

Anhang A:
Technische Berechnungen
Stand:
02.03.2021

Inhaltsverzeichnis

1	Volumenberechnungen	1
1.1	Erforderliches Profilierungsvolumen unterhalb der Dichtungsfläche:	1
1.2	Ablagerungsvolumen oberhalb der multifunktionalen Abdichtung:	3
2	Niederschlag	4
3	Wasserführung	5
3.1	Teilflächen	5
3.2	Ableitung des Sickerwassers	5
3.3	Sickerwasserrückhalt	5
3.4	Entwässerungsgebiete	6
3.5	Entwässerungsschicht	6
3.6	Dränageleitungen	6
3.7	Oberflächlich abfließendes Wasser	7
4	Bemessung der Entwässerungssysteme	8
4.1	Entwässerungsschicht	8
4.2	Dränageleitungen	9
4.3	Sickerwasserleitungen zum Sickerwasserspeicher	9
4.4	Nachweis des Sickerwasserrückhaltebeckens	11
4.5	Ableitung zum Übergabebauwerk	13

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Profilierungsmassen Westerweiterung	1
Abbildung 2: Profilierungsmassen Canyonbereich	2
Abbildung 3: Profilierungsmassen Osterweiterung	2
Abbildung 4: Profilierungsmassen Höhenversatz	3
Abbildung 5: Ablagerungsvolumen im DKI-Bereich auf der multifunktionalen Abdichtung	4

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Entwässerungsgebiete	6
Tabelle 2: Leitungsquerschnitte	10
Tabelle 3: Berechnung des erforderlichen Rückhaltevolumens	12

Literaturverzeichnis

- [1] GeoInformation Bremen, *Bestandsaufmaß der Blocklanddeponie aus 11.2017*, Bremen, 2017.
- [2] GeoInformation Bremen, *Bestandsaufmaß der Blocklanddeponie aus der 13. KW 2018*, Bremen, 2018.
- [3] Ö. b. V. Dipl.-Ing. Carsten Bruns, *Bestandsaufmaß der Blocklanddeponie vom 25.07.2019*, Osterholz-Scharmbeck, 2019.
- [4] Anonymus, *DIN 19667 Dränung von Deponien - Planung, Bauausführung und Betrieb*, 2015.
- [5] Anonymus, *DIN EN 752*, 2017.
- [6] ATV_DWA, *Arbeitsblatt DWA-A 117 Bemessung von Regenrückhalteräumen*, 2013.
- [7] Deutscher Wetter Dienst DWD, „Kostr-DWD-Rasterdaten für Niederschlagshöhen und -spenden,“ Offenbach, 2016.
- [8] ATV_DWA, *Arbeitsblatt A-118*, 2006.
- [9] R. Lautrich, „Tabellen und Tafeln zur hydraulischen Berechnung von Druckrohrleitungen, Abwasserkanälen und Rinnen,“ Verlag Paul Parey, Hamburg, 1976.
- [10] *Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV)*, 2009.

1 Volumenberechnungen

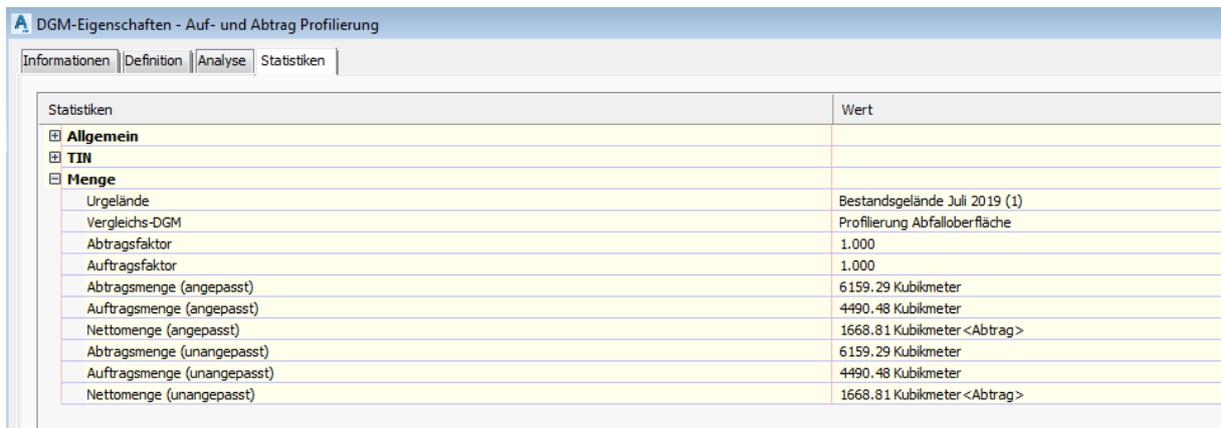
Die Berechnungen der Volumina erfolgten durch die Erstellung von digitalen Geländemodellen (DGM) mit dem Programm AutoCAD Civil 3d von der Firma Autodesk. Die Ergebnisse der Volumenberechnungen sind jeweils als Bildschirmausschnitte abgebildet.

1.1 Erforderliches Profilierungsvolumen unterhalb der Dichtungsfläche:

Das für die Herstellung der Profilierung für den Einbau der technisch eingebauten geologischen Barriere erforderliche Volumen errechnet sich aus der Differenz der aus der Profilierung der multifunktionalen Abdichtung angenommenen Planungshöhen zu den derzeit vorhandenen Geländehöhen. Die Berechnung wurde anhand des uns für die Entwurfsplanung übermittelten Aufmaßes der Gesamtdeponie vom November 2017 [1] aufgestellt und nach Übergabe des Aufmaßes aus der 13. Kalenderwoche 2018 [2] und eines weiteren Aufmaßes vom 25.07.2019 [3] angepasst.

