

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

**Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2
„Mineralische Basisabdichtungskomponenten
aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen“**

vom 30.11.2017

Gelöscht: 04.12.2014

veröffentlicht am ##.##.2018

Gelöscht: 20.03.2015

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	3
2	Grundsätzliche Materialanforderungen.....	4
3	Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Nachweise.....	5
3.1	Abdichtungswirkung.....	5
3.1.1	Nachweisverfahren	5
3.1.2	Prüfgrößen.....	5
3.2	Mechanische Widerstandsfähigkeit	6
3.2.1	Standicherheit und Verformungssicherheit.....	6
3.2.2	Hydraulische Widerstandsfähigkeit.....	8
4	Beständigkeit.....	8
4.1	Beständigkeit gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser und Sickerwasser	9
4.2	Beständigkeit gegenüber biologischen Einwirkungen.....	9
4.3	Beständigkeit gegenüber Temperaturen	10
4.4	Beständigkeit gegenüber Witterung	10
4.5	Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen	10
4.6	Beständigkeit gegenüber Gasen	11
5	Eignungsuntersuchungen	12
5.1	Laborversuche	12
5.1.1	Untersuchung der natürlichen mineralischen Baustoffe.....	12
5.1.2	Untersuchung der Hilfsmittel.....	12
5.1.3	Klassifizierung des vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffs	12
5.1.4	Dichte	13
5.1.5	Dichtigkeit.....	13
5.2	Nachweis der Herstellbarkeit	13
6	Entwurf und Bemessung.....	14
7	Herstellung des Dichtungsmaterials	14
8	Einbau.....	14
9	Maßnahmen zum Schutz der fertigen Komponente.....	16
10	Qualitätsmanagement und Abnahme	16
10.1	Qualitätslenkung	17
10.2	Qualitätsprüfung	17
10.2.1	Felduntersuchungen	17
10.2.2	Laboruntersuchungen	18
10.3	Freigabe und Abnahme.....	18
11	Technische Bezugsdokumente	19

1 Allgemeines

Nach Anhang 1, Nr. 2.1 der Deponieverordnung (DepV) dürfen für die Verbesserung der geologischen Barriere und technische Maßnahmen als Ersatz für die geologische Barriere sowie für das Abdichtungssystem Materialien, Komponenten oder Systeme nur eingesetzt werden, wenn sie dem Stand der Technik nach Anhang 1 Nummer 2.1.1 DepV entsprechen und wenn dies der zuständigen Behörde nachgewiesen worden ist.

Für andere Materialien, Komponenten oder Systeme als für Geokunststoffe, Polymere und Dichtungskontrollsysteme kann der Nachweis dadurch erbracht werden, dass eine bundeseinheitliche Eignungsbeurteilung der Länder vorgelegt wird. Nach Anhang 1 Nr. 2.1.2 DepV definieren die Länder Prüfkriterien für diese bundeseinheitlichen Eignungsbeurteilungen sowie für den Einsatz von natürlichem, ggf. vergütetem Boden- und Gesteinsmaterial aus der Umgebung sowie von Abfällen und legen Anforderungen an den fachgerechten Einbau sowie an das Qualitätsmanagement in bundeseinheitlichen Qualitätsstandards fest.

Für Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen gemäß Anhang 1 Nr. 2.2 DepV kommen in erster Linie ortsnah zu gewinnende Baustoffe zum Einsatz, die zum Erreichen der Funktionserfüllung mit einer begrenzten Masse an Hilfsmitteln (z.B. Bentonit, Tonmehl, Polymer, Wasserglas) verbessert werden. Deren Eignung ist gegenüber der zuständigen Behörde im jeweiligen Einzelfall nachzuweisen. Sofern auf der Grundlage dieses Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards eine Eignungsbeurteilung der Länder vorliegt, kann die zuständige Behörde darauf zurückgreifen.

Die nachzuweisenden Anforderungen ergeben sich aus dem „Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard 2-0 „Mineralische Basisabdichtungskomponenten – übergreifende Anforderungen“ (BQS 2-0). Diese werden mit den hier vorliegenden BQS 2-2 für Basisabdichtungen aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen konkretisiert. Durch entsprechende Verweise (*kursiv gedruckt*) wird auf die jeweils maßgebenden Festlegungen in den BQS 2-0 hingewiesen.

Es werden die für die Beurteilung grundsätzlich zu erbringenden Angaben und Nachweise für den vorgesehenen Anwendungsbereich beschrieben. Damit wird der Rahmen für entsprechende Eignungsprüfungen vorgegeben.

Für die im Folgenden genannten Kriterien ist die Eignung der Komponente nachzuweisen. Als Nachweisgrundlagen werden, soweit z. Zt. möglich, Prüfverfahren und Nachweiskonzepte angegeben.

Die Prüfstellen, bei denen die Eignungsprüfungen durchzuführen sind, sollten für die jeweiligen Untersuchungen akkreditiert sein.

Auf der Basis der bestandenen Eignungsprüfung werden von der zuständigen Behörde in der Eignungsbeurteilung u. a. die Anforderungen an die Ausgangsstoffe, die Bandbreite der

zulässigen Zusammensetzungen und die für den Anwendungsfall erforderlichen Einbaubedingungen festgelegt. Es wird weiterhin der Umfang des Qualitätsmanagements festgelegt.

2 Grundsätzliche Materialanforderungen

Zur Herstellung von mineralischen Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen sind grundsätzlich natürliche mineralische Baustoffen geeignet,

- die bei ihrer Gewinnung einer Qualitätsüberwachung unterliegen,
- die sich durch Angabe geeigneter Merkmale eindeutig kennzeichnen lassen und
- deren zulässige Bandbreiten der Material- und Einbauparameter so sind, dass sie sich bodenmechanisch und hydraulisch gleichartig verhalten.

