



Deponie Profen Nord

**Errichtung einer Deponie der
Deponieklasse I**

Bemessung der Sickerwasserhaltung

Projekt-Nr.: **227629**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:
MUEG
**Mitteldeutsche Umwelt-
und Entsorgung GmbH**
Geiseltalstraße 1
096242 Braunsbedra

Dipl.-Ing. Grit Renker,
Mareike Zurmühl, M.Sc.

2023-11-06

INHALTSVERZEICHNIS

1	VORBEMERKUNG UND AUFGABENSTELLUNG	6
2	UNTERLAGEN UND TECHNISCHE REGELWERKE.....	7
2.1	Unterlagen.....	7
2.2	Normen und Regelwerke.....	7
3	BESCHREIBUNG DER SICKERWASSERHALTUNG.....	8
3.1	Grundlegendes Konzept.....	8
3.2	Anforderung an die Sickerwasserhaltung	10
3.3	Deponiebereiche	10
3.4	Sickerwasserbecken	11
3.5	Sickerwasserleitungen.....	12
3.6	Entwässerungsschicht.....	13
3.7	Sickerwasserbehandlung	13
4	ERMITTLUNG SPEICHERVOLUMEN	14
4.1	Bewirtschaftung Abfallablagerung und Sickerwasserbecken	14
4.2	Maßgebliche Regenfälle und Abflussbeiwerte gemäß Merkblatt 3.6/4	15
4.3	Sickerwasserflächen	16
4.4	Maßgebliche Berechnungsszenarien.....	16
4.5	Ergebnis Speichervolumen Sickerwasserbecken	20
5	HYDRAULISCHE NACHWEISE	22
5.1	Hydraulischer Nachweis Gleichwertigkeit der Drainageschicht.....	22
5.1.1	Grundlagen Nachweisführung	22
5.1.2	Ergebnis	23
5.2	Abflussleistung und Füllungsgrad Sickerwasserrohr.....	24
5.2.3	Grundlagen der Nachweisführung	24
5.2.4	Ergebnisse	26
5.3	Abflussleistung Sickerwasserableitung im Randwall.....	29
5.3.1	Ermittlung Bemessungsabflüsse	29
5.3.2	Bemessung Rohrdurchmesser	30
5.4	Statische Nachweise	31

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 3.1: Deponiebereich Nord, UK Entwässerungsschicht mit Sickerwasserfassungssystem	9
Abbildung 3.2: Deponiebereich Süd, UK Entwässerungsschicht mit Sickerwasserfassungssystem	9
Abbildung 3.3: Deponiebereiche: Nord (blau/türkis) Süd (gelb/orange).....	11
Abbildung 4.1: Entwicklung Deponie zum Zeitpunkt Inbetriebnahme DA 3 (Szenario Nord 5) [U3].....	18
Abbildung 4.2: angenommene Deponieentwicklung, links: Inbetriebnahme DA 4 Mitte: Inbetriebnahme SW-S 05 rechts: Inbetriebnahme SW-S 07	20

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 3.1: Anforderung gemäß DIN 19667:2015-08	10
Tabelle 4.1: Maßgebliche Regenfälle gem. Merkblatt 3.6/4 [N2]	15
Tabelle 4.2: Maßgebliche Abflussbeiwerte gemäß Merkblatt 3.6/4 [N2].....	15
Tabelle 4.3: Sickerwasserflächen	16
Tabelle 4.4: Szenarien Sickerwasseranfall Deponiebereich Nord	17
Tabelle 4.5: Szenarien Sickerwasseranfall Deponiebereich Süd	19
Tabelle 4.6: Maßgebliche kumulierte Sickerwassermengen Deponiebereiche Nord und Süd	21
Tabelle 5.1: Sickerwasserspenden nach Bemessungsfall [N3]	22
Tabelle 5.2: Zusammenfassung Ergebnisse Nachweise Sickerwasserleiter	26
Tabelle 5.3: Sickerwassersammelleitungen.....	30
Tabelle 5.4: Zusammenstellung Dimensionierungswerte Sickerwasserableitung im Randwall unter Berücksichtigung $r(15,1)$ gem. KOSTRA	30