Das errechnete Volumen an erforderlichem Profilierungsmaterial zum Aufmaß aus dem Juli 2019 beträgt einschließlich dem Ersatz für die umzulagernden VERA-Aschen (~9.500 m³):

24.550 m³ (Nettovolumina der folgenden Abbildungen 1 - 4).



Statistiken	Wert
Allgemein	
TIN	
Menge	
Urgelände	Bestandsgelände Juli 2019 (1)
Vergleichs-DGM	Profilierung Abfalloberfläche
Abtragsfaktor	1.000
Auftragsfaktor	1.000
Abtragsmenge (angepasst)	6159,29 Kubikmeter
Auftragsmenge (angepasst)	4490,48 Kubikmeter
Nettomenge (angepasst)	1668,81 Kubikmeter <Abtrag>
Abtragsmenge (unangepasst)	6159,29 Kubikmeter
Auftragsmenge (unangepasst)	4490,48 Kubikmeter
Nettomenge (unangepasst)	1668,81 Kubikmeter <Abtrag>

Abbildung 1: Profilierungsmassen Westerweiterung

DGM-Eigenschaften - Auf- und Abtrag Profilierung

Informationen | Definition | Analyse | Statistiken

Statistiken	Wert
Allgemein	
TIN	
Menge	
Urgelände	Bestandsgelände Juli 2019 (1)
Vergleichs-DGM	Profilierung Abfallobfläche
Abtragsfaktor	1.000
Auftragsfaktor	1.000
Abtragsmenge (angepasst)	34885.99 Kubikmeter
Auftragsmenge (angepasst)	36555.07 Kubikmeter
Nettomenge (angepasst)	1669.08 Kubikmeter <Auftrag>
Abtragsmenge (unangepasst)	34885.99 Kubikmeter
Auftragsmenge (unangepasst)	36555.07 Kubikmeter
Nettomenge (unangepasst)	1669.08 Kubikmeter <Auftrag>

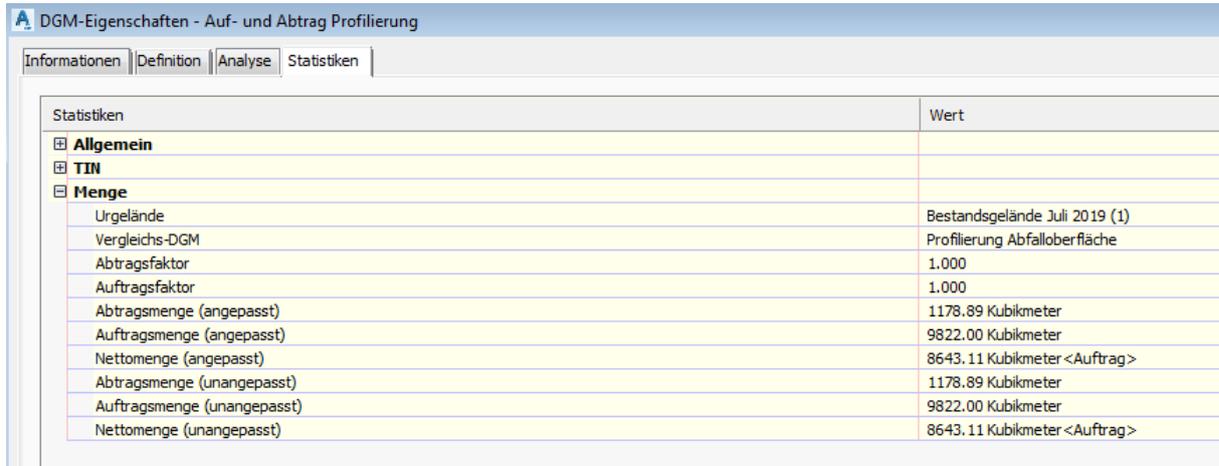
Abbildung 2: Profilierungsmassen Canyonbereich

DGM-Eigenschaften - Auf- und Abtrag Profilierung

Informationen | Definition | Analyse | Statistiken

Statistiken	Wert
Allgemein	
TIN	
Menge	
Urgelände	Bestandsgelände Juli 2019 (1)
Vergleichs-DGM	Profilierung Abfallobfläche
Abtragsfaktor	1.000
Auftragsfaktor	1.000
Abtragsmenge (angepasst)	2297.46 Kubikmeter
Auftragsmenge (angepasst)	8754.81 Kubikmeter
Nettomenge (angepasst)	6457.35 Kubikmeter <Auftrag>
Abtragsmenge (unangepasst)	2297.46 Kubikmeter
Auftragsmenge (unangepasst)	8754.81 Kubikmeter
Nettomenge (unangepasst)	6457.35 Kubikmeter <Auftrag>

Abbildung 3: Profilierungsmassen Osterweiterung



Statistiken	Wert
Allgemein	
TIN	
Menge	
Urgelände	Bestandsgelände Juli 2019 (1)
Vergleichs-DGM	Profilierung Abfalloberfläche
Abtragsfaktor	1.000
Auftragsfaktor	1.000
Abtragsmenge (angepasst)	1178.89 Kubikmeter
Auftragsmenge (angepasst)	9822.00 Kubikmeter
Nettomenge (angepasst)	8643.11 Kubikmeter <Auftrag>
Abtragsmenge (unangepasst)	1178.89 Kubikmeter
Auftragsmenge (unangepasst)	9822.00 Kubikmeter
Nettomenge (unangepasst)	8643.11 Kubikmeter <Auftrag>

Abbildung 4: Profilierungsmassen Höhenversatz

1.2 Ablagerungsvolumen oberhalb der multifunktionalen Abdichtung:

Für die Berechnung des Ablagerungsvolumens wurde ein DGM für die Endgestaltung des Ablagerungsbereichs erstellt.