Böden mit Steinen, Holz, Wurzeln und anderen Fremdstoffen dürfen nicht verwendet werden. Böden mit Grobkies größer 32 mm sollen nicht verwendet werden. Die im Boden verteilte organische Substanz darf 1 Masse-% nicht überschreiten. Für natürliche organogene Böden sind Überschreitungen bis 5 Masse-% möglich. Der Karbonatgehalt darf nicht mehr als 15 Masse-% betragen. Höhere Karbonatgehalte bis maximal 30 Masse-% sind zulässig, wenn nachgewiesen wird, dass die Wirksamkeit der mineralischen Dichtung hierdurch nicht beeinträchtigt wird.

Die zum Erreichen der Funktionserfüllung der Abdichtung eingesetzten Hilfsmittel müssen

- einer Qualitätsüberwachung unterliegen,
- durch Angabe geeigneter Merkmale eindeutig gekennzeichnet sein (mineralogische oder chemische Charakterisierung) und
- der Masseanteil, der zum Erreichen der Funktionserfüllung erforderlich ist, muss dokumentiert sein.

Die eingesetzten Hilfsmittel dürfen aufgrund ihrer Beständigkeit die Funktionserfüllung der Abdichtung von mindestens 100 Jahren nicht beeinträchtigen.

Das Verhältnis zwischen natürlichen Baustoffen und Hilfsmitteln muss eindeutig beschrieben sein (definierte Rezeptur). Die Bedingungen des Mischvorgangs sind konkret zu beschreiben.

Darüber hinaus müssen die vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffe folgende Anforderungen erfüllen:

- a) Die Kornabstufung ist so zu wählen, dass ein Austragen von Feinstbestandteilen nicht möglich ist (Suffosionsbeständigkeit).
- b) Die Entmischung von natürlichem mineralischem Baustoff und Hilfsmittel muss ausgeschlossen sein.
- c) Die vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffe müssen im eingebauten Zustand den zu berechnenden Verformungen plastisch folgen können. Auflastbedingte Verfor-

mungen des Dichtungsaufagers dürfen die Funktionstüchtigkeit des Deponieabdichtungssystems nicht beeinträchtigen.

- d) Die vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffe müssen im eingebauten Zustand homogen sein und einen gleichmäßigen Einbauwassergehalt aufweisen.

3 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Nachweise

3.1 Abdichtungswirkung

3.1.1 Nachweisverfahren

(siehe BQS 2-0 Nr. 2.1)

In Nr. 2.1.1 der „BQS 2-0“ sind Anforderungen an die Dichtigkeit der Basisdichtung gegenüber Sickerwasser unter den für Deponien maßgebenden Randbedingungen genannt. Hieraus sind die Anforderungen an die zu beurteilende mineralische Dichtungsschicht abzuleiten. Der Nachweis der Dichtigkeit erfolgt unter Berücksichtigung von BQS 2-0 Nr. 2.1.2.

3.1.2 Prüfgrößen

- a) Durchlässigkeitsbeiwerte k für $i = 30$ in Abhängigkeit von:

- der Dichte
- dem Einbauwassergehalt
- der Verdichtungsenergie
- Auflasten (Günstig wirkende ständige Auflasten können mit max. 200 kN/m², ungünstig wirkende müssen mit mind. 600 kN/m² angenommen werden.)
- Temperaturen 10 bis 40 °C (ungünstigste Temperatur ist maßgebend)

Die zeitliche Entwicklung der Durchlässigkeit ist festzustellen. Ein- und Ausbauwassergehalte, Ein- und Ausbaudichten sowie Poren- und Sättigungszahl vor und nach dem Versuch sind anzugeben.

Nachweisgrundlage:

siehe Nr. 11 (Technische Bezugsdokumente)

- b) Dichtigkeit des verformten Dichtungselements bei ein- und zweiachsialer Verformung

Es ist nachzuweisen, bis zu welcher Dehnung die Dichtigkeit nach Nr. 3.1.2 a) gegeben ist.

Nachweisgrundlage:

im Einzelfall festzulegen (z. B. nach Horn, Schick, Wunsch [3] oder Amann, Edelmann, Katzenbach [1])

c) Dichtigkeit von Anschlüssen und Durchdringungen

Nachweisgrundlage:

Beurteilung anhand von Standardlösungen mit Darstellungen in Regelzeichnungen, ggf. Verweis auf Versuchseinbau

d) Abschätzung der Auswirkungen von Fehlstellen und Imperfektionen innerhalb der mineralischen Dichtungsschicht auf die Systemdichtigkeit

Nachweisgrundlage:

Bewertung der Möglichkeit des Auftretens von Fehlstellen und ggf. rechnerische Abschätzung ihrer Auswirkung, ggf. Maßnahmen zur Verhinderung in Einbauanweisung unter Heranziehung von Erfahrungs- und Prüfwerten

3.2 Mechanische Widerstandsfähigkeit

(siehe BQS 2-0 Nr. 2.2.)

In BQS 2-0 Nr. 2.2 wird die mechanische Widerstandsfähigkeit des Abdichtungssystems gegenüber äußeren Einwirkungen gefordert. Hierfür werden Anforderungen an bestimmte Eigenschaften der Dichtungselemente gestellt bzw. die Eigenschaften müssen für die erforderlichen projektbezogenen Nachweise bekannt sein.

