

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“

**Eignungsbeurteilung von METHA-Material zur Herstellung von mineralischen
Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien**

16.06.2008

Inhalt	Seite
1 Zusammensetzung und Eigenschaften	1
1.1 Allgemeines	1
1.2 Zusammensetzung	2
1.3 Bodenmechanische Eigenschaften	2
1.4 Abfallchemische Eigenschaften	3
2 Entwurf und Bemessung	4
2.1 Entwurf des Abdichtungssystems	4
2.1.1 Allgemeines	4
2.1.2 Rekultivierungsschicht und Bewuchs	5
2.1.3 Entwässerungsschicht	6
2.1.4 Kunststoffdichtungsbahn (nur DK II)	7
2.1.5 METHA-Schlickdichtung	7
2.1.6 Ausgleichsschicht	8
2.1.7 Konstruktive Gestaltung von Details	8
2.2 Bemessung des Abdichtungssystems	8
2.2.1 Nachweis der Standsicherheit und der Verformungssicherheit	8
2.2.2 Mechanische Eigenschaften	9
2.2.3 Dichtigkeit	10
2.2.4 Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit	10
3 Aufbereitung des METHA-Schlicks	10
4 Lagerung und Transport des Materials	12
5 Einbauverfahren und Bauausführung	13
5.1 Einbauverfahren	13
5.2 Bauausführung	13
6 Maßnahmen zum Schutz der fertigen Leistung	14
7 Qualitätsmanagement	15
8 Technische Bezugsdokumente	15

Anhang 1 Abfallchemische Bewertung

Anhang 2 Grafische Darstellung des Schichtaufbaus von Oberflächenabdichtungssystemen mit Dichtungen aus METHA-Schlick

Anhang 3 Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen in METHA-Schlick

Anhang 4 Qualitätsmanagement-Handbuch Oberflächenabdichtungen aus METHA-Schlick für Deponien der Klassen I und II DepV., Version 1.4 vom 13.12.2007

1 Zusammensetzung und Eigenschaften

1.1 Allgemeines

Diese „Eignungsbeurteilung“ beurteilt die Eignung von METHA-Material, nachfolgend als METHA-Schlick bezeichnet, zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien der Klassen I und II nach DepV sowie den technischen Bezugsdokumenten [2] bis [6].

Für den Einsatz von METHA-Schlick auf Deponien der Klasse II in Kombination mit einer Kunststoffdichtungsbahn sind noch die nachfolgenden Nachweise zu erbringen und zu beurteilen:

- Herstellbarkeit des Verbundes (Oberflächenebenheit der METHA-Schlickdichtung)
- Scherwiderstände und Verformung während der Konsolidierung der Schlickdichtung unter der direkt aufliegenden KDB
- Krieeffekte

Sofern beim Einbau von METHA-Schlick ohne aufliegende Kunststoffdichtungsbahn von der Forderung nach einer glatten und ebenen Oberfläche der METHA-Schlickdichtung (s. Nr. 5.1) abgewichen werden soll, ist nachzuweisen, dass damit keine wesentliche Minderung der Systemwirksamkeit (Dichtigkeit, mechanische und hydraulische Stabilität) verbunden ist.

Der METHA-Schlick fällt bei der Aufbereitung von Baggergut aus dem Hamburger Hafen an. Im Hamburger Hafen müssen zur Aufrechterhaltung der für die Schifffahrt benötigten Wassertiefen regelmäßig Baggerungen durchgeführt werden, um die ständigen natürlichen Sedimentablagerungen der Elbe zu entfernen. Seit über 10 Jahren werden die gebaggerten Elbsedimente in der Anlage zur mechanischen Trennung und Entwässerung von Hafensedimenten (METHA) in Sand und Schlick getrennt und die Schlickfraktion entwässert. Der Schlick wird überwiegend in zwei Deponien abgelagert, die durch Oberflächenabdichtungssysteme mit mineralischen Dichtungen aus METHA-Schlick gesichert werden. Die beiden Schlickdeponien Francop und Feldhofs unterlagen einschließlich ihrer Abdichtungen aus METHA-Schlick jeweils einer Umweltverträglichkeitsuntersuchung und sind nach Abfallrecht planfestgestellt.

In der METHA werden ausschließlich die durch Baggerung im Hamburger Hafen gewonnenen Elbsedimente im Mittel in rund 50 % Sand, 15 % Feinsand und 35 % Schlick getrennt. Der Sand wird für Bauzwecke verwendet, der Schlick nach Möglichkeit, z. B. als mineralische Dichtung, verwertet. Seit September 1997 liefert die METHA III „Mittelschlick“ und „Membrankammerfilterpressenschlick (MKFP)“, deren Aufbereitung sich lediglich in der Entwässerungstechnik unterscheidet. Der Kornaufbau dieser beiden Schlickvarianten ist identisch, weshalb sie unter der Bezeichnung „METHA-Schlick“ zusammengefasst werden.

1.2 Zusammensetzung

METHA-Schlick hat als Gewässersediment eine natürliche Herkunft, weist aber anthropogene Schadstoffbelastungen auf. Eine Vermischung mit anderen Materialien findet nicht statt. Lediglich zur Unterstützung der maschinellen Entwässerung in der METHA werden sehr geringe Mengen an kationischem und anionischem Flockungsmittel zugegeben.

Aufgrund der Durchmischung bei der Baggerung und bei der Überführung in das Sammelbecken vor der METHA sowie aufgrund der Durchmischung bei der technischen Aufbereitung in der METHA hat der METHA-Schlick eine homogene Zusammensetzung.

1.3 Bodenmechanische Eigenschaften

Die Eigenschaften des METHA-Schlicks werden seit 1997 bei der Produktion der METHA sowie beim Einbau überwacht. Der METHA-Schlick weist demnach folgende Kennwerte auf:

Der Feinkornanteil $< 0,02$ mm beträgt im Mittel 42 Gew.-% (Spannweite 21 bis 62 Gew.-%). Der Sandanteil liegt im Mittel bei 29 Gew.-% (Spannweite 7 bis 59 Gew.-%). Die Ton- und Schluffgehalte des METHA-Schlicks betragen im Mittel 16 Gew.-% bzw. 55 Gew.-%. Aufgrund der schlechten Dispergierbarkeit des METHA-Schlicks ist die Bestimmung des Tongehalts jedoch ungenau, so dass der Feinkornanteil $< 0,02$ mm (Grenze Mittel- zu Grobschluff) zur Kennzeichnung des Materials besser geeignet ist.

Die Tonfraktion des METHA-Schlicks wird durch Illit dominiert. Auf das Gesamtmaterial bezogen enthält der METHA-Schlick ca. 10 % Illit und jeweils ca. 5 % Smectit und Kaolinit. Der Kalkgehalt beträgt im Mittel 5,2 Gew.-%.

Der METHA-Schlick enthält aufgrund seiner Herkunft als Elbsediment rund 8 Gew.-% feinv verteilte, visuell nicht erkennbare und stark humifizierte organische Substanz. Untersuchungen ergaben einen geringen Abbau der organischen Substanz, der nach rund 20 Jahren zum Erliegen kommt und keinen Einfluss auf die Dichtwirksamkeit der METHA-Schlickdichtung hat. Auch der AT_4 -Wert (0,3 bis 2,5 mg O_2 /g TM) bestätigt die geringe Abbaubarkeit der organischen Substanz.