FORMELZEICHEN

Formel- zeichen	Mengen- einheit	Bezeichnung
ψ	-	Abflussbeiwert
q_s	$l/(s \cdot ha)$	Regenspende
I_E	m/m	Gefälle
l_{SWL}	m	Geschlitze Länge maßgebender SWL
A	m^2	Fläche: Schnittfläche der Dränage
A_E	m^2	Fläche: Einzugsgebiet (Feld Sammler, offene Ablagerungsfläche)
a_{max}	m	Höhe: Maximaler Einstau Drainageschicht
a_{Soll}	m	Höhe: Mächtigkeit Drainageschicht
A_U	m^2	Fläche: undurchlässige Fläche
d	m	Schichtmächtigkeit
$d_{drän}$	m	Höhe: Mächtigkeit der Entwässerungsschicht
d_i	m	Innendurchmesser
h	m	Höhe: Fließtiefe
h_N	mm/d	Niederschlagshöhe
i	m/m	Hydraulischer Gradient / Quergefälle
k_b	m	betriebliche Rauheit
k_f	m/s	Durchlässigkeit Entwässerungsschicht (Endzustand)
l_a	m	Länge: Maximale Anstromlänge
Q_{Bem}	l/s	Volumenstrom: Bemessungsabfluss (max. Drainagespende BAD)
Q_{Bem}/Q_{Voll}	-	Abflussverhältnis
Q_{max}	l/s	Volumenstrom: Maximaler Abfluss
Q_{Teil}	l/s	Volumenstrom: Teilfüllleistung der Rohrleitung bis geschlitzten Rohrbereich
Q_{Voll}	l/s	Volumenstrom: Vollfüllleistung der Rohrleitung
$r_{(xxh),a}$	$l/(s \cdot ha)$	Regenspende gem. KOSTRA (Regendauer [h], Wiederkehrhäufigkeit [a])
Q_{zu}	$l/(s \cdot ha)$	Volumenstrom: konstanter Zufluss
V_{erf}	m^3	Volumen: erforderliches Speichervolumen
V_{max}	M^3	Volumen: maximal anfallendes Volumen Sickerwasser
g	m/s^2	Gravitation
q_s	$l/(s \cdot ha)$	Sickerwasserspende
q_{erf}	$l/(s \cdot m)$	Erforderliche Wasserableitungskapazität
q_{vorh}	$l/(s \cdot m)$	Vorhandene Wasserableitungskapazität
$q_{zu} (xx,a)$	mm	Niederschlagshöhe gem. KOSTRA(Regendauer [h], Wiederkehrhäufigkeit [a])
ν	m^2/s	Kinematische Viskosität

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Lageplan

- 3-00-001 Übersichtslageplan Sickerwasserflächen (M1:2000)
- 3-00-002 Deponiebereich Nord, Lageplan Sickerwasserfassung (M1:1000)
- 3-00-003 Deponiebereich Süd, Lageplan Sickerwasserfassung (M1:1000)

Anlage 2 Sickerwasserprognose

Dimensionierung Sickerwasserbecken – Ermittlung Gesamtvolumen

Anlage 3 Hydraulische Bemessungen

- Anlage 3.1 Gleichwertigkeitsnachweis Leistungsfähigkeit der Drainageschicht (Aufstauhöhe, Ableitungskapazität und zulässige Haltungslänge) aufgrund Abweichung von Regelbauweise
- Anlage 3.2 Dimensionierung Sickerwasserleitung (SWL)
- Anlage 3.3 Dimensionierung Sickerwassersammelleitung (SWSL)
- Anlage 3.4 Auszug KOSTRA

Anlage 4 Darstellungen Einbaufortschritte gem. Betriebskonzept (MUEG)

Korrektur: 17.06.2024 – redaktionelle Korrektur einzelner Zahlenangaben Tab. 4.3

1 VORBEMERKUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Die MUEG Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH plant auf Kippengelände des Braunkohlentagesbaus Profen die Errichtung und den Betrieb einer Deponie der Deponieklasse I (DKI) zur Ablagerung von mineralischen Abfällen. Die Anlage wird als Deponie Profen Nord bezeichnet.

Es ist vorgesehen, eine technische geologische Barriere und eine Basisabdichtung gemäß Anforderungen der Deponieverordnung (DepV) zu errichten. Das anfallende Sickerwasser wird über ein Entwässerungssystem gefasst, zwischengespeichert und einer Behandlungsanlage zugeführt.

Grundlage der Betrachtungen bildet die planerische Gestaltung des Deponieplanums zur Gewährleistung einer dauerhaften Ableitung des Sickerwassers unterhalb des künftigen Abfallkörpers im freien Gefälle. Zur Optimierung des Fassungssystems wurde ein Abstand zwischen den Sickerwasserleitern von max. 60 m gewählt.

