

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

**Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3
„Methanoxidationsschichten in
Deponieoberflächenabdichtungssystemen“**

vom 02.12.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	3
2	Anforderungen an die Komponente	5
2.1	Dicke.....	5
2.2	Pflanzenverfügbares Wasserspeichervermögen	5
2.3	Luftkapazität	5
2.4	Schadstoffgehalte und Anteil wasserlöslicher Bestandteile	5
2.5	Nährstoffe	6
2.6	Standsicherheit und Erosionsschutz	6
3	Hinweise zur Auswahl geeigneten Bodenmaterials.....	6
4	Hinweise zu Entwurf und Bemessung.....	8
4.1	Entwurf	8
4.2	Aufbau	9
4.3	Dicke.....	9
4.4	Art der Abdichtungskomponenten	9
4.5	Art der Entwässerungsschicht.....	10
4.6	Wasserspeichervermögen	10
4.7	Pflanzenwurzeln.....	10
4.8	Begrünungs- und Nutzungsziel	11
4.9	Witterungsbedingungen am Standort.....	11
4.10	Standsicherheit	12
5	Empfehlung zur Gewinnung, Herstellung und Lagerung des Bodenmaterials.....	12
6	Empfehlung zum Einbau des Bodenmaterials.....	13
7	Empfehlungen zum Schutz der Methanoxidationsschicht	14
8	Qualitätsmanagement.....	14
8.1	Allgemeines	14
8.2	Eignungsprüfung des Bodenmaterials.....	15
8.3	Eignungsprüfung im Großmaßstab/Probefeld	16
8.4	Qualitätsmanagement während des Einbaus	16
9	Freigabe / Abnahme	16
10	Wirksamkeitsnachweis	17
10.1	Methoden zur Funktionsüberwachung	17
10.2	Intervalle der Funktionsüberwachung.....	17
10.3	Abschätzung der Leistung der Methanoxidationsschicht	18
11	Technische Bezugsdokumente.....	19

Anhang 1: Anforderungen und Prüfungen für die Methanoxidationsschichten

1 Allgemeines

Nach Anhang 1, Nr. 2.1 der Deponieverordnung (DepV) dürfen 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.

Der vorliegende Bundeseinheitliche Qualitätsstandard ist die fachliche Grundlage, auf der die Eignung von Wasserhaushaltsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen von der zuständigen Behörde zu beurteilen ist. Die Nummern 0 und 8 bis 10 dieses BQS beinhalten konkrete, einzuhaltende Anforderungen, während die Nummern 3 bis 7 dem Anwender Hinweise und Empfehlungen im Zusammenhang mit der Herstellung von Wasserhaushaltsschichten geben.

Soll gemäß Nr. 2.3.1.2 des Anhangs 1 DepV eine Rekultivierungsschicht zugleich Aufgaben einer Methanoxidation von Restgasen übernehmen, sind zusätzliche Anforderungen an die Schicht mit der zuständigen Behörde abzustimmen. Wechselwirkungen der Methanoxidation und des Wasserhaushalts der Rekultivierungsschicht sind zu bewerten. Der vorliegende Bundeseinheitliche Qualitätsstandard ist die fachliche Grundlage, auf der die Eignung von Methanoxidationsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen von der zuständigen Behörde zu beurteilen ist.

Die Methanoxidationsschicht ist die oberste Komponente des Oberflächenabdichtungssystems. Sie dient der Oxidation geringer Restemissionen an Deponiegas. Die in ihr stattfindenden mikrobiellen Oxidationsprozesse verhindern bzw. vermindern das Freisetzen von Methan.

In vorliegendem BQS werden ausschließlich flächige Methanoxidationsschichten behandelt. Anwendungsbereiche sind Deponien mit geringer Deponiegasproduktion, z. B. bei Deponien für mechanisch-biologisch behandelte Abfälle oder Deponien mit nach Abschluss der aktiven Gaserfassung noch vorhandener geringer Restgasbildung

Andere Varianten der Methanoxidation (Deponiegasbehandlung) stellen Methanoxidationsfilter („Biofilter“) und Methanoxidationsfenster („Gasfenster“) dar. Sie werden in diesem BQS nicht behandelt.

Eine Methanoxidationsschicht ist immer im Zusammenwirken mit dem Bewuchs zu sehen. Durch Auswahl eines geeigneten Bewuchses soll die Oberfläche frühzeitig vor Erosion geschützt und langfristig eine hohe Evapotranspiration erreicht werden. Der Bewuchs ist standortspezifisch festzulegen. Dieser BQS beinhaltet keine speziellen Regelungen zum Bewuchs. Die GDA-Empfehlung E 2-32 enthält Hinweise zum Bewuchs, zu Bewuchstypen, zur Bepflanzung sowie zu Pflegemaßnahmen.

Eine weitere Voraussetzung für die Funktion der Methanoxidationsschicht ist ihre Stabilität (z. B. Standsicherheit, Erosionsstabilität).

Die Methanoxidationsschicht muss darüber hinaus so gestaltet sein, dass sie die darunterliegende Entwässerungs- und/oder Abdichtungskomponente schützt und in ihrer Funktion unterstützt. Daher muss sie so beschaffen sein, dass

- eine ggf. vorhandene schrumpfungsempfindliche Abdichtungskomponente vor Wasserverlust aufgrund der Bildung schädlicher Wasserspannungen geschützt werden,
- Lösung und Ausfällung (z. B. Verockerung) vermieden werden,
- das Einwachsen von Pflanzenwurzeln in die Entwässerungs- und Abdichtungsschicht weitestgehend vermieden wird
- mechanische Einwirkungen wie z. B. Erosion verhindert bzw. minimiert werden
- Frost in der Entwässerungsschicht ausgeschlossen wird
- sie zum Erreichen einer hohen Evapotranspiration durch die Pflanzen Wasser im Wurzelraum pflanzenverfügbar speichert.

Die die Methanoxidationsschicht unterlagernde Gasverteilungsschicht unterstützt die gleichmäßige Verteilung der Methanfracht in der Fläche.

Die Methanoxidationsschicht dient neben ihrer Funktion für die Deponiegasbehandlung als Pflanzenstandort und damit für die Begrünung zur Gewährleistung der Einbindung des Deponiekörpers in die umgebende Landschaft. Sie muss den Pflanzen mechanischen Halt bieten und sie ausreichend mit Wasser und Nährstoffen versorgen.

Ferner können sich spezielle Anforderungen an die Methanoxidationsschicht beim Einsatz bestimmter Abdichtungskomponenten bzw. Deponiebaustoffe ergeben. Diese sind in den jeweiligen Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards und Eignungsbeurteilungen enthalten.

Sofern die Methanoxidationsschicht auch spezielle Aufgaben als Wasserhaushaltsschicht erfüllen soll, wird zusätzlich auf den diesbezüglichen Bundeseinheitlichen Qualitätsstandard 7-2 „Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ verwiesen.

Unterhaltungswege auf der Deponieoberfläche sind auf das für die Unterhaltung erforderliche Maß zu begrenzen. Über diese Flächen dürfen keine erhöhten Gaswegsamkeiten entstehen.

Für die Entlassung der Deponie aus der Nachsorge gemäß Anhang 5 Nr. 10 Ziffer 2 DepV ist der Nachweis einer ausreichenden Methanoxidation des Restgases eine Voraussetzung.

2 Anforderungen an die Komponente

Eine Methanoxidationsschicht als spezielle Form der Rekultivierungsschicht hat folgende generelle Anforderungen zu erfüllen.

2.1 Dicke

Nach Anhang 1 Nr. 2.3.1 DepV ist u. a. die Dicke der Rekultivierungsschicht nach den Schutzanforderungen der darunterliegenden Systemkomponenten zu bemessen. Eine Mindestdicke von 1 m darf dabei nach DepV nicht unterschritten werden. Verschiedene Bundeseinheitliche Qualitätsstandards und Eignungsbeurteilungen mineralischer Abdichtungskomponenten beinhalten weitere Anforderungen an die Dicke der Rekultivierungsschicht (s. auch Nr. 4.3).

2.2 Pflanzenverfügbares Wasserspeichervermögen

Die Rekultivierungsschicht soll eine nutzbare Feldkapazität (nFK) von wenigstens 140 mm über die Gesamtdicke aufweisen. Weitere Hinweise zur nutzbaren Feldkapazität sind Nr. 4.6 zu entnehmen.