Dabei wurden als Randbedingungen berücksichtigt, dass die Windkraftanlagen (WKA) noch über einen längeren Zeitraum betrieben werden und die in den Pachtverträgen festgelegten Abstände zur Verfüllung nicht unterschritten und die Verfüllhöhen nicht überschritten werden dürfen. Dadurch ergibt sich im Einflussbereich der WKA 3 eine Einschränkung (Rückverlegung) im Vergleich zur maximal möglichen Ablagerung. Für die Berechnung des Ablagerungsvolumens wurde die sich aus den Randbedingungen ergebende Endprofilierung (Anlage 2.3) mit der Profilierung für die technisch eingebaute geologische Barriere (Anlage 2.2) verglichen. Von dem sich ergebenden Volumen wurde dann noch das Volumen der technisch eingebauten geologischen Barriere (1,00 m dick), der Entwässerungsschicht (0,30 m dick) und der filterstabilen Übergangsschicht zur Frostschuttschicht (0,20 m dick) abgezogen. Die Frostschuttschicht (0,50 m dick), die lediglich dazu dient, die mineralischen Komponenten der multifunktionalen Abdichtung vor Frosteinwirkung zu schützen kann aus Ablagerungsmaterial bestehen und dem Deponievolumen zugeschrieben werden. Damit ergibt sich für das abzuziehende Volumen eine Schichtdicke von 1,50 m. Multipliziert mit der Fläche der Dichtungsebene von ca. 37.700 m² ergibt sich ein abzuziehendes Dichtungsvolumen von 56.550 m³.

Damit ergibt sich ein Ablagerungsvolumen im Deponieabschnitt der Klasse I-Canyon von:

$$495.319 \text{ m}^3 \text{ (Nettosumme gem. Abb. 6)} - 56.550 \text{ m}^3 = \mathbf{438.769 \text{ m}^3}.$$

Hinzuzurechnen ist hier noch das Volumen, das sich aus der Überlappung in den Deponieabschnitt der Klasse III (vgl. Anlage 3.3) ergibt. Es beträgt ca. 11.000 m³. Damit stehen für die Ablagerung im Deponieabschnitt der Klasse I im Canyon **449.769 m³** zur Verfügung.

DGM-Eigenschaften - Ablagerungsvolumen

Informationen | Definition | Analyse | Statistiken

Statistiken	Wert
⊕ Allgemein	
⊕ TIN	
⊖ Menge	
Urgelände	Profilierung Abfalloberfläche
Vergleichs-DGM	Abfallprofilierung Endgestaltung gesamt (1) (1)
Abtragsfaktor	1.000
Auftragsfaktor	1.000
Abtragsmenge (angepasst)	0.04 Kubikmeter
Auftragsmenge (angepasst)	495319.18 Kubikmeter
Nettomenge (angepasst)	495319.14 Kubikmeter <Auftrag>
Abtragsmenge (unangepasst)	0.04 Kubikmeter
Auftragsmenge (unangepasst)	495319.18 Kubikmeter
Nettomenge (unangepasst)	495319.14 Kubikmeter <Auftrag>

Abbildung 5: Ablagerungsvolumen im DKI-Bereich auf der multifunktionalen Abdichtung

Zusätzlich erhöht sich das mögliche Ablagerungsvolumen im Deponieabschnitt der Klasse III durch die gegenseitige Anschüttung an den Deponieabschnitt der Klasse I-Canyon entgegen der bisher vorgesehene und genehmigte kegelförmige Ablagerungskubatur. Das Volumen aus dieser Anschüttung ergibt sich abzüglich des Überlappungsbereichs (vgl. Anlage 3.3) zu ca. 59.000 m³.

2 Niederschlag

Für die Auslegung der Sickerwasserfassung sind unterschiedliche Zustände in der Bauphase und im Betrieb zu berücksichtigen. Für die Auslegung der Rohrleitungen und des Sickerwasserrückhaltebeckens sind unterschiedliche Regendauern und -intensitäten zu berücksichtigen.

Der für die Dimensionierung der Rohrleitungen ausschlaggebende Regen ist ein kurzer Starkregen, bei dem eine große Menge Niederschlag in kurzer Zeit niedergeht. Für die Auslegung des Sickerwasserrückhaltebeckens wird hingegen ein eher lang andauernder Regen mit geringer Intensität ausschlaggebend werden, da hier die Gesamtmenge an Niederschlag über die Zeit größer ist.

Für die Dauer und das Wiederkehrintervall ergeben sich folgende Vorgaben:

- Für die Bemessung der Rohrleitungen in der Bauzeit ist nach [4] ein Bemessungsregen $r_{(15, 1)}$ (Dauer 15 Minuten, jährlich auftretend) anzusetzen.
- Für die Bemessung der Rohrleitungen im Betrieb ist der Bemessungsregen nach [4] in Abhängigkeit von der Art der eingebauten Abfälle zu wählen.
- Aufgrund der Tatsache, dass sich der Niederschlag durch den Kontakt mit dem Deponat in kontaminiertes Deponiesickerwasser wandelt, wird die Deponie in Anlehnung an ein Industrie- bzw. Gewerbegebiet betrachtet und das Sickerwasserrückhaltebecken auf eine Überschreitung der Niederschlagswerte alle 5 Jahre gemäß der DIN EN 752 [5] bemessen.

- Für die Dimensionierung des Sickerwasserrückhaltebeckens wird der maßgebliche Regen mit dem ATV Arbeitsblatt zur Bestimmung von Rückhalteräumen [6] bestimmt.