Die Funktionalität des Sickerwasserfassungssystems ist hydraulisch nachzuweisen. Die Bemessung erfolgte anhand gültiger Normen, Richtlinien und empfohlenen Vorgehensweisen. In den nachfolgenden Kapiteln sind die folgenden Nachweise und Bemessungen zusammengestellt:

- Hydraulischer Nachweis der Leistungsfähigkeit der Entwässerungsschicht,
- Nachweis der Einstauhöhe in der mineralische Entwässerungsschicht,
- Bemessung der Sickerwasserleitung als Teilsickerrohr,
- Bemessung der Sickerwasserwassersammelleitung als Vollrohr,
- Ermittlung des erforderlichen Stapelvolumens in den Sickerwasserspeicherbecken.

Der statische Nachweis der Rohrleitungen und Schächte sowie die Planung der technischen Ausrüstung (Absturzsicherung, Leitern, Pumpen etc.) erfolgt im Rahmen der Ausführungsplanung.

2 UNTERLAGEN UND TECHNISCHE REGELWERKE

2.1 Unterlagen

- [U1] KOSTRA- DWD 2020, Rasterfeld Spalte 174, Zeile 135
- [U2] DWD, Deutscher Wetterdienst; langjährige Mittelwerte, 18.10.2022
- [U3] MUEG, Darstellung Einbaufortschritte gem. Betriebskonzept, 27.07.2023, ergänzt 02.08.2023
- [U4] MUEG- korrigierte Setzungsprognose, übergeben am 26.05.2023
- [U5] MUEG, Wetterdaten Profen, Stand Mai 2023

2.2 Normen und Regelwerke

- [N1] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV), Artikel 1 der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts, 27. April 2009
- [N2] Merkblatt Nr. 3.6/4, Ableitung und Speicherung von Deponiesickerwasser – Möglichkeiten, Bemessungsansätze, technische Anforderungen, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Februar 2015
- [N3] GDA-Empfehlung E 2-14 Basisentwässerung von Siedlungsabfalldeponien, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT), April 2010
- [N4] GDA-Empfehlung E 2-20 Entwässerungsschicht in Oberflächenabdichtungssystemen, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT), Mai 2015
- [N5] DIN 19667:2015-08, Dränung von Deponien – Planung, Bauausführung und Betrieb, DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), August 2015
- [N6] SKZ/TÜV-LGA Güterichtlinie – Rohre, Schächte und Bauteile auf Deponien, TÜV Rheinland/LFA Bautechnik, Juni 2017
- [N7] DWA-A 110, hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschafts, Abwasser und Abfall e. V, August 2006
- [N8] DIN 4266-1:1992-1, Sickerrohr für Deponien – Teil 1: Sickerrohre aus PVC-U, PE-HD und PP, Anforderungen, Prüfung und Überwachung, DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW), Januar 1992
- [N9] Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

3 BESCHREIBUNG DER SICKERWASSERHALTUNG

3.1 Grundlegendes Konzept

Für die Ableitung des Sickerwassers aus dem Ablagerungsbereich wurde ein Konzept unter Berücksichtigung der folgenden Maßnahmen entworfen:

- Setzungsempfindlichkeit,
- reduzierte Anzahl an Leitungs- und Schachtelementen,
- Möglichkeit der Ableitung des Sickerwassers im freien Gefälle,
- Zugang für Reinigungs- und Wartungsarbeiten

Unter den genannten Aspekten soll die Ableitung des Sickerwassers dauerhaft in freiem und mit ausreichendem Gefälle erfolgen. Dabei ist eine funktionale Teilung der Sickerwasserfassung zwischen dem Deponiebereich Nord und dem Deponiebereich Süd vorgesehen. Durch diese Trennung des Sickerwasserfassungssystems wird die Anlage von zwei Sickerwasserbecken notwendig.

Der Verlauf der geplanten Rohrleitungen, Anordnung der Schächte und Kontrollstutzen sind den Plänen des Genehmigungsantrages zu entnehmen. Einen Überblick geben Anlage 1 und die nachfolgenden Abbildungen.

Für den Abfluss zwischen den Schächten ist eine direkte Verlegung der Sickerwasserleiter (SWL) im Randwall vorgesehen. Zur Kontrolle und Reinigung sind beide Seiten der Sickerwasserleiter und Sickerwasserableitungen über Schächte (SWS) und Kontrollstutzen (KS) zugänglich.

Die Setzungen des Deponieplanums wurden prognostiziert [U4]. Anhand der ausgewiesenen Setzungsbeträge sind die Leitungen je nach Anforderung zu überhöhen.

Mit fortschreitender Deponieverfüllung und Fertigstellung der einzelnen Deponiefelder, werden die dazu kommenden Sickerwasserleiter und Schächte sukzessive vorlaufend hergestellt und angebunden. Bis zum Beginn der Befüllung der einzelnen Deponiefelder (entspricht der Sickerwasserfläche bzw. dem Einzugsgebiet, das als zusammenhängende Fläche je eine SWL bzw. Sickerwasserschacht entwässert) werden die Sickerwasserleiter mit Schiebern verschlossen. Das im Deponiefeld anfallende Niederschlagswasser kann so separat gefasst und abgeleitet werden.