2.3 Luftkapazität

Die Höhe der Luftkapazität wird im Wesentlichen durch den Anteil der Grobporen bestimmt und ist ein Hauptkriterium für Methanoxidationsschichten. Als Mindestanforderung ist langfristig eine LK ≥ 10 Vol.-% bei mittlerer Lagerungsdichte zu gewährleisten. Die Kontinuität des Porenraumes ist zu gewährleisten.

2.4 Schadstoffgehalte und Anteil wasserlöslicher Bestandteile

Das eingesetzte Bodenmaterial muss die Anforderungen nach Anhang 3 DepV einhalten.

Werden Deponieersatzbaustoffe eingesetzt, müssen die Anforderungen des Teils 3 der DepV eingehalten werden.

Das Bodenmaterial darf keine ins Auge fallenden und nicht mehr als 1 Vol.-% nicht mineralische Fremdstoffe (z. B. Kunststoffe, Metalle) enthalten. Der Anteil an bodenfremden mineralischen Bestandteilen darf insgesamt nicht mehr als 5 Masse-% betragen.

Es ist sicherzustellen, dass nur solches Bodenmaterial eingesetzt wird, welches ermöglicht, dass das in der Entwässerungsschicht gefasste Wasser nach den wasserrechtlichen Vorschriften ohne weitere Behandlung eingeleitet werden kann.

Die Methanoxidationsschicht soll ein nur geringes Lösungs- und Austragspotenzial von Stoffen besitzen, um die Kontinuität des Porenraums in der Methanoxidationsschicht und die Durchlässigkeit der Entwässerungsschicht oder ggf. einer Kapillarsperre zu erhalten. Dies betrifft insbesondere die Ausfällung von Kalk, Eisen und Mangan.

2.5 Nährstoffe

Die Zufuhr von Nährstoffen durch das Auf- und Einbringen von Materialien in und auf die Methanoxidationsschicht ist standortspezifisch nach Menge und Verfügbarkeit dem Pflanzenbedarf und den besonderen deponietechnischen Zielsetzungen (z.B. Begrenzung der Nähr- und Schadstofffracht im Entwässerungsschichtabfluss, Vermeidung der Verockerung der Entwässerungsschicht und Vermeidung der Beeinträchtigung des Quellverhaltens tonhaltiger Abdichtungskomponenten) anzupassen.

Die Anforderungen an die Nährstoffversorgung der Nummern 5.6 und 6.3 in DIN 18919, an Düngemittel und Bodenhilfsstoffe der DIN 18915 sowie an den Humusgehalt gemäß Anhang 1 sind zu beachten.

Häufig kann die Verbesserung der Nährstoffversorgung durch natürliche Maßnahmen (geeigneten Pflanzenanbau, z.B. Leguminosen) erreicht werden.

2.6 Standsicherheit und Erosionsschutz

Die Standsicherheit des Oberflächenabdichtungssystems ist nachzuweisen. Insbesondere muss die Methanoxidationsschicht ausreichend standsicher gegen Abgleiten auf vorgegebener Gleitfläche sein.

Die Beständigkeit gegen Wind- und Wassererosion (innere, äußere und Kontakterosion) Suffosion (innere, äußere und Kontaktsuffosion) und Kolmation ist im Zusammenwirken mit dem Bewuchs sicher zu stellen.

Hinweise zu Standsicherheit und Erosionsschutz enthalten Nrn. 4.9 und 4.10.

3 Hinweise zur Auswahl geeigneten Bodenmaterials

In der Regel wird Bodenmaterial aus Gruben oder Bodenaushub eingesetzt, der im Rahmen von Baumaßnahmen angefallen ist, Besteht das Ziel, eine der Umgebung entsprechende Vegetation zu entwickeln, empfiehlt es sich, Böden der Umgebung einzusetzen, sofern sie die Anforderungen dieses BQS erfüllen.

Die Methanoxidationsschicht soll vorrangig aus natürlichem Bodenmaterial aufgebaut werden. Steht geeignetes natürliches Bodenmaterial nicht ausreichend zur Verfügung, können auch

andere geeignete Substrate eingesetzt werden, wenn die eingesetzten Materialien langzeitbeständig sind. Die Anforderungen in Nr. 0 sind zu beachten.

Um die Mindestanforderung an eine LK ≥ 10 Vol.-% bei mittlerer Lagerungsdichte langfristig zu gewährleisten, sollte eine Luftkapazität von 14 Vol.-% angestrebt werden

Zur Orientierung enthält Tabelle 1 Bodenarten mit einer Luftkapazität von 10 bis 14 Vol.-% in Abhängigkeit der Trockenrohddichte. Die Daten gelten für natürlich gewachsene Böden. Alle aufgeführten Bodenarten haben zudem eine nFK von mindestens 14 Vol.-% und erfüllen bei 1 m Mächtigkeit der Methanoxidationsschicht also auch die Anforderungen an eine Rekultivierungsschicht.

Tabelle 1: Bodenarten mit einer Luftkapazität von 10 bis 14 Vol.-% in Abhängigkeit der Trockenrohddichte (Quelle: Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage)

Lagerungsdichte	Trockenrohddichte [g cm ⁻³]	Bodenart für LK ≥ 10 Vol.-% und nFK ≥ 14 Vol.-%	Bodenart für LK ≥ 14 Vol.-% und nFK ≥ 14 Vol.-%
Sehr gering bis gering	bis < 1,4	SI2, SI3, SI4 Slu St2, St3 Su2, Su3, Su4 Ls2, Ls3, Ls4 Lt2, Lts, Lu Uu, Uls, Us, Ut2, Ut3, Ut4, Tu4, Ts4	SI2, SI3, SI4 Slu St2, St3 Su2, Su3, Su4 Ls3, Ls4
Mittel	1,4 bis < 1,6	SI2, SI3, SI4 Slu St2, St3 Su2, Su3, Su4 Ls4 Ts4	SI2, SI3 St2, St3 Su2, Su3
Hoch bis sehr hoch	1,6 bis $\geq 1,8$	SI2, SI3 Su2, Su3	Su2

Die Mindestanforderung nach einer Luftkapazität von 10 Vol.-% verschiebt das Band geeigneter Bodenarten für Methanoxidationsschicht gegenüber Rekultivierungsschichten (s. BQS 7-1 Abbildung 1) weiter in Richtung von Böden mit höherem Sandanteil. Eine anzustrebende Luftkapazität von 14 Vol.-% grenzt die geeigneten Bodenarten noch weiter in diese Richtung ein. Wie der Vergleich des Verlaufs der beiden Isolinien bei 8 Vol.-% Luftkapazität in Abbildung 1 des BQS 7-1 deutlich macht, kann dies nur durch eine geringere Lagerungsdichte ausgeglichen werden. Daher wird empfohlen, dass die Auswahl des Bodenmaterials unter Berücksichtigung der Hinweise in Nr. 3 des BQS 7-1 vor dem Hintergrund in der Praxis erreichbarer Lagerungsdichten von einem erfahrenen Bodenkundler begleitet wird.

Die optimale Wachstums- und Aktivitätsrate der methanotrophen Bakterien wird zwischen pH 6,5 und 9 erreicht. Der pH-Wert des Bodenmaterials sollte daher in diesem Bereich liegen.

Der Nährstoffbedarf, insbesondere an Stickstoff, für die Methanoxidation ist maßgeblich von der Methan-Flächenbeschickungsrate abhängig. Für die Oxidation geringer Methanflüsse in der Größenordnung von $0,5 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ können die für das Pflanzenwachstum erforderlichen Nährstoffe für die bakterielle Aktivität als ausreichend angenommen werden. Zusätzliche Nährstoffgaben, die über den des Pflanzenbedarfs hinausgehen, sind daher nicht erforderlich.

4 Hinweise zu Entwurf und Bemessung

4.1 Entwurf

Voraussetzung für eine ausreichende Wirksamkeit der Methanoxidationsschicht ist ein über die Fläche gleichmäßiges Anströmen und Durchströmen des Deponiegases in bzw. durch diese. Deshalb ist unter der Methanoxidationsschicht eine Gasverteilungsschicht erforderlich.

Vorhandene Gaserfassungselemente, die die Abdichtungskomponente des Oberflächenabdichtungssystems durchdringen, können genutzt werden, um das Deponiegas in die Gasverteilungsschicht einzuleiten. Über die Einrichtungen zur Gaserfassung und -verteilung darf kein Wasser aus der Entwässerungsschicht in den Deponiekörper gelangen.