Der METHA-Schlick ist auch nach der Entwässerung in der METHA durch hohe Wassergehalte gekennzeichnet und wird daher mit mittelschweren Kettenfahrzeugen eingebaut. Die für den Einbau zulässige Wassergehaltsspanne beträgt $w = 50$ bis 90 Gew.-% (der Mittelwert der bisherigen Bestimmungen liegt bei 68 Gew.-%). Die Trockendichte beträgt bei der üblichen Einbautechnik im Mittel $\rho_d = 0,83$ g/cm³ (Spannweite der bisherigen Bestimmungen $\rho_d =$

0,78 bis 0,95 g/cm³). Aus den Mittelwerten des Einbauwassergehalts und der Trockendichte ergeben sich für eine mittlere Korndichte von $\rho_s = 2,439$ g/cm³ ein Porenanteil von $n = 0,66$ und eine Sättigungszahl von $S_r = 0,856$. Die Konsistenzzahl liegt im Mittel bei $I_c = 0,84$ (steif).

Die gesättigte Wasserdurchlässigkeit der eingebauten METHA-Schlickdichtung wurde nach DIN 18130 bei einem hydraulischen Gradienten von $i = 30$ an 163 ungestörten Proben bestimmt. Das harmonische Mittel beträgt $k = 6,4 \times 10^{-10}$ m/s, der Median $k = 7,1 \times 10^{-10}$ m/s und das 0,95 %-Quantil $k = 1,9 \times 10^{-9}$ m/s.

Von 1996 bis 2005 wurde die Durchsickerung einer METHA-Schlickdichtung in einem Versuchsfeld auf der Schlickdeponie Francop mit Jahresraten von 15 bis 19 mm/a bestimmt. Die Messungen der Durchsickerung und des hydraulischen Gradienten im Feldversuch ergaben eine Wasserdurchlässigkeit von $k = 4,1 \times 10^{-10}$ m/s.

1.4 Abfallchemische Eigenschaften

METHA-Schlick ist aufgrund der Begriffsbestimmung des KrW-/AbfG als Abfall einzustufen. Für die Beurteilung der Schadlosigkeit der Verwertung als Dichtungsmaterial für Deponien ist die Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV) maßgebend. Die Zuordnungswerte der DepVerwV werden weitgehend eingehalten. Für die Parameter, bei denen Überschreitungen der Zuordnungswerte auftreten, wurden aus den vorliegenden Analysewerten der letzten 5 Jahre die dort aufgeführten 90. Perzentile ermittelt. Auf der Grundlage von Fußnote 2, Tabelle 1, Anhang 1 DepVerwV kann die zuständige Behörde Überschreitungen einzelner Zuordnungswerte zulassen, wenn nachgewiesen wird, dass die Deponieersatzbaustoffe trotz der Überschreitung dieser Zuordnungswerte keine Gefährdung für Boden oder Grundwasser darstellen. Im Rahmen dieser Eignungsbeurteilung wurden eine Vielzahl von Einzelmesswerten und die zeitliche Entwicklung der Schadstoffbelastung des METHA-Schlicks und des Wasserabflusses auf der METHA-Schlickdichtung ausgewertet (Anhang 1)

Unter Berücksichtigung der konkreten Standortbedingungen kann die zuständige Behörde in den Grenzen der Vorgaben nach DepVerwV andere Werte festlegen. Ggf. sind zusätzliche Parameter über die Parameter des Anhangs 1 Tabelle 2 DepVerwV hinaus zu berücksichtigen.

METHA-Schlick wurde am 04.01.2005 von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens als nicht gefährlicher Abfall (Abfallschlüssel: 17 05 06) eingestuft (F_043 Anlage 4). Derzeit sind die für den Nachweis der Gefährlichkeit von Abfällen zu prüfenden gefährlichen Eigenschaften nach der europäischen Richtlinie über gefährliche Abfälle nicht durchweg bundeseinheitlich durch Grenzwerte konkretisiert. Die zuständige Behörde kann im jeweiligen Einzelfall eine diesbezügliche Einstufung vornehmen.

Bei der Trennung und Entwässerung des Baggerguts in der METHA werden an zwei Punkten der Verfahrenskette Hilfsmittel auf Polyacrylbasis zur Flockung der organischen und mineralischen Schwebstoffe zugegeben. Bei den einzelnen Flockungshilfsmitteln handelt es sich jeweils um handelsübliche, in der Wasseraufbereitung zur Flockung von kolloidalen Schwebstoffen unterschiedlicher Ladung weit verbreitete Polyelektrolyte, die von verschiedenen Herstellern unter verschiedenen Handelsnamen angeboten werden.

- Im Eindicker werden zwei Flockungshilfsmittel zugegeben. Das erste Flockungshilfsmittel wird als Koagulant zur Bindung der organischen Frachten am mineralischen Schlamm zugegeben, um den Betriebswasserkreislauf von Schwebstoffen zu entlasten. Es handelt sich um ein kationisches Polyelektrolyt mit niedrigem Molekulargewicht und mittelkationischer Ladungsdichte in einer Menge von 30 - 50 g Wirksubstanz/t TM. Im zweiten Schritt wird zur Absetzung der gebildeten Tonagglomerate ein anionisches Polyelektrolyt mit hohem Molekulargewicht und mittelanionischer Ladungsdichte in einer Menge von 250 - 400 g Wirksubstanz/t TM zugegeben.
- Im Schlickstapel erfolgt zur Entwässerung der eingedickten und wasserbindenden Suspension eine weitere Zugabe eines kationischen Polyelektrolyts in einer Menge von 700 - 1300 g Wirksubstanz/t TM, wobei bei der Entwässerung in den Siebbandpressen ein Flockungshilfsmittel mit mittelkationischer Ladungsdichte und mittlerem bis geringem Molekulargewicht zum Einsatz kommt, während bei der Entwässerung in den Membrankammerfilterpressen ein Polyelektrolyt mit hochkationischer Ladungsdichte und geringem Molekulargewicht zugegeben wird.

Bei einer Gesamtzugabe an Flockungsmitteln von im Mittel 1400 g Wirksubstanz/t TM ergibt sich pro t TM entwässertes Schlickprodukt ein Anteil von 0,14 %.

Die Flockungshilfsmittel führen zu keinen erkennbaren Mikrostrukturen im METHA-Schlick. Es ist daher nicht zu befürchten, dass bei einem Abbau des Flockungsmittels eine die Durchlässigkeit erhöhende Änderung der Struktur auftritt. Beim jeweiligen Einsatz von METHA-Schlick ist von HPA zu bestätigen, dass kein anderes Flockungsmittel verwendet wird als das, welches dieser Eignungsbeurteilung zu Grunde liegt.

2 Entwurf und Bemessung

2.1 Entwurf des Abdichtungssystems

2.1.1 Allgemeines

Die grundsätzliche Eignung von METHA-Schlick als mineralische Oberflächenabdichtung wurde für Oberflächenabdichtungssysteme für die Deponieklassen I und II nach DepV [1] gemäß den LAGA Grundsätzen [5] und [6] geprüft. Zum Schutz der METHA-Schlickdichtung vor langfristig schädlichen Einwirkungen müssen der Schichtaufbau und die Mächtigkeit des

gesamten Oberflächenabdichtungssystems größere Sicherheitsreserven enthalten als sie bei Einhaltung der Mindestanforderungen gemäß DepV [1] gegeben wären. Die für den Einsatz von METHA-Schlickdichtungen einzuhaltenden Mindestanforderungen werden in Anhang 2 zeichnerisch dargestellt¹ und nachfolgend erläutert. Sie sind bei konkreten Planungen objekt- und standortspezifisch zu überprüfen und ggf. fortzuschreiben.

