

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

**Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-3
„Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten
aus Deponieersatzbaustoffen“**

vom 02.12.2020

veröffentlicht am 15.03.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	3
2	Grundsätzliche Materialanforderungen	4
3	Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Nachweise.....	6
3.1	Abdichtungswirkung.....	6
3.1.1	Nachweisverfahren	6
3.1.2	Prüfgrößen	7
3.1.3	Anpassungsfaktoren	8
3.2	Mechanische Widerstandsfähigkeit	9
3.2.1	Standicherheit und Verformungssicherheit	9
3.2.2	Hydraulische Widerstandsfähigkeit.....	10
4	Beständigkeit	11
4.1	Beständigkeit gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser	12
4.2	Beständigkeit gegenüber Mikroorganismen und Pilzen.....	12
4.3	Beständigkeit gegenüber Pflanzen	13
4.4	Beständigkeit gegenüber Tieren	13
4.5	Beständigkeit gegenüber Temperaturen	13
4.6	Beständigkeit gegenüber Witterung	13
4.7	Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen	14
4.8	Beständigkeit gegenüber Gasen.....	15
5	Eignungsuntersuchungen	15
5.1	Untersuchungen und Fachgutachten	15
5.2	Nachweis der Herstellbarkeit	16
6	Entwurf und Bemessung.....	16
7	Herstellung des Dichtungsmaterials.....	17
8	Einbau	17
9	Maßnahmen zum Schutz der fertigen Komponente	19
10	Qualitätsmanagement und Abnahme.....	19
10.1	Qualitätslenkung.....	20
10.2	Qualitätsprüfung.....	20
10.3	Freigabe und Abnahme	20
11	Technische Bezugsdokumente	21

Anhang 1: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen

Anhang 2: Anforderungen und Prüfungen

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.

Als Deponieersatzbaustoff oder als Ausgangsstoff zur Herstellung von Deponieersatzbaustoffen sind ausschließlich mineralische Abfälle zugelassen (§ 14 (1) DepV). Deponieersatzbaustoffe als mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten können aus natürlichen mineralischen Baustoffen, aus nicht natürlichen mineralischen Baustoffen allein oder unter Zugabe von natürlichen mineralischen Baustoffen hergestellt werden. Hilfsmittel (z. B. Bentonit, Tonmehl, Polymer, Wasserglas) können mit einer begrenzten Masse zum Erreichen der Funktionserfüllung eingesetzt werden.

Soweit es sich beim Deponieersatzbaustoff um einen natürlichen mineralischen Baustoff oder einen vergüteten natürlichen mineralischen Baustoff handelt, sind die Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards BQS 5-1 bzw. 5-2 anzuwenden. Die Anforderungen des Teils 3 der DepV sind einzuhalten. 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 5-0 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten – übergreifende Anforderungen“ (BQS 5-0). Diese werden mit den hier vorliegenden BQS 5-3 für Oberflächenabdichtungen aus nicht natürlichen mineralischen Baustoffen konkretisiert. Durch entsprechende Verweise (*kursiv gedruckt*) wird auf die jeweils maßgebenden Festlegungen in den BQS 5-0 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 Einbaurandbedingungen festgelegt. Es wird weiterhin der Umfang des Qualitätsmanagements festgelegt.

Hinweis:

Auf der Grundlage dieses BQS als geeignet beurteilte mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen können nach Maßgabe der abfallrechtlichen Genehmigungsbehörde auch bei Altdeponien (TA Abfall, TA Siedlungsabfall Nr. 11.2) und im Rahmen der Übergangsvorschriften (TA Abfall, TA Siedlungsabfall Nr. 12) verwendet werden, wenn dies unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse, z. B. Dichtigkeit und Beständigkeit gegenüber Deponiegaseinwirkung und Setzungen infolge biochemischen Abbaus erfolgt.

2 Grundsätzliche Materialanforderungen

Zur Herstellung von mineralischen Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen sind grundsätzlich geeignet:

- nicht natürliche mineralische Baustoffe,
 - die die Anforderungen abfallrechtlicher Vorschriften einhalten,
 - die am Entstehungsort eindeutig charakterisiert werden und die bei ihrer Aufbereitung einer Qualitätsüberwachung unterliegen,
 - die sich durch Angabe geeigneter Merkmale eindeutig kennzeichnen lassen,
 - deren zulässige Bandbreiten der Material- und Einbauparameter so festgelegt sind, dass sie sich bodenmechanisch und hydraulisch gleichartig verhalten und
 - die die Eigenschaften der natürlichen mineralischen Baustoffe und Hilfsmittel in ihrer Wirkung und Beständigkeit nicht negativ beeinflussen.

und

- natürliche mineralische Mineralstoffe,
 - 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 festgelegt 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 fein verteilte

organische Substanz darf 1 Masse-% nicht überschreiten. Für natürliche organogene Böden sind Überschreitungen bis zu einem Glühverlust von 5 Masse-% oder einem TOC bis 3 Masse-% möglich, wenn diese Überschreitungen ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenmaterials zurückgehen. Die TOC-Bestimmung erfolgt nach DepV, Anhang 4. Der Carbonatgehalt darf nicht mehr als 30 Masse-% betragen.

Hilfsmittel, die zum Erreichen der Funktionserfüllung der Abdichtung eingesetzt werden, 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 Hilfsmittel dürfen aufgrund ihrer Beständigkeit die Funktionserfüllung der Abdichtung von mindestens 100 Jahren nicht beeinträchtigen.

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

Deponieersatzbaustoffe müssen den Anforderungen des Teils 3 der DepV genügen. Für sie muss eine Funktionserfüllung der Abdichtung unter allen äußeren und gegenseitigen Einwirkungen von mindestens 100 Jahren nachgewiesen werden. Darüber hinaus müssen sie folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- a) Die Kornabstufung ist so zu wählen, dass ein Austragen von Feinstbestandteilen nicht möglich ist (Suffosionsbeständigkeit).
- b) Die Entmischung von Baustoffen und Hilfsmittel muss ausgeschlossen sein.
- c) Zur Austrocknungsempfindlichkeit der Deponieersatzbaustoffe ist ein Gutachten vorzulegen, welches auch den vorgesehenen dauerhaften Schutz der mineralischen Oberflächenabdichtungskomponente am Standort berücksichtigt. Der Einbauwassergehalt einer mineralischen Dichtung soll während der Funktionsdauer der Oberflächenabdichtung nicht wesentlich unterschritten werden, um keine Schrumpfungsprozesse auszulösen. Mit der Saugspannung liegt ein Parameter vor, der zusammen mit dem Wassergehalt der Dichtung und den überlagernden Komponenten des Abdichtungssystems eine Abschätzung des Austrocknungsverhaltens erlauben. Erforderlichenfalls ist der Anteil aktiver / quellfähiger Tonminerale zu begrenzen und es sind geeignete Schutzmaßnahmen gemäß Anhang 1 vorzusehen.
- d) Der Deponieersatzbaustoff muss im eingebauten Zustand den zu berechnenden Verformungen plastisch folgen können. Auflastbedingte Verformungen des Dichtungsaufagers dürfen die Funktionstüchtigkeit des Deponieabdichtungssystems nicht beeinträchtigen.
- e) Der Deponieersatzbaustoff muss im eingebauten Zustand homogen sein und einen gleichmäßigen Einbauwassergehalt aufweisen.