Die Entwässerungsschicht kann die Funktion der Gasverteilungsschicht mit übernehmen, wenn für die Entwässerungsschicht für die Gasverteilung ausreichende Reserven nachgewiesen sind. Anderenfalls ist oberhalb der Entwässerungsschicht eine zusätzliche Gasverteilungsschicht einzubauen. Diese muss einerseits eine Durchlässigkeit besitzen, die um mindestens 2 Zehnerpotenzen über der der Methanoxidationsschicht liegt. Andererseits ist zu vermeiden, dass ein Sprung in der ungesättigten Wasserleitfähigkeit von der Gasverteilungsschicht zur Methanoxidationsschicht durch einen Kapillarsperreneffekt zu einer Beeinträchtigung des Gasübergangs führt. Falls Schichten zum Trennen von Methanoxidationsschicht und Gasverteilungsschicht vorgesehen werden, ist nachzuweisen, dass diese bei Wassersättigung den Übergang des Deponiegases in die Methanoxidationsschicht nicht wesentlich behindern

Kritische Bereiche hinsichtlich der bevorzugten Emissionsflächen (u. a. vertikale Einbauten, Hangbereiche, Böschungskanten, Austrittsbereiche einer als Gasverteilungsschicht genutzten Entwässerungsschicht, punkt- oder linienförmige Emissionen) sind besonders zu berücksichtigen.

Bei Methanflüssen- in der Größenordnung von bis zu $0,5 \text{ l CH}_4/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ und Einhaltung der in diesem BQS festgelegten Mindestanforderungen an die Methanoxidationsschicht kann eine ausreichende Methanoxidation erwartet werden.

4.2 Aufbau

Die Methanoxidationsschicht soll aus zwei Schichten bestehen, dem humushaltigen Oberboden mit einer Schichtdicke bis 30 cm und dem Unterboden mit einem geringen Anteil an organischer Substanz (s. Anhang 1).

Kapillarsperreffekte im Bereich zwischen Methanoxidationsschicht und Gasverteilungsschicht können durch den Einbau einer Übergangsschicht vermieden werden.

4.3 Dicke

Gemäß Anhang 1 Nr. 2.3.1 Satz 1 Nr. 1 DepV ist die Rekultivierungsschicht nach den Schutzanforderungen der darunterliegenden Systemkomponenten zu bemessen. Hierbei sind folgende Kriterien maßgebend:

- die Empfindlichkeit der Abdichtungskomponente gegenüber Wassergehaltsänderungen,
- die Empfindlichkeit der Entwässerungsschicht gegen Ausfällung und Pflanzenwurzeln,
- das Wasserspeichervermögen der Rekultivierungsschicht,
- die Wurzeltiefe der vorgesehenen und langfristig sich entwickelnden Vegetation,
- die geplante Nutzung und
- die Witterungsbedingungen am Standort.

Die in der DepV vorgegebene Mindestdicke von 1 m reicht in der Regel nicht aus, um die Entwässerungsschicht oder eine mineralische Abdichtungskomponente ohne eine aufliegende Konvektionssperre zu schützen und eine nachhaltige Rekultivierung zu gewährleisten.

4.4 Art der Abdichtungskomponenten

Kunststoffdichtungsbahnen als obere Abdichtungskomponente sind unempfindlich gegenüber Wassergehaltsänderungen, so dass die Methanoxidationsschicht keine diesbezügliche Schutzfunktion übernehmen muss.

Mineralische Abdichtungskomponenten als oberste Abdichtungskomponente sind empfindlich gegenüber Wassergehaltsänderungen. Sie sind daher ausreichend zu schützen. Hierzu enthalten die jeweiligen Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards und Eignungsbeurteilungen ergänzende Anforderungen an die Rekultivierungsschicht. Diese gelten auch für Methanoxidationsschichten

Weitere Hinweise zur Bemessung von Rekultivierungsschichten beinhaltet Nr. 3.1 des LANUV-Arbeitsblatts 13.

4.5 Art der Entwässerungsschicht

Mineralische und geotextile Entwässerungsschichten weisen je nach Aufbau und Bemessung unterschiedliche Reserven hinsichtlich einer Gefährdung ihrer Funktionstüchtigkeit durch eindringende Pflanzenwurzeln und Ausfällungen auf.

Die Zulassungsrichtlinie der BAM für geotextile Entwässerungsschichten verweist bezüglich deren hydraulischer Bemessung auf die GDA-Empfehlung E 2-20. Der Einfluss von Pflanzenwurzeln wird dort in Abhängigkeit der Dicke der Methanoxidationsschicht mit unterschiedlichen Abminderungsfaktoren berücksichtigt.

4.6 Wasserspeichervermögen

Das Wasserspeichervermögen wird durch die nutzbare Feldkapazität des Bodens bestimmt (s. Nr. 2.2) und wird in der Bodenkunde in der Dimension Volumenprozent angegeben. Die Zahlenwerte in Vol.-% entsprechen den Zahlenwerten in der Einheit mm/dm und können dann in mm/m oder mm pro Schichtdicke umgerechnet werden. In der DepV und folglich auch hier wird die nutzbare Feldkapazität als Synonym für die Speicherefähigkeit von pflanzenverfügbarem Wasser über die gesamte Dicke der Methanoxidationsschicht verwendet. Besitzt ein Boden eine geringere nutzbare Feldkapazität als 140 mm/m, kann die Anforderung der DepV an die nutzbare Feldkapazität von 140 mm durch Erhöhung der Dicke der Methanoxidationsschicht erreicht werden. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass das im Boden speicherbare Wasser auch für die Pflanzen verfügbar ist (Wurzeltiefe und kapillare Steighöhe).

4.7 Pflanzenwurzeln

Pflanzenwurzeln können die hydraulische Leistungsfähigkeit der Entwässerungsschicht reduzieren und eine nachteilige Wassergehaltsänderung mineralischer Abdichtungskomponenten verursachen. Außerdem muss die Methanoxidationsschicht so dick sein, dass den Pflanzen ein ausreichender Wurzelraum zur Verfügung steht.

Die Dicke der Methanoxidationsschicht ist auch unter Berücksichtigung der Wurzeltiefe der auf der Deponie zu erwartenden Vegetation zu bemessen. Anhaltswerte für die Spanne üblicher Wurzeltiefen ausgewählter Pflanzenarten der Grünlandvegetation beinhaltet Tabelle 1.

Tabelle 2: Wurzeltiefen ausgewählter Pflanzenarten der Grünlandvegetation in cm

Wiesen-Hornklee	30 – 120
Gemeine Kratzdistel	bis 200
Wiesenrispengras	70 - 200
Glatthafer	100 - 200
Löwenzahn	70 - 240
Ackerkratzdistel	40 – 300
Mehlige Königskerze	bis 320
Krauser Ampfer	70 – 320

Quelle: GDA E 2-31

Ist das Rekultivierungsziel Wald oder sofern ein Baumaufwuchs nicht dauerhaft verhindert werden kann, ist die Windwurfgefahr der in der Umgebung vorherrschenden und auf der Deponie zu erwartenden Waldtypen ein wichtiges Kriterium der Bemessung der Dicke der Methanoxidationsschicht.

4.8 Begrünungs- und Nutzungsziel

Einfluss auf den Entwurf einer Methanoxidationsschicht haben insbesondere Anforderungen an die Landschaftsgestaltung. Eine Methanoxidationsschicht lässt für die Dauer ihrer Funktion nur eine eingeschränkte Nutzung des Deponiestandortes zu.

Die Normen DIN 18915, DIN 18916 und DIN 18917 regeln praktische Sachverhalte im Zusammenhang mit Boden- und Pflanzenarbeiten, Rasen und Saatarbeiten, ingenieurbio-logischen Sicherungsarbeiten und Sicherungen durch Ansaaten sowie die Entwicklungs- und Unterhaltspflege von Grünflächen.

4.9 Witterungsbedingungen am Standort

Auf den Entwurf der Methanoxidationsschicht können folgende Parameter einen Einfluss haben:

- Jahresverlauf der potenziellen Verdunstung, der klimatischen Wasserbilanz sowie die Niederschlagshöhe und -verteilung (Betrachtung von Durchschnitts- und Extremjahren) in Bezug auf die ausreichende Versorgung der Pflanzen mit Wasser
- die Starkregenhäufigkeit und -intensität bezüglich der Böschungstabilität und
- die maximale Frosteindringtiefe.

Die Methanoxidationsschicht ist so auszuführen, dass eine ggf. darunter folgende frostempfindliche Abdichtungskomponente vor Frosteinwirkungen geschützt wird. Die maximale Frosteindringtiefe kann mit den für den Straßenbau gebräuchlichen Verfahren für Einschichtsysteme abgeschätzt werden (siehe FGSV-Nr. 545). Die besondere Exposition von Deponien

(Hänge, freie Kuppen) und die damit verbundene mögliche größere Auskühlung sind bei der Festlegung der Mindestdicke zu berücksichtigen. In Hinblick auf die erforderliche Langzeitwirksamkeit des Abdichtungssystems kann die anfängliche Wärmeentwicklung im Deponiekörper nicht als frostmindernd angesetzt werden.