3.2.1 Standsicherheit und Verformungssicherheit

Die Standsicherheit und die Verformungssicherheit der Dichtung sind projektbezogen unter Berücksichtigung der BQS 2-0 Nr. 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3 nachzuweisen. Die hierfür benötigten Materialkennwerte sind für das zum Einsatz kommende mineralische Dichtungsmaterial zu bestimmen. Es sind daher mindestens Nachweise bzw. Angaben zu folgenden Parametern als charakteristische Werte¹ erforderlich:

¹ Als charakteristischer Wert ist hier ein auf der sicheren Seite liegender Mittelwert anzugeben.

a) innere Scherfestigkeit in Abhängigkeit von:

- Auflast: mindestens 600 kN/m²
- Temperaturen: 10 bis 40 °C (ungünstigste Temperatur ist maßgebend)
- Wassergehalt: Einbauwassergehalt, konsolidierter drainierter Zustand, ggf. un-konsolidierter, undrainierter Zustand;
bei trocken einzubauenden Dichtungsmaterialien: trockener Zu-
stand, wassergesättigter Zustand

Nachweisgrundlage:

GDA Empfehlungen E 2-13 und E 3-1

b) Steife- bzw. Verformungsmodul in Abhängigkeit von Wassergehalten wie nach Nr. 3.2.1 a), nicht im unkonsolidierten, undrainierten Zustand

Nachweisgrundlage:

Siehe GDA E 2-13 Verformungsnachweis für mineralische Abdichtungsschichten

c) Verformbarkeit des Dichtungselementes im Hinblick auf die Dichtigkeitseigenschaften (siehe Nr. 2 c)) auch unter Berücksichtigung veränderlicher Wassergehalte (siehe Nr. 4.5)

d) Scherfestigkeit in vorhandenen Schichtgrenzen (mit / ohne Zusatz), sofern sie nicht projektbezogen zu ermitteln sind

Nachweisgrundlage:

Rahmenscherversuche z. B. nach GDA E 3-8

DIN 18137-3, Baugrund - Untersuchung von Bodenproben – Direkter Scherversuch

e) Beständigkeit der Eigenschaften nach Nr. 3.2.1 a) bis d) unter maßgebenden nicht me-
chanischen Einwirkungen (siehe Nr. 4 Beständigkeit)

f) Mechanische Eigenschaften des eingebauten Materials

Übertragbarkeit der Laborwerte nach Nr. 3.2.1 a), b), c) auf Feldwerte unter Berücksichti-
gung von Einbaubedingungen, Materialstreuungen, Verarbeitungsstreuungen; Angabe
von auf der sicheren Seite liegenden Mittelwerten

Ziel: Angabe dieser Werte in der abfallrechtlichen Zulassung für projektbezogene Nach-
weise der Standsicherheit und Verformungssicherheit des Abdichtungssystems, projekt-

bezogener Nachweis höherer Werte möglich, ggf. Hinweise zur Herstellung der Dichtungsschicht in Einbauanweisung

Nachweisgrundlage:

z. B. statistische Auswertungen von QM-Protokollen ausgeführter Maßnahmen oder Angabe von charakteristischen Werten auf der Basis von DIN 4020

3.2.2 Hydraulische Widerstandsfähigkeit

Unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.2.4* sind Angaben bzw. Nachweise zu den nachfolgend genannten Punkten zu erbringen:

- a) innere Erosions- und Suffosionssicherheit infolge von Durchströmungsvorgängen bei einer Aufstauhöhe von 500 cm

Nachweisgrundlage:

Langzeit-Durchströmungsversuche und/oder pin hole test, siehe GDA E 3-7

- c) Nachweis von ggf. erforderlichen Schutzmaßnahmen

Nachweisgrundlage:

Körnungslinie

GDA E 3-7, Filterregeln nach Terzaghi ggf. unter Berücksichtigung von Kontakterosion

4 Beständigkeit

(siehe *BQS 2-0 Nr. 2.3*)

Im Hinblick auf die Dichtigkeit und die mechanische Widerstandsfähigkeit wird in *BQS 2-0 Nr. 2.3* die Beständigkeit der Dichtung gefordert. Die allgemeinen Anforderungen ergeben sich aus *BQS 2-0 Nr. 2.3.1*. Für die einzelnen möglichen Einwirkungen sind die Anforderungen in *BQS 2-0 Nr. 2.3.2* genannt. *BQS 2-0 Nr. 2.3.3* enthält allgemeine Vorgaben der Nachweisführung.

Der Nachweis der Beständigkeit erfolgt unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.3.3*.

4.1 Beständigkeit gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser und Sickerwasser

Die Einwirkung von reinem Niederschlagswasser ist nur in der Bauphase zu erwarten. Gegen Erosions- und Suffosionswirkung in der Bauphase ist die mineralische Basisdichtung aus vergüteten natürlichen Baustoffen durch temporäre Schutzmaßnahmen und durch Einschränkung auf geeignete Witterungsbedingungen ausreichend zu schützen. Aufgrund der üblicherweise sehr beschränkten Einwirkzeit reinen Niederschlagswassers auf die Dichtungsschicht ist ein chemischer Angriff durch Niederschlagswasser auf die Beständigkeit der mineralischen Basisdichtungskomponente nicht zu erwarten. Wesentlicher wird die Einwirkung durch das zu erwartende Deponiesickerwasser sein. Unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.3.2.1* sind folgende Angaben bzw. Nachweise zur Beständigkeit der dichtenden und mechanischen Eigenschaften der Abdichtungskomponente unter Einfluss von Sickerwasser zu erbringen:

- a) Beständigkeit bei Temperaturen von 10 - 40 °C unter Berücksichtigung von Auflasten und Richtung der Einwirkungen
- b) Einfluss des Sickerwassers bei oxidierenden und reduzierenden Bedingungen und pH-Werten zwischen 4 und 13, einer elektrischen Leitfähigkeit bis 30.000 µS/cm und einem DOC bis 1.000 mg/l (Plausibilitätsbetrachtung). Eine Übersicht über das Spektrum möglicher Sickerwasserbeschaffenheiten gibt der LANUV-Fachbericht 24. Bei Einsatz quellfähiger Tonminerale als Hilfsstoffe ist nachzuweisen, dass die Reversibilität der Quellung nicht zu einer unzulässigen Erhöhung der Durchlässigkeit der mineralischen Dichtung führt.