- f) Es dürfen nur Deponieersatzbaustoffe eingesetzt werden, die sich aufgrund ihrer Zusammensetzung oder der Einbindung in der mineralischen Dichtung biologisch, chemisch und physikalisch hinsichtlich der die Dichtigkeit beeinflussenden Faktoren langfristig, der die Standsicherheit beeinflussenden Faktoren dauerhaft nicht nachteilig verändern.
- g) Die Deponieersatzbaustoffe dürfen die Eigenschaften anderer Systemkomponenten nicht in ihrer Wirkung und Beständigkeit nachteilig beeinflussen.
- h) Die Langzeitbeständigkeit der aus Deponieersatzbaustoffen hergestellten mineralischen Dichtung muss durch Untersuchungen unter worst-case Bedingungen nachgewiesen werden. Ist die Einhaltung von Anforderungen dieses BQS für bestimmte Materialeigenschaften aufgrund langjähriger Erfahrungen und Untersuchungen aus vergleichbarer Anwendung nachgewiesen kann der Eignungsnachweis anhand einer fachgutachterlichen Beurteilung geführt werden. Die Wahl geeigneter Testmethoden ist unter Hinzuziehung eines für die speziellen Fragestellungen zur Langzeitstabilität erfahrenen Gutachters zu bestimmen. Die speziellen Bedingungen (u. a. die Herkunft und Charakteristik der Deponieersatzbaustoffe, die Testdauer, die Zerkleinerung der Probe, die Wassereinstellung, die Temperatur, zusätzliche Messparameter wie organische Säuren und pH-Wert) und die Wahl der Referenzproben müssen zuvor mit dem Gutachter und der zuständigen Behörde abgestimmt werden. Für die Bewertung der Messergebnisse kann es zweckmäßig sein, zusätzlich Referenzproben von natürlichen Böden zu untersuchen.
- i) Es sollten nur Deponieersatzbaustoffe verwendet werden, für die aufgrund ihrer Herkunft eine gleichbleibende Zusammensetzung während der gesamten Baumaßnahme gewährleistet werden kann.
- j) Änderungen der Herkunft oder Beschaffenheit der Deponieersatzbaustoffe oder der Zusammensetzung der Gemische bedürfen einer erneuten Eignungsprüfung und -beurteilung ggf. einschließlich des Baus weiterer Probefelder.

3 Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Nachweise

3.1 Abdichtungswirkung

3.1.1 Nachweisverfahren

(siehe *BQS 5-0 Nr. 2.1*)

In *BQS 5-0 Nr. 2.1.1* sind Anforderungen an die Dichtigkeit der Oberflächendichtung gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser 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 5-0 Nr. 2.1.2*.

3.1.2 Prüfgrößen

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

- der Dichte
- dem Einbauwassergehalt
- der Verdichtungsenergie
- Auflasten 15 bis 60 kN/m² (ungünstigster Fall ist maßgebend)
- Temperaturen 10 bis 30 °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 zweiaxialer Verformung

Es ist nachzuweisen, bis zu welcher Dehnung die Dichtigkeit nach Nr. 0 a) gegeben ist.

Nachweisgrundlage:

projektspezifisch im Einzelfall festzulegen (siehe z. B. Horn, Schick, Wunsch [4] 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

3.1.3 Anpassungsfaktoren

- a) Beständigkeit der Dichtigkeitseigenschaften unter maßgebenden Einwirkungen (Nr. 4: Beständigkeit)

Ziel: Festlegung der Faktoren $A_{1,n}$ (Nrn. 4.1, 4.2, und 4.5)

- b) Dichtigkeitskennwerte des eingebauten Materials gegenüber konvektiven Transportvorgängen

Übertragbarkeit der Laborwerte auf Feldwerte unter Berücksichtigung von Einbaubedingun- gen, Materialstreuungen, Verarbeitungsstreuungen, der vorhandenen Bodenstruktur und der Gefügebildung; Festlegung eines Anpassungsfaktors A_2 zur Berücksichtigung der Streuungen beim Einbau

Ziel: Nachweis der Anforderungen an die Dichtungsschicht, Formulierung der Einbauan- weisung

- c) Rechnerischer Nachweis der Dichtigkeit der Dichtungsschicht gegenüber konvektiven Transportvorgängen bei 30 cm Aufstauhöhe und Temperaturen von 0 bis 30 °C unter Ver- wendung der nachgewiesenen charakteristischen Materialkennwerte

Der Bemessungswert der Durchlässigkeit $cal\ k$ ergibt sich zu:

$$cal\ k = A * k_k * \gamma_m$$

mit $A = A_{1,n} * A_2$

$A_{1,n}$ - Faktoren zur Berücksichtigung langzeitiger Veränderungen von Materialeigenschaften (siehe Nr. 3.1.3 a))

A_2 - Faktor zur Berücksichtigung der Streuungen beim Einbau

γ_m - Teilsicherheitsbeiwert = 1,0 (da Anforderungen aus Laborwerten abgeleitet werden)

k_k - Wert der Durchlässigkeit nach Nr. 3.1.2 a)

Anmerkung:

Die Faktoren $A_{1,n}$ und A_2 sind in der Größenordnungen festzulegen, die den zu erwar- tenden Veränderungen der Durchlässigkeit durch Materialveränderungen oder der Streuung der Messwerte beim Einbau entsprechen. Beispielsweise ist eine zu erwar- tende Zunahme der Durchlässigkeit um eine Zehnerpotenz in Folge von Materialver- änderungen mit dem Faktor 10 und eine Streuung der Messwerte beim Einbau um eine halbe Zehnerpotenz mit dem Faktor 5 zu berücksichtigen. Sind keine Veränderungen oder Streuungen zu erwarten, sind die jeweiligen Faktoren mit 1,0 anzusetzen.

3.2 Mechanische Widerstandsfähigkeit

(siehe BQS 5-0 Nr. 2.2.)