Im Zusammenhang mit dem Entwurf von Oberflächenabdichtungssystemen wird auch auf die GDA-Empfehlung 2-1 und 2-4 verwiesen.

4.10 Standsicherheit

Der BQS 7-1 enthält ausführliche Hinweise zur Standsicherheit.

5 Empfehlung zur Gewinnung, Herstellung und Lagerung des Bodenmaterials

Bereits die Gewinnung, der Transport und die Lagerung des Bodenmaterials können die Eigenschaften der Methanoxidationsschicht maßgeblich beeinflussen.

Ober- und Unterboden sind getrennt abzubauen und zu lagern.

Das Bodenmaterial ist so abzubauen und zwischenzulagern, dass eine Vorverdichtung des Bodenmaterials möglichst vermieden wird.

Die in DIN 18915 und DIN 19731 genannten Anforderungen an die Zwischenlagerung sind zu berücksichtigen, wobei die zulässige Schütthöhe von Bodenmieten materialabhängig festgelegt wird und 4 m für Unterboden und 2 m für Oberboden nicht überschreiten soll. Eine Folienabdeckung der Mieten kann empfehlenswert sein, um im Frühjahr frühzeitig mit den Arbeiten beginnen zu können. Bei langer Lagerungsdauer empfiehlt sich eine Zwischenbegrünung der Mieten.

Die Materialien sollten trocken bis feucht (halbfest bis steif) und keinesfalls sehr feucht bis nass (weich bis breiig) bearbeitet werden. Je höher der Schluffgehalt ist, desto empfindlicher ist in der Regel der Boden. Das Ausbreiten zur Trocknung bzw. die Bearbeitung mit Fräse, Grubber oder Spatenmaschine etc. in möglichst windexponierter Lage kann erfolgreich zur Lockerung eines „winterfeuchten“ Bodens beitragen, aber bei weicher und steifer Konsistenz auch schädlich für die mechanischen Eigenschaften und die Bodenstruktur sein.

6 Empfehlung zum Einbau des Bodenmaterials

Die DIN 18915 und DIN 19731 enthalten Anforderungen an den Einbau von Bodenmaterial in die Methanoxidationsschicht.

Die Eignung von Einbaugeräten und Einbautechnologie ist abhängig von den Eigenschaften des einzubauenden Bodenmaterials. Die Einbaugeräte und die Einbautechnologie sind anhand der Ergebnisse des Probefeldes (s. Nr. 8.3) im Einzelfall festzulegen.

Bindige Böden besitzen auf Grund ihrer plastischen Eigenschaften in Abhängigkeit vom Wassergehalt unterschiedliche Konsistenzen (Zustandsformen). Die jeweilige Konsistenz eines Bodens ist entscheidend für seine Bearbeitbarkeit. Werden Böden bei zu hohem Wassergehalt bearbeitet, besteht die Gefahr von schweren, nur langfristig und mit großem Aufwand zu beseitigenden Schädigungen des Bodengefüges. Die Gefügeschädigung, insbesondere die Veränderung der Porenraumgliederung, beeinträchtigt den Wasser- und Lufthaushalt sowie die biologische Aktivität und behindert die Durchwurzelung des Bodens (s. LANUV Arbeitsblatt 13).

Zur Vermeidung von präferenziellen Fließwegen, die zur Bildung von Hotspots führen können, ist auf einen Einbau zu achten, der eine gleichmäßige Gasdurchlässigkeit in der Fläche gewährleistet. Dies wird durch die Verwendung homogenen Bodenmaterials und eine in der Fläche gleichförmige Einbauweise erreicht (Art des Gerätes, Anzahl der Überfahrten, Anzahl der Lagen etc.).

Böden sollten mit halbfester Konsistenz ($I_c > 1,0$) eingebaut werden. Dies gilt vor allem für verdichtungsempfindliches Bodenmaterial (Kap. 3). Insbesondere bei Böden mit steifer Konsistenz ($1,0 > I_c > 0,75$) muss der Geräteeinsatz auf die höhere Verdichtungsempfindlichkeit abgestimmt werden. Böden mit Konsistenzzahlen $< 0,75$ sind für den Einbau ungeeignet und benötigen eine Vortrocknung.

Oberboden und Unterboden sollen jeweils in einer Lage eingebaut werden.

Die gesamte Methanoxidationsschicht kann auch in einer Lage eingebaut und davon maximal die oberen 30 cm z. B. durch Einarbeiten von Qualitätskompost vergütet werden. Die durch Einarbeiten von Qualitätskompost entstehende Schicht gilt als Oberboden im Sinne des Anhangs 1.

Eingebautes Bodenmaterial darf nicht mit Geräten befahren werden, die aufgrund ihrer Flächenpressungen zu einer unzulässigen Bodenverdichtung und damit verbundenen Reduzierung der Luftkapazität führen.

Bei locker eingebautem Bodenmaterial ist die Sackung vor Erreichen der Endmächtigkeit zu berücksichtigen und durch überhöhten Einbau mit Sackungsreserve auszugleichen.

7 Empfehlungen zum Schutz der Methanoxidationsschicht

Zur Vermeidung von Erosion ist der Bewuchs auf der Methanoxidationsschicht schnell aufzubringen. Als zusätzliche erosionsmindernde Maßnahme kann die unbedeckte Bodenoberfläche mit Höhenlinien parallel verlaufenden Konturen zur Behinderung des Oberflächenabflusses und zur Erhöhung der Infiltrationskapazität aufgeraut werden.

In besonders gefährdeten Lagen (steile Böschungen entlang von Bermenwegen, sensible Bereiche der Oberflächenentwässerung o. ä.) oder oberhalb von Bereichen mit besonderem Schadensrisiko (z. B. öffentliche Wege, Bahntrassen o. ä.) sollten Maßnahmen zur Beschleunigung des Erstbewuchses (z.B. Einstreuen von Stroh im Anspritzverfahren) oder sonstige Schutzmaßnahmen (z.B. Erosionsschutzmatten) ergriffen werden.

Die fertige Methanoxidationsschicht ist so zu bewirtschaften und zu pflegen, dass ihre Funktionstüchtigkeit erhalten bleibt. Sie sollte möglichst nicht befahren werden. Pflegearbeiten sollten mit Geräten mit geringer Flächenpressung oder von Unterhaltungswegen aus vorgenommen werden.

Die Bodenoberfläche und die Entwicklung des Bewuchses sollten regelmäßig durch Begehungen kontrolliert werden.

8 Qualitätsmanagement

8.1 Allgemeines

Das Qualitätsmanagement umfasst die Tätigkeiten der Qualitätsplanung, -lenkung, -sicherung und -verbesserung.

Es ist ein Qualitätsmanagementplan aufzustellen, der unter Berücksichtigung dieses BQS Folgendes beinhaltet:

- die Gewinnung von Bodenmaterialien,
- die Herstellung von Bodenmaterialien durch Mischen und Aufbereiten,
- den Transport von Bodenmaterialien,
- die Einbauvoraussetzungen,
- die Empfindlichkeit gegenüber Einbaubeanspruchungen,
- das Einbauverfahren (Geräte und Einbautechnologie),
- die Prüfung der Parameter des Anhangs 1,
- die Reparierbarkeit (Nachbesserungsmöglichkeiten) und
- die erforderlichen Schutzmaßnahmen für die fertige Methanoxidationsschicht.

Mit der Qualitätsüberwachung als Teil der Qualitätssicherung darf nur beauftragt werden, wer über die erforderliche technische Ausstattung und die erforderliche Sach- bzw. Fachkunde für die bodenmechanischen und bodenkundlichen Untersuchungen verfügt. Fremdprüfer müssen

auf der Grundlage des BQS 9-1 „Qualitätsmanagement – Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“ akkreditiert sein.

8.2 Eignungsprüfung des Bodenmaterials

Die Eignung des Bodenmaterials ist in dem in Anhang 1 Tabellen 1 und 2 genannten Umfang zu prüfen und nachzuweisen. Die dort genannte Untersuchungshäufigkeit gilt für jede Anfall- oder Abbaustelle. Bei erheblichen Schwankungen der Materialqualität in der Anfall- oder Abbaustelle ist die Häufigkeit zu erhöhen. Hinweise zur Untersuchung von Bodenmaterialien enthalten auch die DIN 18915, die DIN 19731 und die GDA-Empfehlung 3-01.