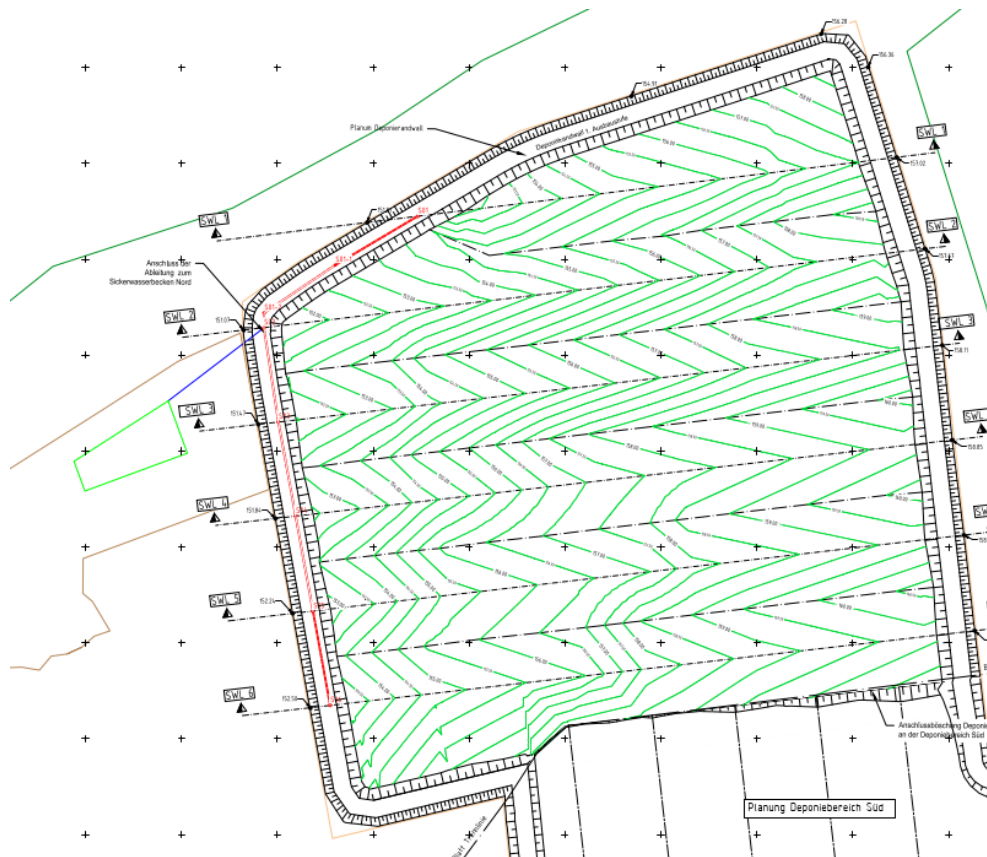


Abbildung 3.1: Deponiebereich Nord, UK Entwässerungsschicht mit Sickerwasserfassungssystem

