Örtlichkeit Deponiebaumaßnahme

Art / Gegenstand der zu prüfenden Abdichtungsmaßnahme

Qualitätsmanagementplan Boden

(Version 1.0)

Teil A Allgemeine Anforderungen an die Fremdprüfung

Teil B Besondere Anforderungen an die Prüfung der Systemkomponenten

B2 Oberflächenabdichtung

1. Methanoxidationsschicht (bestehend aus Gasverteilungsschicht, Unter- und Oberboden)

Ort, den TT.MM.JJJJ

Dieser QMP umfasst das Deckblatt, das Inhaltsverzeichnis und \*\*\* Textseiten. Er darf nur ungekürzt an Dritte weiter gegeben werden.

Inhaltsverzeichnis

[Teil B Besondere Anforderungen an die Fremprüfung der Systemkomponenten 2](#_Toc5892360)

[B2 Oberflächenabdichtung 2](#_Toc5892361)

[18 Methanoxidationsschicht 2](#_Toc5892362)

[18.1 Auflager 2](#_Toc5892363)

[18.1.1 Anforderungen 2](#_Toc5892364)

[18.1.2 Baubegleitende Prüfungen 2](#_Toc5892365)

[18.2 Gasverteilungsschicht 3](#_Toc5892366)

[18.2.1 Anforderungen 3](#_Toc5892367)

[18.2.2 Eignungsprüfung 4](#_Toc5892368)

[18.2.3 Probefeld 4](#_Toc5892369)

[18.2.4 Eingangsprüfungen 5](#_Toc5892370)

[18.2.5 Baubegleitende Prüfung 6](#_Toc5892371)

[18.3 Filterschicht 7](#_Toc5892372)

[18.3.1 Anforderungen 7](#_Toc5892373)

[18.3.2 Eignungsprüfung 7](#_Toc5892374)

[18.3.3 Probefeld 8](#_Toc5892375)

[18.3.4 Eingangsprüfungen 9](#_Toc5892376)

[18.3.5 Baubegleitende Prüfung 10](#_Toc5892377)

[18.4 Methanoxidationsschicht 11](#_Toc5892378)

[18.4.1 Anforderungen 11](#_Toc5892379)

[18.4.2 Eignungsprüfung 12](#_Toc5892380)

[18.4.3 Probefeld 14](#_Toc5892381)

[18.4.4 Baubegleitende Prüfung 16](#_Toc5892382)

[19 Tonhaltige Gassperre 19](#_Toc5892383)

[19.1 Eignungsprüfung 19](#_Toc5892384)

[19.2 Eingangsprüfungen 20](#_Toc5892385)

[19.3 Baubegleitende Prüfungen 21](#_Toc5892386)

# Teil B Besondere Anforderungen an die Fremprüfung der Systemkomponenten

# B2 Oberflächenabdichtung

**B2.18 Methanoxidationsschicht (Gasverteilungsschicht, Unter- und Oberboden)**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

# Methanoxidationsschicht

Eine Methanoxidationsschicht ist eine besondere Form der Rekultivierungsschicht, die auf Deponien mit nur noch geringer Gasbildung zur Oxidation des Methans eingesetzt wird. Sie wird in der Regel in Methanoxidationsfenstern eingebaut, die oberhalb der Abdichtung in die Rekultivierungsschicht integriert und von unten mit Methan beaufschlagt werden. Methanoxidationsfenster bestehen von unten nach oben aus den Komponenten Auflager, Gasverteilungsschicht, Filterschicht und Methanoxidationsschicht, letztere bestehend aus Unter- und Oberboden. Zu den generellen Regelungen für Methanoxidationsschichten siehe den BQS 7-3 der LAGA in der gültigen Fassung.

## Auflager

### Anforderungen

Es bestehen Anforderungen an die Lage und Höhe und die Ebenheit der Oberfläche des Auflagers.

### Baubegleitende Prüfungen

Baubegleitend wird der Einbau hinsichtlich der Einhaltung der bautechnisch-geometrischen Anforderungen geprüft.

| **Tab. B2.18-1: Überwachung Auflager** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Bauverfahren | visuell | gemäß Konzept | laufend | laufend |
| Oberflächen-beschaffenheit | visuell | frei von scharfen Gegenständen, großen herausragenden Einzelkörnern und Versätzen bzw. gem. Eignungsnachweis Dichtungsschicht | gesamte Oberfläche | Kontrolle EP |
| Oberflächenebenheit | visuell und stichprobenartig mit 4-m-Richtscheit | < 2 cm auf 4 m | gesamte Oberfläche visuell und ca. 10 Messungen pro Baufeld | Kontrolle EP |
| Lage und Höhe | Vermessung | gemäß Ausführungszeichnungen nach Abgleich mit Uraufmaß | Prüfen der Aufmaße | Kontrolle EP |

Die Freigabe des Auflagers zum Einbau der Gasverteilungsschicht ist durch den AN mit Vorlage der Ergebnisse aller baubegleitenden Prüfungen der EP zu beantragen und erfolgt durch die örtliche Bauüberwachung auf Empfehlung der FP.