2.1.2 Rekultivierungsschicht und Bewuchs

Anforderungen an Rekultivierungsschichten und Bewuchs in Oberflächenabdichtungssystemen sind in den GDA-Empfehlungen 2-31 [7] und 2-32 [8] beschrieben. Die gültigen Vorschriften zur Verwendung von Bodenmaterialien sind einzuhalten. Es gelten die Anforderungen des Anhangs 3 dieser Eignungsbeurteilung und im Übrigen die des Anhangs 5 der Deponieverordnung [1].

Die Mindestschichtstärke der Rekultivierungsschicht ist in Oberflächenabdichtungssystemen mit mineralischen Dichtungen aus METHA-Schlick gegenüber der abfallrechtlichen Mindestvorgabe ($\geq 1,0$ m) zu erhöhen, um folgende Schutzziele zu erfüllen:

- Bereitstellung der Mindestauflast der METHA-Schlickdichtung von 35 kN/m^2 (s. 2.1.5)
- Bereitstellung eines vergrößerten Wurzelraumes für den Bewuchs als Schutz der METHA-Schlickdichtung vor tief reichenden Wurzeln
- Schutz der METHA-Schlickdichtung vor Austrocknung und Schrumpfung (bei DK I im Zusammenwirken mit der sandigen Entwässerungsschicht)

Die Mindestüberdeckung der METHA-Schlickdichtung darf 2,0 m nicht unterschreiten.

Sofern die Entwässerungsschicht in einer Mächtigkeit von 0,30 m geplant und eingebaut wird, beträgt die Schichtmächtigkeit der Rekultivierungsschicht mindestens 1,70 m. Sollte die mineralische Entwässerungsschicht ganz oder teilweise durch ein Kunststoff-Dränelement ersetzt werden, so ist die gegenüber dem Sollwert 0,30 m verminderte Dicke der Entwässerungsschicht durch eine Erhöhung der Rekultivierungsschichtmächtigkeit zu kompensieren. Sofern die Entwässerungsschicht mit einer größeren Dicke als 0,30 m eingebaut wird, kann die Rekultivierungsschichtmächtigkeit entsprechend reduziert werden, wobei sie jedoch eine Dicke von 1,50 m nicht unterschreiten soll (auch wenn die Entwässerungsschicht über 0,50 m dick geplant und hergestellt wird). Je nach Einbauverfahren und Materialeigenschaften der

¹ Zwischen Rekultivierungs- und Entwässerungsschicht sowie auf der Kunststoffdichtungsbahn können in Abhängigkeit von den gewählten Böden zusätzliche mineralische oder geosynthetische Trenn-, Filter- und Schutzschichten erforderlich werden, die in Anhang 2 nicht dargestellt sind.

Rekultivierungsböden ist beim Einbau eine Sackungsreserve vorzusehen, damit die planmäßige Mindestschichtdicke auch nach Abklingen der ggf. zu erwartenden Sackung eingehalten wird. An trockenen Standorten und bei besonderen Rekultivierungszielen (z.B. Wald) können höhere Mächtigkeiten der Rekultivierungsschicht erforderlich sein.

2.1.3 Entwässerungsschicht

Der Aufbau der Entwässerungsschicht erfolgt gemäß DepV [1], TA Abfall [3] und TA Siedlungsabfall [4] und ist objekt- und standortspezifisch zu bemessen. Abweichungen von Schichtstärke und Durchlässigkeitsbeiwert sind demnach möglich, sofern die hydraulische Leistungsfähigkeit und die Standsicherheit nachgewiesen werden. Zusätzlich ist zu beachten, dass die mineralische Entwässerungsschicht zur erforderlichen Mindestauflast der METHA-Schlickdichtung (siehe 2.1.5) beiträgt. Sofern sie durch ein Kunststoff-Dränelement ersetzt werden soll, ist die damit verbundene Verringerung der Auflast anderweitig zu kompensieren, z. B. durch eine entsprechende Erhöhung der Rekultivierungsschicht.

An den Aufbau der Entwässerungsschicht in Oberflächenabdichtungssystemen mit METHA-Schlickdichtungen werden zusätzlich folgende Anforderungen gestellt:

Im Oberflächenabdichtungssystem auf Deponien der Klasse I DepV wird der direkt auf der METHA-Schlickdichtung aufliegende Teil der Entwässerungsschicht (mindestens 0,10 m) aus Sand (SE, SW, SU) aufgebaut, um die METHA-Schlickdichtung vor Austrocknung zu schützen, indem die Dichtung im Jahresverlauf durch einen verzögerten Drainageabfluss länger feucht gehalten wird. Zusätzlich schützt der sandige Kornaufbau der Entwässerungsschicht die Dichtung vor Erosion. Die angegebene Mindestdicke der sandigen Entwässerungsschicht von 10 cm muss erforderlichenfalls aus erdbautechnischen Erfordernissen erhöht werden. Oberhalb des sandigen Teils der Entwässerungsschicht wird eine kiesige Entwässerungsschicht oder ein Kunststoff-Dränelement eingebaut, um das gemäß der hydraulischen Dimensionierung in die Entwässerungsschicht zusickernde Wasser ohne Rückstau in die Rekultivierungsschicht ableiten zu können. Die Kornabstufung von sandiger Entwässerungsschicht und ggf. darüber eingebauter kiesiger Entwässerungsschicht ist so zu wählen, dass eine seitliche Kornverlagerung mit dem Drainageabfluss vermieden wird.

Im Oberflächenabdichtungssystem auf Deponien der Klasse II DepV wird entweder der Kornaufbau der Entwässerungsschicht so gewählt, dass die Kunststoffdichtungsbahn durch das Grobkorn nicht mechanisch beschädigt wird (Schutzwirksamkeitsnachweis erforderlich), oder es wird auf der Kunststoffdichtungsbahn eine gesonderte sandige oder geosynthetische Schutzschicht eingebaut.

2.1.4 Kunststoffdichtungsbahn (nur DK II)

In den Basisabdichtungssystemen der Hamburger Schlickdeponien wird zwischen KDB und METHA-Schlickdichtung bisher eine Sandzwischenlage eingebaut. Oberflächenabdichtungssysteme mit KDB und METHA-Schlick auf Deponien der Klasse II wurden bisher nicht ausgeführt, so dass zur direkten Verlegung der KDB auf der Oberfläche der METHA-Schlickdichtung bisher nur erste Ergebnisse aus einem Einbauversuch vorliegen. Zu den vorzulegenden und zu beurteilenden Nachweisen siehe Nr. 1.1

2.1.5 METHA-Schlickdichtung

Die Abdichtung aus METHA-Schlick ist in zwei Lagen mit je $\geq 0,4$ m Mächtigkeit nach Verdichtung mit einer Gesamtmächtigkeit von $\geq 0,8$ m herzustellen. Die Erhöhung der Lagendicke und der Gesamtmächtigkeit gegenüber den in der DepV für DK I und II geforderten Maßen von 0,25 m bzw. 0,5 m dient mehreren Schutzzielen. Erstens wird damit eine Reserve für die Zusammendrückung der Dichtung infolge Konsolidierung vorgehalten. Zweitens wird der in der Dichtung gespeicherte Bodenwasservorrat zum Schutz vor Austrocknung erhöht. Drittens wird durch die erhöhte Schichtdicke eine Sicherheit für den Fall vorgehalten, dass die Wasserdurchlässigkeit der unteren 0,1 bis 0,2 m der unteren Dichtungslage infolge des im Vergleich zu herkömmlichen mineralischen Dichtungen geringeren Eintrages von Verdichtungsenergie beim Einbau etwas höher liegt als in den darüber liegenden Bereichen der Dichtung.

Die maßgeblichen Materialeigenschaften des METHA-Schlicks werden in Abschnitt 1 und im Qualitätsmanagement-Handbuch für Oberflächenabdichtungen aus METHA-Schlick (Anlage 4) dargelegt. Zur Herstellung und Qualitätssicherung der Dichtung siehe Abschnitte 4 bis 7.