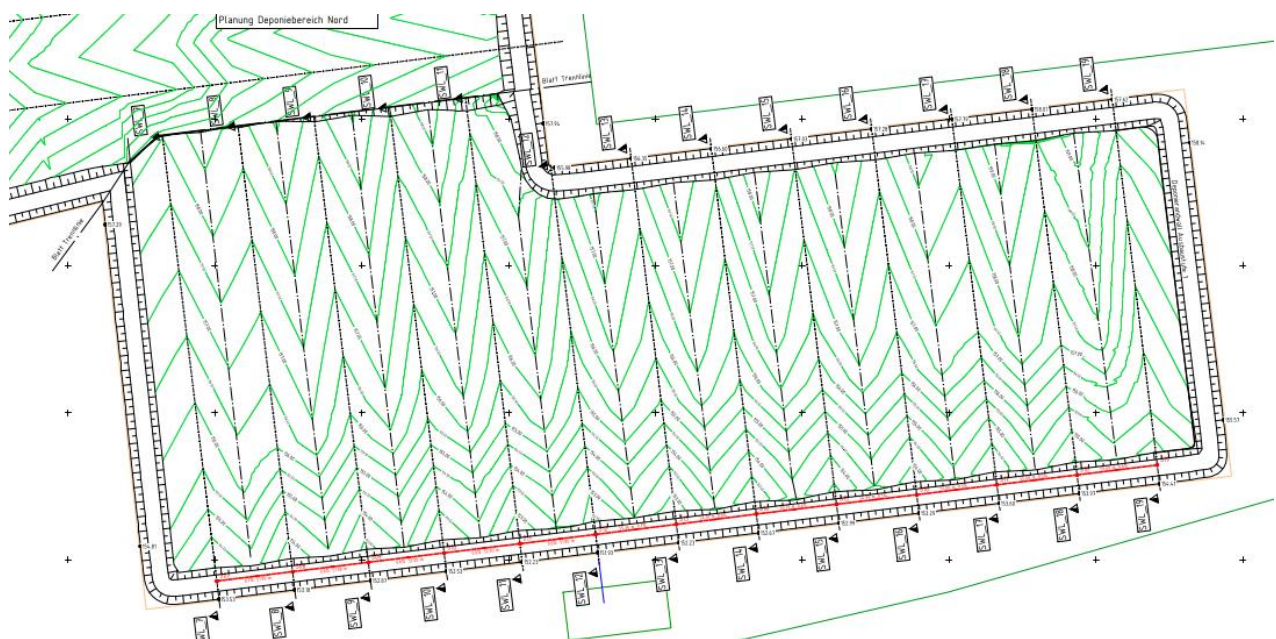


Abbildung 3.2: Deponiebereich Süd, UK Entwässerungsschicht mit Sickerwasserfassungssystem

3.2 Anforderung an die Sickerwasserhaltung

Zur Vermeidung eines unzulässigen Sickerwasseraufstaus durch Inkrustationsprozesse im Deponiekörper, ist das anfallende Sickerwasser langzeitsicher und dauerhaft in freiem Gefälle abzuleiten. Die Planung des Basisentwässerungssystems erfolgt gemäß der Regelwerke [N1], [N5] und Empfehlung [N3] und besteht aus den Komponenten:

- Entwässerungsschicht aus hydraulisch geeignetem Material ($k_f \geq 10^{-3}$ m/s),
- Sickerwasserleiter (geschlitztes Teilsickerrohr und Vollrohr) zur Ableitung der Sickerwassers aus dem Deponiekörper,
- Sickerwasserschächte und Kontrollstutzen,
- Sickerwasserableitungen (Vollrohr),
- Sickerwasserspeicher-/ -stapelbecken

Gemäß DIN 19667 [N5] gelten die in der folgenden Tabelle genannten konstruktiven Mindestanforderungen für die Planung der Sickerwasserleiter des Basisentwässerungssystems.

Tabelle 3.1: Anforderung gemäß DIN 19667:2015-08

Komponente	Anforderung gemäß DIN 19667:2015-08
Längsgefälle der Rohrleitung	$\geq 1 \%$
Quergefälle der Basis	$\geq 3 \%$
Zulaufänge	≤ 15 m
Innendurchmesser Rohr	≥ 250 mm

Die angegebenen Gefälle sind auch nach Abklingen der Setzungen zu gewährleisten. Das Deponieplanum wird entsprechend dieser Vorgaben dachprofilartig gestaltet und zur dauerhaften Gewährleistung der erforderlichen Mindestgefälle auf Grundlage der Ergebnisse der Setzungsprognose [U4] überhöht. Für die Nachweisführungen und hydraulische Bemessung werden die oben genannten Mindestgefälle nach Abschluss der Setzungen angesetzt.

3.3 Deponiebereiche

Die Deponie ist in zwei Entwässerungsbereiche aufgeteilt:

- Deponiebereich Nord:
Fläche: ca. 14,0 ha; Deponieabschnitte 1-3, Deponiefelder 1-6
- Deponiebereich Süd:
Fläche: ca. 16,9 ha; Deponieabschnitte 4-6, Deponiefelder 7-19

Die Deponiebereiche sind baulich voneinander getrennt. Sie verfügen über separate Rohrleitungssysteme. Die Sickerwasserflächen (siehe Abschnitt 4.3) der Bereiche entwässern unabhängig voneinander in eigene Sickerwasserbecken (siehe Abschnitt 3.4).