## Gasverteilungsschicht

### Anforderungen

Die Gasverteilungsschicht (GVS) dient der flächigen Vergleichmäßigung der Beaufschlagung der Unterkante der Methanoxidationsschicht mit Methan. Um ein heterogenes und punktförmig konzentriertes Eindringen des Methans in die Methanoxidationsschicht zu vermeiden und für eine gleichmäßige horizontale Verteilung des Methans zu sorgen, muss die GVS eine deutlich höhere Permeabilität (Koeffizient kGas) als die umgebenden Schichten aufweisen, in der Fläche homogen sein und eben angeordnet werden. Die Anforderungen hängen von den Eigenschaften des als Methanoxidationsschicht verwendeten Materials und von der Fläche, auf die das Gas verteilt werden soll, ab. Eine Vergleichmäßigung des Gasstroms wird zusätzlich durch geschlitzte Gasverteilerrohre, die in die Gasverteilungsschicht eingebracht sind, unterstützt.

Dem Entstehen von Kapillarsäumen an der Grenze zwischen Gasverteilungs- und Methanoxidationsschicht, durch die die Gasdurchlässigkeit stark herabgesetzt und präferentieller Gasfluss gefördert werden könnte, sollte durch Auswahl von Materialien mit ähnlicher ungesättigter Wasserleitfähigkeit vorgebeugt werden. Trennende Schichtgrenzen mit Materialien sehr unterschiedlicher Porengrößenverteilung sind zu vermeiden. Zudem ist das Material der GVS filterstabil gegenüber der gaseinleitenden Rohrleitungen (z.B. Schlitzweite) zu bemessen. Das Material der GVS sollte weitgehend kalkfrei sein. Es darf maximal 2 Gew.-% Kalk enthalten, um die Versinterung des Porenraums durch das im Deponiegas enthaltene Kohlendioxid zu verhindern.

Die Gasverteilungsschicht ist als Kiesschicht aus Kies der Körnung 2 mm bis 8 mm mit einer Mächtigkeit von 20 cm einzubauen.

Die GVS wird mit einem Langarmbagger, der ausschließlich außerhalb der Fenster steht und den Kies nicht befahren darf, auf die gasgängige Ausgleichsschicht aufgelegt. Die Schicht wird nicht verdichtet. Die Oberfläche wird manuell mit Haken aufgeraut.

### Eignungsprüfung

Der AN der Baumaßnahme legt spätestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten vollständige Unterlagen zum Eignungsnachweis des Materials für die Gasverteilungsschicht vor (siehe auch Abschnitt 5.1). Die FP prüft den vorgelegten Nachweis, führt ggf. am Herkunftsort des Materials eigene Bodenansprachen und Probenahmen durch, um stichprobenartig die Untersuchungen der EP zu kontrollieren. Vor der Anlieferung des Materials muss es von der FP freigegeben werden. Der Eignungsnachweis der EP enthält die in Tab. B2.18-2.1 aufgelisteten Unterlagen.

| **Tab. B2.18-2.1: Eignungsnachweis Gasverteilungsschicht** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/ Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Art / Mindestanzahl der Proben** |
| Materialbeschreibung (Herkunft, Genese, petrographische Zusammensetzung) | DIN EN 932-3 | Angabe der Lagerstätte Angabe der verfügbaren Masse Probenahmeprotokoll | 1 |
| Fremdkörper / Verunreinigungen | visuell | keine | kontinuierlich |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile | Kies 2/8: 0,063 mm (T+U) ≤ 2 Gew.-%; 1 mm ≤ 5 Gew.-% | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Kalkgehalt | DIN 18129 | ≤ 2 Gew.-% | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Wasserdurchlässigkeit, Infiltrationsvermögen | DIN 18130  DIN 19682-7 | ≥ 1 x 10-2 m/s  (mind. zwei Zehnerpotenzen größer als Methanoxidationsschicht mit ca. 5 x 10-5 m/s) | Mind. 3 repräsentative Mischproben, die aus jeweils 20 Teilproben gewonnen werden |

Die Freigabe des Kieses zum flächigen Einbau als Gasverteilungsschicht ist durch den AN mit Vorlage der Eignungsprüfungsergebnisse der EP zu beantragen und erfolgt durch die örtliche Bauüberwachung auf Empfehlung der FP.

### Probefeld

Die Beprobung des Probefeldes erfolgt in drei Schürfen.

| **Tab. B2.18-2.2: Prüfumfang Probefeld Gasverteilungsschicht** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Lieferscheine |  | Herkunft und Material gemäß Eignungsnachweis | jede Lieferung | jede Lieferung |
| Fremdbestandteile |  | keine | kontinuierlich | Stichproben |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile | gem. Eignungsnachweis | bei Bedarf | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) der Anlieferung |
| Kornstabilität | Korngrößenverteilung nach Einbau | gem. Anforderungen Körnung | bei Bedarf | 1 pro Schurf |
| Kalkgehalt | DIN 18129 und HCl-Test | ≤ 2 Gew.-% | bei Bedarf | Stichprobenartig durch HCl-Test |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat | DepV | DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 9  (Rekultivierungsschicht) | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Einwirkung auf die Abdichtung |  | keine nachteiligen Einwirkungen | prüfen durch Freilegen der Abdichtung nach Einbau | prüfen durch Freilegen der Abdichtung nach Einbau |
| Wasserdurchlässigkeit | DIN 18130 | ≥ 1 x 10-2 m/s | bei Bedarf | 1 Versuch nach Befahrung |
| Schichtdicke | Aufmaß und Aufgrabung | ≥ 20 cm + max. 3 cm | prüfen der Aufmaße, Messung in den Schürfen | prüfen der Aufmaße, Messung in den Schürfen |
| Oberflächenebenheit | 4 m-Richtscheit | Aufgeraute Oberfläche, damit keine scharfe trennende Schichtgrenze zur Filterschicht  Unebenheit ≤ 3 cm unter 4-m-Richtscheit | gesamte Oberfläche | Kontrolle EP, Stichproben mit Richtscheit |