Nachweisgrundlagen:

Unter Nr. 3.1 und 3.2 genannte Nachweise und Versuche unter entsprechenden Randbedingungen

- Zeitraffende Reaktorsimulation oder mineralogische Analogien
- k-Wert-Bestimmung mit pH-stabilisiertem Wasser

4.2 Beständigkeit gegenüber biologischen Einwirkungen

Unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.3.2.2* sind Angaben bzw. Nachweise zur Beständigkeit der dichtenden und mechanischen Eigenschaften der Abdichtungskomponente zu erbringen:

Nachweisgrundlagen:

Eingrabversuch

Bei organischen Zusätzen ist die biochemische Dauerbeständigkeit der organischen Komponente unter anaeroben und aeroben Bedingungen in bilanzierenden Abbauversuchen, soweit möglich unter Einsatz radioaktiv markierter Verbindungen, nachzuweisen (siehe z. B. Wienberg, Gerth, Silla [5]).

Bei Materialien mit offensichtlicher Unempfindlichkeit gegenüber diesen Einwirkungen (Begründung erforderlich) kann o. g. Nachweis entfallen.

Die mineralischen Anteile der Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen Baustoffen werden von Mikroorganismen und Pilzen nicht relevant angegriffen (LANUV-Fachbericht 25).

Basisabdichtungen sind für Pflanzen und Tiere nicht zugänglich, wenn sie gemäß Nr. 9 geschützt sind. Gesonderte Nachweise können dann entfallen.

4.3 Beständigkeit gegenüber Temperaturen

Unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.3.2.3* sind folgende Angaben bzw. Nachweise zur Beständigkeit der dichtenden und mechanischen Eigenschaften der Abdichtungskomponente zu erbringen:

- a) Beständigkeit gegenüber den ständigen Einwirkungen von Temperaturen zwischen 10 und 40 °C (ungünstigste Temperatur ist maßgebend)
Sofern aufgrund der Abfalleigenschaften höhere Temperaturen nicht ausgeschlossen werden können, sind diese zu erwartenden Temperaturen im Einzelfall den Nachweisen zu Grunde zu legen.
- b) Darstellung ggf. erforderlicher Schutzmaßnahmen

4.4 Beständigkeit gegenüber Witterung

Unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.3.2.4* sind Einwirkungen der Witterung nur bis zu einer ausreichenden Überschüttung zu erwarten. Die mineralische Basisdichtung aus vergüteten natürlichen Baustoffen ist schnellstmöglich durch potentielle weitere Dichtungskomponenten bzw. Schutzlagen und die Entwässerungsschicht zu schützen.

4.5 Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen

Austrocknungs- und Rissgefährdung des Dichtungselementes sind projektbezogen nachzuweisen.

Unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.3.2.5 sind* für die Beurteilung der Auswirkungen von Wassergehaltsänderungen auf die Verformungseigenschaften und die Dichtigkeit im Rahmen der Eignungsprüfung folgende Nachweise zu erbringen:

- a) Wassergehalts-/Wasserspannungscharakteristik unter Berücksichtigung von ggf. auftretenden Synäreseffekten

Nachweisgrundlage:

z. B. Überdruckmethode nach RICHARD [2]

- b) Einfluss veränderlicher Wasserspannungen/Wassergehalte auf die Verformungseigenschaften und auf die Dichtigkeit

Nachweisgrundlage:

Unter Nr. 3.1 genannte Nachweise und Versuche unter entsprechenden Randbedingungen

- c) Konsistenzgrenzen, Konsistenzzahl beim Einbau

Nachweisgrundlage:

DIN 18122-1 , DIN 18122-2 , DIN 18132

4.6 Beständigkeit gegenüber Gasen

Wenn die Abdichtungskomponente in relevantem Umfang Deponiegas ausgesetzt ist, sind unter Berücksichtigung von *BQS 2-0 Nr. 2.3.2.6* für die Beurteilung der Auswirkungen von Gasen im Rahmen der Eignungsprüfung folgende Nachweise zu erbringen:

Beständigkeit gegenüber Deponiegasinhaltstoffen

Nachweisgrundlage:

Durchströmungsversuch; alternativ Einzelnachweis einer ausreichenden Beständigkeit für das Hilfsmittel

Bei Materialien mit offensichtlicher Unempfindlichkeit gegenüber diesen Einwirkungen (Begründung erforderlich) kann o. g. Nachweis entfallen.

5 Eignungsuntersuchungen

5.1 Laborversuche

Anhand der Ergebnisse der nachfolgenden Untersuchungen ist das Material nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN 18196 zu klassifizieren. Die Anzahl der Einzelproben ist nach der Streuung der Materialkennwerte festzulegen. In der Regel sind mindestens drei repräsentative Einzelproben erforderlich.

5.1.1 Untersuchung der natürlichen mineralischen Baustoffe

Die Eignung der natürlichen mineralischen Baustoffe und die Zulässigkeit ihres Einsatzes sind nachzuweisen. Der Umfang und die Art der Eignungsuntersuchungen der natürlichen Baustoffe sind im Einzelfall festzulegen.

5.1.2 Untersuchung der Hilfsmittel

Die Eignung der Hilfsmittel und die Zulässigkeit ihres Einsatzes sind nachzuweisen. Die erforderliche Menge der Hilfsmittel und ihre Bandbreite sind festzulegen. Der Umfang und die Art der Eignungsuntersuchungen der Hilfsmittel sind im Einzelfall in Abhängigkeit von den Eigenschaften der Hilfsmittel festzulegen.