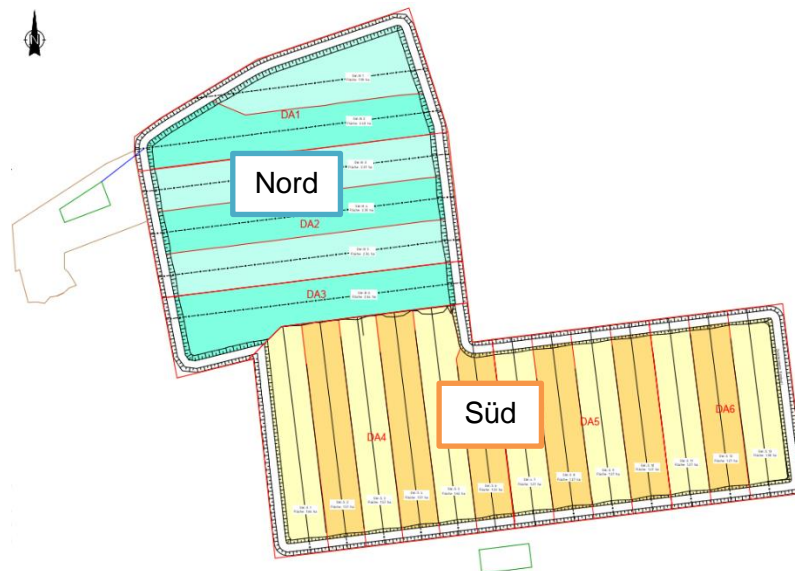


Abbildung 3.3: Deponiebereiche: Nord (blau/türkis) | Süd (gelb/orange)

3.4 Sickerwasserbecken

Das Sickerwasser wird für die beiden Deponiebereiche Nord und Süd über getrennte Rohrleitungssysteme gesammelt und im freien Gefälle in jeweils ein Sickerwasserbecken eingeleitet.

Das Sickerwasserbecken Nord liegt nord-westlich der Deponie. Das Sickerwasserbecken Süd liegt südlich der Deponie.

Die Sickerwasserbecken dienen der Zwischenspeicherung von Sickerwasser bevor es einer Entsorgung zugeführt wird. Das erforderliche Beckenvolumen wird so dimensioniert, dass die am Standort auftretenden Regenereignisse zwischengespeichert werden können und ein Sickerwassereinstau in die Deponie verhindert wird.

Es ist vorgesehen das Sickerwasser aus dem Sickerwasserbecken Süd über eine Leitung in das Sickerwasserbecken Nord überzuleiten. Das Abfahren des Sickerwassers in die Behandlungsanlage erfolgt ausschließlich über das Sickerwasserbecken Nord. Diese Randbedingung ist bei der Dimensionierung des Sickerwasserbeckens Nord berücksichtigt.

Im Rahmen dieser Betrachtung wird das vorzuhaltende Sickerwasservolumen ermittelt. Die Planung der Sickerwasserbecken und der Bewirtschaftung ist nicht Bestandteil dieser Unterlage.

3.5 Sickerwasserleitungen

Durch die Trennung der Sickerwasserfassung der Deponiebereiche Nord und Süd ist eine Ableitung des Sickerwassers im freien Gefälle möglich.

Die Sickerwasserleiter in den Deponiefeldern sind max. 400 m lang und münden am Tiefpunkt in einen Sickerwasserschacht. Am Hochpunkt wird der Zugang über einen Spülstutzen gewährleistet. Die Sickerwasserschächte sind durch die Vollrohre der Sickerwasserableitung im Randwall verbunden. Zur Kontrolle und Reinigung sind alle Leitungen über Sickerwasserschächte und Spülstutzen zugänglich.

Alle Sickerwasserleitungen werden überhöht eingebaut. Nach Abschluss der Setzungen ist damit in den Deponiefeldern das minimale Gefälle von 1 % längs gewährleistet. Die Sickerwasserableitung im Randwall ist auf 0,5 % Längsgefälle nach Abschluss der Setzungen ausgelegt.

Das Sickerwasser im Deponiebereich Nord wird in 6 von Ost nach West verlaufende Sickerwasserleitungen gefasst und über Sickerwasserschächte sowie die Sickerwasserableitung im westlichen Randwall in das im Nordwesten der Deponie liegende Sickerwasserbecken Nord abgeleitet.

Das im Deponiebereich Süd anfallende Sickerwasser wird in 13 von Norden nach Süden verlaufende Sickerwasserleitungen gefasst und über Sickerwasserschächte und eine im südlichen Randwall verlaufende Sammelleitung in das Sickerwasserbecken Süd abgeschlagen.

Die Schächte bilden den Tiefpunkt der Sickerwasserleitungen. Im Deponiebereich Nord werden zwischen den Schächten S01 und S02 zwei zusätzliche Schächte an Leitungsknickpunkten erforderlich. An diesen Schächten (S01-1 und S01-2) binden keine Sickerwasserleiter ein.

Anzahl Schächte:

- Deponiebereich Nord: 8 Stck
- Deponiebereich Süd: 13 Stck

Die hydraulische Dimensionierung der Rohrleitungsquerschnitte ist Bestandteil dieses Berichtes.

