

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

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

vom 02.12.2020

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	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	11
4.6	Beständigkeit gegenüber Gasen	11
5	Eignungsuntersuchungen	12
5.1	Untersuchungen und Fachgutachten	12
5.2	Nachweis der Herstellbarkeit	12
6	Entwurf und Bemessung	13
7	Herstellung des Dichtungsmaterials	13
8	Einbau	13
9	Maßnahmen zum Schutz der fertigen Komponente	15
10	Qualitätsmanagement und Abnahme	15
10.1	Qualitätslenkung	16
10.2	Qualitätsprüfung	16
10.3	Freigabe und Abnahme	17
11	Technische Bezugsdokumente	18

Anhang 1: 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.

Für Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen gemäß Anhang 1 Nr. 2.2 DepV kommen in erster Linie ortsnahe 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 Einbaurandbedingungen 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 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 15 Masse-% betragen. Höhere Carbonatgehalte 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.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Seite 5
--	---------

- c) Die vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffe müssen im eingebauten Zustand den zu berechnenden Verformungen plastisch folgen können. Auflastbedingte Verformungen 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/m^2 , ungünstig wirkende müssen mit mind. 600 kN/m^2 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)

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Seite 6
--	---------

b) Dichtigkeit des verformten Dichtungselements bei ein- und zweiachialer 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:

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 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

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

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Seite 8
--	---------

Übertragbarkeit der Laborwerte nach Nr. 3.2.1 a), b), c) auf 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 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

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Seite 9
--	---------

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 Untersuchungen und Fachgutachten

Die Eignung vergüteter natürlicher mineralischer Baustoffe für mineralische Basisabdichtungskomponenten ist gemäß Anhang 1 Tabelle 1 nachzuweisen. Sie beinhaltet die erforderliche Mindesthäufigkeit der Eignungsprüfungen. 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. Auf Grundlage der Streuung der Materialkennwerte ist zu prüfen, ob der Stichprobenumfang der Laborversuche ausreichend ist oder weitere Prüfungen erforderlich sind. Weitere Hinweise zur Eignungsprüfung enthält die GDA-Empfehlung E 3-1.

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.

Der Umfang der Prüfungen im Probefeld ergibt sich aus Anhang 1 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

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 wiederhergestellt 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 böschungparalleler 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

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Seite 16
--	----------

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 die in Anhang 1 Tabelle 3 genannten Feld- und Laboruntersuchungen erforderlich. Darüber hinaus können auf der Grundlage der Ergebnisse aus den Eignungsuntersuchungen die laufenden Kontrollen weiterer Parameter erforderlich sein.

Abweichend von den in Anhang 1 Tabelle 3 genannten Feld- und Laboruntersuchungen können auch Schnellversuche zur Anwendung kommen, deren Gleichwertigkeit im Rahmen der Eignungsprüfung nachzuweisen ist.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Seite 17
--	----------

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.

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)

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 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

„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 17025:2018-03

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)

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Seite 19
--	----------

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 18122-2:2020-11

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

DIN 18124:2019-02

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korndichte - Weithalspyknometer

DIN 18125-2:2020-11

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 Wasseraufnahmevermögens

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 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 3-5

„Versuchsfelder für mineralische Basis- und Oberflächenabdichtungen“; 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; 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

Anhang 1: Anforderungen und Prüfungen

Art der Prüfungen:

L = Laborversuch

F = Felduntersuchung

qFG = qualifiziertes Fachgutachten

Tabelle 1: Anforderungen und Prüfungen für mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen
- Eignungsprüfung