5.1.3 Klassifizierung des vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffs

Anhand der Ergebnisse der nachfolgenden Untersuchungen ist der vergütete natürliche Baustoff nach DIN EN ISO 14688-1 und DIN 18196 zu klassifizieren. Die Bestimmungen sind nach der Mischung mit dem vorgesehenen Hilfsmittel im vorgesehenen Mischungsverhältnis durchzuführen. Der Korngrößenverteilung des natürlichen Baustoffs kann ohne Hilfsmittel bestimmt werden, wenn aufgrund der Eigenschaften des Hilfsmittels die Versuchsdurchführung nicht möglich ist. Die Anzahl der Einzelproben ist nach der Streuung der Materialkennwerte festzulegen. Drei repräsentative Einzelproben sind mindestens erforderlich:

- a) Bestimmung der Korngrößenverteilung des natürlichen Baustoffs nach DIN 18123
- b) Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18121-1
- c) Bestimmung der Konsistenzgrenzen und der abgeleiteten Werte nach DIN 18122-1 und DIN 18122-2
- d) Bestimmung der Wasseraufnahme nach ENSLIN/NEFF DIN 18132
- e) Bestimmung des Glühverlustes DIN 18128
- f) Bestimmung des Kalkgehaltes nach SCHEIBLER DIN 18129
- g) Geologische Beschreibung, Gesteinsbeschreibung, Bestimmung des Mineralbestands, Tonminerale (quantitativ)

- h) Mengenanteile der Hilfsmittel
- i) homogene Verteilung der Hilfsmittel

Die Untersuchungsmethoden nach Nr. 5.1.3 h) und i) sind nach der Art der Hilfsmittel festzulegen. Eine einfache visuelle Prüfung der homogenen Verteilung der Hilfsmittel ist nicht ausreichend.

5.1.4 Dichte

Bestimmung der Proctordichte nach DIN 18127

5.1.5 Dichtigkeit

Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit nach DIN 18130-1

Im Hinblick auf die Abnahme mineralischer Dichtungsschichten ist gegebenenfalls die Gleichwertigkeit von Schnellversuchen nachzuweisen.

5.2 Nachweis der Herstellbarkeit

Die mineralische Basisabdichtungskomponente aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen muss unter Bedingungen, wie sie auf Deponiebaustellen herrschen, so verarbeitet werden können, dass sie die in der Eignungsprüfung nachgewiesenen Leistungen mit ausreichender Sicherheit im eingebauten Zustand erbringt.

Unter Berücksichtigung der Festlegungen in den Grundsätzen ist die Herstellbarkeit durch Angaben zu folgenden Punkten nachzuweisen:

- Herstellungsvoraussetzungen
- Herstellungsverfahren
- Empfindlichkeit gegenüber Einbaubeanspruchungen
- Prüfung der Qualitätsmerkmale
- Nachbesserungsmöglichkeit, Reparierbarkeit

Nachweise der grundsätzlichen Herstellbarkeit sind durch Probefelder zu erbringen. Die Anforderungen an die Herstellung von Probefeldern sind in der GDA Empfehlung E 3-5 und im gemeinsamen Merkblatt zu Mineralischen Deponieabdichtungen des LfU Bayern und des LANUV Nordrhein-Westfalen beschrieben.

Auf Probefelder kann nur verzichtet werden, wenn die grundsätzliche Herstellbarkeit aufgrund vorangegangener Maßnahmen und vergleichbarer

- Materialeigenschaften,

- Auflagerverhältnisse,
 - Geräte- und Personalausstattung
- nachgewiesen wurde.

6 Entwurf und Bemessung

Für mineralische Basisabdichtungen sind in der Deponieverordnung im Anhang 1 Nr. 2.2 Tabelle 1 Fußnote 2 die Mindestdicke mit mindestens 0,50 m und der Durchlässigkeitsbeiwert mit $k \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s vorgegeben. Die sich darüber hinaus aus den Ergebnissen der Eignungsuntersuchungen ergebenden Anforderungen sind bei Entwurf und Bemessung zu berücksichtigen.

Der Entwurf und die Bemessung muss daher auch Anforderungen an die weiteren Systemkomponenten und erforderliche Schutzmaßnahmen nach Nr. 9 beinhalten.

7 Herstellung des Dichtungsmaterials

Die für die Entnahme des natürlichen mineralischen Baustoffs vorgesehenen Gewinnungsstellen sind so eingehend zu untersuchen, dass die geforderte Bandbreite der Material- und Einbauparameter sicher eingehalten werden kann. Bei sehr wechselhaft aufgebauten Gewinnungsstellen soll eine laufende Überwachung der Materialentnahme durch die Fremdprüfung nach E 5-10 der GDA - Empfehlungen vorgenommen werden.

Hilfsmittel müssen nachweislich in der in der Eignungsuntersuchung festgelegten Menge dem mineralischen Material zugegeben und darin durch Mischung homogen verteilt werden. Standard zur Herstellung eines vergüteten natürlichen Baustoffs ist die Mischung im Zwangsmischer. Das Fräsen in einem externen Mischfeld (ex-situ) zur Herstellung der Homogenität darf nur nach positiv verlaufendem großmaßstäblichem Versuch durchgeführt werden.

Durch Transport und Zwischenlagerung dürfen sich die Eigenschaften des Dichtungsmaterials nicht negativ verändern, ggf. müssen die Eigenschaften durch Aufbereitung wieder hergestellt werden.