Auf Dichtungen aus METHA-Schlick muss eine Auflast aufgebracht werden, die eine Zusammendrückung der METHA-Schlickdichtung von mindestens 3 % bewirkt, um die Dichtwirkung der konsolidierten Dichtung langfristig zu sichern.

Bei einer Auflastspannung von 35 kN/m^2 an der OK der Dichtung wird folgende Zusammendrückung der Schlickdichtung erzielt:

Steifemodul $E_S = 0,9 \text{ MN/m}^2$; Auflast $\sigma' = 35 \text{ kN/m}^2$; Schichtstärke $b = 0,8 \text{ m}$

$$s = \frac{\sigma' \cdot b}{E_S} = \frac{35 \cdot 0,80}{900} = 0,0311 \text{ m} \rightarrow \text{ca. } 3,9 \% \text{ Zusammendrückung}$$

Bei der obigen Rechnung ist das Eigengewicht der Schlickdichtung „auf der sicheren Seite liegend“ nicht berücksichtigt worden. So herrscht in der Mitte der Schlickdichtung eine Span-

nung von $\sigma' = 35 \text{ kN/m}^2 + 0,4 \text{ m} * 14 \text{ kN/m}^3 = 40,6 \text{ kN/m}^2$ und an der UK der Schlickdichtung eine Spannung von $\sigma' = 40,6 \text{ kN/m}^2 + 0,4 \text{ m} * 14 \text{ kN/m}^2 = 46,2 \text{ kN/m}^2$. Diese zusätzlichen Spannungen erhöhen tendenziell die Zusammendrückung der Schlickdichtung.

Die Überdeckungsmächtigkeit der METHA-Schlickdichtung durch Entwässerungs- und Re-kultivierungsschicht sollte daher mindestens rund 2,0 m betragen, um die in der obigen Rechnung angesetzte Auflast von 35 kN/m^2 zu gewährleisten.

2.1.6 Ausgleichsschicht

An die Ausgleichsschicht und die Gasdränschicht sind im Hinblick auf den Einsatz von Dichtungen aus METHA-Schlick keine besonderen Anforderungen zu stellen. Die gültigen abfallrechtlichen Vorgaben sind einzuhalten.

2.1.7 Konstruktive Gestaltung von Details

Da die METHA-Schlickdichtung in zwei Lagen mit erdbautechnisch einfach zu beherrschender Lagendicke hergestellt wird, sind an konstruktive Details wie Anschlüsse, Durchdringungen und Wasserfassungen keine besonderen, von der üblichen Praxis abweichende Anforderungen zu stellen. Die konstruktive Gestaltung von Details ist in der Genehmigungsplanung darzustellen.

2.2 Bemessung des Abdichtungssystems

2.2.1 Nachweis der Standsicherheit und der Verformungssicherheit

Grundsätzlich können Oberflächenabdichtungssysteme mit METHA-Schlick ausreichend standsicher ausgebildet werden. Der Nachweis der Standsicherheit und der Verformungssicherheit eines Abdichtungssystems ist projektbezogen für alle maßgebenden Bau- und Betriebszustände mit den in der Geotechnik üblichen Verfahren zu erbringen. Dabei sind die Angaben in Kapitel 2.2 der „Allgemeinen Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponieoberflächenabdichtungssysteme“ der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ [5] zu berücksichtigen.

Die Bemessung ist mit den für die verwendeten Materialien und Systemelemente angegebenen bzw. ermittelten mechanischen Kennwerten vorzunehmen. Für die METHA-Schlickdichtung können dabei im Rahmen des Vorentwurfs die Angaben unter Abschnitt 2.2.2 angesetzt werden. Die endgültigen Bemessungswerte sind projektspezifisch zu ermitteln.

Für die Bauweise einer Kombinationsdichtung aus KDB und METHA-Schlickdichtung ist im projektspezifischen Standsicherheitsnachweis auch das Verbundverhalten zwischen der vorgesehenen KDB und dem METHA-Schlick zu untersuchen. Für Bau- und Zwischenzustände sind die Konsolidierung der Schlickdichtung und die damit verbundenen Porenwasserüberdrücke im Standsicherheitsnachweis durch Verwendung der im unkonsolidierten Zustand ermittelten Verbundscherfestigkeit KDB/METHA-Schlick sowie der undrainierten Scherfestigkeit des Schlicks zu berücksichtigen.

2.2.2 Mechanische Eigenschaften

Für die Entwürfe der Hamburger Schlickdeponien sind nach entsprechender Abminderung aus Labor- und Felduntersuchungen folgende Rechenwerte für den Endzustand lastabhängig angesetzt worden:

Lastbereich bis rund 100 kN/m²: $\varphi' = 25^\circ$; $c' = 0$ kN/m²

Lastbereich über rund 100 kN/m²: $\varphi' = 20^\circ$; $c' = 10$ kN/m²

Da bei der Verwendung des METHA-Schlicks als Oberflächenabdichtung von vergleichsweise geringen wirksamen Auflasten auszugehen ist, sind hauptsächlich die Scherparameter für den Lastbereich bis 100 kN/m² anzusetzen.

Im projektspezifischen Standsicherheitsnachweis sind im Sinne der DIN 1054 (2005) charakteristische Werte (z.B. als „vorsichtig geschätzte Mittelwerte der Versuchswerte“) festzulegen. Die o.g. Rechenwerte können als charakteristische Werte im Sinne der DIN 1054 (2005) dienen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Werte entsprechend des alten Sicherheitskonzepts abgemindert wurden.

Unter Berücksichtigung des unkonsolidierten Anfangszustandes hat sich im Rahmen der langjährigen Baupraxis auf den Hamburger Schlickdeponien gezeigt, dass bei Einhaltung einer Mindestscherfestigkeit von $c_u = \mu$ (Abminderung nach BJERRUM) $\times \tau_{FS} \geq 16$ kN/m² das Schlickmaterial auch in Böschungsbereichen mit Neigungen bis 1:3 standsicher eingebaut werden kann. Beim Einsatz der METHA-Schlickdichtung im direkten Verbund unter einer aufliegenden KDB sind bei steilen Böschungsneigungen die Scherwiderstände und die Verformung während der Konsolidierung der Schlickdichtung sowie Kriecheffekte zu beachten.

2.2.3 Dichtigkeit

Eine gesonderte Bemessung der METHA-Schlickdichtung im Hinblick auf die Dichtigkeit ist nicht erforderlich. Die in den Grundsätzen der LAGA [5] und [6] gestellten Anforderungen werden bei Einhaltung der Anforderungen der vorliegenden Eignungsbeurteilung erfüllt.

2.2.4 Durchwurzelungs- und Austrocknungssicherheit

Dichtungen aus METHA-Schlick sind nicht beständig gegen Austrocknung und nicht wurzelfest. Durch die in 2.1 dargestellten Schutzmaßnahmen (Schichtdicken und Eigenschaften von Rekultivierungs- und Entwässerungsschicht) ist ein ausreichender Schutz der METHA-Schlickdichtung vor Durchwurzelung und Austrocknung an Standorten mit positiver klimatischer Wasserbilanz gegeben. An Standorten mit negativer klimatischer Wasserbilanz und bei besonderen Rekultivierungszielen (z.B. Wald) können höhere Mächtigkeiten und nutzbare Feldkapazitäten der Rekultivierungsschicht erforderlich sein. Die mit dem Aufbau der Rekultivierungsschicht für die METHA-Schlickdichtung zu erreichende Schutzfunktion ist in solchen Fällen objekt- und standortbezogen unter Berücksichtigung z. B. der langfristig zu erwartenden Zusammensetzung des Bewuchses und der klimatischen Randbedingungen nachzuweisen.

