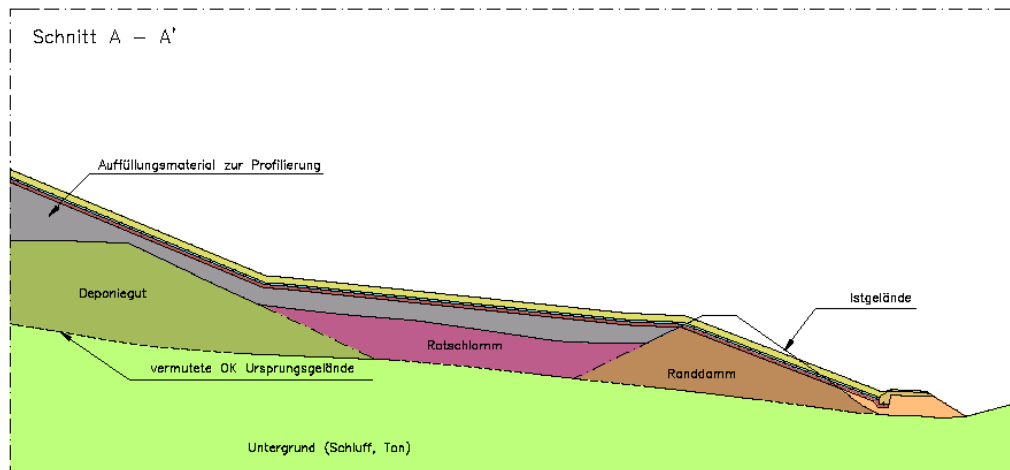


Abbildung 6: Überbautes Schlammbecken

Beispiel 2

Im Gegensatz dazu ist im 2. Beispiel einer Rotschlammdeponie, in der die Materialien eingespült wurden, 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 der betroffenen Firma 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 Bauersatzstoffen 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 Deponieersatzbaustoff 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 ein Ministerialerlass zur Verwertung von Abfallstoffen in die Anwendung genommen; folglich mussten die Parameter der eingesetzten Materialien den Grenzwerten des Ministerialblattes Genüge leisten. Da Rotschlamm wie zuvor erwähnt hohe Gehalte an Eisenverbindungen besitzen, musste die Frage der Eluierbarkeit und der Beständigkeit nachgewiesen werden. Im Blickpunkt waren 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. Hier wurden in Anlehnung an die GDA-Empfehlung in einem Versuchstopf der mögliche Krümmungsradius dieser Materialien untersucht (Setzungsverhalten des Untergrundes). Dies erfolgte durch die in (Foto 8) 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 eintrugen.



Foto 8: Versuchseinrichtung

Die Ergebnisse aller Versuche waren durchweg positiv, so dass die zuständigen Behörden zustimmten, dieses Material als einen Teil einer 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 werden (Einbau und Verdichtung). Das heißt, der Rotschlamm wird per Bagger aufgenommen, mittels Dumper zu einer Zwangsmischanlage transportiert und mit weiteren Zuschlagstoffen 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 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 (Foto 9) 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.



Foto 9: Großer Ackerschlepper mit doppelter Bereifung

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