3 Wasserführung

3.1 Teilflächen

Die multifunktionale Abdichtung wird in drei Teilbereiche unterteilt, die den drei Bauabschnitten entsprechen und in der Anlage 4.1 aufgeführt sind.

3.2 Ableitung des Sickerwassers

-siehe Anlage 4.1

Das auf dem Deponiekörper auftreffende Niederschlagswasser sickert in den Abfall ein und durchsickert den Abfallkörper bis zur Entwässerungsschicht der multifunktionalen Abdichtung.

In der Entwässerungsschicht werden Drainageleitungen verlegt, um das anfallende Sickerwasser aufzunehmen.

Die Drainageleitungen enden an den Durchdringungsbauwerken durch die multifunktionale Abdichtung. Außerhalb der Dichtungsdurchdringungen werden zu den Sickerwassersammelschächten doppelwandige Rohre verlegt. Dabei werden die Leitungen von den Durchdringungsbauwerken in Sickerwassersammelschächte geführt.

Von den Sickerwassersammelschächten aus wird das Wasser in Sammelleitungen gelenkt, über die es zur Sickerwasserzischenspeicherung geführt wird. Dabei wird das Wasser aus der östlichen Erweiterungsfläche entlang der Nordböschung in einer Rohrleitung über die Westböschung bis an die Südböschung geführt und dort in das Sickerwasserrückhaltebecken abgeschlagen. Die Sammelleitungen der Westerweiterung und des Canyonbereichs werden ebenfalls über die Südböschung in das Sickerwasserrückhaltebecken geführt.

3.3 Sickerwasserrückhalt

-siehe Anlage 4.2

Das neu zu schaffende Sickerwasserrückhaltebecken wird südlich der Deponie auf dem nordwestlichen Bereich der befestigten Kompostierungsfläche bzw. der westlich angrenzenden Grünfläche eingerichtet. Das Speicherbecken wird anhand der Planungsvorgaben und den Berechnungsansätzen des DWA-Arbeitsblattes zur Bemessung von Rückhalteräumen [6] bemessen.

Die Zuleitung wird als freier Einlauf über die Beckenkante in das Becken geführt. Der Auslauf erfolgt gedrosselt mit Hilfe eines am Tiefpunkt des Sickerwasserrückhaltebeckens eingebauten Ablaufschachtes in einen Pumpenschacht. Von dort erfolgt die gedrosselte Ableitung des Sickerwassers über einen Induktiven-Durchflussmesser (IDM) zur Volumenstrom- und Volumenmessung in eine Druckrohrleitung. Diese Rohrleitung wird vom Messschacht aus nach Westen verlegt und verläuft außerhalb der Kompostierfläche nach Süden zum Übergabebauwerk. Die dort bereits verlaufende Druckrohrleitung von den Sickerwasserspeichertanks an der Nordseite der Deponie zum Übergabebauwerk wird in die neue

Druckrohrleitung eingebunden. Durch die steuertechnische Einbindung aller Pumpen in die Deponieleit-
warte wird sichergestellt, dass keine Überlastung der Druckleitung oder eine Überschreitung des erlaub-
ten Abgabevolumenstroms in das Schmutzwasserpumpwerk der hanseWasser Bremen GmbH erfolgt.

3.4 Entwässerungsgebiete

Die drei Entwässerungsgebiete weisen unterschiedliche Größen und eine unterschiedliche Anzahl an
Dränageleitungen auf. Für die Bemessung wird für die Rohrleitungen die tatsächliche Aufteilung der Ent-
wässerungsgebiete auf die Rohrleitungen angenommen. In der folgenden Tabelle sind die Kenndaten
der einzelnen Entwässerungsgebiete angegeben:

Tabelle 1: Entwässerungsgebiete

Entwässerungsgebiet	Größe	Anzahl Dränage- leitungen	Maximale Fläche pro Leitung
Canyonbereich	25.135 m ²	5	7.561 m ²
Westliche Erweiterungsfläche	5.748 m ²	2	3.137 m ²
Östliche Erweiterungsfläche	6.808 m ²	2	3.895 m ²

3.5 Entwässerungsschicht

Die auf der Entwässerungsschicht anfallende Sickerwassermenge muss mit den Dränageleitungen in
der Entwässerungsschicht abgeleitet werden, wobei Druckwasserbelastungen zu vermeiden sind. Zur
Bemessung der Flächendränage wird gemäß GDA-Empfehlung E 2-14 eine maximale Sickerwasser-
spende (Tages Spitzenwert) von 10 mm/d angenommen.

3.6 Dränageleitungen

Die in der Dränageschicht gefassten und ablaufenden Sickerwässer treten über die Lochungen der Drä-
nageleitungen in diese ein und werden weitergeleitet. Dabei werden die Dränageleitungen am Fußpunkt
der Abdichtung durch die multifunktionale Abdichtung geführt und außerhalb der Abdichtung über
Schächte und sie verbindende Sammelleitungen zum Sickerwasserrückhaltebecken geleitet.

Der für die Bemessung nach DIN 19667 [4] anzusetzende Bemessungsregen $r_{15(1)}$ (15 minütiger Regen
mit einer jährlichen Wiederholungswahrscheinlichkeit) weist im Planungsgebiet eine Intensität von
100 l/(s · ha) [7] auf.

Die Dränageleitungen weisen dabei gemäß Tabelle 1 Einzugsgebiete von maximal 7.561 m² im Canyon-
bereich auf. In Verbindung mit dem genannten Bemessungsregen ergibt sich damit eine maximale Si-
ckerwassermenge pro Leitungsstrang von 75,61 l/s und ein gesamter Anfall von 251,4 l/s.