### Eingangsprüfungen

Baubegleitend werden die Anlieferungen im Zuge einer Eingangskontrolle auf die Einhaltung der materialspezifischen Anforderungen geprüft.

| **Tab. B2.18-2.3: Eingangsprüfungen Gasverteilungsschicht** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Lieferscheine |  | Herkunft und Material gemäß Eignungsnachweis | jede Lieferung | jede Lieferung |
| Fremdbestandteile |  | keine | kontinuierlich | arbeitstägliche Stichproben |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile | gem. Eignungsnachweis | 1 repräsentative Sammelprobe (bestehend aus ³ 20 Einzelproben) alle 1.000 t als Rückstellprobe. Analyse bei Bedarf. | 1 repräsentative Sammelprobe (bestehend aus ³ 20 Einzelproben) alle 1.000 t als Rückstellprobe. Analyse bei Bedarf. |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat | DepV | DepV, Anhang 3 Tabelle 2, Spalte 9  (Rekultivierungsschicht) | bei Bedarf | bei Bedarf |

### Baubegleitende Prüfung

Baubegleitend wird der Einbau hinsichtlich der Einhaltung der bautechnisch-geometrischen Anforderungen geprüft. Es werden je angefangene 1.000 m² ein Schurf angelegt und gemäß Tabelle B2.18-2.4 geprüft.

| **Tab. B2.18-2.4: Überwachung Einbau Gasverteilungsschicht** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Einbauverfahren | visuell | gem. Festlegung | laufend | arbeitstägliche Stichproben |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile | gem. Eignungsnachweis | 1 von 2/3 der Schürfe (entspricht 2 je 3.000 m²) | 1 von 1/3 der Schürfe (entspricht 1 je 3.000 m²) |
| Kalkgehalt | DIN 18129 | ≤ 2 Gew.-% | 1 aus jedem 5. Schurf, wobei jeder 15. Schurf entfällt (entspricht 2 je 15.000 m²) | 1 aus jedem 15. Schurf |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | 1 aus jedem 5. Schurf, wobei jeder 15. Schurf entfällt (entspricht 2 je 15.000 m²) | 1 aus jedem 15. Schurf |
| Wasserdurchlässigkeit, Infiltrationsvermögen | DIN 18130  DIN 19682-7 | ≥ 1 x 10-2 m/s (Laborwert) | alle 5.000 m² | alle 5.000 m² |
| Schichtdicke | Nivellement bzw. Aufgrabung | ≥ 20 cm + max. 3 cm | prüfen der Aufmaße | prüfen der Aufmaße, stichprobenartige Aufgrabungen |
| Oberflächenebenheit | visuell bzw. 4 m-Richtscheit | Aufgeraute Oberfläche, damit keine scharfe trennende Schichtgrenze zur Filterschicht  Unebenheit ≤ 3 cm unter 4-m-Richtscheit | gesamte Oberfläche visuell | Kontrolle EP, Stichproben mit Richtscheit |

Die Freigabe der Gasverteilungsschicht zum Einbau der Filterschicht ist durch den AN mit Vorlage der Ergebnisse aller Kontrollprüfungen der EP zu beantragen und erfolgt durch die örtliche Bauüberwachung auf Empfehlung der FP.

## Filterschicht

### Anforderungen

Die Filterschicht dient der Sicherstellung der Filterstabilität zwischen Gasverteilungsschicht und Methanoxidationsschicht und soll die Ausbildung eines schlecht gasleitenden Kapillarsaumes an der Unterkante der Methanoxidationsschicht verhindern. Am seitlichen Übergang zur bestehenden Rekultivierungsschicht ist zudem die Filterstabilität der Filterschicht selbst zu gewährleisten.

Als Filterschicht wird ein Kiessand der Körnung 0 mm bis 8 mm eingebaut. Die Filterschicht wird in einer Mächtigkeit von 0,1 m vollflächig auf die Gasverteilungsschicht aufgebracht, ohne eine scharfe Schichtgrenze zu den angrenzenden Schichten herzustellen. Der Kiessand soll mit dem Langarmbagger vom Rand außerhalb der Methanoxidationsflächen locker, ohne Verdichtung eingebaut werden. Die Wasserdurchlässigkeit der Filterschicht soll zwischen den Wasserdurchlässigkeiten der angrenzenden Schichten liegen. Die Oberfläche soll nicht glattgezogen werden, sondern leicht rau bleiben, damit keine scharfe Schichtgrenze zur Methanoxidationsschicht entsteht.

### Eignungsprüfung

Der AN der Baumaßnahme legt spätestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten vollständige Unterlagen zum Eignungsnachweis des Materials für die Filterschicht vor. Die FP prüft den vorgelegten Nachweis, führt ggf. am Herkunftsort des Materials eigene Bodenansprachen und Probenahmen durch, um stichprobenartig die Untersuchungen der EP zu kontrollieren. Vor der Anlieferung des Materials muss es von der FP freigegeben werden. Der Eignungsnachweis der EP enthält die in Tab. 6.3.2 aufgelisteten Unterlagen. Der Eignungsnachweis ist durch die EP durch einen Filterstabilitätsnachweis zu den angrenzenden Schichten zu ergänzen. Der Filterstabilitätsnachweis ist durch die FP zu prüfen.