8 Einbau

Beim Einbau mineralischer Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen ist Folgendes grundsätzlich zu beachten:

- a) Das Dichtungsaufleger soll einen E_{V2} -Wert von 30 MN/m² einhalten. Geringere Tragfähigkeiten, d. h. geringere E_{V2} -Werte, können zugelassen werden, wenn die Anforderungen an das Auflager projektbezogen in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit des Untergrundes, von Wassergehalt und der Trockendichte der Dichtung sowie von der Verdichtungstechnik im Probefeld ermittelt und im Qualitätsmanagementplan durch Festlegung u. a. der zulässigen Spanne des Verformungsmoduls E_{V2} festgeschrieben werden.
- b) Der vergütete natürliche mineralische Baustoff ist mit den nach den Ergebnissen des Probefeldes (Nr. 5.2) festgelegten Geräten einzubauen.
- c) Jede eingebaute Lage der mineralischen Dichtung muss mindestens einen Verdichtungsgrad $D_{Pr} > 95 \%$ aufweisen.
- d) Der Einbauwassergehalt (w) muss im Bereich des der Eignungsbeurteilung zu Grunde liegenden Wassergehaltes liegen.
- e) Das Material muss im eingebauten Zustand homogen sein und einen gleichmäßigen Einbauwassergehalt aufweisen.
- f) Mineralische Dichtungen aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen dürfen nicht bei Wetterlagen hergestellt werden, die einer Einhaltung der geforderten Einbaubedingungen (Wassergehalt, Verdichtungsgrad, Durchlässigkeitsbeiwert) entgegenstehen (z.B. Frostwetterlagen).
- g) Mit Beginn der Frostperiode ist die fertig gestellte mineralische Dichtung vor frostbedingten Beschädigungen zu schützen (z.B. frostsichere Abdeckung).
- h) Während der Bauausführung ist eine Vernässung der Oberfläche des Auflagers der vergüteten natürlichen mineralischen Dichtung und jeder fertig gestellten Einbaulage der vergüteten natürlichen mineralischen Dichtung zu verhindern.
- i) Schrumpfrisse der mineralischen Dichtung und jeder fertig gestellten Einbaulage der mineralischen Dichtung sind durch technische Maßnahmen zu vermeiden.
- j) Bei der Verwendung von stückigem Material dürfen Bodenaggregate, die größer als 32 mm sind, nicht eingebaut werden.
- k) Die erforderliche Einbaulagendicke, die nicht mehr als 10 % überschritten werden darf, wird im Probefeld ermittelt. In der Regel liegt die maximal zu erreichende homogen zu verdichtende Lagendicke bei 0,25 m. Hieraus ergibt sich ein mindestens zweilagiger Einbau. Auf eine gute Verzahnung (Verbund) der aufeinander eingebauten Lagen ist zu achten. Die Gesamtmindestdicke nach Nr. 6 darf an keiner Stelle unterschritten werden.

- l) Schürfe und Sondieröffnungen in der mineralischen Dichtungsschicht sind entsprechend den Anforderungen an die mineralische Abdichtung sorgfältig zu verschließen.
- m) Nach Fertigstellung jeder verdichteten Lage muss diese nach den Nummern 10.2 und 10.3 abgenommen werden, bevor mit dem Einbau der darauf folgenden Lage begonnen wird bzw. mit dem Einbau einer zweiten Dichtungskomponente begonnen wird.
- n) Auf Böschungen, deren Neigung steiler als 1 : 2,5 ist, ist die mineralische Dichtung in der Regel in horizontalen Lagen einzubauen. In diesem Fall muss die Mindestdicke der mineralischen Dichtungsschicht entsprechend der Böschungsneigung senkrecht zur Böschung gemessen verstärkt werden. Der unzureichend verdichtete Randbereich, der gegebenenfalls als Auflager für eine zweite Dichtungskomponente vorgesehen ist, muss abgeschoben werden. Ein lagenweiser böschungspareller Einbau ist bei steileren Böschungen nur zulässig, wenn an einem entsprechenden Probefeld die Einhaltung der Einbaubedingungen nachgewiesen worden ist.

9 Maßnahmen zum Schutz der fertigen Komponente

Nach Fertigstellung der mineralischen Abdichtung ist sie durch geeignete Maßnahmen vor Schädigungen zu schützen. Gesonderte Schutzmaßnahmen sind insbesondere während der Ablagerungsphase der Deponie im Randbereich der mineralischen Dichtung über längere Zeiträume oder im Übergangsbereich zur Oberflächenabdichtung erforderlich.

Baubegleitende Maßnahmen sind im Qualitätsmanagementplan unter Berücksichtigung der Standortsituation und der übrigen Komponenten des Abdichtungssystems festzulegen.

Über die baubegleitenden Maßnahmen hinaus kann es erforderlich sein, zum Beispiel Geogitter zur Erhöhung der Standsicherheit, Geotextilien oder mineralische Schutzschichten zur Verhinderung von punktuellen Störungen der Oberfläche zum Beispiel durch das Eindringen von mineralischem Dränmaterial, Geotextilien oder mineralische Schutzschichten zur Verhinderung von Suffosion, vorzusehen.

10 Qualitätsmanagement und Abnahme

Das Qualitätsmanagement umfasst

- die Einsatzstoffe,
- die Herstellung,
- den Transport,
- die Lagerung,
- den Einbau und
- den Schutz

des vergüteten natürlichen mineralischen Dichtungsmaterials und hat das Ziel, die einwandfreie Herstellung der Basisabdichtung zu gewährleisten. Hiermit soll die Wahrscheinlichkeit von Material- und Herstellungsfehlern minimiert werden. Das Qualitätsmanagement insgesamt bezieht sich dabei sowohl auf die Herstellung des Basisabdichtungsmaterials aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen als auch auf den Einbau des vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffs in der Basisabdichtung der Deponie.