Die bodenkundlichen Parameter nach Anhang 1 Tabelle 1 Nr. 1 bis 11 und 13 sind für jedes Bodenmaterial (gleiche Herkunft, einheitliche Materialeigenschaften) in der dort genannten Häufigkeit zu bestimmen. Herkunft kann auch eine mit der zuständigen Behörde abgestimmte Aufbereitung sein, in der Bodenmaterialien unterschiedlicher Anfall- oder Abbaustelle aufbereitet werden.

Handelt es sich bei Bodenmaterial um einen Deponieersatzbaustoff, sind die Anforderungen der §§ 14 bis 17 DepV zu beachten.

Die nutzbare Feldkapazität und die Luftkapazität sind in der Eignungsprüfung gemäß Anhang 1 Tabelle 1 in Abhängigkeit vom Verdichtungsgrad und aus der Korngrößenanalyse in Verbindung mit der Trockenrohdichte zu bestimmen und gemeinsam zu bewerten.

Im Eignungsnachweis sind die Erosions- und Verdichtungsempfindlichkeit zu bewerten.

Unter Beachtung der Empfehlungen in Nr. 6 zur Konsistenz bindiger Böden beim Einbau ist ein materialcharakteristischer Wassergehaltsbereich aus der Bestimmung der Zustandsgrenzen nach Anhang 1 Tabelle 1 Nr. 2 abzuleiten. Dieser Wassergehaltsbereich ist als Vorgabewert zum qualitäts- und anforderungsgerechten Einbau anzugeben. Der nach Anhang 1 Tabelle 1 Nr. 3 bestimmte Wassergehalt ist hinsichtlich der Einhaltung des angegebenen Wassergehaltsbereichs zu bewerten.

Für mineralische Dichtungen mit hochquellfähigen Tonmineralien als obere Abdichtungskomponente beinhalten BQS bzw. deren Eignungsbeurteilung Grenzwerte der zulässigen Salzbelastung aus der Rekultivierungs- und Entwässerungsschicht. In diesem Fall ist die Salzbelastung durch einen Säulenversuch gemäß DIN 19528 zu bestimmen. Es ist nachzuweisen, dass die im BQS bzw. in der Eignungsbeurteilung genannten Grenzwerte eingehalten werden.

8.3 Eignungsprüfung im Großmaßstab/Probefeld

Soll Bodenmaterial durch Mischen hergestellt werden, ist in einem großmaßstäblichen Versuch nachzuweisen, dass durch das gewählte Verfahren eine homogene Bodenmatrix erzeugt wird.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Eigen- und Fremdprüfung am Probefeld ist nachzuweisen, dass mit den vorgesehenen Geräten und der Einbautechnologie die Anforderungen des Anhangs 1 Nr. 1 mit ausreichender Sicherheit erfüllt werden können. Das Probefeld muss so groß sein, dass der Einbau im Probefeld den Bedingungen des späteren Einbaus der Methanoxidationsschicht entspricht. Die Methanoxidationsschicht ist in ihrer gesamten geplanten Dicke im Probefeld einzubauen.

Es ist pro Herkunft ein Probefeld herzustellen. Mit Zustimmung der zuständigen Behörde kann auf ein Probefeld verzichtet werden, wenn die Eignung für ein Bodenmaterial anderer Herkunft mit nachweislich vergleichbaren Eigenschaften in einem Probefeld festgestellt wurde.

Anhand der Ergebnisse des Probefeldes ist der Qualitätsmanagementplan (s. Nr. 8.1) fortzuschreiben.

8.4 Qualitätsmanagement während des Einbaus

Die Einhaltung der Anforderungen nach Nr. 2 an die Methanoxidationsschicht ist durch Eigen- und Fremdprüfungen nach Anhang 1 Tabelle 3 für jede Einbaulage nachzuweisen. Bei den Kontrollprüfungen sind Ober- und Unterboden gesondert zu prüfen.

Bei der Durchführung der Kontrollprüfungen ist insbesondere auf eine repräsentative Lage der Schürfe bzw. Probenahmestellen zu achten. Die Dokumentation der Prüfungen muss neben den Versuchsergebnissen alle in den Prüfvorschriften geforderten Angaben zur Versuchsdurchführung sowie zur Probennahme enthalten.

Der Umfang der Prüfungen zum Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an Deponieersatzbaustoffe ist gemäß § 17 DepV festzulegen.

9 Freigabe / Abnahme

Die Freigabe zum Weiterbau einzelner Einbaulagen kann die Fremdprüfung ggf. in Abstimmung mit der behördlichen Überwachung erteilen. Zur Freigabe einer jeden Einbaulage der Methanoxidationsschicht müssen Untersuchungsergebnisse zur Einhaltung der Anforderungen vorliegen.

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

10 Wirksamkeitsnachweis

10.1 Methoden zur Funktionsüberwachung

Die Wirksamkeit einer Methanoxidation ist gemäß DepV Anhang 5, Nummer 7 nachzuweisen und gemäß Nummer 3.2 / Tabelle Nr. 2.5 Fußnote 2 in der Stilllegungs- und Nachsorgephase einer Deponie halbjährlich mittels Messungen mit Flammenionisationsdetektor (FID), Laser-Absorptionsspektrometrie oder mittels anderer gleichwertiger Verfahren auf der Deponieoberfläche zu kontrollieren. Mit Zustimmung der zuständigen Behörde können Abweichungen von Umfang und Häufigkeit dieser Kontrollen und Messungen festgelegt werden.

Das Messverfahren mit dem FID ist in der VDI-Richtlinie 3860 Blatt 3 beschrieben.

Diese Messungen sind zu ergänzen durch

- Sichtprüfungen (z. B. Bewuchsschäden, Bodenrisse),
- Setzungs- und Sackungsmessungen,
- ggf. Emissionsmessungen mittels statischer Hauben und
- ggf. Analyse der Bodengaszusammensetzung.

Die Elemente der Funktionsüberwachung werden in der Deponiezulassung festgelegt.

Ausführliche Hinweise zu den Methoden und Verfahren der Messungen enthält der Leitfaden I des Forschungsverbundes MiMethox „Bilanzierung von Gasflüssen auf Deponien“ (Gebert, J., Pfeiffer, E. M. (Hrsg.) (2016a)).

10.2 Intervalle der Funktionsüberwachung

Der in Anhang 5 Nummer 3.2 Tabelle Nr. 2.5 Fußnote 2 DepV genannte Mindestumfang einer halbjährlichen Messung und Kontrolle ist grundsätzlich ausreichend, wenn sich die Methanoxidationsschicht in einem nachweislich stabilen und leistungsfähigen Zustand gemäß Deponiezulassung befindet. Bis dahin sind die Intervalle für die unterschiedlichen Phasen, in der sich die Methanoxidationsschicht entwickelt, mindestens gemäß nachfolgender Tabelle 3 zu verdichten.

Tabelle 3: Intervalle der Funktionsüberwachung

Phasen der Entwicklung einer Methanoxidationsschicht	Beschreibung	Art und Messintervall Funktionsüberwachung	Anmerkung
(1)Anfangsphase	vom Abschluss der Baumaßnahme bis zum Abklingen der Setzungen und Sackungen der Methanoxidationsschicht Dauer: ca. 2 Jahre	alle Elemente der Funktionsüberwachung gemäß Deponiezulassung 6-mal pro Jahr	In dieser Phase erfolgt – das Aufwachen der methanoxidierenden mikrobiellen Population, – die Etablierung der Vegetation und – die Ausprägung von Bodenstruktur und Lagerungsdichte, damit der Gasdurchlässigkeit der verschiedenen Systemkomponenten.
(2)Übergangsphase	bis zum Erreichen eines Gleichgewichtszustands der in der Deponiezulassung festgelegten Leistungsfähigkeit der Methanoxidationsschicht Dauer ca. 2-3 Jahre	alle Elemente der Funktionsüberwachung gemäß Deponiezulassung 4-mal pro Jahr (1-mal je Jahreszeit)	In dieser Phase stabilisieren sich die Vegetation und die Bodenstruktur.
(3)Langzeitphase	bis zur Entlassung der Deponie aus der Nachsorge	alle Elemente der Funktionsüberwachung gemäß Deponiezulassung Häufigkeit gemäß DepV (2-mal pro Jahr)	

Ergeben sich aus der Funktionsüberwachung in der Langzeitphase Hinweise, die zu Zweifeln an der in der Deponiezulassung festgelegten Leistungsfähigkeit der Methanoxidationsschicht führen, ist die Funktion wieder wie für die Übergangsphase in der Deponiezulassung festgelegt zu überwachen.