Im Bereich der westlichen Erweiterungsfläche haben die beiden Entwässerungsleitungen mit maximal
3.137 m² kleinere Einzugsgebiete und damit einen geringeren Sickerwasseranfall von lediglich 31,4 l/s
in der stärker ausgelasteten Leitung bzw. 57,5 l/s zusammen.

Die beiden Sickerwasserdränageleitungen der östlichen Erweiterungsfläche entwässern zusammen eine Fläche von 6.808 m² und müssen maximal 38,9 l/s bzw. zusammen 68,1 l/s ableiten.

3.7 Oberflächlich abfließendes Wasser

Im Bereich der Abfallablagerung findet ein oberflächlicher Abfluss des auftretenden Niederschlags je nach Durchlässigkeit des eingelagerten Deponats statt. Bei sehr durchlässigen Einlagerungen tritt fast kein Oberflächenabfluss auf und bei stark verdichtet eingebautem Abfall oder bindigem Boden findet fast ausschließlich Oberflächenabfluss statt.

Um den auftretenden oberflächlichen Abfluss besser fassen zu können wird konstruktiv an den Übergängen zu den Rändern der multifunktionalen Abdichtung keilförmig Grobkies eingebaut, der direkt an die Basisentwässerung angebunden ist. Über diese Grobkieskeile wird der Oberflächenabfluss gefasst und zur Sickerwasserfassung abgeleitet.

Für die Bemessung der Entwässerungseinrichtungen wird gemäß Empfehlung des ATV-DVWK-Arbeitsblattes A-118 [8], bei Geländeneigungen größer 4 % und einer großflächigen Belegung (> 50 %) der multifunktionalen Abdichtung mit undurchlässigem Abfall (analog zu einer Versiegelung), ein Bemessungsregen mit 5 Minuten Dauer angesetzt. In diesem Fall beträgt die Bemessungsregenspende 261,6 l/(s·ha). Damit wird der Worst-Case für den Einbaubetrieb betrachtet.

Der abflusswirksame Niederschlag ist im Wesentlichen abhängig von:

- dem Anteil der befestigten (undurchlässigen) Flächen
- der Art der Versiegelung
- der Geländeneigung
- der Regenstärke und –dauer und
- der Bodenart und des Bewuchses (durchlässige Flächen).

Zur Berücksichtigung dieser Einflussfaktoren wird der Spitzenabflussbeiwert ψ nach dem ATV-DWA Arbeitsblatt 118 [8] herangezogen. Der maßgebliche Oberflächenabfluss ergibt sich somit zu:

$$Q_{AEi} = r_{T(n)} \cdot \psi \cdot AE_i$$

mit:

- Q_{AEi} : Oberflächenabfluss des Einzugsgebietes AE_i [l/s]
 r : Bemessungsregenspende [l/(s · ha)], hier: 261,6 l/(s · ha)
 T : Bemessungsregendauer [min], hier: 5 min
 n : Häufigkeit [1/a], hier: 0,2 (einmal in fünf Jahren)
 ψ : Abflussbeiwert [-]
 hier: $\psi = 0,1$ für nicht versiegelte Böschungen, 4% > Neigung > 10 %
 hier: $\psi = 0,2$ für nicht versiegelte Böschungen, Neigung > 10 %
 hier: $\psi = 0,9$ für stark verdichteten, undurchlässigen Abfall bzw. eine nicht belegte Entwässerungsschicht
 AE_i : Fläche des Einzugsgebietes [ha]

Nach Herstellung der multifunktionalen Abdichtung ergeben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Teilflächen der einzelnen Teileinzugsgebiete.

4 Bemessung der Entwässerungssysteme

4.1 Entwässerungsschicht

Die anfallende Sickerwassermenge muss mit den innerhalb der Dränageschicht verlegten Dränageleitungen abgeleitet werden. Da die seitlichen Zulaufängen zur Dränage in Teilbereichen die nach DIN 19667 vorgegebenen Strecken von 15 m überschreiten (vorhandene Zulaufängen von bis zu 50 m im Randbereich an den Böschungen), muss die Leistungsfähigkeit der Entwässerungsschicht rechnerisch nachgewiesen werden.

Der hydraulische Nachweis erfolgt für die gewählte Mächtigkeit der Entwässerungsschicht von 0,3 m und Berechnung der maximalen Zulaufänge zur Dränage bei ausgewählten Flächenneigungen nach *Lesaffre*. Diese ergibt sich zu:

$$\frac{l'_a}{h'_{\max}} = \left[\frac{4 \cdot k_x}{v_n} + \left(\frac{k_x}{v_n} - 1 \right)^2 \cdot (\tan \alpha)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

mit

- l'_a : Zulaufänge zur Dränageleitung [m]
- h'_{\max} : maximaler Aufstau über der Sohle [m]
- k_x : Durchlässigkeitsbeiwert in x-Richtung [m/s]; hier $1 \cdot 10^{-3}$ m/s
- v_n : Dränspende auf der Entwässerungsschicht [m/s]; hier $1,2 \cdot 10^{-7}$ m/s

Demnach ergeben sich unter den o.g. Bemessungsannahmen die nachfolgend aufgeführten maximalen Zulaufängen, bei deren Unterschreitung der Wassereinstau in der Entwässerungsschicht kleiner ist als deren Schichtdicke (0,30 m).

Neigung	maximale Zulaufänge
1 : 33,3	92,90 m
1 : 25	114,00 m
1 : 20	136,50 m
1 : 13	199,90 m
1 : 10	255,90 m
1 : 4	627,30 m
1 : 3	835,00 m

Die Neigung der Entwässerungsschicht ist im Bereich der Osterweiterung mit der minimalen Längsneigung von ca. 4% (1:25) bei einer Querneigung von 3% geplant. Dabei ist der größte Anfall an Sickerwasser auf der Entwässerungsschicht zu Beginn der Ablagerung mit keiner oder nur geringer Abfallüberdeckung zu erwarten. Zu diesem Zeitpunkt sind noch keine Setzungen zu erwarten, so dass eine Mindestneigung von 1:20 (5%) als Resultierende aus der Längs- und Querneigung durchgängig vorhanden ist.