| **Tab. B2.18-3.1: Eignungsnachweis Filterschicht** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/ Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Art / Mindestanzahl der Proben** |
| Materialbeschreibung (Herkunft, Genese, petrographische Zusammensetzung) | DIN EN 932-3 | Angabe der Lagerstätte Angabe der verfügbaren Masse Probenahmeprotokoll | 1 |
| Fremdkörper / Verunreinigungen | visuell | keine | kontinuierlich |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile  Körnung gemäß DIN EN 12620 (0/8) | Natürliche Gesteinskörnung Kiessand 0/8  0,063 mm (T+U) ≤ 2 Gew.-% | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Kalkgehalt | DIN 18129 | ≤ 2 Gew.-% | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Wasserdurchlässigkeit, Infiltrationsvermögen | DIN 18130  DIN 19682-7 | ≥ 5 x 10-5 m/s | Mind. 3 repräsentative Mischproben, die aus jeweils 20 Teilproben gewonnen werden |
| Nachweis Filterstabilität zur Gasverteilungsschicht und zur Methanoxidationsschicht | rechnerischer Nachweis | filterstabil | 1 |

Die Freigabe des Kiessandes zum flächigen Einbau als Filterschicht ist durch den AN mit Vorlage der Eignungsprüfungsergebnisse der EP zu beantragen und erfolgt durch die FP in Zusammenarbeit mit der örtlichen Bauüberwachung.

### Probefeld

Die Beprobung des Probefeldes erfolgt in drei Schürfen.

| **Tab. B2.18-3.2: Prüfumfang Probefeld Filterschicht** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Lieferscheine |  | Herkunft und Material gemäß Eignungsnachweis | jede Lieferung | jede Lieferung |
| Fremdbestandteile |  | keine | kontinuierlich | Stichproben |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile | gem. Eignungsnachweis | bei Bedarf | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) der Anlieferung |
| Kornstabilität | Korngrößenverteilung nach Einbau | gem. Anforderungen Körnung | bei Bedarf | 1 pro Schurf |
| Kalkgehalt | DIN 18129 und HCl-Test | ≤ 2 Gew.-% | bei Bedarf | stichprobenartig durch HCl-Test |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat | DepV | DepV, Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 9  (Rekultivierungsschicht) | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Wasserdurchlässigkeit | DIN 18130 | ≥ 5 x 10-5 m/s | bei Bedarf | 1 Versuch nach Befahrung |
| Schichtdicke | Aufmaß und Aufgrabung | ≥ 10 cm + max. 3 cm | prüfen der Aufmaße, Messung in den Schürfen | prüfen der Aufmaße, Messung in den Schürfen |
| Oberflächenebenheit | 4 m-Richtscheit | Aufgeraute Oberfläche, damit keine scharfe trennende Schichtgrenze zur Filterschicht  Unebenheit ≤ 3 cm unter 4-m-Richtscheit | gesamte Oberfläche | Kontrolle EP, Stichproben mit Richtscheit |

### Eingangsprüfungen

Baubegleitend werden die Anlieferungen im Zuge einer Eingangskontrolle auf die Einhaltung der materialspezifischen Anforderungen geprüft.

| **Tab. B2.18-3.3: Eingangsprüfungen Filterschicht** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Lieferscheine |  | Herkunft und Material gemäß Eignungsnachweis | jede Lieferung | jede Lieferung |
| Fremdbestandteile |  | keine | kontinuierlich | arbeitstägliche Stichproben |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile | gem. Eignungsnachweis | 1 repräsentative Sammelprobe (bestehend aus ³ 20 Einzelproben) alle 1.000 t als Rückstellprobe. Analyse bei Bedarf. | 1 repräsentative Sammelprobe (bestehend aus ³ 20 Einzelproben) alle 1.000 t als Rückstellprobe. Analyse bei Bedarf. |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat | DepV | DepV, Anhang 3 Tabelle 2, Spalte 9  (Rekultivierungsschicht) | bei Bedarf | bei Bedarf |

### Baubegleitende Prüfung

Baubegleitend wird der Einbau hinsichtlich der Einhaltung der materialspezifischen, bautechnischen und geometrischen Anforderungen geprüft. Es werden je angefangene 1.000 m² ein Schurf angelegt und gemäß Tabelle B2.18-3.4 geprüft.

| **Tab. B2.18-3.4: Überwachung Einbau Filterschicht** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Einbauverfahren | visuell | gemäß Konzept | laufend | laufend |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung nach nassem Abtrennen der Feinteile | gemäß Eignungsprüfung | 1 von 2/3 der Schürfe (entspricht 2 je 3.000 m²) | 1 von 1/3 der Schürfe (entspricht 1 je 3.000 m²) |
| Glühverlust  (alternativ: TOC) | DIN 18128  (DIN ISO 10694) | ≤ 2 Gew.-% (humusfrei)  TOC ≤ 1 Gew.-% (humusfrei) | 1 aus jedem 5. Schurf, wobei jeder 15. Schurf entfällt (entspricht 2 je 15.000 m²) | 1 aus jedem 15. Schurf |
| Kalkgehalt | DIN 18129 | ≤ 2 Gew.-% | 1 aus jedem 5. Schurf, wobei jeder 15. Schurf entfällt (entspricht 2 je 15.000 m²) | 1 aus jedem 15. Schurf |
| Wasserdurchlässigkeit, Infiltrationsvermögen | DIN 18130  DIN 19682-7 | gemäß Eignungsprüfung, mind. ≥ 5 x 10-5 m/s | alle 5.000 m² | alle 5.000 m² |
| Schichtdicke | Aufmaß  + Aufgrabungen | 10 cm + max. 3 cm | Prüfen der Aufmaße | prüfen der Aufmaße, stichprobenartige Aufgrabungen |
| Oberflächenbeschaffenheit/-ebenheit | visuell  4-m-Richtscheit | Aufgeraute Oberfläche, damit keine scharfe trennende Schichtgrenze zur Methanoxidationsschicht  Unebenheit ≤ 3 cm unter 4-m-Richtscheit | gesamte Oberfläche | gesamte Oberfläche |

Die Freigabe der Filterschicht für ein vollständiges Baufeld/Fenster zum Einbau der Methanoxidationsschicht ist durch den AN mit Vorlage der Ergebnisse aller Kontrollprüfungen der EP zu beantragen und erfolgt durch die örtliche Bauüberwachung auf Empfehlung der FP-B.