10.3 Abschätzung der Leistung der Methanoxidationsschicht

Die bei der Funktionsüberwachung erfassten Daten werden auf Auffälligkeiten überprüft.

Sichtprüfungen auf Risse, Setzungen/Sackungen und Erosionen sowie der Geschlossenheit und Wuchses der Vegetation dienen der Beurteilung der Strukturstabilität. Vegetationsschäden zeigen häufig bevorzugte Austrittsstellen für Deponiegas an, umgekehrt kann aus einer

intakten Vegetationsdecke jedoch nicht auf die Gasfreiheit der Oberfläche geschlossen werden.

Zeigen die Messungen mit dem FID, der Laser-Absorptionsspektrometrie oder eines anderen gleichwertigen Verfahrens, das an der Oberfläche der Methanoxidationsschicht keine oder vernachlässigbar erhöhte Methankonzentrationen vorliegen, kann von einer ausreichenden Methanabbauleistung ausgegangen werden.

Soweit sich Auffälligkeiten zeigen, ist die Effizienz der Methanoxidation näher zu untersuchen und zu bewerten. Die Methodenbeschreibung sowie Hinweise auf weiterführende Literatur enthält Kapitel 6 des Leitfadens II des Forschungsverbundes MiMethox „Systeme zur Methanoxidation auf Deponien“ (Gebert, J., Pfeiffer, E. M. (Hrsg.) (2016b)).

Sollte im Zuge der Funktionsüberwachung festgestellt werden, dass die Methanoxidationsschicht, ggf. auch nur lokal, nicht oder nicht mehr die in der Deponiezulassung festgelegte Leistungsfähigkeit besitzt, z. B. weil

- bei FID-Messungen wiederholt Konzentrationen > 100 ppm Methan gemessen werden,
- Vegetationsschäden oder
- Auffälligkeiten in der Bodenstruktur (starke Setzungen, Rissbildung an Oberfläche, Tierbauten etc.)

festgestellt werden, sind die Emissionen zu bewerten und ggf. Maßnahmen zur Beseitigung der Gasaustrittsstellen umzusetzen.

Der Leitfaden II beinhaltet Hinweise zu den einzelnen Schritten eines Maßnahmenplanes.

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)

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden

Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5), Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten, 5. Aufl., Hannover, 2005

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-1 „Rekultivierungsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-2 „Wasserhaushaltsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“

Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 9-1 „Qualitätsmanagement – Fremdprüfung beim Einbau mineralischer Baustoffe in Deponieabdichtungssystemen“ vom 02.12.2020

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - BGR

Erodierbarkeit der Ackerböden durch Wasser (K-Faktor) unter:

https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Ressourcenbewertung/Bodenerosion/Wasser/K_Faktor_inhalt.html (abgerufen am 02.12.2020)

BAM - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

Richtlinie für die Zulassung von Kunststoff-Dränelementen für Deponieoberflächenabdichtungen; 10. Auflage, Mai 2019

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)

Karte der Frosteinwirkungszonen unter:

https://www.bast.de/BASt_2017/DE/Strassenbau/Fachthemen/S2-Frostzonen-karte.html (abgerufen am 02.12.2020)

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen - LANUV

Technische Anforderungen und Empfehlungen für Deponieabdichtungssysteme - Konkretisierungen und Empfehlungen zur Deponieverordnung. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), LANUV-Arbeitsblatt 13, dritte aktualisierte Neuauflage, Recklinghausen, 2015

NORMEN

DIN EN ISO 10693:2014-06

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

DIN EN ISO 11274:2020-04

Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des Wasserrückhaltevermögens - Laborverfahren (ISO 11274:2019); Deutsche Fassung EN ISO 11274:2019

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 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 17892-4:2017-04

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 17892-11:2019-05

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 15936:2020-08

Schlamm, behandelter Bioabfall, Boden und Abfall - Bestimmung des gesamten organischen Kohlenstoffs (TOC) mittels trockener Verbrennung; Deutsche Fassung EN 15936:2012

DIN 4220:2020-11

Bodenkundliche Standortbeurteilung - Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten (normative und nominale Skalierungen)

DIN 18121-2:2020-11

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Wassergehalt - Teil 2: Bestimmung durch Schnellverfahren

DIN 18122-2:2020-11

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

DIN 18127:2012-09

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Proctorversuch

DIN 18129:2011-07

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Kalkgehaltsbestimmung

DIN 18130-1:1998-05

Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche

DIN 18130-2:2015-08

Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 2: Feldversuche

DIN 18196:2011-05

Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

DIN 18915:2018-06

Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten

DIN 18916:2016-06

Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten

DIN 18917:2018-07

Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Rasen und Saatarbeiten

DIN 18919:2016-12

Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Instandhaltungsleistungen für die Entwicklung und Unterhaltung von Vegetation (Entwicklungs- und Unterhaltungspflege)

DIN 19528:2009-01

Elution von Feststoffen - Perkolationsverfahren zur gemeinsamen Untersuchung des Elutionsverhaltens von anorganischen und organischen Stoffen

DIN 19682-7:2015-08

Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 7: Bestimmung der Infiltrationsrate mit dem Doppelring-Infiltrimeter

DIN 19682-13:2009-01

Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 13: Bestimmung der Carbonate, der Sulfide, des pH-Wertes und der Eisen(II)-Ionen

DIN 19684-6:1997-12

Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Chemische Laboruntersuchungen - Teil 6: Bestimmung des Gehaltes an oxalatlöslichem Eisen

DIN 19684-7:2009-01

Bodenbeschaffenheit - Chemische Laboruntersuchungen - Teil 7: Bestimmung des Gehalts an leichtlöslichem zweiwertigem Eisen

DIN 19731:1998-05

Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial

GDA- EMPFEHLUNGEN

GDA E 2-1

„Geotechnische Planungen für Deponien“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: Juli 2010; www.gdaonline.de

GDA E 2-4

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

GDA 2-20

„Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: Mai 2015; www.gdaonline.de

GDA 2-31

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

GDA 2-32

„Gestaltung des Bewuchses auf Deponien“; Empfehlungen des Arbeitskreises „Geotechnik der Deponien und Altlasten“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik; Stand: Januar 2010; www.gdaonline.de

GDA 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

RAL-GÜTEZEICHEN

RAL-GZ 251 – Kompost

Güte- und Prüfbestimmungen sowie Durchführungsbestimmungen für die Verleihung und Führung des RAL-Gütezeichens Kompost. Hrsg.: RAL Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung, St. Augustin Stand Juli 2016; <http://www.kompost.de>

VDI-Richtlinien

VDI 3860 Blatt 3:2017-11

Messen von Deponiegas - Messen von Methan an der Deponieoberfläche mittels Saugglockenverfahren

FGSV-MERKBLÄTTER

Merkblatt über die Verhütung von Frostschäden an Straßen

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) – Nr. 545; ISBN 978-3-86446-044-9; Ausgabe 2013

VERWENDETE UND WEITERFÜHRENDE LITERATUR

Amelung, W.; Blume, H.-P.; et al. (2018): Scheffer/ Schachtschabel Lehrbuch der Bodenkunde. Verlag: Springer Spektrum, 17. Auflage, Heidelberg

Blume, U.; Plehm, T. (2009): Aktualisierung der Frostzonenkarte zur Dimensionierung des frostsicheren Straßenoberbaus. In: Straße und Autobahn, Jg. 60, Nr. 12, S. 793-799

Brauns, J.; et al. (1997): Forstwirtschaftliche Rekultivierung von Deponien mit TA-Siedlungsabfallkonformer Oberflächenabdichtung. In: Handbuch Abfall, Band. 13, Karlsruhe

Dehner, U., Maier-Harth, U. (2016): Vereinfachte bodenkundliche Beurteilung von Substraten für Deponierekultivierungsschichten, 12. Leipziger Deponiefachtagung, Tagungsband, S. 105 – 116, Leipzig, 2016

Dehner, U.; Vorderbrügge, T.; Harrach, T. (2009): Raster- und Isoliniendiagramme für Kennwerte des Bodenwasserhaushalts. In: Böden - eine endliche Ressource , 5.-13. September 2009, Bonn (<http://eprints.dbges.de/138/>)