In BQS 5-0 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 5-0 Nr. 2.2.1, 2.2.2 und 2.2.3 nachzuweisen. Die hierfür benötigten Materialkennwerte sind für die zum Einsatz kommenden Deponieersatzbaustoffe zu bestimmen. Es sind daher mindestens Nachweise bzw. Angaben zu folgenden Parametern als charakteristische Werte¹ erforderlich:

a) innere Scherfestigkeit in Abhängigkeit von:

- Auflast: bis 60 kN/m²
- Temperaturen: 0 bis 30 °C (ungünstigste Temperatur ist maßgebend)
- Wassergehalt: Einbauwassergehalt, konsolidierter drainierter Zustand, ggf. un-konsolidierter, undrainierter Zustand;
bei trocken einzubauenden Dichtungsmaterialien: trockener Zustand, 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

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

- c) Verformbarkeit des Dichtungselementes im Hinblick auf die Dichtigkeitseigenschaften (siehe Nr. 2 d)) auch unter Berücksichtigung veränderlicher Wassergehalte (siehe Nr. 4.7)
- 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 EN ISO 17892-10, Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Direkte Scherversuche

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

- f) Mechanische Eigenschaften des eingebauten Materials

Übertragbarkeit der Laborwerte nach Nr. 3.2.1 a) bis c) auf die Feldwerte unter Berücksichtigung von Einbaubedingungen, Materialstreuungen, Verarbeitungsstreuungen; Angabe von auf der sicheren Seite liegenden Mittelwerten

Ziel: Angabe dieser Werte in der abfallrechtlichen Zulassung für projektbezogene Nachweise der Standsicherheit und Verformungssicherheit des Abdichtungssystems, projektbezogener 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 5-0 Nr. 2.2.4* sind Angaben bzw. Nachweise zu den nachfolgend genannten Punkten zu erbringen:

- a) äußere Erosions- und Suffosionssicherheit infolge von auf der Dichtungsoberfläche in der Dränschicht abfließenden Wassers

Nachweisgrundlage:

Überströmungsversuche bzw. Angabe von Schutzmaßnahmen

- b) innere Erosions- und Suffosionssicherheit infolge von Durchströmungsvorgängen bei einer Aufstauhöhe von 1,5 m

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 5-0 Nr. 2.3)

Im Hinblick auf die Dichtigkeit und die mechanische Widerstandsfähigkeit wird in BQS 5-0 Nr. 2.3 die Beständigkeit der Dichtung gefordert. Die allgemeinen Anforderungen ergeben sich aus BQS 5-0 Nr. 2.3.1. Für die einzelnen möglichen Einwirkungen sind die Anforderungen in BQS 5-0 Nr. 2.3.2 genannt. BQS 5-0 Nr. 2.3.3 enthält allgemeine Vorgaben der Nachweisführung.

Der Nachweis der Beständigkeit erfolgt unter Berücksichtigung von BQS 5-0 Nr. 2.3.3.

Für die rechnerischen Nachweise der konvektiven Dichtigkeit nach Nr. 3.1.3 c) sind zur Berücksichtigung von Materialveränderungen infolge der nachfolgend genannten Einwirkungen entsprechende Anpassungsfaktoren $A_{1,n}$ zu bestimmen. Ggf. kann in Abhängigkeit von den materialspezifischen Empfindlichkeiten die Festlegung weiterer Anpassungsfaktoren für hier nicht berücksichtigte Einflüsse erforderlich werden.

4.1 Beständigkeit gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser

Unter Berücksichtigung von *BQS 5-0 Nr. 2.3.2.1* sind folgende Angaben bzw. Nachweise zur Beständigkeit der dichtenden und mechanischen Eigenschaften der Abdichtungskomponente zu erbringen:

- a) Beständigkeit bei Temperaturen von 0 - 30 °C unter Berücksichtigung von Auflasten und Richtung der Einwirkungen
- b) Einfluss des Porenwassers bei verschiedenen Härten und oxidierenden und reduzierenden Bedingungen und pH-Werten zwischen 4 und 11 (Plausibilitätsbetrachtung); 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 Nrn. 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 Mikroorganismen und Pilzen

Unter Berücksichtigung von *BQS 5-0 Nr. 2.3.2.2* sind Angaben bzw. Nachweise zur Beständigkeit der dichtenden und mechanischen Eigenschaften der Abdichtungskomponente zu erbringen.

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

Nachweisgrundlagen:

Eingrabversuch

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

4.3 Beständigkeit gegenüber Pflanzen

Mineralische Dichtungen aus Deponieersatzbaustoffen sind in der Regel nicht wurzelbeständig und daher gegen das Eindringen von Pflanzenwurzeln durch geeignete Maßnahmen zu schützen (s. Anhang 1). Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind darzustellen.

4.4 Beständigkeit gegenüber Tieren

Mineralische Dichtungen aus Deponieersatzbaustoffen sind in der Regel nicht beständig gegen Tiere und daher durch geeignete Maßnahmen zu schützen (s. Anhang 1). Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind darzustellen.

4.5 Beständigkeit gegenüber Temperaturen

Unter Berücksichtigung von *BQS 5-0 Nr. 2.3.2.5* 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 0 und 30 °C (ungünstigste Temperatur ist maßgebend)
- b) Beständigkeit gegenüber wechselnden Einwirkungen von Temperaturen zwischen 0 und 30 °C
- c) Darstellung ggf. erforderlicher Schutzmaßnahmen

4.6 Beständigkeit gegenüber Witterung

Unter Berücksichtigung von *BQS 5-0 Nr. 2.3.2.6* sind folgende Angaben bzw. Nachweise zur Beständigkeit der dichtenden und mechanischen Eigenschaften der Abdichtungskomponente zu erbringen:

- a) Beständigkeit gegenüber direkten Einwirkungen im Bauzustand oder bei freiliegender Dichtung
- b) Darstellung ggf. erforderlicher Schutzmaßnahmen

Nachweisgrundlagen:

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

4.7 Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen

Austrocknungs- und Rissgefährdung des Dichtungselementes sind projektbezogen nachzuweisen.

Unter Berücksichtigung von *BQS 5-0 Nr. 2.3.2.7* 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

Nachweisgrundlage:

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

- c) Einfluss von zyklischen Wassergehaltsänderungen auf das Schrumpf- und Quellverhalten und auf die Dichtigkeit

Nachweisgrundlage:

projektbezogene Festlegung im Einzelfall

- d) Konsistenzgrenzen, Konsistenzzahl beim Einbau

Nachweisgrundlage:

siehe Nr. 11

- e) Einfluss einer langzeitigen Wasseraufnahme bei Trockeneinbaumaterialien auf die mechanischen Eigenschaften (siehe auch Nr. 3.2) unter Berücksichtigung von Auflasten von 15 bis 60 kN/m²

4.8 Beständigkeit gegenüber Gasen

Wenn die Abdichtungskomponente in relevantem Umfang Deponiegas ausgesetzt ist, sind unter Berücksichtigung von *BQS 5-0 Nr. 2.3.2.8* für die Beurteilung der Auswirkungen von Gasen im Rahmen der Eignungsprüfung folgende Nachweise zu erbringen:

Beständigkeit gegenüber den wesentlichen Deponiegasinhaltsstoffen

Nachweisgrundlage:

Durchströmungsversuch; alternativ Einzelnachweis einer ausreichenden Beständigkeit für das Hilfsmittel und die nicht natürlichen mineralischen Baustoffe

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

5 Eignungsuntersuchungen

5.1 Untersuchungen und Fachgutachten

Die Eignung von mineralischen Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen ist gemäß Anhang 1 Tabelle 1 nachzuweisen. Sie beinhaltet die erforderliche Mindesthäufigkeit der Eignungsprüfungen. Auf Grundlage der Streuung der Materialkennwerte ist zu prüfen, ob der Stichprobenumfang der Laborversuche ausreichend ist oder weitere Prüfungen erforderlich sind. Die speziellen Bedingungen bei mineralischen Abdichtungen aus Deponieersatzbaustoffen (u. a. die Herkunft und Charakteristik der Deponieersatzbaustoffe, die Testdauer, die Zerkleinerung der Probe, die Wassergehaltseinstellung, die Temperatur, zusätzliche Messparameter wie organische Säuren und pH-Wert) und die Wahl der Referenzproben müssen von einem für die speziellen Fragestellungen zur Langzeitstabilität erfahrenen Gutachter festgelegt und mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden. Für die Bewertung der Messergebnisse kann es zweckmäßig sein, zusätzlich Referenzproben von natürlichen Böden zu untersuchen. Weitere Hinweise zur Eignungsprüfung enthält die GDA-Empfehlung E 3-1.

5.2 Nachweis der Herstellbarkeit

Die mineralische Oberflächenabdichtungskomponente aus Deponieersatzbaustoffen muss unter Bedingungen, wie sie auf Deponiebaustellen herrschen, so verarbeitet werden können, dass sie die in den Eignungsuntersuchungen 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.

Der Umfang der Prüfungen im Probefeld ergibt sich aus Anhang 2 Tabelle 2.

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

Die Gesamtdicke der mineralischen Dichtung soll 0,30 m aus bautechnischen Gründen nicht unterschreiten. Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen sollen aus Gründen des Fehlstellenausgleichs mindestens zweilagig eingebaut werden. Bautechnisch hat sich eine Dicke der einzelnen Lagen von ca. 0,25 m bewährt. Die Einhaltung der Anforderungen in den Fußnoten 2 bzw. 3 zur Tabelle 2 Anhang 1 DepV ist nachzuweisen.

Ein einlagiger Einbau und / oder geringere Einbaudicken sind nur möglich, wenn insbesondere

- die Eignung der Ausgangsstoffe sowie des Mischgutes,

- das Erreichen einer sehr großen Homogenität der Mischung durch qualitätsgesicherte Mischung in einer Mischanlage (Zwangsmischer),
 - die Eignung des Auflagers und
 - die Eignung des Einbauverfahrens einschließlich der Herstellung von Anschlüssen
- nachgewiesen wurde. Aufgrund der besonderen Anforderungen ist die Eignung bundeseinheitlich zu beurteilen.

Der Einbauwassergehalt einer mineralischen Dichtung aus Deponieersatzbaustoffen soll während der Funktionsdauer der Oberflächenabdichtung nicht wesentlich unterschritten werden, um keine Schrumpfungsprozesse auszulösen. 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 Eigenschaften der nicht natürlichen mineralischen Baustoffe (z. B. Abfallart, Abfallschlüssel nach AVV, Herkunft der Abfälle, Zusammensetzung gemäß Deklarationsanalyse, Körnung, Kornform, Eigenporosität) sowie deren tolerierbare Bandbreite sind eindeutig festzulegen.

Wird eine Materialmischung mit natürlichen mineralischen Baustoffen vorgesehen, sind die für die Entnahme der natürlichen mineralischen Baustoffe vorgesehenen Gewinnungsstellen 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.

Nicht natürliche mineralische Baustoffe, natürliche mineralische Baustoffe und Hilfsmittel müssen nachweislich in der in der Eignungsuntersuchung festgelegten Menge homogen gemischt werden. Standard zur Herstellung eines Deponieersatzbaustoffs für eine mineralische Basisabdichtung 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 wiederhergestellt werden.

8 Einbau

Beim Einbau mineralischer Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen ist Folgendes grundsätzlich zu beachten:

- a) Das Dichtungsauflager muss eine ausreichende Tragfähigkeit mit einem E_{V2} -Wert von mindestens 30 MN/m^2 besitzen (bei dynamisch zu verdichtendem Baustoff i. d. R. E_{V2} -Wert von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$). Geringere Tragfähigkeiten, d. h. geringere E_{V2} -Werte, können nur dann 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 Deponieersatzbaustoff ist mit den nach den Ergebnissen des Probefeldes (Nr. 0) 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) Der Deponieersatzbaustoff muss im eingebauten Zustand homogen sein und einen gleichmäßigen Einbauwassergehalt aufweisen.
- f) Mineralische Dichtungen aus Deponieersatzbaustoffen 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 mineralischen Dichtung und jeder fertig gestellten Einbaulage der 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 $0,25 \text{ m}$. Auf eine gute Verzahnung (Verbund) der aufeinander

eingebauten Lagen ist zu achten. Die Gesamtmindestdicke nach Nr. 6 darf an keiner Stelle unterschritten werden (GDA-Empfehlungen E 5-1, E 5-2).

- 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 Nrn. 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.

9 Maßnahmen zum Schutz der fertigen Komponente

Nach Fertigstellung der mineralischen Abdichtung aus Deponieersatzbaustoffen ist sie durch geeignete Maßnahmen vor Schädigungen zu schützen.

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, geotextile oder mineralische Durchwurzelungs- und / oder Wühlperrschichten, geotechnische oder mineralische Schutzschichten zur Verhinderung von Austrocknung und Schrumpfrissbildung gemäß Anhang 1 vorzusehen.

10 Qualitätsmanagement und Abnahme

Das Qualitätsmanagement umfasst

- die Einsatzstoffe einschließlich der abfallchemischen Bewertung der nicht natürlichen Baustoffe,
- die Herstellung,
- den Transport,
- die Lagerung,
- den Einbau und
- den Schutz

des Dichtungsmaterials aus Deponieersatzbaustoffen und hat das Ziel, die einwandfreie Herstellung der Abdichtung zu gewährleisten. Hiermit soll die Wahrscheinlichkeit von Material- und Herstellungsfehlern minimiert werden. Das Qualitätsmanagement insgesamt bezieht sich

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-3 Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen vom 02.12.2020	Seite 20
--	----------

dabei sowohl auf die Herstellung des Deponieersatzbaustoffs aus nicht natürlichen mineralischen Baustoffen als auch auf den Einbau des Deponieersatzbaustoffs in der Oberflächenabdichtung auf der Deponie.