## Methanoxidationsschicht

Die aus Unter- und Oberboden bestehende Methanoxidationsschicht ist die oberste Schicht des Oberflächenabdichtungssystems und dient der Oxidation geringer Restemissionen an Deponiegas. Die in ihr stattfindenden mikrobiellen Oxidationsprozesse verhindern bzw. vermindern das Freisetzen von Methan.

Für die Zwischenlagerung des Materials sind die Regelungen im BQS 7-3 inkl. DIN 18915 und DIN 19731 zu beachten. Das Material ist bei Bedarf gegen Vernässung zu schützen, da es in einem trockenen, höchstens feuchten Zustand bei halbfester Konsistenz einzubauen ist. Bei starken Niederschlägen ist der Einbau zu unterbrechen.

Die Methanoxidationsschicht wird in einer Gesamtmächtigkeit von 1,0 m zzgl. Sackungsüberhöhung von ca. 20 % einschließlich der Mächtigkeit des Oberbodens mit einem Langarmbagger von außerhalb der Methanoxidationsflächen sehr locker über die gesamte Mächtigkeit geschüttet eingebaut. Beim Einbau ist das Material vom Bagger vorsichtig abzulegen. Eine Verdichtung des Materials beim Einbau durch Andrücken mit der Baggerschaufel oder Fallenlassen aus einer Höhe über einen Meter ist nicht zulässig. Die Schicht darf während und nach der Herstellung nicht betreten oder befahren werden. Ausnahme ist das Betreten und Befahren auf der fertiggestellten Oberfläche mit maximaler Flächenlast von ≤ 10 kN/m², nachdem dies im Probefeld nachgewiesen wurde.

Für die Probenahme von EP und FP an der Methanoxidationsschicht (Unter- und Oberboden) im Probefeld und im flächigen Einbau muss vom AN die Zugänglichkeit zu den Probenahmepunkten mit Hilfe von lastverteilenden Platten (ca. 60 cm breit, von Hand verlegbar) sichergestellt werden, damit bei der Begehung keine unzulässigen Bodenpressungen verursacht werden.

Der Transport der ungestörten Proben zur Bestimmung der nutzbaren Feldkapazität von der Entnahmestelle bis ins Prüflabor darf zu keiner Veränderung des Porensystems der Proben führen und ist diesbezüglich von EP und FP durch Fotos vor und nach dem Transport sowie durch Angaben von Transportfahrzeug, Datum und Uhrzeit von Entnahme und Laboreingang zu dokumentieren.

### Anforderungen

An die Methanoxidationsschicht werden folgende übergeordneten Anforderungen gestellt:

* Gesamtschichtdicke Unter-/Oberboden d ≥ 1,0 m
* Einbau des Materials bei halbfester Konsistenz (Ic > 1,0)
* Nutzbare Feldkapazität: ≥ 140 mm über die Gesamtdicke (Oberboden, Unterboden, Filterschicht)
* Luftkapazität: ≥ 20 Vol.-%

Die geforderte Mindestmächtigkeit ist unter Berücksichtigung der zu erwartenden Sackungen einzuhalten (Endmächtigkeit).

Der AN muss den fachgerechten Transport und die fachgerechte Zwischenlagerung auf der Baustelle gemäß BQS 7-3 sicherstellen und somit eine Verschlechterung der Materialeigenschaften vermeiden.

Als Orientierung für die vom AN zu wählende Einbautechnik können folgende mittlere Bodenkennwerte verwendet werden:

* Tonanteil < 0,002 mm ≤ 8 Gew.-%
* Feinkornanteil < 0,063 mm, 15 bis 30 Gew.-%

Das Bodenmaterial ist so einzubauen, dass Bodenverdichtungen vermieden werden. Es darf beim Einbau nicht betreten oder überfahren werden. Die im Einzelfall zu wählenden Einbauverfahren und Baugeräte müssen dieses berücksichtigen: Einbau z.B. durch Langarmbagger (oder Teleskopbagger oder Bandabsetzer). Das Material wird von außerhalb der Methanoxidationsflächen locker geschüttet eingebaut.

### Eignungsprüfung

Der AN der Baumaßnahme legt spätestens zwei Wochen vor Beginn der Arbeiten vollständige Unterlagen zum Eignungsnachweis des Materials vor. Die FP-B prüft den vorgelegten Nachweis, nimmt die Böden am Herkunftsort in Augenschein und führt ggf. am Herkunftsort des Materials eigene Bodenansprachen und Probenahmen durch, um stichprobenartig die Untersuchungen der EP Boden zu kontrollieren. Vor der Anlieferung des Materials muss es von der örtlichen Bauüberwachung auf Empfehlung der FP-B freigegeben werden. Der Eignungsnachweis der EP enthält die in Tab. B2.18-4.1 aufgelisteten Unterlagen.