3 Aufbereitung des METHA-Schlicks

In der METHA werden ausschließlich durch Baggerung im Hamburger Hafen gewonnene Elbsedimente in die Fraktionen Sand, Feinsand und Schlick getrennt. Eine Vermischung mit anderen Stoffen findet nicht statt. Für die Trennung der Fraktionen werden folgende Aufbereitungsverfahren eingesetzt:

Vorbehandlung

Das Baggergut wird hydraulisch in ein 300.000 Kubikmeter fassendes Sammelbecken gepumpt. Ein Trommelsieb sortiert alle über einen Zentimeter großen Bestandteile wie Steine etc. aus. Im Vorratsbehälter erfolgt eine Materialvergleichmäßigung.

Klassierung, Sandabtrennung

Hydroklassierung

In Hydrozyklonen wird der feinkörnige Schlick (Korngröße kleiner als 0,063 mm) durch hohe Zentrifugalkräfte nach oben, der grobkörnigere Sand nach unten verwirbelt.

In der METHA gibt es zwei Baugruppen mit jeweils acht Einzelzyklonen und einem Gemischverteiler.

Aufstromsortierung

Der Sand mit einem Schlick-Restanteil gelangt jetzt in den Aufstromsortierer, die zweite Trennstufe. Weil Schlick leichter ist als Sand und eine geringere Masse pro Oberfläche aufweist, löst er sich in dem von unten nach oben fließenden Aufstromwasser. Gemeinsam mit dem Schlick aus den Hydrozyklonen wird er zur Eindickung weitergeleitet.

Entwässerungssieb

Der Sand aus dem Aufstromsortierer wird durch ein Entwässerungssieb auf rund 85 Prozent Trockenanteil entwässert und über Förderbänder zur weiteren Verwendung als Baustoff abtransportiert.

„Feinsand“-Abtrennung

Die Schlicksuspension enthält einen Restanteil von bis zu 50% Sand. Deshalb wurde eine zweite Klassierstufe zur Feinsandabtrennung entwickelt.

Der Schlick wird dazu erneut in kleinere Hydrozyklone (insgesamt 64) gegeben, wo der Feinschlick (< 0,02 mm) und die Korngröße 0,02 bis 0,15 mm („Feinsand“²) durch Zentrifugalkraft voneinander getrennt werden.

In einem Wendelscheider werden die restlichen organischen Bestandteile wie Kohleteilchen und Pflanzenreste aussortiert und zur Eindickung weitergeleitet. Der gereinigte Feinsand wird entwässert und verwertet.

Entwässerung

Eindickung

Für einen wirksamen Trennprozess war es notwendig, den Schlick zusätzlich mit Wasser zu versetzen. Für die Unterbringung bzw. Verwertung muss der Schlick wieder entwässert werden. Dazu dient zunächst die Behandlung im sogenannten Eindicker, in dem der schwerere Schlickschlamm nach unten sinkt und einen Trockenanteil von 25 % erreicht. Zur Unterstützung der Entwässerung werden im Mittel 1,4 g/kg Trockensubstanz anionische und kationische Flockungsmittel eingesetzt.

² Die Fraktion 0,02 bis 0,15 mm wird bei der METHA vereinfachend als „Feinsand“ bezeichnet, obwohl sie die Grobschluff- und nur einen Teil der Feinsandfraktion enthält.

Filterpressen

Der eingedickte Schluckschlamm wird in sechs Entwässerungssträngen durch Siebbandpressen mit anschließenden Hochdruck-Filterpressen geführt. Dabei wird durch immer höheren Druck das Wasser herausgepresst, bis ein Trockenanteil von etwa 55 % erreicht ist. Der so gewonnene METHA-Mittelschlick wird schließlich über Förderbänder am Abwurfplatz aus der Anlage ausgeschleust. In einem anderen Verfahrensstrang erfolgt die abschließende Entwässerung über zwei Membrankammerfilterpressen (MKFP-Schlick).

Materialauswurf und Zwischenlagerung

Die in der METHA produzierten Schlicker werden über gesonderte Förderbänder ausgeworfen und dabei in Abwurfkegeln aufgehaldet. Von dort werden sie geladen und zum Einbauort transportiert.

4 Lagerung und Transport des Materials

Aufgrund des Feinkornanteils und des auch nach der Entwässerung in der Aufbereitungsanlage noch hohen Wassergehalts treten bei der Zwischenlagerung und beim Transport des Materials keine Entmischungsprozesse auf.

Bei METHA-Schlick ist der Wassergehalt nach der Aufbereitung noch so hoch, dass eine Austrocknung bei Lagerung, Transport und Einbau erst nach längerer Zeit relevant wird. Bei längerer Lagerung oder größeren Transportentfernungen sollte die Oberfläche gegen Witterungseinflüsse geschützt werden. Eine Vernässung des Materials durch Niederschlag oder zufließendes Oberflächenwasser muss beim Transport und bei der Lagerung durch geeignete Maßnahmen (z. B. Abplanen von Schiffsladungen oder LKW sowie Profilierung des Zwischenlagers) verhindert werden. Der METHA-Schlick darf sich durch Erschütterungen beim Transport in seiner Konsistenz nicht verändern. Materiallager und -umschlagstellen müssen so gestaltet und betrieben werden, dass eine Vermischung des METHA-Schlicks mit Fremdmaterialien zuverlässig ausgeschlossen wird.

Der Aufbereitungsprozess in der METHA unterliegt einer Qualitätsüberwachung. Die maßgeblichen Eigenschaften des produzierten METHA-Schlicks werden im Rahmen der Ausgangskontrolle arbeitstäglich bestimmt. Im Regelfall wird der produzierte METHA-Schlick nicht zwischengelagert, sondern von der Abwurfstelle zur Einbaustelle transportiert. Die Prüfungen im Rahmen der Ausgangskontrolle der METHA charakterisieren in diesem Fall das zur Einbaustelle transportierte Dichtungsmaterial. Bei längerer Lagerung in einem separaten Zwischenlager, sei es im Bereich der METHA oder auf oder in der Nähe der Baustelle, auf der der Schlick als Dichtmaterial eingebaut werden soll, kann vor Aufnahme des Materials

aus dem Zwischenlager eine erneute Prüfung des Materials hinsichtlich Wassergehalt und anderen veränderlichen Größen erforderlich werden.

5 Einbauverfahren und Bauausführung

5.1 Einbauverfahren

Dichtungen aus METHA-Schlick werden mit Verfahren des konventionellen Erdbaus in zwei Lagen mit einer Lagendicke von jeweils $\geq 0,4$ m hergestellt. Sonderbauweisen sind nicht erforderlich. Die Einbauanforderungen an Oberflächendichtungen aus METHA-Schlick werden für das Probefeld und den flächenhaften Dichtungsbau einschließlich der erforderlichen Prüfumfänge im Qualitätsmanagement-Handbuch (Anhang 4) dargelegt.

Der METHA-Schlick wird auf ebenen und geneigten Flächen gleichermaßen durch mittelschwere Kettenfahrzeuge (Anpressdruck 22 kN/m^2 - 35 kN/m^2) eingebaut, die das am Einbauort abgekippte Material verteilen und lagenweise verdichten. Die Verdichtung jeder einzelnen Lage erfolgt durch zweimaliges vollflächiges Überfahren im langsamen Vorwärtsgang. Nach Möglichkeit ist zwischen den beiden Überfahrten die Fahrtrichtung zu ändern („kreuzweises“ Überfahren).