Das Qualitätsmanagement beinhaltet Tätigkeiten der Qualitätsplanung, der Qualitätslenkung, der Qualitätssicherung und der Qualitätsverbesserung. Im Qualitätsmanagementplan nach E 5-01 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 Deponieersatzbaustoffs 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 die in Anhang 2 Tabelle 3 genannten Feld- und Laboruntersuchungen erforderlich. Darüber hinaus kann auf der Grundlage der Ergebnisse aus den Eignungsuntersuchungen die laufende Kontrolle weiterer Parameter erforderlich sein.

Abweichend von den in Anhang 2 Tabelle 3 genannten Feld- und Laboruntersuchungen können 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 müssen ausreichende Untersuchungsergebnisse zur Einhaltung der Anforderungen an die Durchlässigkeit vorliegen.

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

11 Technische Bezugsdokumente

REGELUNGEN DES BUNDES UND DER LÄNDER

Bund

Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 30. Juni 2020 (BGBl. I S. 1533)

Bund

TA-Abfall - Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen vom 12. März 1991 (GMBI. Nr. 8 S. 139) berichtigt am 21. März 1991 (GMBI. Nr. 16 vom 23.05.1991 S. 469); (außer Kraft)

Bund

TA-Siedlungsabfall - Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz; Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen vom 14. Mai 1993; Bundesanzeiger Nr. 99a; (außer Kraft)

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-0 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten – übergreifende Anforderungen“ vom 04.12.2014

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-1 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus natürlichen Baustoffen“ vom 02.12.2020

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-2 „Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen“ vom 02.12.2020

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 05.08.2020

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 9-1 „Qualitätsmanagement - Fremdprüfung
beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“, 05.08.2020

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)

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: 2018-03

Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

DIN ISO 11277:2002-08

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden
- Verfahren mittels Siebung und Sedimentation (ISO 11277:1998 + ISO
11277:1998 Corrigendum 1:2002)

DIN EN ISO 10693:2014-06

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Carbonatgehaltes - Volumetrisches Verfahren (ISO 10693:1995); Deutsche Fassung EN ISO 10693:2014

DIN EN ISO 17892-1:2015-03

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben -
Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014); Deutsche Fassung
EN ISO 17892-1:2014

DIN EN ISO 17892-2:2015-03

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben -
Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens (ISO 17892-2:2014); Deutsche Fassung
EN ISO 17892-2:2014

DIN EN ISO 17892-3:2016-07

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 3: Bestimmung der Korndichte (ISO 17892-3:2015, korrigierte Fassung 2015-12-15); Deutsche Fassung EN ISO 17892-3:2015

DIN EN ISO 17892-4:2017-04

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO 17892-4:2016); Deutsche Fassung EN ISO 17892-4:2016

DIN EN ISO 17892-5:2017-08

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 5: Ödometerversuch mit stufenweiser Belastung (ISO 17892-5:2017); Deutsche Fassung EN ISO 17892-5:2017

DIN EN ISO 17892-10:2019-04

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 10: Direkte Scherversuche (ISO 17892-10:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17892-10:2018

DIN EN ISO 17892-11:2019-05

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 11: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit (ISO 17892-11:2019); Deutsche Fassung EN ISO 17892-11:2019

DIN EN ISO 17892-12:2020-07

Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben - Teil 12: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen (ISO 17892-12:2018); Deutsche Fassung EN ISO 17892-12:2018

DIN EN 933-1:2012-03

Prüfverfahren für geometrische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 1: Bestimmung der Korngrößenverteilung - Siebverfahren; Deutsche Fassung EN 933-1:2012

DIN EN 1097-6:2013-09

Prüfverfahren für mechanische und physikalische Eigenschaften von Gesteinskörnungen - Teil 6: Bestimmung der Rohdichte und der Wasseraufnahme; Deutsche Fassung EN 1097-6:2013

DIN 1055-2:2010-11

Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngößen

DIN 4020:2010-12

Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

DIN 18122-2:2000-09

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

DIN 18124:2019-02

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korndichte - Weithals-
pyknometer

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

DIN 18132:1995-12

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte - Bestimmung des Wasseraufnahmevermö-
gens

DIN 18134:2012-04

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte, Plattendruckversuch

EMPFEHLUNGEN TECHNISCHER FACHVERBÄNDE

GDA E 2-13

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

GDA E 2-31

„Rekultivierungsschichten“; Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) Empfeh-
lungen „Geotechnik der Deponien und Altlasten“, Stand: Juni 2010; www.gdaonline.de

GDA E 2-32

„Gestaltung des Bewuchses auf Deponien“; , Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) Empfehlungen „Geotechnik der Deponien und Altlasten“, Stand: Januar 2010; www.gdaonline.de

GDA E 3-1

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

GDA E 3-5

„Versuchsfelder für mineralische Basis- und Oberflächenabdichtungsschichten“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: Oktober 2019; www.gdaonline.de

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: August 2015; www.gdaonline.de

GDA E 5-1

„Grundsätze des Qualitätsmanagements; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand Oktober 2020; www.laga-online.de/Publikationen-50-Informationen-Bundeseinheitliche-Qualitaetsstandards.html

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; Stand: Bautechnik 09/2004

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, Rissicherheit 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

Anhang 1: Schutzmaßnahmen gegen schädliche Wasserspannungen

Sofern der Austrocknungs- und Wurzelschutz der mineralischen Abdichtungskomponente nicht durch eine Konvektionssperre gewährleistet wird, sind diese vorrangig von der Rekultivierungsschicht und durch entsprechende Gestaltung der auf der Abdichtungskomponente unmittelbar aufliegenden Entwässerungsschicht sicherzustellen.

Die Rekultivierungsschicht muss einen ausreichenden Bodenwasservorrat und den Pflanzen einen genügenden Wurzelraum zur Verfügung stellen (siehe auch GDA-Empfehlungen E 2-31 und E 2-32).

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 pflanzenstandortsspezifischen Gegebenheiten sowie ggf. auch abhängig von der späteren Nutzung (z. B. Wald) können 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.

Zur Vermeidung von Feuchtigkeitsentzug aus der mineralischen Abdichtungskomponente in Folge konvektiver Luftströmung ist die unmittelbar auf der Abdichtungskomponente aufliegende Entwässerungsschicht in geeigneter Weise auszuführen. Hierfür kommt z. B. eine mindestens 10 cm dicke Wasser speichernde Sandschicht (SE, SW, SU nach DIN 18 196) in Frage.