- Ellenberg, H.; et al. (2001):** Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 3., erweit. Aufl. Goltze, ISBN 978-3-88452-518-0, Scripta Geobotanica 18, Göttingen
- Gebert, J., Pfeiffer, E. M. (Hrsg.) (2016):** Bilanzierung von Gasflüssen auf Deponien. Leitfaden I des Forschungsverbundes MiMethox. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten Band 81 (I). ISSN 0724-6382.
- Gebert, J., Pfeiffer, E. M. (Hrsg.) (2016):** Systeme zur Methanoxidation auf Deponien. Leitfaden II des Forschungsverbundes MiMethox. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten Band 81 (II). ISSN 0724-6382.
- Huber-Humer, M.; et. al. (2008):** Technischer Leitfaden „Methanoxidationsschichten“, ÖVA Arbeitsgruppe, Wien
- Konold, W.; Wattendorf, P.; Leisner, B. (1997):** Anforderungen an die Rekultivierungsschicht beim Rekultivierungsziel "Wald". In: Egloffstein, T. & Burkhardt, G. (Hrsg.): Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis 103: 179-188, Berlin
- Köstler, J. N.; Brückner, E.; Bibelriether, H. (1968):** Die Wurzeln der Waldbäume. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin
- Kutschera, L.; Lichtenegger, E.; Sobotik, M. (1982):** Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 1: Monocotyledoneae, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York
- Kutschera, L.; Lichtenegger, E.; Sobotik, M. (1982):** Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Band 2: Pteridophyta und Dicotyledoneae (Magnoliopsida), Teil 1: Morphologie, Anatomie, Ökologie, Verbreitung, Soziologie, Wirtschaft, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York
- Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (2007):** Anforderungen an die Rekultivierungs-/ Methanoxidationsschicht für Deponien in Sachsen-Anhalt. Abschlussbericht Forschungsprojekt Nr. 116731
- Lebert, M.; Brunotte, J.; Sommer, C. (2004):** Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr. Umweltbundesamt (Hrsg.): Forschungsbericht 200 71 245 des Instituts für Betriebstechnik und Bauforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), UBA-Texte 46/04, Berlin, 122 S.
- Linert, U. (1995):** Verhalten von Pflanzenwurzeln in Oberflächenabdichtungssystemen. In: Egloffstein, T. & Burkhardt, G. (Hrsg.): Oberflächenabdichtungen für Deponien und Altlasten - Abdichtung oder Abdeckung?, Schriftenreihe Angewandte Geologie Karlsruhe 37, 15 S.

- Maier-Harth, U. (2014):** Orientierungshilfe für die Auswahl von Böden als Rekultivierungsmaterial mit Hilfe eines kombinierten nFK- und LK-Isoliniendiagramms bei mittlerer Lagerungsdichte. Unveröffentlichte Arbeitsanleitung des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
- Martienssen, M.; et al. (2008):** Untersuchungen zum Einsatz von Rekultivierungs-/Methanoxidationsschichten auf Deponien des Landes Sachsen-Anhalt, In Müll und Abfall, 5. Jg. Nr. 8, S. 247-253
- Scheutz, C.; et al. (2009):** Processes and technologies for mitigation of landfill gas emissions by microbial methan oxidation. Waste Management & Research, 27. Jg., Nr. 5, S. 409-455.
- VDLUFA A 6.1 (2002):** Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Band 1: Die Untersuchung von Böden“ Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten Teil A: Probenahme und chemische Untersuchungen - A 6 Bestimmung von leicht löslichen (pflanzenverfügbaren) Haupt- und Spurennährstoffen – Stickstoff, 1. und 2. Teillieferung 1991, 3. Teillieferung 2002
- VDLUFA A 6.2 (2012):** Handbuch der landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik, Band 1: Die Untersuchung von Böden“ Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten Teil A: Probenahme und chemische Untersuchungen - A 6 Bestimmung von leicht löslichen (pflanzenverfügbaren) Haupt- und Spurennährstoffen – Phosphor, Kalium, Magnesium und Natrium, 1. und 2. Teillieferung 1991, 6. Teillieferung 2012
- Wattendorf, P.; Ehrmann, O. (2002):** Erprobung von Wurzelsperren zum Schutz von Drainage- und Abdichtungsschichten vor Durchwurzelung. In: Egloffstein, T., G. Burkhardt & K. Czurda [Hrsg.]: Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten 2002, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis 125: 257 - 272, Berlin

Anhang 1: Anforderungen und Prüfungen für die Methanoxidations- schichten

Tabelle 1: Anforderungen und Prüfungen für Bodenmaterial
– Eignungsprüfung

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Eignungsprüfung	
				Art	Häufigkeit
1	Korngrößenverteilung (Bodenart)	Dokumentation, Orientierungswerte siehe Abb. 1 BQS 7-1	DIN ISO 11277 DIN 4220 DIN EN ISO 17892-4 DIN 18196	L	mindestens 3
2	Zustandsgrenzen / Konsistenzgrenzen	zur Charakterisierung bindiger Böden und Ableitung eines Vorgabewertes für den Was- sergehaltsbereich nach Nr. 8.2 des BQS 7-3 unter Beach- tung der Nr. 6 des BQS 7-3	DIN DIN EN ISO 17892-12 DIN 18122-2	L	mindestens 3
3	Wassergehalt	abhängig von der Bodenart	DIN EN ISO 17892-1 DIN 18121-2	L	mindestens 3
4	Proctorversuch ¹	zur Charakterisierung	DIN 18127	L	mindestens 3
5	Wasserdurchlässig- keit ²	zur Charakterisierung	DIN EN ISO 17892-11	L	mindestens 3
6	Scherfestigkeit	gemäß Vorgabe der Standsi- cherheitsberechnung	Rahmenscherversuche z. B. nach GDA E 3-8 DIN EN ISO 17892-10 ³	L	mindestens 3

¹ gilt nicht für originäre Oberböden

² Ermittlung des Einflusses der Bodenverdichtung auf die Wasserdurchlässigkeit (Bezugswert Verdichtungsgrad)

³ Bei Böschungsneigungen flacher als 1:5 kann die Scherfestigkeit aus Tabellenwerten der DIN 1055-2 ermittelt werden.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3 Methanoxidationsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 2
--	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Eignungsprüfung	
				Art	Häufigkeit
7	Luftkapazität ⁴	s. BQS 7-3 Nr. 2.3 in Verbindung mit BQS 7-3 Nr. 6	Ermittlung aus der Differenz der nach DIN EN ISO 11274 bestimmten Wassergehalte bei pF=0 (Wassersättigung) und pF=1,8 (Feldkapazität)	L	mindestens 3
8	nutzbare Feldkapazität ^{4,5}	nFK \geq 140 mm bezogen auf die Gesamtdicke der Methanoxidationsschicht	Feldkapazität nach DIN EN ISO 11274 permanenter Welkepunkt aus Tabelle 70 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5)	L	mindestens 3
9	Humusgehalt bestimmt anhand TOC	<u>Oberboden:</u> TOC \leq 5,0 Masse-% (optimal: TOC 1 bis 2 Masse-%) ⁶ <u>Unterboden:</u> TOC \leq 1,0 -Masse-%; Überschreitungsmöglichkeit bis TOC \leq 2,0 Masse-% bei originären Böden mit einer bekannten sehr geringen Humusqualität (C/N-Verhältnis \geq 25)	DIN EN 15936	L	mindestens 3
10	Carbonatgehalt sowie Eisengehalte und -fraktionen	Abschätzung der Auswirkungen hinsichtlich von Mobilisierung und Ausfällungen	DIN 18129 DIN EN ISO 10693 DIN 19682-13 DIN 19684-6 DIN 19684-7	L	mindestens 3

⁴ Ermittlung des Einflusses der Bodenverdichtung durch Bestimmung an mindestens 3 Proben, die beim natürlichen Wassergehalt mit unterschiedlichen Verdichtungsgraden hergestellt werden (3 Parallelproben pro Dichtestufe)

⁵ Die nutzbare Feldkapazität ist aus der Differenz der nach DIN EN ISO 11274 bestimmten Feldkapazität und dem aus der Tabelle 70 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) abgeleiteten permanenten Welkepunkt zu bestimmen. Sofern für nicht natürliche Bodenmaterialien oder Bodenmaterialien, die durch Aufbereitung, z.B. Mischen, hergestellt wurden, eine Bodenart nicht bestimmt werden kann und sich somit aus der Tabelle 70 der KA5 für den permanenten Welkepunkt keine Angabe aus der Bodenart und der Trockenrohdichte ableiten lässt, ist der permanente Welkepunkt nach DIN EN ISO 11274 zu bestimmen.