| **Tab. B2.18-4.1: Eignungsnachweis Methanoxidationsschicht (Prüfumfang gilt, soweit nicht gesondert erläutert, für jeden Ober- und Unterboden)** | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Art / Mindestanzahl der Proben** |
| Beschreibung der Lieferquelle und der Herkunft des Bodens | Kurzbericht | Angaben zur Lieferquelle (Lieferant, aktueller Lagerort samt Anfahrtsskizze, Beschreibung der Lagerung, z.B. Skizze der Bodenmiete o.ä.)  Bodenansprache und Angabe zur Herkunft und ggf. Aufbereitung des Materials  Material muss am Herkunftsort unter aeroben Bedingungen oberhalb von Grund- und Stauwasser liegen und augenscheinlich frei von Verfärbungen sein  Angabe zur verfügbaren Masse  Probenahmeprotokoll | 1 |
| Fremdkörper, Verunreinigungen, Vernässung | visuell | frei | komplett |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123  Siebung + Sedimentation | Tongehalt: ≤ 8 Gew.-%  Feinkornanteil (< 0,063 mm):  15-30 Gew.-% | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| TOC  (Umrechnung in Humusgehalt mit Faktor 2) | DIN ISO 10694 | Humusgehalt Unterboden:  1 - 4 Gew.-%  TOC: 0,5 – 2 Gew.-%  Humusgehalt Oberboden:  2 – 8 Gew.-%  TOC: 1 – 4 Gew.-% | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| pH-Wert | DIN ISO 10 390 pH (KCl oder CaCl2) | 5,5 – 8,5 | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Kalkgehalt | DIN 18129 | < 2 Gew.-% | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) (nur bei pH >6,8) |
| lösliche Nährstoffe (P, K, Mg, NO3, NH4) | VdLUFA | Oberboden: Bewertungsstufe C bzw. B | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat | DepV | DepV, Anhang 3 Tabelle 2, Spalte 9  (Rekultivierungsschicht) | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Eisen: Fe-ox, Fe(II) | DIN 19684-6 und -7 | ≤ 1,5 g/kg Fe-ox, kein Fe(II) | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Proctorversuch | DIN 18127 | - | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Wassergehalt | DIN 18121 | << opt. Wassergehalt (wPr) | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Konsistenzgrenzen | DIN 18 122 | Ic ≥ 1,0 | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Wasserdurchlässigkeit | DIN 18130 | ≥ 5 x 10-5 m/s (Labor) | je 1 Bestimmung bei 80, 85 und 90 % DPr 1 |
| nutzbare Feldkapazität nFK  Luftkapazität LK | DIN ISO 11274 | nFK: ≥ 140 mm bezogen auf Gesamtdicke (Oberboden, Unterboden, Filterschicht)  LK: ≥ 20 Vol.-% | je 1 Bestimmung bei 80, 85 und 90 % DPr [[1]](#footnote-1) (mind. 3 Zylinder pro Verdichtungsgrad) |
| direkter Scherversuch  (nur für Unterböden) | DIN 18137-3 | gem. Standsicherheitsnachweis | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |

### Probefeld

Die Beprobung des Probefeldes erfolgt in drei Schürfen.

| **Tab. B2.18-4.2: Prüfumfang Methanoxidationsschicht im Probefeld (Prüfumfang gilt, soweit nicht gesondert erläutert, für jeden Ober- und Unterboden)** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/ Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Lieferschein | - | Herkunft und Material gem. Eignungsnachweis | jede Lieferung | jede Lieferung |
| Fremdkörper,  Verunreinigungen,  Vernässung | visuell | keine | kontinuierlich | stichprobenartig |
| Bodengefüge | visuell | keine verhärteten oder plastisch zusammenhaftenden Klumpen mit einem Durchmesser ≥ 10 cm | kontinuierlich | stichprobenartig |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123: Siebung +  Sedimentation | gem. Eignungsnachweis | 1 aus einem Schurf | 3 (1 pro Schurf) |
| TOC  (Umrechnung in Humusgehalt mit Faktor 2) | DIN ISO 10694 | Humusgehalt Unterboden:1 - 4 Gew.-%  TOC: 0,5 – 2 Gew.-%  Humusgehalt Oberboden: 2 – 8 Gew.-%  TOC: 1 – 4 Gew.-% | 1 repräsentative Mischprobe (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) | 3 repräsentative Mischproben (bestehend aus ≥ 20 Einzelproben) |
| Kalkgehalt | DIN 18129 | < 2 Gew.-% | bei Bedarf | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen |
| pH-Wert | DIN ISO 10 390  pH (KCl oder CaCl2) | 5,5 – 8,5 | bei Bedarf | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen |
| Eisen: Fe-ox, Fe(II) | DIN 19684-6 und -7 | ≤ 1,5 g/kg Fe-ox,  kein Fe(II) | bei Bedarf (z.B. farblichen Auffälligkeiten) | bei Bedarf (z.B. farblichen Auffälligkeiten) |
| lösliche Nährstoffe  (P, K, Mg, NO3, NH4) | VdLUFA | Oberboden: Bewertungsstufe C bzw. B | bei Bedarf | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen |
| Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat | DepV | DepV, Anhang 3 Tabelle 2, Spalte 9  (Rekultivierungsschicht) | bei Bedarf | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen |
| Konsistenzgrenzen | DIN 18122 | Ic ≥ 1,0 | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen |
| Proctorversuch | DIN 18127: | - | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen | 1 repräsentative Mischprobe aus 3 Schürfen |
| Wassergehalt | DIN 18121 | << opt. Wassergehalt (wPr) | Oberboden:  1 aus dem unteren Bereich in einem Schurf  Unterboden: 2 aus dem mittleren und unteren Bereich in einem Schurf | Oberboden:  1 pro Schurf aus dem unteren Bereich  Unterboden: 2 pro Schurf aus dem mittleren und unteren Bereich |
| Trockendichte | DIN 18125 | gem. Eignungsnachweis | Oberboden:  1 aus dem unteren Bereich in einem Schurf  Unterboden: 2 aus dem mittleren und unteren Bereich in einem Schurf | Oberboden:  1 pro Schurf aus dem unteren Bereich  Unterboden: 2 pro Schurf aus dem mittleren und unteren Bereich |
| Verdichtungsgrad (DPr) | DIN 18127 | gem. Eignungsnachweis | Oberboden:  1 aus dem unteren Bereich in einem Schurf  Unterboden: 2 aus dem mittleren und unteren Bereich in einem Schurf | Oberboden:  1 pro Schurf aus dem unteren Bereich  Unterboden: 2 pro Schurf aus dem mittleren und unteren Bereich |
| nutzbare Feldkapazität nFK  Luftkapazität LK | DIN ISO 11274 | nFK: ≥ 140 mm bezogen auf Gesamtdicke (Oberboden, Unterboden, Filterschicht)  LK: ≥ 20 Vol.-% | bei Bedarf | Oberboden:  1 pro Schurf aus dem unteren Bereich  Unterboden: 2 pro Schurf aus dem mittleren und unteren Bereich |
| Wasserdurchlässigkeit | DIN 18130 (Laborversuch/ Feldversuch[[2]](#footnote-2)) | ≥ 5 x 10-5 m/s (Labor) ≥ 1 x 10-5 m/s (Feld) | bei Bedarf | Oberboden:  1 pro Schurf aus dem unteren Bereich  Unterboden: 2 pro Schurf aus dem mittleren und unteren Bereich |
| Oberflächenebenheit | 4-m-Richtscheit | 0,1 m auf 4 m (bei Einhaltung der Mindestschichtdicke) | gesamte Oberfläche | Kontrolle EP |
| Schichtdicke | Aufmaß und Aufgrabung | Gesamtdicke: ≥100 cm + 20 cm (Sackungsreserve)  Unterboden: ≥ 70 cm + 20 cm (Sackungsreserve)  Oberboden ≥ 30 cm | Prüfung Aufmaß, Messung im Schurf | Prüfung Aufmaß, Messung im Schurf |