Nach Abklingen der Setzung ist eine Querneigung zur Drainageleitung von 3% und eine Längsneigung der Drainageleitung von mindestens 1% sicherzustellen, so dass die resultierende Neigung minimal bei 1:25 (4%) liegen wird. Die maximal mögliche Zulaufänge bei einer 30 cm dicken Entwässerungsschicht liegt entsprechend bei 114 m. Dem stehen vorhandene Zulaufängen in der Entwässerungsschicht zur Entwässerungsleitung von maximal 50 m (s. o.) gegenüber, womit die Entwässerungsschicht zu weniger als der Hälfte ausgelastet wird.

Die Längsneigung der multifunktionalen Abdichtung ist während der Bauphase in den beiden anderen Entwässerungsgebieten größer als in der Osterweiterung und auch hier müssen die 3 % bzw. 1 % Neigung im Endzustand eingehalten werden. Somit ist in keinem der Entwässerungsgebiete mit einem vollständigen Einstau bzw. einer Überlastung der Entwässerungsschicht zu rechnen.

Sollten die noch ausstehenden Setzungsprognosen in Teilbereichen zu geringeren Neigungen führen, ist im Rahmen der Ausführungsplanung eine Anpassung der Profilierung (Einplanung eines Vorhaltemaßes) im entsprechenden Bereich vorgesehen.

4.2 Dränageleitungen

-siehe Anlage 4.1

Die in der Dränageschicht verlegten Dränageleitungen DN 300 sind aufgrund der Profilierung der multifunktionalen Abdichtung nach Abklingen der Setzungen mit einem minimalen Gefälle von mindestens 1% verlegt und weisen bei einer betrieblichen Rauigkeit von $k_b = 1,0$ mm eine Ableitfähigkeit von mehr als 104 l/s auf.

Damit ist eine Leitung in der Lage den nach DIN 19667 anzusetzenden Bemessungsregen $r_{15, 1}$, welcher im Planungsgebiet eine Intensität von 100 l/(s · ha) aufweist, von einer 10.400 m² großen Fläche abzuleiten.

Die einzelnen Leitungsstränge weisen in allen drei Teilgebieten deutlich kleinere Einzugsgebiete auf (siehe Tabelle 1), so dass die Leistungsfähigkeit ausreichend ist.

4.3 Sickerwasserleitungen zum Sickerwasserspeicher

-siehe Anlage 4.1

Die weitere Ableitung des in den Dränageleitungen gefassten Sickerwassers erfolgt von den Sickerwasserschächten am Ende der Dränageleitungen aus über Sammelleitungen zum Sickerwasserrückhaltebecken. Die Ableitung des Sickerwassers aus der östlichen Erweiterung erfolgt dabei, wie bereits beschrieben, über die Nord- und Westböschung des Deponieabschnittes der Klasse III zum Sickerwasserrückhaltebecken an der südwestlichen Böschung.

Die Sickerwasserschächte werden als PE-Schächte mit DN 2000 ausgeführt. Die Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Sammelschächten werden mit einer ausreichenden Neigung verlegt, um die erforderliche hydraulische Ableitfähigkeit sicherzustellen.

In der folgenden Tabelle werden die anfallenden Sickerwassermengen der einzelnen Entwässerungsleitungen und die erforderlichen Leitungsquerschnitte bei den einzuhaltenden Mindestneigungen angegeben. Die anfallenden Sickerwassermengen errechnen sich aus den Einzugsgebieten der einzelnen Dränageleitungen und der anfallenden Niederschlagsmenge nach der Formel in Kapitel 3.7. Hier wird der Worst-Case betrachtet, d. h. mit einer Belegung der Gesamtfläche mit bindigem Abfall (Befestigung >50%) und der sich daraus ergebenden Niederschlagsspende von 261,6 l/(s ha) bei einem 5-minütigem Regenereignis. Die erforderlichen Leitungsquerschnitte wurden anschließend anhand eines Tabellenwerkes [9] festgelegt.

Tabelle 2: Leitungsquerschnitte

Entwässerungsgebiet	Drainageleitungen	Einzugsgebiet	Abflussbeiwert	anfallendes Sickerwasser	minimal anzunehmende Leitungsneigung	erforderlicher Leitungsquerschnitt
Canyonbereich	1	7.561 m ²	0,9	178 l/s	1,1%	350 mm
	2	12.247 m ²	0,9	288 l/s	2,8 %	350 mm
	3	16.727 m ²	0,9	394 l/s	5,2 %	350 mm
	4	21.000 m ²	0,9	494 l/s	8 %	350 mm
	5	25.135 m ²	0,9	592 l/s	Min 12,5 % 1:6,6667 auf der Außenböschung (15 %) 607 l/s	350 mm
Westliche Erweiterungsfläche	7	3.137 m ²	0,9	74 l/s	3,5 %	200 mm
	6	5.748 m ²	0,9	135 l/s	9 % auf der Außenböschung	250 mm
Östliche Erweiterungsfläche	9	3.895	0,9	92 l/s	1,75 %	250 mm
	8	6.808 m ²	0,9	160 l/s	2,3 %	300 mm

Auf den Außenböschungen verlaufen die Leitungen aufgrund der räumlichen Anforderungen nicht in maximaler Fallrichtung. Die Sammelleitung aus dem Canyonbereich kreuzt die neue Auffahrt westlich des letzten Sammelschachtes. Die beiden Sammelleitungen der Erweiterungsflächen verlaufen bereits unterhalb der Auffahrt und auch sie verlaufen nicht mit der maximal möglichen Neigung, um Steilstrecken in den Leitungen zu vermeiden.