Das Einbauverfahren muss sicherstellen, dass das Dichtungsmaterial im eingebauten Zustand homogen ist, einen gleichmäßigen Einbauwassergehalt aufweist und die geforderten bodenmechanischen und geometrischen Anforderungen erfüllt. Zwischen den einzelnen Dichtungslagen ist ein inniger Verbund mit einer guten Verzahnung herzustellen.

Die Oberfläche der METHA-Schlickdichtung muss glatt und eben sein.

5.2 Bauausführung

Vor Beginn des flächenhaften Einbaus wird ein Probefeld zum Nachweis der Eignung der vorgesehenen Bautechnik im Zusammenwirken mit den projektspezifisch zu verwendenden Baustoffen hergestellt und untersucht.

Für den flächenhaften Dichtungseinbau gelten folgende Anforderungen:

- Die Herstellung darf nicht bei Wetterlagen erfolgen, die einer Einhaltung der Anforderungen an die eingebaute Dichtung (Scherfestigkeit, Durchlässigkeitsbeiwert) entgegenstehen, wie z. B. Frostwetterlagen und ergiebige Regenfälle.

- Kippstellen für den Materialumschlag sind so herzustellen, dass ein Durchmischen mit anderen Böden oder Fremdbestandteilen vermieden wird.
- Randbereiche der hergestellten METHA-Schlickdichtung an Baufeldgrenzen sind durch eine Abdeckung mit einer mineralischen Schutzschicht (Schlick oder anderer Boden) oder eine Kunststoffolie gegen Austrocknung oder andere schädliche Einwirkungen zu schützen.
- Seitliche Anschlüsse von neuen Dichtungsabschnitten an bereits bestehende sind dadurch herzustellen, dass zunächst der Endbereich der bestehenden Dichtung vollständig rückgebaut wird. Danach wird abschnittsweise jede Lage der bestehenden Dichtung um jeweils mindestens 0,5 m rückgebaut und stufenweise die entsprechende neue Dichtungslage „frisch an frisch“ angeschlossen. Das gleiche Verfahren gilt für den seitlichen Anschluss bei der Reparatur von örtlichen Fehlstellen nach Ausbau von mangelhaften Dichtungsbereichen.
- Schürfe, Probenahmestellen und Sondieröffnungen in der METHA-Schlickdichtung sind so zu verschließen, dass die flächig geforderte Einbauqualität mindestens erreicht wird.

6 Maßnahmen zum Schutz der fertigen Leistung

Eingebaute Lagen dürfen nicht mit Radfahrzeugen befahren werden und sind zum Schutz vor Austrocknung, Bewuchs und Erosion unverzüglich durch die nächste Lage zu überdecken. Es dürfen keine Trocknungsrisse auftreten. Die bauzeitliche Wasserhaltung hat so zu erfolgen, dass der Zufluss von Oberflächenwasser aus Nachbarflächen auf noch nicht abgedeckte Dichtungslagen oder in seitliche Dichtungsanschnitte ausgeschlossen wird.

Die fertig gestellte Gesamtschicht ist ebenfalls unmittelbar nach der Freigabe durch die Kunststoffdichtungsbahn (nur beim System DK II) und/oder die Entwässerungsschicht abzudecken. Bei längeren Liegezeiten beträgt die Mindestabdeckstärke $\geq 0,8$ m.

Mit Beginn der Frostperiode sind fertig gestellte Systemkomponenten bzw. das fertig gestellte Dichtungssystem zu schützen (z. B. frostsichere Abdeckung).

7 Qualitätsmanagement

Das Qualitätsmanagement für die METHA-Schlickdichtung ist nach dem Qualitätsmanagement-Handbuch für Oberflächenabdichtungen aus METHA-Schlick (Anhang 4) durchzuführen. Es umfasst die werkseitige Überwachung der Aufbereitung des Schlicks in der METHA einschließlich Ausgangskontrolle und die Eigen- und Fremdprüfung des Einbaus auf der Baustelle einschließlich der erforderlichen Transporte und Zwischenlagerungen, der Eingangskontrolle des METHA-Schlicks auf der Baustelle, des Probefeldes, des flächenhaften Dichtungsbaus sowie der Regelungen für Organisation, Zuständigkeit, Dokumentation, Freigabe und Abnahme. Das Qualitätsmanagement für die übrigen Komponenten des Oberflächenabdichtungssystems erfolgt nach den im Deponiebau üblichen Prinzipien. Die besonderen Anforderungen an die Entwässerungsschicht und die Rekultivierungsschicht, die sich aus dieser Eignungsbeurteilung ergeben, sind einzuhalten.

8 Technische Bezugsdokumente

- [1] Deponieverordnung (2002): Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) vom 24.07.2002. BGBl. I, Nr. 52, Seite 2807, zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 13.12.2006, BGBl. I Nr. 59, S. 2860.
- [2] Deponieverwertungsverordnung (2005): Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien über Tage (DepVerwV) vom 25.07.2005. BGBl. I, Nr. 46, S. 2252, zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 13.12.2006, BGBl. I Nr. 59, S. 2860.
- [3] TA Abfall (1991): Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen. 12. März 1991, GMBI. Nr. 8 S. 137.
- [4] TA Siedlungsabfall (1993) : Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz, Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Mai 1993, BAnz. Nr. 99.
- [5] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (2005): Allgemeine Grundsätze für die Eignungsbeurteilung von Abdichtungskomponenten der Deponieoberflächenabdichtungssysteme. 19.04.2005, 23 S.
- [6] LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ (2005): Grundsätze für die Eignungsbeurteilung unter Verwendung von Abfällen hergestellter mineralischer Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien. 19.04.2005, 20 S.

- [7] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2006): Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“: GDA E 2-31: Rekultivierungsschichten. In: Bautechnik, 2006, Heft 9.
- [8] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik DGGT e.V. (2000): Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponiebauwerke“: GDA E 2-32: Gestaltung des Bewuchses auf Abfalldeponien. In: Bautechnik, 2000, Heft 9.

Abfallchemische Bewertung

Für die Beurteilung der Schadlosigkeit der Verwertung ist die Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV) maßgebend. Die Zuordnungswerte der DepVerwV werden weitgehend eingehalten. Lediglich bei einigen, nachfolgend genannten Parametern treten Überschreitungen der Zuordnungswerte auf. Aus den vorliegenden Analysenwerten der letzten 5 Jahre wurden für diese Parameter die 90. Perzentile ermittelt.

Aus abfallchemischer Sicht ist der Einsatz von METHA-Schlick in Oberflächenabdichtungen von Deponien trotz Überschreitung einzelner Zuordnungswerte aufgrund der materialspezifischen Eigenschaften von METHA-Schlick grundsätzlich vertretbar. Eine Überschreitung einzelner Zuordnungswerte kann aber ausschließlich die zuständige Behörde zulassen, wenn im Einzelfall festgestellt wird, dass die Deponieersatzbaustoffe trotz der Überschreitung dieser Zuordnungswerte keine Gefährdung für Boden oder Grundwasser darstellen (Anhang 1 Tabelle 1 Fußnote 2 DepVerwV). Die nachfolgende Beurteilung kann die Prüfung und Feststellung durch die zuständige Behörde nicht ersetzen, sondern soll diese im Rahmen ihres Ermessensspielraums dabei unterstützen. Die Beurteilung bezieht sich ausschließlich auf METHA-Schlick und ist daher auf andere Anwendungsfälle nicht übertragbar.