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
Abdichtungswirkung nach Nr. 3.1					
1	Wasserdurchlässigkeit ^{1,2}	Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 5 \times 10^{-10}$ 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	Auswirkungen von Fehlstellen und Imperfektionen innerhalb der mineralischen Dichtungsschicht	Keine Erhöhung der Systemdichtigkeit über einen Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s 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 Erfahrungs- und Prüfwerten	qFG	1
Mechanische Widerstandsfähigkeit nach Nr. 3.2					
4	Innere Scherfestigkeit	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.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 2
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
5	Steife- bzw. Verformungsmodul in Abhängigkeit von Wassergehalten ³	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-5	L	mindestens 3
6	Verformbarkeit ⁴	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 ⁵	L	mindestens 3
8	Quellung	zur Charakterisierung	DGGT Empfehlung Nr. 11, FS 3	L	mindestens 3
9	Hydraulische Widerstandsfähigkeit	Innere Erosions- und Suffosionsbeständigkeit des Materials ist für eine Aufstauhöhe von 500 cm nachzuweisen ⁶	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 2-0 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

³ wie nach Nr. 4, nicht im unkonsolidierten, undrainierten Zustand

⁴ Alternativ kann im Einzelfall auch nachgewiesen werden, bis zu welcher Dehnung die Dichtigkeit nach Nr. 1 gegeben ist.

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

⁶ 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 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 3
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
Beständigkeit nach Nr. 4 für eine Funktionserfüllung über mindestens 100 Jahre					
12	Beständigkeit unter Einfluss von Sickerwasser	beständig unter dem 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 ⁷	qFG	1
13	Beständigkeit gegenüber biologischen Einwirkungen ⁸	beständig gegenüber biochemischer Abbaubarkeit unter aeroben und anaeroben Bedingungen in bilanzierenden Abbauver suchen	Eingrabversuch (siehe z. B. Wienberg, Gerth, Silla [5])	L F	mindestens 3 1
14	Temperaturbeständigkeit	beständig bei Temperaturen von 10 - 40 °C unter Berücksichtigung von Auflasten und Richtung der Einwirkungen	-	qFG	1
15	Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen	Wassergehalts-/Wasserspannungscharakteristik unter Berücksichtigung von ggf. auftretenden Synäreseffekten	z. B. Überdruckmethode nach RICHARD	L	mindestens 3
16	Beständigkeit gegenüber Wassergehaltsänderungen	kein negativer Einfluss veränderlicher Wasserspannungen/Wassergehalte auf die Verformungseigenschaften und auf die Dichtigkeit	Unter Nr. 1 genannte Nachweise und Versuche unter entsprechenden Randbedingungen	qFG	1
17	Beständigkeit gegenüber Gasen ⁸	beständig gegenüber Deponiegasinhaltstoffen	Durchströmungsversuch; alternativ Einzelnachweis einer ausreichenden Beständigkeit für das Hilfsmittel	L	mindestens 3
Klassifizierung nach Nr. 5.1.1					
18	Geologische Beschreibung, Gesteinsbeschreibung, Bestimmung der Tonminerale (quantitativ)	zur Charakterisierung	-	qFG	1

⁷ Bei Einsatz quellfähiger Tonminerale als Hilfsstoffe ist nachzuweisen, dass die Reversibilität der Quellung nicht zu einer unzulässigen Erhöhung der Durchlässigkeit der mineralischen Dichtung führt

⁸ Bei Materialien mit offensichtlicher Unempfindlichkeit gegenüber diesen Einwirkungen (Begründung erforderlich) kann o. g. Nachweis entfallen

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 4
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Prüfungen	
				Art	Häufigkeit
19	Korngrößenverteilung	suffusionsbeständig Korngröße ≤ 32 mm	DIN ISO 11277 DIN EN 933-1 DIN EN ISO 17892-4	L	mindestens 3
20	Wassergehalt	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-1	L	mindestens 3
21	Zustandsgrenzen / Konsistenzgrenzen	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-12	L	mindestens 3
22	Wasseraufnahme	zur Charakterisierung	DIN EN 1097-6 DIN 18132	L	mindestens 3
23	Korndichte	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-3 DIN 18124	L	mindestens 3
24	Proctordichte und opti- maler Wassergehalt	zur Charakterisierung	DIN 18127	L	mindestens 3
25	Organische Substanz	≤ 1 Masse-% ⁹	DIN 18128	L	mindestens 3
26	Carbonatgehalt	≤ 15 Masse-% ¹⁰	DIN ISO 10693	L	mindestens 3
27	Schadstoffgehalte von Deponieersatzbaustoffen ¹¹	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Ta- belle 2 Spalte 5	DepV, Anhang 4	L	§ 17 DepV
28	Mengenanteile der na- türlichen minerali- schen Baustoffe und Hilfsmittel	Homogene Verteilung	Untersuchungsmetho- den sind nach Art der natürlichen minerali- schen Baustoffe und der Hilfsmittel festzulegen	qFG	1
29	Fremdbestandteile (z.B. Steine, Holz, Wurzeln)	frei von Fremdbestandtei- len	visuell	F	mindestens 3