Die Ableitungen aus dem Canyonbereich und den Erweiterungsflächen treffen sich auf der Deponieaußenböschung und werden von dort gemeinsam über einen Damm von der Deponieböschung über den Randwall des Sickerwasserrückhaltebeckens geführt (siehe Anlage 4.2).

Der Austritt aus den Leitungen in das Becken erfolgt als freier Auslauf, so dass die Rohrleitungen jederzeit leerlaufen können und keine Gefahr einer Leitungsbeschädigung durch Eisbildung bei einsetzen dem Frost besteht.

Alle Leitungen wurden mit einer betrieblichen Rauigkeit von $k_b = 0,4$ mm berechnet, was einer gealterten PE-Leitung entspricht. Damit ist sichergestellt, dass auch nach längerem Betrieb die Ableitung des im Bemessungsfall anfallenden Sickerwassers sicher in das Sickerwasserrückhaltebecken erfolgt.

4.4 Nachweis des Sickerwasserrückhaltebeckens

Die Auslegung des erforderlichen Rückhaltevolumens erfolgt nach dem DWA Arbeitsblatt A117 [6]. Dabei sind auch die langandauernden Niederschlagsereignisse mit geringer Intensität zu betrachten, da diese aufgrund der längeren Niederschlagsdauer mit einer insgesamt größeren Niederschlagsmenge für Rückhaltevolumina eher maßgebend werden.

Für die Bemessung des erforderlichen Regenwasserrückhaltevolumens nach den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA-A 117 [6] sind maßgebend:

- Gesamtfläche des Einzugsgebietes
- Mittlerer Abflussbeiwert
- Vorgegebener maximaler Drosselabfluss
- Vorgegebene Überschreitungshäufigkeit

Die gesamte Einzugsgebietsfläche beläuft sich nach Fertigstellung der multifunktionalen Abdichtung entsprechend der Tabelle 1 auf 37.691 m².

Der für die Bemessung entscheidende Abflussbeiwert erfasst die offenliegende Entwässerungsschicht direkt nach dem Bau, bei der der Niederschlag direkt in die Dränleitungen abläuft oder eine Belegung der Flächen mit einem stark verdichteten oder bindigem Abfall, der eine Versickerung in den Abfallkörper nicht oder nur geringfügig zulässt. Hier läuft nahezu der gesamte Niederschlag als Oberflächenabfluss in die Sickerwasserfassung. Für diese Fälle wird der Abflussbeiwert auf 0,9 festgelegt.

Da das Sickerwasserrückhaltebecken nicht überdacht wird, ist die gedichtete Fläche des Beckens in der Berechnung als zusätzliches Einzugsgebiet mit einem Abflussbeiwert von 1,0 anzusetzen. Das Becken ist als Erdbecken mit einer Öffnungsgröße an der Böschungsoberkante von 1309 m² vorgesehen.

Damit ergibt sich für die Bemessung des Sickerwasserrückhaltebeckens eine abflusswirksame Fläche A_u von **3,5230 ha** für die Dichtungsfläche (einschließlich der Beckenfläche von 0,1309 ha).

Die maximal zulässige Drosselabflussspende aus dem Sickerwasserrückhaltebecken zum Übergabebauwerk ergibt sich als Differenz aus der erlaubten Einleitmenge in das Schmutzwassernetz zur bereits genutzten Einleitmenge. Entgegen der Vorplanung steht aufgrund von Änderungen im Bereich der Oberflächenabdichtung für die Sickerwasserableitung aus der multifunktionalen Abdichtung nur noch ein Volumenstrom von 4 l/s zur Verfügung. Dies führt im Vergleich zur Vorplanung zu einem deutlich größeren erforderlichen Sickerwasserspeichervolumen.

Die Überschreitungshäufigkeit für die Auswahl des Bemessungsniederschlags wurde aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dem ablaufendem Wasser nach dem Kontakt zum Deponat um Deponiesickerwasser handelt und die Deponie einem Gewerbe- bzw. Industriegebiet vergleichbar ist, nach den Vorgaben des Arbeitsblattes DWA A-118 [8] auf einmal in fünf Jahren festgelegt.

Es wurde weiterhin der Zuschlagsfaktor f_z auf 1,2 (geringes Risikomaß) festgelegt, da ein Austritt von Sickerwasser aufgrund der angrenzenden Oberflächengewässer unbedingt zu vermeiden ist.

Für die Berechnung des erforderlichen Rückhaltevolumens wurden die Regenreihen aus dem KOSTRA-Atlas [7] für das Gebiet der Blocklanddeponie angesetzt (Zeile 27, Spalte 26). Die Berechnung erfolgte

nach dem Arbeitsblatt DWA-A 117 [6] mit dem Bemessungsprogramm ATV-A138.XLS vom Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH.

Aus der Differenz von Zulauf und Ablauf am Rückhaltebecken ergibt sich das erforderliche Rückhaltevolumen. Dieses berechnet sich entsprechend der nachfolgenden Formel:

$$V_{s,u} = (r_{D(n)} - q_{dr}) \cdot D \cdot f_z \cdot f_A \cdot 0,06 \text{ [m}^3\text{/ha]}$$

mit

- $V_{s,u}$ Spezifisches Speichervolumen, bezogen auf A_u [m³/ha],
- $r_{D(n)}$ Regenspende der Dauerstufe D und der Häufigkeit n [l/(s· ha)],
- q_{dr} Regenanteil der Drosselabflussspende, bezogen auf A_u [l/(s· ha)],
- D Dauerstufe [min],
- f_z Zuschlagsfaktor für das Risikomaß [-],
- f_A Abminderungsfaktor [-] in Abhängigkeit von t_f , $q_{Dr,r,u}$ und n, in diesem Fall = 1,0
- 0,06 Dimensionsfaktor zur Umrechnung von l/s in m³/min.