Anhang 2: Anforderungen und Prüfungen

Art der Prüfungen:

L = Laborversuch

F = Felduntersuchung

qFG = qualifiziertes Fachgutachten

Tabelle 1: Anforderungen und Prüfungen für mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen
- Eignungsprüfung

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
Abdichtungswirkung nach Nr. 3.1					
1	Wasserdurchlässigkeit ^{1,2}	Durchlässigkeitsbeiwert DK I u. II: $k_s \leq 5 \times 10^{-9}$ m/s; DK III: $k_s \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s bei einem Druckgradienten von $i = 30$	DIN EN ISO 17892-11	L	mindestens 3
2	Dichtigkeit von Anschlüssen und Durchdringungen	Standardlösungen	Darstellungen in Regelzeichnungen, ggf. Verweis auf Versuchseinbau	qFG	1
3	Auswirkung von Fehlstellen und Imperfektionen innerhalb der mineralischen Dichtungsschicht	Systemdichtigkeit- keine Erhöhung des Durchlässigkeitsbeiwerts von $k \leq 5 \times 10^{-9}$ m/s für DK I u. II und von $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s für DK III bei einem Druckgradienten von $i = 30$	Abschätzung; Bewertung der Möglichkeit des Auftretens von Fehlstellen und ggf. rechnerische Abschätzung ihrer Auswirkung, ggf. Maßnahmen zur Verhinderung in Einbauanweisung unter Heranziehung von Erfahrungswerten und Prüfwerten	qFG	1
Mechanische Widerstandsfähigkeit nach Nr. 3.2					
4	Innere Scherfestigkeit ³	gemäß Vorgaben der Standsicherheitsberechnung	GDA E 2-13 und. E 3-1	L	mindestens 3

¹ In Abhängigkeit von der Dichte, dem Einbauwassergehalt, der Verdichtungsenergie, Auflasten und Temperaturen

² Im Hinblick auf die Abnahme mineralischer Dichtungsschichten ist gegebenenfalls die Gleichwertigkeit von Schnellversuchen nachzuweisen.

³ In Abhängigkeit von Auflast, Temperatur und Wassergehalt

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-3 Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen vom 02.12.2020	Anhang 2 Seite 2
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
5	Steife- bzw. Verformungsmodul in Abhängigkeit von Wassergehalten ⁴	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-5	L	mindestens 3
6	Verformbarkeit ⁵	verformbar bis Krümmungsradius R = 200 m ohne Erhöhung der Durchlässigkeit	GDA E 2-13 GDA 3-1	L	mindestens 3
7	Scherfestigkeit zu angrenzenden Schichten	gemäß Vorgabe der Standsicherheitsberechnung	Rahmenscherversuche z. B. nach GDA E 3-8 DIN EN ISO 17892-10 ⁶	L	mindestens 3
8	Quellung	zur Charakterisierung	DGGT Empfehlung Nr. 11, FS 3	L	mindestens 3
9	Hydraulische Widerstandsfähigkeit	a) äußere Erosions- und Suffosionssicherheit infolge von auf der Dichtungsoberfläche in der Dränschicht abfließenden Wassers b) innere Erosions- und Suffosionssicherheit infolge von Durchströmungsvorgängen bei einer Aufstauhöhe von 1,5 m c) Darstellung ggf. erforderlicher Schutzmaßnahmen ⁷	Überströmungsversuche bzw. Angabe von Schutzmaßnahmen Langzeit-Durchströmungsversuche und/oder pin hole test (siehe GDA E 3-7)	L	mindestens 3
10	Beständigkeit der Eigenschaften nach Nr. 4 bis 7	Funktionserfüllung über mindestens 100 Jahre	BQS 5-0 Nr. 2.3.3	qFG	1
11	Übertragbarkeit der Laborwerte nach Nr. 4 bis 6 auf Feldwerte	Charakterisierung; Angabe dieser Werte in der abfallrechtlichen Zulassung für projektbezogene Nachweise der Standsicherheit und Verformungssicherheit des Abdichtungssystems	z. B. statistische Auswertungen von QM-Protokollen ausgeführter Maßnahmen oder Angabe von charakteristischen Werten auf der Basis von DIN 4020	qFG	1

⁴ wie nach Nr. 4, nicht im unkonsolidierten, undrainierten Zustand

⁵ Alternativ kann im Einzelfall auch nachgewiesen werden, bis zu welcher Dehnung die Dichtigkeit nach Nr. 1 gegeben ist.

⁶ Bei Böschungsneigungen flacher als 1:5 kann die Scherfestigkeit aus Tabellenwerten der DIN 1055 Teil 2 ermittelt werden.

⁷ Sofern aufgrund der vorhandenen Körnungslinie dieser Nachweis nicht geführt werden kann, sind gemäß dem Stand der Technik (siehe GDA E 3-7, Filterregeln nach Terzaghi ggf. unter Berücksichtigung von Kontakterosion) ausreichend dimensionierte, langfristig wirksame Filterschichten vorzusehen

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-3 Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen vom 02.12.2020	Anhang 2 Seite 3
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
Beständigkeit nach Nr. 4 für eine Funktionserfüllung über mindestens 100 Jahre					
12	Beständigkeit gegenüber infiltriertem Niederschlagswasser	a) Beständigkeit bei Temperaturen von 0 - 30 °C unter Berücksichtigung von Auflasten und Richtung der Einwirkungen b) Einfluss des Porenwassers bei verschiedenen Härten und oxidierenden und reduzierenden Bedingungen und pH-Werten zwischen 4 und 11 (Plausibilitätsbetrachtung); bei Einsatz quellfähiger Tonminerale als Hilfsstoffe ist nachzuweisen, dass die Reversibilität der Quellung nicht zu einer unzulässigen Erhöhung der Durchlässigkeit der mineralischen Dichtung führt.	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	L	mindestens 3
13	Beständigkeit gegenüber Mikroorganismen und Pilzen	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]). Erhöhung C _{org} < 1 %	Eingrabversuch	F	
14	Beständigkeit gegenüber Pflanzen	das Eindringen von Pflanzenwurzeln muss durch geeignete Maßnahmen unterbunden werden. Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind darzustellen. Wurzelanteil < 1 Gew.-%	GDA 2-31 GDA 2-32 Wurzeltest	qFG	1
15	Beständigkeit gegenüber Tieren	Geeignete Maßnahmen. Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind darzustellen.		qFG	1

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
16	Temperaturbeständigkeit	a) Beständigkeit gegenüber den ständigen Einwirkungen von Temperaturen zwischen 0 und 30 °C (ungünstigste Temperatur ist maßgebend) b) Beständigkeit gegenüber wechselnden Einwirkungen von Temperaturen zwischen 0 und 30 °C c) Darstellung ggf. erforderlicher Schutzmaßnahmen	-	qFG	1
17	Beständigkeit gegenüber Witterung	a) Beständigkeit gegenüber direkten Einwirkungen im Bauzustand oder bei freiliegender Dichtung b) Darstellung ggf. erforderlicher Schutzmaßnahmen	Unter Nrn. 3.1 und 3.2 genannte Nachweise und Versuche unter entsprechenden Randbedingungen	qFG	1
18	Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen	Wassergehalts-/Wasserspannungscharakteristik unter Berücksichtigung von ggf. auftretenden Synäreseffekten	z. B. Überdruckmethode nach RICHARD	L	mindestens 3
19	Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen	kein negativer Einfluss veränderlicher Wasserspannungen/Wassergehalte auf die Verformungseigenschaften und auf die Dichtigkeit	Unter Nr. 3.1 u. 3.2 genannte Nachweise und Versuche unter entsprechenden Randbedingungen	qFG	1
20	Beständigkeit gegenüber Gasen	Beständig gegenüber wesentlichen Deponiegasinhaltstoffen ⁸	Durchströmungsversuch, alternativ Einzelnachweis	L	mindestens 3
Klassifizierung nach Nr. 5.1.4					
21	Petrografische Beschreibung und stoffliche Kennzeichnung	zur Charakterisierung	-	qFG	1
22	Korngrößenverteilung ⁹	suffusionsbeständig Korngröße ≤ 32 mm	DIN ISO 11277 DIN EN 933-1 DIN EN ISO 17892-4	L	mindestens 3

⁸ Bei Materialien mit offensichtlicher Unempfindlichkeit gegenüber diesen Einwirkungen kann Nachweis entfallen.