Die Freigabe der Methanoxidationsschicht zum flächigen Einbau ist durch den AN mit Vorlage der Probefeldergebnisse der EP zu beantragen und erfolgt durch die örtliche Bauüberwachung auf Empfehlung der FP.

### Baubegleitende Prüfung

Der Einbau wird kontinuierlich durch EP und arbeitstäglich durch die FP hinsichtlich der Festlegungen zur Einbautechnik im Probefeld bzw. Schüttversuch und hinsichtlich der Materialzusammensetzung visuell überwacht.

Die geometrischen Anforderungen (Schichtdicke und Oberflächenebenheit) und die Qualität der hergestellten Abdeckung werden im Zuge des Baufortschritts in Schürfen untersucht. In Schürfen alle angefangene 1.000 m² werden mindestens die geometrischen Anforderungen, Wassergehalt, Trockendichte / Verdichtungsgrad sowie nFK und LK untersucht. Die Bestimmung der nFK kann entfallen, wenn die Anforderungen an die Parameter Wassergehalt und Trockendichte / Verdichtungsgrad eingehalten werden. Im ersten und jedem 5. Schurf werden zusätzlich Proctordichte, Korngrößenverteilung, TOC-Gehalt, Wasserdurchlässigkeit und Schadstoffgehalte untersucht.

Zeitpunkt und Ort eines Schurfes werden durch die FP in Abstimmung mit der öBÜ festgelegt.

Sollten Zwischenlager für Lieferböden auf der Baustelle eingerichtet werden, so darf die Höhe der Bodenmieten 2 m nicht überschreiten und die Böden sind gegen Vermischung mit Fremdmaterial, gegen Vernässung und gegen Überfahrung zu schützen.