⁹ 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

¹⁰ Höhere Carbonatgehalte bis maximal 30 Masse-% sind zulässig, wenn nachgewiesen wird, dass die Wirksamkeit der mineralischen Dichtung hierdurch nicht beeinträchtigt wird.

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

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 5
---	---------------------

Tabelle 2: Anforderungen und Prüfungen für mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen
- Probefeld

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ¹²
1	Verdichtungsgrad des Dichtungsauflegers	$D_{Pr} \geq 95 \%$	DIN 18125-2	F	mindestens 3 ^{13, 14}
2	Tragfähigkeit des Dichtungsauflegers	$E_{V2}\text{-Wert} \geq 30 \text{ MN/m}^2$ ¹⁵	DIN 18134	F	mindestens 3
3	Oberfläche des Dichtungsauflegers und jeder Dichtungslage	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 ¹⁶ DIN 18125-2	L F	mindestens 4 aus der unteren Hälfte der jeweiligen Lage zusätzlich mindestens 1 im Verzahnungsbereich zweier Lagen ¹⁷
6	Wassergehalt	im Bereich des optimalen Wassergehalts ¹⁸	DIN EN ISO 17892-1	L	mindestens 3

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 Nr. 8 n) 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 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.

¹⁷ lagenweise Beprobung gleichermaßen auf die Basis und Böschung des Probefelds aufteilen

¹⁸ Bei einem Einbauwassergehalt unter dem Proctorwassergehalt (w_{Pr}) ist ein Luftporenanteil von $n_a \leq 5 \text{ Vol.-%}$ einzuhalten; ein Luftporenanteil von $n_a \leq 3 \text{ Vol.-%}$ sollte angestrebt werden.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 6
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ¹²
7	Wasserdurchlässigkeit ^{19, 20}	Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 5 \times 10^{-10}$ m/s 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 ²¹	L	mindestens 1
10	Zustandsgrenzen / Konsistenzgrenzen	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-12	L	mindestens 3
11	Wasseraufnahme	zur Charakterisierung	DIN EN 1097-6 DIN 18132	L	mindestens 3
12	Carbonatgehalt	≤ 15 Masse-% ²²	DIN ISO 10693	L	mindestens 3
13	Schadstoffgehalte von Deponieersatzbaustoffen ²³	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Ta- belle 2 Spalte 5	DepV, Anhang 4	L	mindestens 3
14	Fremdbestandteile (z.B. Steine, Holz, Wurzeln)	frei von Fremdbestandtei- len	visuell	F	mindestens 3
15	Dicke	Einbaulagendicke zur Fest- legung in der Einbauanwei- sung; gesamt $\geq 0,50$ m	Vermessung	F	mindestens 3

¹⁹ In Abhängigkeit von der Dichte, dem Einbauwassergehalt, der Verdichtungsenergie, Auflasten und Temperaturen

²⁰ Im Hinblick auf die Abnahme mineralischer Dichtungsschichten ist gegebenenfalls die Gleichwertigkeit von Schnellversuchen nachzuweisen.

²¹ Bei Böschungsneigungen flacher als 1:5 kann die Scherfestigkeit aus Tabellenwerten der DIN 1055 Teil 2 ermittelt werden.

²² Höhere Carbonatgehalte bis maximal 30 Masse-% sind zulässig, wenn im Eignungsnachweis nachgewiesen wurde, dass die Wirksamkeit der mineralischen Dichtung hierdurch nicht beeinträchtigt werden kann.