Als Werkstoff für die Sickerwasserrohre sind korrosionsbeständige und chemisch inerte Materialien wie PE, PP oder PE/PP zu verwenden. Die Rohrverbindungen können als Schweiß-, Überschiebemuffen oder Muffen-/Spitzendenverbindung ausgeführt werden. Hierbei ist zu beachten, dass die Wahl der Verbindungsart die Sohlgleichheit ($<2^\circ$) gewährleistet. Der Rohraußendurchmesser und die Wanddicke ist gemäß der statischen Erfordernisse festzulegen.

Die hydraulische Nachweisführung ist in Abschnitt 5 zusammengefasst.

3.6 Entwässerungsschicht

Zur Vermeidung eines Sickerwasseraufstaus im Abfallkörper muss das anfallende Sickerwasser innerhalb der Entwässerungsschicht gesammelt und im freien Gefälle abgeleitet werden.

Für die Entwässerungsschicht wird gemäß Vorgaben der DepV eine Schichtmächtigkeit von $d = 0,5 \text{ m}$ vorgesehen. Das Deponieplanum wird so ausgebildet, dass unter Berücksichtigung der prognostischen Setzungen die erforderlichen Mindestquergefälle von 1 % längs und 3 % quer eingehalten werden.

3.7 Sickerwasserbehandlung

Die Behandlung des Sickerwassers erfolgt nicht über eine Reinigungsanlage am Standort. Es ist die Abfuhr in eine geeignete Behandlungsanlage vorgesehen.

4 ERMITTLUNG SPEICHERVOLUMEN

4.1 Bewirtschaftung Abfallablagerung und Sickerwasserbecken

Die Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens erfolgt basierend auf dem Merkblatt 3.6/4 [N2]. Die in DIN 19667 Nr. 4.2, sowie in GDA E2-14 Basis-Entwässerung von Deponien unter Nr.3.2 genannten Bemessungsansätze sind nicht anzuwenden, da sie nur die Bemessung des Entwässerungssystems betreffen.

Im Wesentlichen tragen Niederschläge zur Neubildung von Sickerwasser bei. Dabei sind drei Fälle zu unterscheiden:

1. Normalbetrieb: geringer bis mittlerer Sickerwasserzufluss
2. Bemessungsfall Sickerwasserspeicher:
hoher Anfall von Sickerwasser bei Starkniederschlägen
3. Ausnahmefall: über den Bemessungsfall hinausgehender Anfall von Sickerwasser.

Im Sickerwasserbecken gefasst wird ausschließlich Sickerwasser aus Deponiefeldern, die bereits in Betrieb genommen wurden. Das Niederschlagswasser, welches in noch nicht mit Abfällen belegten Deponiefeldern anfällt, ist zur Reduzierung des Behandlungsaufwandes möglichst separat zu fassen und abzuleiten.

Es werden deshalb räumlich begrenzte Verfüllabschnitte gebildet, um eine möglichst rasche Oberflächenabdeckung anzustreben.

Das Fassungsvermögen der Sickerwasserspeicherbecken wird für die gesamte Betriebsphase mit einem reduzierten Sickerwasseranfall zur Berücksichtigung der fortschreitenden Oberflächenabdeckung abgeschätzt. Gemäß des Merkblattes 3.6/4 [N2] wird die Verwendung des 5-jährigen und 1-jährigen Regenereignisses von 72 h Dauer mit

$$r_{(72h,5)} = 2,6 \text{ l/(s*ha)}$$

aus dem KOSTRA-DWD-2010R-Katalog (174, 135), vgl. [U1], empfohlen. Hierzu wird eine Niederschlagshöhe von

$$q_{zu(72h,5)} = 68,6 \text{ mm} = 686 \text{ m}^3/\text{ha}$$

ermittelt.

Das Beckenvolumen errechnet sich nach Merkblatt 3.6/4 [N2] in einem iterativen Verfahren über die Teilflächen mit unterschiedlichen Befüllzuständen gemäß

$$V_{\text{erf}} = q_{\text{zu}(D,n)} \cdot \Sigma(A_{E,i} \cdot \psi_{s,i}).$$

Maßgebend für die Dimensionierung der Becken ist hierbei das maximale erforderliche Beckenvolumen, welches anhand von verschiedenen Szenarien zum Sickerwasseranfall ermittelt wird.

4.2 Maßgebliche Regenfälle und Abflussbeiwerte gemäß Merkblatt 3.6/4

In den nachfolgenden Tabellen sind die maßgeblichen Regenfälle und Abflussbeiwert zusammengestellt.