METHA-Schlick hat als Gewässersediment eine natürliche Herkunft, weist aber anthropogene Schadstoffbelastungen auf. Seine stoffliche Zusammensetzung und sein chemisches Milieu sind seit Jahrzehnten gut untersucht und bekannt. Im Rahmen der Eignungsbeurteilung wurden unter Berücksichtigung des Stoffhaushalts von existierenden Dichtungen aus METHA-Schlick, des darin herrschenden chemischen Milieus und des Verwertungszwecks als mineralische Oberflächendichtung umfangreiche Datensätze aus der Überwachung der Inhaltsstoffe und der Stoffflüsse auf den beiden planfestgestellten Anlagen mit einbezogen. Danach ist im Regelfall und bei geeigneten Standortvoraussetzungen keine Gefährdung von Boden und Grundwasser zu erwarten. Diese Einschätzung wird durch das seit 1991 kontinuierlich durchgeführte Monitoring der Hamburger Monodeponien für Baggergut in der Praxis bestätigt.

Auch wenn sie formal nicht heranzuziehen sind, wurden zur besseren Einordnung der Größenordnung der Überschreitungen auch die Zuordnungswerte Z 1.2 der LAGA-Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“, Teil II Technische Regeln für die Verwertung 1.2 Bodenmaterial (TR Boden) vom 05.11.2004 („LAGA TR-Boden (neu)“), bei denen außerhalb von Deponien in hydrogeologisch günstigen Gebieten ein offener Einbau von Abfällen in technischen Bauwerken ohne weitere technische Sicherungsmaßnahmen möglich ist, sowie die Zuordnungswerte für die Ablagerung von Abfällen auf einer Deponie der Klasse 0, bei der nach DepV zwar eine geologische Barriere, aber weder eine Basis- noch eine Oberflächenabdichtung erforderlich ist, bei der Beurteilung mit einbezogen.

Glühverlust / TOC

Nach Fußnote 2 zu Tabelle 2 Anhang 1 DepVerwV kann der TOC gleichwertig zum Glühverlust angewendet werden.

Der TOC liegt im 90. Perzentil bei 5 Masse-% TM.

Auch wenn die Regelungen zum Feststoff-TOC (Fußnote 3 der Tabelle 2 des Anhangs 1 der DepVerwV) nicht explizit für die hier maßgebliche Spalte 5 herangezogen werden können, lässt sich an Hand dieser die Überschreitung dieses systemimmanenten Parameters beim Einsatz dieser Ersatz-Systemkomponente „mineralische Abdichtung“ in seinen Auswirkungen beurteilen. Zur Feststellung der Dauerhaftigkeit der Ersatz-Systemkomponente „mineralische Dichtung“ wurde zusätzlich die so genannte Atmungsaktivität, der AT_4 -Wert, bestimmt. Er liegt in der Größenordnung von 0,3 bis 2,5 mg O_2/g . Hierdurch ist nachgewiesen worden, dass die organischen Bestandteile des Schlicks überwiegend schwer abbaubar sind und nur zu geringer Gasbildung führen. Diese Eigenschaft des METHA-Schlicks wurde zusätzlich durch reale (praktische) Gasmessungen auf der Deponie Francop bestätigt. Die Werte in der Größenordnung des 90. Perzentils des METHA-Schlicks beim TOC mit 5 Masse-% TM sind im Regelfall die Basis für die positive fachliche Beurteilung. Sie sollten aber auch zur Wahrung der bautechnischen Eignung in der Größenordnung des 90. Perzentils nach oben begrenzt werden.

Kohlenwasserstoffe (C₁₀ - C₄₀)

Mit dem Bestimmungsverfahren DIN EN 14039 werden Kohlenwasserstoffverbindungen (KW) mit einer Kohlenstoffzahl von C_{10} bis C_{40} quantifiziert. Damit werden auch Kohlenwasserstoffverbindungen erfasst, die wegen ihrer geringen Mobilität im Boden als nicht umweltrelevant einzustufen sind. Daher wurde für die Bewertung von KW-Gehalten im Rahmen der überarbeiteten Technischen Regel Boden der LAGA-Mitteilung 20 „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen“ (Stand 05.11.2004) aus dem Gesamtspektrum der vom Bestimmungsverfahren erfassten Kohlenwasserstoffe ein Bereich „mobilerer“ Kohlenwasserstoffe definiert (C_{10} - C_{22}) und zur Grundlage der Festlegung von Zuordnungswerten der Einbauklassen gemacht. Der neue Z1-Wert ergibt sich aus dem Dreifachen des Zuordnungswertes Z 0 und gilt für die mobileren und damit umweltrelevanteren KW mit Kettenlängen C_{10} - C_{22} . Für die Gesamtbelastung mit KW (C_{10} - C_{40}) wurde der Z1-Wert verdoppelt. Dadurch ist es möglich, KW-Belastungen hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz differenziert zu bewerten.

In der Deponieverwertungsverordnung (DepVerwV) wurde dieser Schritt bei der Festlegung der Zuordnungswerte in Tabelle 2 nicht nachvollzogen, sondern der alte undifferenzierte Z1.1-Wert der Technischen Regel Boden (alt) beibehalten. Dieser entspricht zahlenmäßig dem neuen Z1-Wert für KW mit Kettenlängen C_{10} - C_{22} . Da Schutzgüter in erster Linie durch

die mobileren KW-Anteile gefährdet werden, der weniger mobile Anteil mit einer Kettenlänge größer C_{22} nicht wesentlich zum Risiko möglicher Umweltbelastungen beiträgt und der Aspekt der Schadstoffanreicherung bei Deponien eine untergeordnete Bedeutung besitzt, ist das Schutzziel der DepVerwV durch eine Überschreitung der Zuordnungswerte der Tabelle 2, die im Wesentlichen durch die höherkettigen KW verursacht wird, nicht beeinträchtigt und wird deshalb bei der Bewertung der KW-Gehalte vorliegend entsprechend berücksichtigt.

Im METHA-Material wurden 2005 bis 2006 die Kohlenwasserstoffbelastungen detailliert nach Kettenlängen erfasst, so dass für diesen Zeitraum auch eine differenziertere Beurteilung der Umweltrelevanz möglich ist, als es die DepVerwV vorsieht.

In der LAGA TR-Boden (neu) wird diese Differenzierung der Kohlenwasserstoffe bereits nach Kettenlängen C_{10} bis C_{22} und C_{10} bis C_{40} vorgenommen. In dieser Betrachtung unterschreiten 98 % der Messwerte C_{10} bis C_{22} den Z1- Zuordnungswert der LAGA TR-Boden (neu) von 300 mg/kg TM für diese mobileren (umweltrelevanteren), kurzkettigen Kohlenwasserstoffe. Für die Kohlenwasserstoffgehalte C_{10} bis C_{40} sind bei der Verwertung gemäß LAGA TR-Boden (neu) bei Z1 bis zu 600 mg/kg außerhalb von Deponien zulässig.

Überträgt man diese Regelungen auf den Einsatz von METHA-Schlick in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien, sind auch hier die Kohlenwasserstoffgehalte C_{10} bis C_{40} von bis zu 600 mg/kg TM im Regelfall die Basis für die positive fachliche Beurteilung. Zusätzlich wird angemerkt, dass die Zuordnungswerte für Kohlenwasserstoffe (C_{10} bis C_{40}) die Umweltrelevanz dieser Schadstoffgruppe deutlich überschätzen. Unter Berücksichtigung dieses Aspektes ist es daher fachlich angemessen, wenn die zuständige Behörde im Einzelfall einen höheren Zuordnungswert als 600 mg/kg TM als Basis für ihre Beurteilung heranzieht. Dieser sollte aber bei gleichzeitiger Einhaltung des Wertes von 300 mg/kg TM für die Kettenlängen C_{10} bis C_{22} den Wert des 90. Perzentils von 992 mg/kg TM nicht übersteigen.