Das Qualitätsmanagement beinhaltet Tätigkeiten der Qualitätsplanung, der Qualitätslenkung, der Qualitätssicherung und der Qualitätsverbesserung. Im Qualitätsmanagementplan nach E 5-1 Nr. 2 der GDA – Empfehlungen werden die Qualitätslenkung, -überwachung und -kontrolle geregelt, folgende Anforderungen gelten:

10.1 Qualitätslenkung

Zur Qualitätslenkung müssen Schutz- und Vorsorgemaßnahmen getroffen werden. Insbesondere sind die Vorgaben zur Herstellung des Dichtungsmaterials (Nr. 7) und zum Einbau (Nr. 8) einzuhalten.

10.2 Qualitätsprüfung

Es sind Eigen- und Fremdüberwachung der Einsatzstoffe und bei der Herstellung des Dichtungsmaterials sowie Eigen- und Fremdprüfungen bei der Anlieferung, der Lagerung und dem Einbau durchzuführen. Die fremdprüfende Stelle muss nach DIN EN ISO/IEC 17020 als Inspektionsstelle für die Fremdprüfung im Deponiebau und nach DIN EN ISO/IEC 17025 als Prüflaboratorium akkreditiert sein. Spezielle Prüfungen können vom Fremdprüfer an eine unabhängige Institution vergeben werden, die für diese Prüfungen akkreditiert ist. Die Aufgaben und die Qualifikation der Fremdprüfung für mineralische Komponenten in Abdichtungssystemen ergeben sich für mineralische Komponenten aus dem Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard 9-1. Die zuständige Behörde hat die Arbeiten zu überwachen, sie hat sich u. a. davon zu überzeugen, dass der Fremdprüfer ordnungsgemäß arbeitet.

Je eingebauter Lage sind durch die Fremdprüfung nachfolgend genannte Feld- und Laboruntersuchungen erforderlich. Darüber hinaus können auf der Grundlage der Ergebnisse aus den Eignungsuntersuchungen die laufenden Kontrollen weiterer Parameter erforderlich sein.

10.2.1 Felduntersuchungen

- a) Alle 1.000 m² je verdichteter Lage – mindestens aber an drei verschiedenen Stellen – ist die Dichte nach DIN 18125, Teil 2 im unteren Drittel der jeweiligen Lage zu bestimmen.

Die Dichte kann in einem Überwachungsschritt (Eigen- oder Fremdprüfung) ersatzweise nach Kalibrierung mit einer radiometrischen Sonde im Rasterabstand von 15 x 15 m bestimmt werden. Sofern die mineralische Dichtung in der Böschung nach Nr. 8 n) in horizontalen Lagen eingebaut wurde, ist die Dichte jeweils alle 30 m eingebaute Dichtungslage zu bestimmen.

- b) Beim Dichtungsaufleger kann die Dichte ersatzweise auch durch Plattendruckversuche nach DIN 18134, und ZTVE StB 2009 ermittelt werden.
- c) Die Oberfläche des Dichtungsauflegers und jede fertig gestellten Dichtungslage sind unmittelbar vor dem Aufbringen der nachfolgenden Lage bzw. einer Systemkomponente visuell zu prüfen.
- d) Die Oberfläche des Dichtungsauflegers und jede fertig gestellten Dichtungslage sind durch höhenmäßige Vermessung der Oberfläche im Raster 20 x 20 m zu prüfen. Im Böschungsbereich gemäß Nr. 8 n) ist diese Prüfung je 50 m³ eingebauten mineralischen Materials durchzuführen.

10.2.2 Laboruntersuchungen

Alle 1.000 m² je verdichtete Lage- mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen – sind Proben zu entnehmen und nach Nr. 5.1.3. b) (Wassergehalt) und 5.1.5 (Dichtigkeit) zu untersuchen. Sofern grobstückiges Material eingebaut wurde, ist die erreichte Zerkleinerung nach Nr. 8 j) zu beachten. An jeder 4. Probe sind zusätzlich – mindestens jedoch 1 mal pro Einbautag bzw. Teilfläche – die Untersuchungen nach den Nrn. 5.1.3 a) (Korngrößenverteilung) und 5.1.4 (Dichte) durchzuführen. Abweichend hiervon können dazu auch Schnellversuche zur Anwendung kommen, deren Gleichwertigkeit im Rahmen der Eignungsprüfung nachzuweisen ist.

10.3 Freigabe und Abnahme

Die Freigabe zum Weiterbau einzelner Komponenten kann die Fremdprüfung ggf. in Abstimmung mit der behördlichen Überwachung erteilen. Zur Freigabe eines jeden Teilabschnittes fertig gestellter mineralischer verdichteter Lagen muss mindestens das Ergebnis eines Durchlässigkeitsversuchs vorliegen.

Die Abnahme von Deponieabdichtungssystemen erfolgt durch die behördliche Überwachung auf der Grundlage der Ergebnisse der Eigen- und Fremdprüfung.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 30.11.2017	Seite 19
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

Gelöscht: 04.12.2014

11 Technische Bezugsdokumente

REGELUNGEN DES BUNDES UND DER LÄNDER

Bund

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV); Artikel 1 der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts vom 27. April 2009 (BGBl I Nr. 22 vom 29. April 2009 S. 900) zuletzt geändert durch [Artikel 2 der Verordnung vom 27. September 2017 \(BGBl. I S. 3465\)](#),

Gelöscht: Art. 7 der Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie über Industrieemissionen, zur Änderung der Verordnung über Immissionsschutz- und Störfallbeauftragte und zum Erlass einer Bekanntgabeverordnung vom 2. Mai 2013 (BGBl. I, Nr. 21, S. 973)

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-0 „Mineralische Basisabdichtungskomponenten – übergreifende Anforderungen“ vom 04.12.2014

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 9-1 „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“ vom [20.12.2016](#),