⁹ Die Korngrößenverteilung des Deponieersatzbaustoffs kann ohne vorherige Zugabe des vorgesehenen Hilfsmittels bestimmt werden, wenn aufgrund der Eigenschaften des Hilfsmittels die Versuchsdurchführung nicht möglich ist.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-3 Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen vom 02.12.2020	Anhang 2 Seite 5
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
23	Wassergehalt	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-1	L	mindestens 3
24	Zustandsgrenzen / Konsistenzgrenzen	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-12 DIN 18122-2	L	mindestens 3
25	Wasseraufnahme	zur Charakterisierung	DIN EN 1097-6 DIN 18132	L	mindestens 3
26	Korndichte	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-3 DIN 18124	L	mindestens 3
27	Proctordichte und optimaler Wassergehalt	zur Charakterisierung	DIN 18127	L	mindestens 3
28	Organische Substanz	≤ 1 Masse-% ¹⁰	DIN 18128	L	mindestens 3
29	Carbonatgehalt	≤ 30 Masse-%	DIN EN ISO 10693	L	mindestens 3
30	Schadstoffgehalte von Deponieersatzbaustoffen ¹¹	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Tabelle 2 Spalte 5 einschließlich DepV, Anhang 3 Nr. 1 Tabelle 1 Fußnote 2	DepV, Anhang 4	L	§ 17 DepV
31	Mengenanteile der nicht natürlichen mineralischen Baustoffe und Hilfsmittel	Homogene Verteilung	Untersuchungsmethoden sind nach Art der nicht natürlichen mineralischen Baustoffe und der Hilfsmittel festzulegen	qFG	1
32	Fremdbestandteile (z.B. Steine, Holz, Wurzeln)	frei von Fremdbestandteilen	visuell	F	mindestens 3

¹⁰ Fein verteilt; für natürliche organogene Böden sind Überschreitungen bis zu einem Glühverlust von 5 Masse-% oder einem TOC bis 3 Masse-% möglich, wenn diese Überschreitungen ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenmaterials zurückgehen. Die TOC-Bestimmung erfolgt nach DepV, Anhang 4

¹¹ Nur, wenn es sich trotz natürlicher mineralischer Baustoffe um Deponieersatzbaustoffe handelt

Tabelle 2: Anforderungen und Prüfungen für mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen
- Probefeld

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ¹²
1	Verdichtungsgrad des Dichtungsaufagers	$D_{Pr} \geq 95 \%$	DIN 18125-2	F	mindestens 3 ^{13, 14}
2	Tragfähigkeit des Dichtungsaufagers	E_{V2} -Wert $\geq 30 \text{ MN/m}^2$ ¹⁵	DIN 18134	F	mindestens 3
3	Oberfläche des Dichtungsaufagers und jeder Dichtungslage ¹⁶	Homogenität	visuell	F	unmittelbar vor dem Aufbringen der nachfolgenden Lagen der mineralischen Dichtung der bzw. einer weiteren Systemkomponente
4	Korngrößenverteilung	gemäß Eignungsprüfung (Übereinstimmung)	DIN ISO 11277 DIN EN 933-1 DIN EN ISO 17892-4	L	mindestens 3
5	Trockendichte / Verdichtungsgrad	$D_{Pr} \geq 95 \%$	DIN EN ISO 17892-2 ¹⁷ DIN 18125-2	L F	mindestens 4 aus der unteren Hälfte der jeweiligen Lage zusätzlich mindestens 1 im Verzahnungsbereich zweier Lagen ¹⁸

¹² Häufigkeit der Kontrollprüfungen an Proben je Einbaulage; für die Parameter Nummer 1, 2, 5, 6 und 7 jeweils durch Eigen- und Fremdprüfung; für die übrigen Parameter zwei Drittel Eigenprüfung und mindestens ein Drittel Fremdprüfung.

¹³ Die Dichte kann in einem Überwachungsschritt (Eigen- oder Fremdprüfung) ersatzweise nach Kalibrierung mit einer radiometrischen Sonde bestimmt werden.

¹⁴ Sofern die mineralische Dichtung in der Böschung nach in horizontalen Lagen eingebaut wurde, ist die Dichte jeweils in der eingebauten Dichtungslage zu bestimmen.

¹⁵ Sollen projektbezogen geringere Tragfähigkeiten, d. h. geringere E_{V2} -Werte, zugelassen werden, sind die Anforderungen an das Auflager in Abhängigkeit von der Tragfähigkeit des Untergrundes, von Wassergehalt und der Trockendichte der Dichtung sowie von der Verdichtungstechnik im Probefeld zu ermitteln und im Qualitätsmanagementplan durch Festlegung u. a. der zulässigen Spanne des Verformungsmoduls E_{V2} festzuschreiben.

¹⁶ Sofern als Auflagefläche einer Dichtungsbahn sind die Anforderungen an die Oberfläche gemäß der BAM-Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen maßgebend

¹⁷ 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.

¹⁸ lagenweise Beprobung gleichermaßen auf die Basis und Böschung des Probefelds aufteilen

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontroll- prüfungen	
				Art	Häufigkeit ¹²
6	Wassergehalt	im Bereich des optimalen Wassergehalts ¹⁹	DIN EN ISO 17892-1	L	mindestens 3
7	Wasserdurchlässigkeit ^{20, 21}	Durchlässigkeitsbeiwert Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 5 \times 10^{-9}$ m/s (DK I und DK II) $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s (DK III) bei einem Druckgradienten von $i = 30$	DIN EN ISO 17892-11	L	mindestens 3
8	Innere Scherfestigkeit	gemäß Vorgabe der Stand- sicherheitsberechnung	GDA E 2-13	L	mindestens 1
9	Scherfestigkeit zu an- grenzenden Schichten	gemäß Vorgabe der Stand- sicherheitsberechnung	Rahmenscherversuche z. B. nach GDA E 3-8 DIN EN ISO 17892-10 ²²	L	mindestens 1
10	Zustandsgrenzen / Konsistenzgrenzen	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-12 DIN 18122-2	L	mindestens 3
11	Wasseraufnahme	zur Charakterisierung	DIN EN 1097-6 DIN 18132	L	mindestens 3
12	Carbonatgehalt	≤ 30 Masse-%	DIN EN ISO 10693	L	mindestens 3
13	Dicke	Einbaulagendicke zur Fest- legung in der Einbauanwei- sung; gesamt $\geq 0,50$ m	Vermessung	F	mindestens 3

¹⁹ Bei einem Einbauwassergehalt unter dem Proctorwassergehalt (w_{pr}) ist ein Luftporenanteil von $n_a \leq 5$ Vol.-% einzuhalten; ein Luftporenanteil von $n_a \leq 3$ Vol.-% sollte angestrebt werden.