Summe PAK nach EPA

Ebenso wie andere organische und anorganische Schadstoffe sind PAK in Böden und Sedimenten weitgehend an die organische Substanz gebunden. In der BBodSchV wird im Anhang 2 der Vorsorgewert für organische Schadstoffe deshalb auch in Abhängigkeit vom Humusgehalt der Böden festgesetzt. Bei Humusgehalten > 8 % beträgt der Vorsorgewert für die Summe der PAK 10 mg/kg und für Benzo(a)pyren 1 mg/kg TM.

Der METHA-Schlick weist einen mittleren Gehalt an organischer Substanz von knapp über 8 % auf. Der Gehalt an PAK beträgt durchschnittlich 6 bis 7 mg/kg TM und das 90. Perzentil liegt bei 9 mg/kg. Damit unterschreiten mehr als 90 % der Messwerte den Vorsorgewert der BBodSchV für Böden mit einem Humusgehalt von > 8 %. Der Benz(a)pyrengehalt liegt in 95 % der Proben unterhalb von 0,5 mg/kg TM und damit auch deutlich unterhalb des Vorsorgewertes der BBodSchV für humose Böden.

Eignungsbeurteilung von METHA-Material zur Herstellung von mineralischen Dichtungen in Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien vom 16.06.2008	Anhang 1 Seite 4
---	---------------------

Zusätzlich konnte durch Messungen in den Sickerwässern der Hamburger Baggergutdeponie Francop nachgewiesen werden, dass die PAK-Verbindungen im Baggergut wirksam zurückgehalten werden.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die hohen Gehalte an Feinanteilen im METHA-Schlick nachweislich die organischen Schadstoffe (z. B. PAK) maßgeblich adsorbieren.

In hydrogeologisch günstigen Gebieten kann nach LAGA TR-Boden (neu) METHA-Schlick mit bis zu 9 mg/kg außerhalb von Deponien verwertet werden. Auf einer Deponie der Klasse 0 wäre ohne technische Sicherungsmaßnahmen die Ablagerung mit einem mehr als dreifach höheren Wert zulässig. Auf dieser Grundlage sind die Werte des 90. Perzentils des METHA-Materials von 9 mg/kg TM nach Einschätzung der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ ohne nähere Prüfung der Standortvoraussetzungen der Deponie grundsätzlich vertretbar und im Regelfall die Basis für die positive fachliche Beurteilung.

Arsen / Quecksilber

Der Zuordnungswert für die Quecksilberkonzentration im Eluat beträgt nach der DepVerwV 0,0002 mg/l. Dieser Wert entspricht der Bestimmungsgrenze der erhobenen Messwerte. Während Mittel- und Medianwert kleiner als die Bestimmungsgrenze sind und damit kein Quecksilber im Eluat nachgewiesen wurde, liegt das 90. Perzentil bei 0,0003 mg/l und überschreitet knapp den Zuordnungswert der DepVerwV. Insgesamt sind die Quecksilberkonzentrationen trotz der gefundenen Überschreitungen sehr gering. Sie unterschreiten im 90. Perzentil die Anforderungen bei einer Ablagerung auf einer Deponie der Klasse 0 oder einer Verwertung nach LAGA TR Boden (neu) bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen rd. um den Faktor 3 und liegen noch unter dem Z 0 – Wert der LAGA TR-Boden (neu) von 0,0005 mg/l. Danach kann METHA-Schlick in Bezug auf die Quecksilbergehalte bis 0,001 mg/l außerhalb von Deponien und somit insbesondere auf Deponien uneingeschränkt verwertet werden.

Ebenso unterschreiten im 90. Perzentil die Arsenkonzentrationen die Anforderungen bei einer Ablagerung auf einer Deponie der Klasse 0 von 0,04 mg/l. Auf dieser Grundlage sind je nach Standortvoraussetzungen die Werte des 90. Perzentils des METHA-Materials von 0,033 mg/l TM nach Einschätzung der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ grundsätzlich vertretbar und im Regelfall die Basis für die positive fachliche Beurteilung.

Elektrische Leitfähigkeit, wasserlöslicher Anteil, Chlorid, Sulfat,

Die elektrische Leitfähigkeit liegt im 90. Perzentil bei 799 $\mu\text{S}/\text{cm}$, somit oberhalb des Zuordnungswertes der DepVerwV von 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aber unterhalb des Zuordnungswertes für die DK 0 von 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Der wasserlösliche Anteil liegt im 90. Perzentil bei 0,55 Masse-%, also geringfügig höher als der Zuordnungswert von 0,4 Masse-%, und damit deutlich unterhalb des Zuordnungswertes für die DK 0 von 1 Masse-%. Nach Fußnote 12 zu Tabelle 2 Anhang 1 DepVerwV kann der wasserlösliche Anteil an Stelle der Parameter Chlorid und Sulfat angewendet werden.

Auf dieser Grundlage und im Vergleich mit den Zuordnungswerten für eine DK 0 sind die Werte des 90. Perzentils des METHA-Materials bei der elektrischen Leitfähigkeit und beim wasserlöslichen Anteil nach Einschätzung der LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnische Vollzugsfragen“ grundsätzlich vertretbar und im Regelfall die Basis für die positive fachliche Beurteilung. Dabei wird berücksichtigt, dass die Überschreitung der elektrischen Leitfähigkeit direkt durch den Anteil der löslichen Salze Chlorid und Sulfat verursacht wird, die natürlichen Ursprungs sind und nicht auf anthropogene Verunreinigungen zurückzuführen sind.

Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen in der METHA-Schlickdichtung

Der Austrocknungs- und Wurzelschutz der METHA-Schlickdichtung ist vorrangig von der Rekultivierungsschicht und eine auf der METHA-Schlickdichtung als unterer Teil der Entwässerungsschicht anzuordnende Wasser speichernde Sandschicht sicherzustellen.

Die Rekultivierungsschicht muss einen ausreichenden Bodenwasservorrat und den Pflanzen einen genügenden Wurzelraum zur Verfügung stellen (siehe auch GDA-Empfehlungen E2-31 [7] und E2-32 [8]).

Die Dicke der Rekultivierungsschicht ist unter Berücksichtigung

- der Empfindlichkeit der mineralischen Abdichtungskomponente,
- der meteorologischen Standortbedingungen,
- der möglichen Wurzeltiefe der natürlichen potenziellen Vegetation des Standortes und
- der eingesetzten Böden

so zu dimensionieren, dass keine schädlichen Wasserspannungen auf die mineralische Abdichtungskomponente einwirken können.

Bei Einhaltung der nachfolgenden Kriterien kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass die o. g. Ziele erreicht werden:

- Mächtigkeit $\geq 1,50$ m; je nach örtlichen klimatischen und pflanzenstandortspezifischen Gegebenheiten sowie ggf. auch abhängig von der späteren Nutzung (z. B. Wald) größere Rekultivierungsschichtdicken erforderlich sein.
- Die eingebaute Bodenschicht soll eine ausreichende nutzbare Feldkapazität (nFK) aufweisen, damit die Pflanzen in sommerlichen Trockenperioden nicht absterben und ein durch den Trockenstress hervorgerufenen Tiefenwachstum der Wurzeln verhindert wird. Hierfür soll die nutzbare Feldkapazität mindestens 200 mm betragen.
- Zur Sicherstellung einer ausreichenden Nährstoffversorgung sollte im oberen Bereich der Rekultivierungsschicht (≈ 30 cm) humoses Material verwendet werden (Oberboden). § 12 BBodSchV ist zu beachten.

Es ist eine mindestens 10 cm dicke Wasser speichernde Sandschicht (SE, SW, SU) unmittelbar auf der METHA-Schlickdichtung einzubauen.