²³ nur bei Deponieersatzbaustoffen

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 7
---	---------------------

Tabelle 3: Anforderungen und Prüfungen für mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen
- Qualitätsprüfung

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ²⁴
1	Tragfähigkeit des Dichtungsauflegers	Verdichtungsgrad des Dichtungsauflegers $D_{Pr} \geq 95 \%$ oder E_{V2} -Wert $\geq 30 \text{ MN/m}^2$ ²⁵	DIN 18125, Teil 2 DIN 18134 ²⁶	F	Alle 1.000 m ² mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen ^{27, 28}
2	Oberfläche des Dichtungsauflegers und jeder Dichtungslage	Homogenität	visuell	F	unmittelbar vor dem Aufbringen der nachfolgenden Lagen der mineralischen Dichtung der bzw. einer weiteren Systemkomponente
3	Wasserdurchlässigkeit ^{29, 30}	Durchlässigkeitsbeiwert $k \leq 5 \times 10^{-10} \text{ m/s}$ 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

²⁴ Häufigkeit / Prüfraster der Kontrollprüfungen an Proben je Einbaulage. Das Prüfraster gilt sowohl für die Eigen- als auch für die Fremdprüfung.

²⁵ 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 EV_2 festgeschrieben werden.

²⁶ ersatzweise Prüfung mit leichtem Fallgewichtsgesetz (Verifizierung durch Ermittlung materialspezifischer Umrechnungsfaktor $E_{v, \text{dyn}} / E_{v2}$

²⁷ Die Dichte kann in einem Überwachungsschritt (Eigen- oder Fremdprüfung) ersatzweise nach Kalibrierung mit einer radiometrischen Sonde im Rasterabstand von $15 \times 15 \text{ m}$ bestimmt werden.

²⁸ Sofern die mineralische Dichtung in der Böschung nach Nr. 8 n) in horizontalen Lagen eingebaut wurde, ist sind der Wassergehalt und der Verdichtungsgrad jeweils alle 30 m eingebaute Dichtungslage zu bestimmen.

²⁹ In Abhängigkeit von der Dichte, dem Einbauwassergehalt, der Verdichtungsenergie, Auflasten und Temperaturen

³⁰ Im Hinblick auf die Abnahme mineralischer Dichtungsschichten ist gegebenenfalls die Gleichwertigkeit von Schnellversuchen nachzuweisen.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 8
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ²⁴
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 1je 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 ²⁸
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 ³¹ DIN 18125-2	L F	Alle 1.000 m ² je verdichteter Lage – mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen ^{28, 32}
8	Organische Substanz	≤ 1 Masse-% ³³	DIN 18 128	L	Alle 5.000 m ² je verdichteter Lage – mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen

³¹ 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.

³² 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.

³³ 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

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 2-2 Mineralische Basisabdichtungskomponenten aus vergüteten natürlichen mineralischen Baustoffen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 9
---	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfungen	
				Art	Häufigkeit ²⁴
9	Carbonatgehalt	≤ 15 Masse-% ³⁴	DIN ISO 10693	L	Alle 5.000 m ² je verdichteter Lage – mindestens aber an 3 verschiedenen Stellen
10	Schadstoffgehalte von Deponieersatzbaustoffen ³⁵	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Tabelle 2 Spalte 5	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 gemäß Einbauanweisung; gesamt ≥ 0,50m	Vermessung	F	Alle 500 m ² ^{36, 37}

³⁴ Höhere Carbonatgehalte bis maximal 30 Masse-% sind zulässig, wenn im Eignungsnachweis nachgewiesen wurde, dass die Wirksamkeit der mineralischen Dichtung hierdurch nicht beeinträchtigt werden kann.

³⁵ nur bei Deponieersatzbaustoffen

³⁶ Im Böschungsbereich gemäß Nr. 8 n) eine Prüfung je 50 m³ eingebauten mineralischen Materials

³⁷ Die Dicke ist vor und nach der Verdichtung zu bestimmen.