⁶ Aus Gründen des Erosionsschutzes ist ein schnelles und dichtes Aufwachsen der Vegetation erforderlich. Wird ein TOC-Wert im Oberboden von 1 Masse-% unterschritten, sind besondere Maßnahmen zum Erosionsschutz zu prüfen.

LAGA Ad-hoc-AG „Deponietechnik“ Bundeseinheitlicher Qualitätsstandard 7-3 Methanoxidationsschichten in Deponieoberflächenabdichtungssystemen vom 02.12.2020	Anhang 1 Seite 3
--	---------------------

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Eignungsprüfung	
				Art	Häufigkeit
11	Gehalte an löslichen Nährstoffen im Oberboden (P, K, Mg, NO ₃ , NH ₄) ⁷	BQS 7-3 Nr. 2.5	VDLUFA A 6.1 VDLUFA A 6.2	L	mindestens 3
12	Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat - Bodenmaterial, das nicht dem Abfallrecht unterliegt	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Tabelle 2 Spalte 9	DepV, Anhang 4	L	mindestens 3
	- Deponieersatzbaustoffe	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Tabelle 2 Spalte 9	DepV, Anhang 4	L	§ 17 DepV
13	Bodenfremde Bestandteile (Bauschutt, Straßenaufbruch etc.)	mineralisch ≤ 5 Masse-%; nicht-mineralisch: nicht ins Auge fallend und ≤ 1 Vol.-%	Visuell, ggf. gravimetrisch visuell	F (L)	mindestens 3

⁷ nicht erforderlich, wenn es sich um natürliches Bodenmaterial handelt

Tabelle 2: Anforderungen und Prüfungen für Methanoxidationsschichten
– Qualitätsprüfung im Probefeld

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfung	
				Art	Häufigkeit ⁸
1	Korngrößenverteilung (Bodenart)	gemäß Eignungsprüfung (Übereinstimmung)	DIN ISO 11277 DIN 4220 DIN EN ISO 17892-4 DIN 18196	F/L	mindestens 3
2	Wassergehalt	gemäß Eignungsprüfung (Übereinstimmung)	DIN EN ISO 17892-1 DIN 18121-2	(F)/L	mindestens 3
3	Humusgehalt bestimmt aus TOC	gemäß Eignungsprüfung (Übereinstimmung)	DIN EN 15936	L	mindestens 3
4	Trockendichte / Verdichtungsgrad ⁹	gemäß Eignungsprüfung	DIN EN ISO 17892-2	L	mindestens 3
5	Luftkapazität	s. BQS 7-3 Nr. 2.3 in Verbindung mit BQS 7-3 Nr. 6	Ermittlung aus der Differenz der nach DIN EN ISO 11274 bestimmten Wassergehalte bei pF=0 (Wassersättigung) und pF=1,8 (Feldkapazität)	L	mindestens 3
6	nutzbare Feldkapazität ¹⁰	nFK ≥ 140 mm bezogen auf die Gesamtdicke der Methanoxidationsschicht	Feldkapazität nach DIN EN ISO 11274 permanenter Welkepunkt aus Tabelle 70 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5)	L	mindestens 3
7	Wasserdurchlässigkeit	gemäß projektspezifischer Vorgabe	DIN EN ISO 17892-11 DIN 18130-2 DIN 19682-7	F/L	sofern projektspezifisch festgelegt, mindestens 3

⁸ Häufigkeit der Kontrollprüfungen an Proben je Einbaulage jeweils durch Eigen- und Fremdprüfung.

⁹ bei originären Oberböden: nur Bestimmung der Trockendichte

¹⁰Die nutzbare Feldkapazität ist aus der Differenz der nach DIN EN ISO 11274 bestimmten Feldkapazität und dem aus der Tabelle 70 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) abgeleiteten permanenten Welkepunkt zu bestimmen. Im Einzelfall, oder sofern für nicht natürliche Bodenmaterialien oder Bodenmaterialien, die durch Aufbereitung, z.B. Mischen, hergestellt wurden, eine Bodenart nicht bestimmt werden kann und sich somit aus der Tabelle 70 der KA5 für den permanenten Welkepunkt keine Angabe aus der Bodenart und der Trockenrohddichte ableiten lässt, ist der permanente Welkepunkt nach DIN EN ISO 11274 zu bestimmen.

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfung	
				Art	Häufigkeit ⁸
8	Dicke	gemäß Dimensionierung unter Berücksichtigung einer ggf. erforderlichen Sackungsreserve	Vermessung	F	mindestens 3

Tabelle 3: Anforderungen und Prüfungen für Methanoxidationsschichten – Qualitätsprüfung

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfung	
				Art	Häufigkeit ¹¹
1	Korngrößenverteilung (Bodenart)	gemäß Eignungsnachweis	DIN ISO 11277 DIN 4220 DIN EN ISO 17892-4 DIN 18196	L	je 5.000 m ² mindestens aber einmal je Bodenmaterial
2	Wassergehalt	gemäß Eignungsnachweis	DIN EN ISO 17892-1 DIN 18121-2	(F)/L	je 1.000 m ² mindestens aber einmal je Bodenmaterial
3	Trockendichte / Verdichtungsgrad ¹²	gemäß Eignungsnachweis	DIN EN ISO 17892-2	F/L	je 1.000 m ² mindestens aber einmal je Bodenmaterial
4	Wasserdurchlässigkeit	gemäß projektspezifischen Vorgaben	DIN EN ISO 17892-11 DIN 18130-2 DIN 19682-7	(F)/L	sofern projektspezifisch festgelegt, je 5.000 m ² mindestens aber einmal je Bodenmaterial
5	Luftkapazität	gemäß Eignungsnachweis	Ermittlung aus der Differenz der nach DIN EN ISO 11274 bestimmten Wassergehalte bei pF=0 (Wassersättigung) und pF=1,8 (Feldkapazität)	L	je 1.000 m ² mindestens aber einmal je Bodenmaterial

¹¹ Kontrollprüfungen durch Eigen- und Fremdprüfung je Einbaulage; Prüfraster bzw. Anzahl der Kontrollprüfungen aus Eigen- und Fremdprüfung, wobei die Fremdprüfung mindestens ein Drittel der Kontrollprüfungen zu erbringen hat.

¹² bei originären Oberböden: nur Bestimmung der Trockendichte

Nr.	Parameter	Anforderung	Prüfvorschrift	Kontrollprüfung	
				Art	Häufigkeit ¹¹
6	nutzbare Feldkapazität ^{13,14}	gemäß Eignungsnachweis	Feldkapazität nach DIN EN ISO 11274 permanenter Welkepunkt aus Tabelle 70 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5)	L	je 1.000 m ² mindestens aber einmal je Bodenmaterial
7	Humusgehalt bestimmt aus TOC	gemäß Eignungsnachweis	DIN EN 15936	L	je 5.000 m ² mindestens aber einmal je Bodenmaterial
8	Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Tabelle 2 Spalte 9	DepV, Anhang 4	L	je 5.000 m ² mindestens aber dreimal
	- Bodenmaterial, das nicht dem Abfallrecht unterliegt				
	- Deponieersatzbaustoffe	DepV, Anhang 3 Nr. 2 Tabelle 2 Spalte 9	DepV, Anhang 4	L	§ 17 DepV (Eigenprüfung gemäß § 8 Abs. 3 DepV und Fremdprüfung gemäß § 8 Abs. 5 DepV)
9	Bodenfremde Bestandteile (Bauschutt, Straßenaufbruch etc.)	gemäß Eignungsnachweis	visuell, ggf. gravimetrisch visuell	F/(L)	baubegleitend
10	Dicke	gemäß Dimensionierung unter Berücksichtigung einer ggf. erforderlichen Sackungsreserve	Vermessung	F	je 1.000 m ²

L: Laboruntersuchung, F: Feldtest, (): bei Bedarf

¹³ kann entfallen, wenn die Anforderungen der Parameter Wassergehalt und Trockendichte / Verdichtungsgrad eingehalten werden

¹⁴ Die nutzbare Feldkapazität ist aus der Differenz der nach DIN EN ISO 11274 bestimmten Feldkapazität und dem aus der Tabelle 70 der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) abgeleiteten permanenten Welkepunkt zu bestimmen. Sofern für nicht natürliche Bodenmaterialien oder Bodenmaterialien, die durch Aufbereitung, z.B. Mischen, hergestellt wurden, eine Bodenart nicht bestimmt werden kann und sich somit aus der Tabelle 70 der KA5 für den permanenten Welkepunkt keine Angabe aus der Bodenart und der Trockenrohddichte ableiten lässt, ist der permanente Welkepunkt nach DIN EN ISO 11274 zu bestimmen.