| **Tab. B2.18-4.3: Überwachung Einbau Methanoxidationsschicht (Prüfumfang gilt, soweit nicht gesondert erläutert, für jeden Ober- und Unterboden)** | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nachweis/  Parameter** | **Methode** | **Anforderung** | **Umfang EP** | **Umfang FP** |
| Lieferschein | - | Herkunft und Material gemäß Eignungsnachweis | jede Lieferung | jede Lieferung |
| Einbauverfahren | visuell | gem. Festlegung | laufend | arbeitstägliche Stichproben |
| Fremdkörper, Verunreinigungen, Vernässung | visuell | keine | kontinuierlich | stichprobenartig |
| Bodengefüge | visuell | keine verhärteten oder plastisch zusammenhaftenden Klumpen mit einem Durchmesser ≥ 10 cm | kontinuierlich | arbeitstägliche Stichproben |
| Korngrößenverteilung | DIN 18123: Siebung +  Sedimentation | gem. Eignungsnachweis | 1 pro Schicht aus jedem 5. Schurf, wobei jeder 15. Schurf entfällt (entspricht 2 je 15.000 m²) | 1 pro Schicht aus jedem 15. Schurf |
| Proctorversuch | DIN 18127: |  | 1 pro Schicht aus jedem 5. Schurf | 1 pro Schicht aus jedem 5. Schurf |
| Wassergehalt | DIN 18121 | << opt. Wassergehalt (wPr) | 1 pro Schicht aus dem unteren Bereich von 2/3 der Schürfe (entspricht 2 je 3.000 m²) | 1 pro Schicht aus dem unteren Bereich von 1/3 der Schürfe (entspricht 1 je 3.000 m²) |
| Trockendichte | DIN 18125 | - | 1 pro Schicht aus dem unteren Bereich von 2/3 der Schürfe (entspricht 2 je 3.000 m²) | 1 pro Schicht aus dem unteren Bereich von 1/3 der Schürfe (entspricht 1 je 3.000 m²) |
| Verdichtungsgrad (DPr) | DIN 18127 | gem. Eignungsnachweis und Ergebnissen Probefeld | 1 pro Schicht aus dem unteren Bereich von 2/3 der Schürfe (entspricht 2 je 3.000 m²) | 1 pro Schicht aus dem unteren Bereich von 1/3 der Schürfe (entspricht 1 je 3.000 m²) |
| Konsistenzgrenzen | DIN 18122 | Ic ≥ 1,0 | bei Bedarf | bei Bedarf |
| nutzbare Feldkapazität nFK | DIN ISO 11274 | nFK: ≥ 140 mm bezogen auf Gesamtdicke (Oberboden, Unterboden, Filterschicht) | bei Bedarf | 1 pro Schicht aus jedem Schurf aus dem unteren Bereich[[3]](#footnote-3) |
| Luftkapazität LK | DIN ISO 11274 | LK: ≥ 20 Vol.-% | bei Bedarf | 1 pro Schicht aus jedem Schurf aus dem unteren Bereich |
| Wasserdurchlässigkeit | DIN 18130 (Laborversuch) / Feldversuch[[4]](#footnote-4) | ≥ 5 x 10-5 m/s (Labor)  ≥ 1 x 10-5 m/s (Feld) | bei Bedarf | 1 pro Schicht aus jedem 5. Schurf aus dem unteren Bereich |
| TOC  (Umrechnung in Humusgehalt mit Faktor 2) | DIN ISO 10694 | Humusgehalt Unterboden: 1 - 4 Gew.-%  TOC: 0,5 – 2 Gew.-%  Humusgehalt Oberboden: 2 – 8 Gew.-%  TOC: 1 – 4 Gew.-% | 1 pro Schicht aus jedem 5. Schurf, wobei jeder 15. Schurf entfällt (entspricht 2 je 15.000 m²) | 1 pro Schicht aus jedem 15. Schurf |
| Kalkgehalt | DIN 18129 | < 2 Gew.-% | bei Bedarf | bei Bedarf |
| pH-Wert | DIN ISO 10 390 | 5,5 – 8,5 | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Eisen: Fe-ox, Fe(II) | DIN 19684-6 und -7 | ≤ 1,5 g/kg Fe-ox, kein Fe(II) | bei Bedarf | bei Bedarf |
| lösliche Nährstoffe (P, K, Mg, NO3, NH4) | VdLUFA | Oberboden: Bewertungsstufe B oder C | bei Bedarf | bei Bedarf |
| Schadstoffgehalte in Feststoff und Eluat | DepV | DepV, Anhang 3 Tabelle 2, Spalte 9  (Rekultivierungsschicht) | 1 pro Schicht aus jedem 5. Schurf, wobei jeder 15. Schurf entfällt (entspricht 2 je 15.000 m²) | 1 pro Schicht aus jedem 15. Schurf |
| Oberflächenebenheit | visuell bzw. 4-m-Richtscheit | 0,1 m auf 4 m (bei Einhaltung der Mindestschichtdicke) | gesamte Oberfläche visuell, ca. 3 - 5 Messungen pro arbeitstäglich hergestellter Teilfläche | Kontrolle EP |
| Schichtdicke | Nivellement bzw. Aufgrabung | Gesamtdicke: ≥ 100 cm + 20 cm  Unterboden: ≥ 70 cm + 20 cm  Oberboden ≥ 30 cm | Aufmaß im Raster 20 m x 20 m | Messungen im Schurf |

Die Freigabe der Methanoxidationsschicht ist durch den AN mit Vorlage der Ergebnisse aller Kontrollprüfungen der EP zu beantragen und erfolgt durch die örtliche Bauüberwachung auf Empfehlung der FP.

1. Einbau bei natürlichem Wassergehalt mit einer Trockendichte von 85 %, 90 % und 95 % der Dichte, die im Einpunktproctorversuch mit Proctorenergie bei ebenfalls natürlichem Wassergehalt ermittelt wird. [↑](#footnote-ref-1)
2. Wahlweise zu bestimmen im Laborversuch nach DIN 18 130 (gesättigte Wasserdurchlässigkeit) oder im Feld mit dem Doppelring-Infiltrometer nach DIN 19682-7 oder mit dem Tension-Infiltrometer nach Ankeny et al. 1988 (ungesättigte Wasserleitfähigkeit bei einer Saugspannung von 10 hPa) [↑](#footnote-ref-2)
3. Kann entfallen, wenn die Anforderungen der Parameter Wassergehalt und Trockendichte / Verdichtungsgrad eingehalten werden. [↑](#footnote-ref-3)
4. Wahlweise zu bestimmen im Laborversuch nach DIN 18 130 (gesättigte Wasserdurchlässigkeit) oder im Feld mit dem Doppelring-Infiltrometer nach DIN 19682-7 oder mit dem Tension-Infiltrometer nach Ankeny et al. 1988 (ungesättigte Wasserleitfähigkeit bei einer Saugspannung von 10 hPa) [↑](#footnote-ref-4)