Gelöscht: 09.04.2014

Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS)

Zusätzliche Akkreditierungskriterien für Stellen, die an der Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen entsprechend der Deponieverordnung (DepV) beteiligt sind, Mai 2016,

Gelöscht: 4

Bayerisches Landesamt für Umwelt, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen:

Mineralische Deponieabdichtungen“ Gemeinsames Merkblatt (LfU-Deponie-Info – Merkblatt 1, LANUV -Arbeitsblatt 6) (2009)

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

„Fremdprüfung beim Einbau von Kunststoffkomponenten und –bauteilen in Deponieabdichtungssystemen – Richtlinie der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in Berlin für Anforderungen an die Qualifikation und die Aufgaben einer fremdprüfenden Stelle“, November [2016](#),

Gelöscht: 2014

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

„Beschaffenheit von Deponiesickerwasser in Nordrhein-Westfalen“ LANUV-Fachbericht 24 (2010)

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

„Langzeitbeständigkeit mineralischer Deponieabdichtungen“ LANUV -Fachbericht 25 (2010)

NORMEN

DIN EN ISO/IEC 17020:2012-07

Konformitätsbewertung – Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen

DIN EC ISO/IEC 17025:2005-08, 2. Berichtigung 2007-05

Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

DIN 4020:2010-12

Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

DIN 4094:1990-12

Baugrund, Erkundung durch Sondierungen

DIN EN ISO 14688-1:2013-12

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung

DIN 18121-1:1998-04

Untersuchung von Bodenproben - Wassergehalt - Teil 1: Bestimmung durch Ofentrocknung.

DIN 18122-1:1997-07

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen), Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze

DIN 18122-2:2000-09

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben; Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 2: Bestimmung der Schrumpfgrenze

DIN 18123: 2011-04

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung

DIN 18125-2:2011-03

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte des Bodens - Teil 2: Feldversuche

DIN 18127:2012-09

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Proctorversuch

DIN 18128:2002-12

Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes

Gelöscht: 04.12.2014

DIN 18129:2011-07

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Kalkgehaltsbestimmung

DIN 18130-1:1998-05

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes

DIN 18132:1995-12

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte - Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens

Gelöscht: 2012-04

DIN 18134:2012-04

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Plattendruckversuch

DIN 18135:2012-04

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Kompressionsversuch

DIN 18136:2003-11

Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Einaxialer Druckversuch

DIN 18137-1: 2010-07

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Bestimmung der Scherfestigkeit, Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen

DIN 18137-2:2011-04

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Bestimmung der Scherfestigkeit, Triaxialversuch

DIN 18137-3: 2002-09

Baugrund - Untersuchung von Bodenproben – Direkter Scherversuch

DIN 18196:2011-05

Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

DIN 50035 2012-09

Begriffe auf dem Gebiet der Alterung von Materialien, Grundbegriffe

ZTVE StB 2009

Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009

EMPFEHLUNGEN TECHNISCHER FACHVERBÄNDE

GDA E 2-13

„Verformungsnachweis für mineralische Abdichtungsschichten“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn

GDA E 3-1

„Eignungsprüfung mineralischer Oberflächen- und Basisabdichtungen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: April 2010; www.gdaonline.de

GDA E 3-3

„Tonmineralogische Charakterisierung von mineralischen Basisabdichtungen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: April 2010; www.gdaonline.de

GDA E 3-4

„Chemische Beanspruchung mineralischer Abdichtungen durch Sickerwasser“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn

GDA E 3-5

„Versuchsfelder für mineralische Basis- und Oberflächenabdichtungen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn

GDA E 3-7

„Beurteilung der Erosions- und Suffosionsbeständigkeit von mineralischen Abdichtungsmaterialien“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn

GDA E 3-8

„Reibungsverhalten von Geokunststoffen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: Bautechnik 2005

GDA E 3-9

„Eignungsprüfung für Geokunststoffen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: April 2010; www.gdaonline.de

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom <u>30.11.2017</u>	Seite 23
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------

Gelöscht: 04.12.2014

GDA E 5-1

„Grundsätze des Qualitätsmanagements“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn

GDA E 5-2

„Qualitätsüberwachung bei mineralischen Oberflächen- und Basisabdichtungsschichten“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; 3. Auflage 1997; Verlag Ernst & Sohn

GDA E 5-10

„Aufgaben und Qualifikation einer fremdprüfenden Stelle für mineralische Komponenten in Abdichtungssystemen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Bautechnik Heft 9/2004

LITERATUR

- [1] Amann, P., Edelmann, L., Katzenbach, R.: Untersuchung von Schadensgrenzen mineralischer Barrieren durch Simulation von Verformungszuständen im Maßstab 1:1.- In: BMBF-Verbundforschungsvorhaben Weiterentwicklung von Deponieabdichtungssystemen, Schlussbericht, Teilvorhaben 09, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin, 1996
- [2] Hartke, K.-H., Horn, R.: Die physikalische Untersuchung von Böden, Enke Verlag Stuttgart, 1989
- [3] Heimerl, H., Wienberg, R.: Die Untersuchung des diffusiven Stofftransports. In: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Deponieuntergrund. Methodenhandbuch, Band 5 Bodenphysik und Tonmineralogie, Teil 5.4.1.11, 12 S., 1997
- [4] Horn, A., Schick, P., Wunsch, R.: Verformbarkeit, Rißsicherheit und Dichtigkeit von mineralischen Deponiedichtungen. In: Universität der Bundeswehr München: Mitteilungen des Instituts für Bodenmechanik und Grundbau, H. 10, 1995
- [5] Wienberg, R., Gerth, J., Silla, M.: Biochemische Beständigkeit von organisch modifizierten Baustoffen für die Altlastensanierung. Altlastenspektrum 6 (3), 1997