²⁰ In Abhängigkeit von der Dichte, dem Einbauwassergehalt, der Verdichtungsenergie, Auflasten und Temperaturen

²¹ Im Hinblick auf die Abnahme mineralischer Dichtungsschichten ist gegebenenfalls die Gleichwertigkeit von Schnellversuchen nachzuweisen.

²² Bei Böschungsneigungen flacher als 1:5 kann die Scherfestigkeit aus Tabellenwerten der DIN 1055 Teil 2 ermittelt werden.

Tabelle 3: Anforderungen und Prüfungen für mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen
- Qualitätsprüfung

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ²³
1	Tragfähigkeit des Dichtungsauflegers	Verdichtungsgrad des Dichtungsauflegers $D_{Pr} \geq 95 \%$ oder E_{V2} -Wert $\geq 30 \text{ MN/m}^2$ ²⁴	DIN 18125, Teil 2 DIN 18134 ²⁵	F	Alle 1.000 m ² mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen ²⁶
2	Oberfläche des Dichtungsauflegers und jeder Dichtungslage ²⁷	Homogenität	visuell	F	unmittelbar vor dem Aufbringen der nachfolgenden Lagen der mineralischen Dichtung der bzw. einer weiteren Systemkomponente
3	Wasserdurchlässigkeit ^{28, 29}	Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 5 \times 10^{-9} \text{ m/s}$ (DK I und DK II) $k \leq 5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ (DK III) bei einem Druckgradienten von $i = 30$	DIN EN ISO 17892-11	L	Alle 1.000 m ² je verdichtete Lage mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen

²³ Häufigkeit / Prüfraster der Kontrollprüfungen an Proben je Einbaulage. Das Prüfraster gilt sowohl für die Eigen- als auch für die Fremdprüfung.

²⁴ 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 Probe-feld ermittelt und im Qualitätsmanagementplan durch Festlegung u. a. der zulässigen Spanne des Verformungsmoduls E_{v2} festgeschrieben werden.

²⁵ ersatzweise Prüfung mit leichtem Fallgewichtsgesetz (Verifizierung durch Ermittlung materialspezifischer Umrechnungsfaktor $E_{v, dyn} / E_{v2}$)

²⁶ 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.

²⁷ Sofern als Auflagefläche einer Dichtungsbahn sind die Anforderungen an die Oberfläche gemäß der BAM-Richtlinie für die Zulassung von Kunststoffdichtungsbahnen für Deponieabdichtungen maßgebend

²⁸ In Abhängigkeit von der Dichte, dem Einbauwassergehalt, der Verdichtungsenergie, Auflasten und Temperaturen

²⁹ Im Hinblick auf die Abnahme mineralischer Dichtungsschichten ist gegebenenfalls die Gleichwertigkeit von Schnellversuchen nachzuweisen.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-3 Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen vom 02.12.2020	Anhang 2 Seite 9
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ²³
4	Korngrößenverteilung	gemäß Eignungsprüfung (Übereinstimmung)	DIN ISO 11277 DIN EN 933-1 DIN EN ISO 17892-4	L	Alle 4.000 m ² je verdichtete Lage- mindestens aber 1 je Einbautag bzw. Teilfläche
5	Wassergehalt	gemäß Eignungsprüfung (Übereinstimmung) und Festlegung im QMP	DIN EN ISO 17892-1 DIN 18121-2	L	Alle 1.000 m ² je verdichtete Lage- mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen
6	Proctordichte und optimaler Wassergehalt	gemäß Eignungsprüfung (Übereinstimmung) und Festlegung im QMP	DIN 18127	L	Alle 4.000 m ² je verdichtete Lage- mindestens aber 1 je Einbautag bzw. Teilfläche
7	Trockendichte / Verdichtungsgrad	$D_{Pr} > 95\%$ im unteren Drittel der jeweiligen Lage	DIN EN ISO 17892-2 ³⁰ DIN 18125-2	L F	Alle 1.000 m ² je verdichteter Lage – mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen
8	Organische Substanz	≤ 1 Masse-% ³¹	DIN 18 128	L	Alle 5.000 m ² je verdichteter Lage – mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen
9	Carbonatgehalt	≤ 30 Masse-%	DIN EN ISO 10693	L	Alle 5.000 m ² je verdichteter Lage – mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen

³⁰Die Dichte kann in einem Überwachungsschritt (Eigen- oder Fremdprüfung) ersatzweise nach Kalibrierung mit einer radiometrischen Sonde im Rasterabstand von 15 x 15 m bestimmt werden.

³¹Fein verteilt; für natürliche organogene Böden sind Überschreitungen bis zu einem Glühverlust von 5 Masse-% oder einem TOC bis 3 Masse-% möglich, wenn diese Überschreitungen ausschließlich auf natürliche Bestandteile des Bodenmaterials zurückgehen. Die TOC-Bestimmung erfolgt nach DepV, Anhang 4

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 5-3 Mineralische Oberflächenabdichtungskomponenten aus Deponieersatzbaustoffen vom 02.12.2020	Anhang 2 Seite 10
---	----------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ²³
10	Schadstoffgehalte von Deponieersatzbaustoffen	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Tabelle 2 Spalte 5 einschließlich DepV, Anhang 3 Nr. 1 Tabelle 1 Fußnote 2	DepV, Anhang 4	L	§ 17 DepV (Eigenprüfung gemäß § 8 Abs. 3 DepV und Fremdprüfung gemäß § 8 Abs. 5 DepV)
11	Fremdbestandteile (z.B. Steine, Holz, Wurzeln)	frei von Fremdbestandteilen	visuell	F	baubegleitend
12	Dicke	Einbaulagendicke nach Einbauanweisung; gesamt $\geq 0,50\text{m}$	Vermessung	F	Alle 500 m ² ^{32, 33}

³² Im Böschungsbereich gemäß Nr. eine Prüfung je 50 m³ eingebauten mineralischen Materials

³³ Die Dicke ist vor und nach der Verdichtung zu bestimmen.