Die Ergebnisse der Bemessung sind in der folgenden Tabelle angeführt.

Tabelle 3: Berechnung des erforderlichen Rückhaltevolumens

Rückhalteraum:

Erforderliches Rückhaltevolumen für Deponiesickerwasser aus dem Deponieabschnitt der Klasse I im Canyonbereich der Blocklanddeponie

Eingabedaten: $V_{s,u} = (r_{D(n)} - q_{dr}) \cdot D \cdot f_z \cdot f_A \cdot 0,06$ mit $q_{dr} = (Q_{dr,RRB} + Q_{dr,RÜB} - Q_{t24}) / A_u$

Einzugsgebietsfläche	A_E	m ²	39.000
Abflussbeiwert gem. Tabelle 2 (DWA-A 138)	Ψ_m	-	0,9034
undurchlässige Fläche	A_u	m ²	35.231
Drosselabfluss	Q_{dr}	l/s	4,0
Drosselabflussspende bezogen auf A_u	q_{dr}	l/(s ha)	1,1
gewählte Regenhäufigkeit	n	1/Jahr	0,2
Zuschlagsfaktor	f_z	-	1,2
Abminderungsfaktor	f_A	-	1,0

Ergebnisse:

maßgebende Dauer des Bemessungsregens	D	min	1440
maßgebende Regenspende	$r_{D,n}$	l/(s*ha)	5,6
erforderliches spezifisches Speichervolumen	$V_{erf,s,u}$	m³/ha	463
erforderliches Speichervolumen	V_{erf}	m³	1631

Das für die Zwischenspeicherung vorgesehene Becken soll im Bereich zwischen der Asphaltbefestigung der Kompostierfläche im Osten, dem Deponierandgraben im Norden und Westen und dem Zaun bzw. dem Tor im Süden angelegt werden. Dieser Standort wurde ausgewählt, da dort keine Leitungen überbaut und keine Betriebsflächen der Kompostierungsfläche belegt werden.

Es wird eine Grundfläche an der Beckensohle von ca. 1.070 m² m aufweisen und einen Wassereinstau von 1,5 m als maximale Betriebsfüllhöhe bei 1,60 m Beckentiefe aufnehmen können. Damit ist ein Einstau von mehr als 1.765 m³ möglich. Der vorhandene Freibord von 10 cm ermöglicht dabei eine weitere Aufnahme von mehr als 125 m³.

Die Umrandung des Speicherbeckens soll mit einem Erdwall erfolgen, da eine Wand aus Betonblocksteinen bei der erforderlichen Tiefe ohne eine zusätzliche Erhöhung (Zusatzaufast) und Bodenhinterfüllung nicht standsicher aufgebaut werden kann. Durch die erforderliche Erhöhung und die zusätzliche Bodenhinterfüllung erhöhen sich die Kosten und der Flächenbedarf für diese Art der Ausführung jedoch soweit, dass eine Einfassung mit einem Erdwall bei ähnlichem Platzbedarf günstiger herzustellen ist. Außerdem ist eine Rettung von in das Becken gelangten Personen über eine Böschung einfacher, als über eine lotrechte Außenwand, wie sie durch eine Blocksteinwand entstehen würde.

Mit der Herstellung des Sickerwasserrückhaltebeckens kann für die multifunktionale Abdichtung in allen Bauzuständen, unter Einhaltung des genehmigten Einleitvolumenstromes, ein ausreichend großes Sickerwasserrückhaltevolumen zur geregelten Ableitung des Sickerwassers in die Schmutzwasserkanalisation sichergestellt werden.

4.5 Ableitung zum Übergabebauwerk

Die Ableitung aus dem Sickerwasserrückhaltebecken zum Übergabebauwerk erfolgt aufgrund der begrenzten Aufnahmekapazität des Schmutzwassernetzes mit einem maximalen Volumenstrom von 4 l/s.

Aufgrund der in der am Rande der Kompostierfläche gelegenen, potentiellen Leitungstrasse vom Sickerwasserrückhaltebecken zum Übergabebauwerk vorhandenen Hindernisse wird für die Ableitung des Sickerwassers eine neue Druckrohrleitung westlich der Fläche der Kompostierung verlegt.

Die von den Sickerwasserspeichertanks an der Nordseite der Blocklanddeponie zum Übergabebauwerk verlaufende Leitung wird in die neu herzustellende Leitung eingebunden. Die Einbindung in die Leitung findet südwestlich des neu zu erstellenden Sickerwasserspeicherbeckens statt. Die geplante Leitungstrasse ist in der Anlage 4.2 dargestellt.

Durch die Zusammenführung der Leitungen werden die gefassten Sickerwässer aus dem Deponieabschnitt der Klasse III und dem Deponieabschnitt der Klasse I-Bestand zusammen mit den Sickerwässern aus dem neu zu erstellenden Deponieabschnitt der Klasse I-Canyon zum Übergabebauwerk abgeleitet.

Die Einspeisung des Sickerwassers aus dem Speicherbecken in die neue Druckrohrleitung erfolgt durch eine in einem neben dem Sickerwasserspeicherbecken angeordneten Schacht verbaute, trocken aufgestellte Pumpe.

In die Leitung wird ein induktiver Durchflussmesser (IDM) eingebaut. Dadurch können die Einleitmenge und der Einleitvolumenstrom kontrolliert und dokumentiert werden.