Tabelle 4.1: Maßgebliche Regenfälle gem. Merkblatt 3.6/4 [N2]

Regenereignis gem. KOSTRA [U1]			Niederschlags- spende rN [l/(s*ha)]	Niederschlags- höhe hN [mm]
Bezeichnung	Dauerstufe D [min]	Wiederkehrintervall T [a]		
R 72,5	72	5	2,6	68,6
R 72,1	72	1	1,6	52,9

Tabelle 4.2: Maßgebliche Abflussbeiwerte gemäß Merkblatt 3.6/4 [N2]

Nr.	Betriebszustand	Abfallüberdeckung	Abflussbeiwert $\psi_{s,i}$
1	Betriebsbeginn, geringe Abfallüberdeckung	< 4,00 m	0,90
2	laufender Betrieb mit mittelhoher Abfallüberdeckung	4,00 – 10,00 m	0,60
3	Betriebsflächen mit hoher Abfallüber- deckung	> 10,00 m	0,30
4	Ablagerung erfolgt bis auf vorgesehene Abfallendhöhe	Endhöhe erreicht	0,1
5	Abschluss Oberflächenabdeckung	Endhöhe abgedeckt	0,0

Mit Herstellung der Oberflächenabdichtung fällt das auf die Fläche fallende Niederschlagswasser nicht mehr als Sickerwasser an (Abflussbeiwert = 0,0).

4.3 Sickerwasserflächen

Als Sickerwasserflächen werden im Folgenden die Einzugsgebiete bzw. die jeweils getrennt voneinander entwässernden Deponiefelder bezeichnet. Die Sickerwasserflächen sind der Anlage 1 zu entnehmen. Im Deponiebereich Nord befinden sich sechs Sickerwasserflächen, im Deponiebereich Süd dreizehn. Die Einzugsgebiete bzw. Sickerwasserflächen werden als je eigene Verfüllabschnitte getrennt voneinander in Betrieb genommen.

Tabelle 4.3: Sickerwasserflächen

Deponiebereich	Deponieabschnitt	Bezeichnung Sickerwasserfläche	Fläche [ha]
Nord	DA 1	SW-N 01	1,90
		SW-N 02	2,40
	DA 2	SW-N 03	2,37
		SW-N 04	2,35
		SW-N 05	2,34
	DA 3	SW-N 06	2,64
Süd	DA 4	SW-S 01	1,66
		SW-S 02	1,57
		SW-S 03	1,57
		SW-S 04	1,57
		SW-S05	1,62
		SW-S06	1,23
	DA 5	SW-S 07	1,27
		SW-S 08	1,27
		SW-S 09	1,27
		SW-S 10	1,27
	DA 6	SW-S 11	1,27
		SW-S 12	1,27
		SW-S 13	1,38

Zur besseren Nachvollziehbarkeit werden die anfallenden Sickerwassermengen zur Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens getrennt für jede Sickerwasserfläche entsprechend des jeweiligen Befüllzustands der Teilflächen einer Sickerwasserfläche ermittelt.

4.4 Maßgebliche Berechnungsszenarien

Zur Bemessung der Sickerwasserbecken sowie der Ermittlung des tagesdurchschnittlichen Sickerwasseraufkommens sind maßgebende Betriebszustände zu ermitteln, um die

Veränderung des Sickerwasseranfalls über die Zeit zu berücksichtigen. Zum derzeitigen Planungsstand ist eine exakte Diskretisierung der sukzessiven Entwicklung der Abfallablagerung sowie der temporären und finalen Oberflächenabdichtung und damit der Ableitung eines maßgebenden Betriebszustandes nicht exakt möglich. Unter Berücksichtigung des Betriebskonzeptes [U3] wird der maßgebende Betriebszustand durch Szenarien zum Verfüllungsgrad angenähert.

Der maximale Sickerwasseranfall ist für das Szenario zu erwarten, an dem die Deponie noch nicht vollständig abgedichtet ist, also eine maximale befüllte, jedoch nicht abgedeckte Fläche besteht, und gleichzeitig ein neues Deponiefeld in Betrieb geht, in dem der Niederschlag sofort vollständig zum Abfluss kommt.

Im Folgenden werden potenziell maßgebliche Szenarien erläutert, für die dann die Nachweisführung erfolgt.

Der Sickerwasseranfall wird für jedes Szenario kumuliert, für die in Betrieb befindlichen Sickerwasserflächen der getrennt entwässernden Deponiebereiche Nord und Süd entsprechend der für die Teilflächen zutreffenden Betriebszustände ermittelt.

Im Folgenden werden die potenziell maßgeblichen Szenarien erläutert, für die die Nachweisführung in Anlage 2 erfolgt:

Tabelle 4.4: Szenarien Sickerwasseranfall Deponiebereich Nord

Szenario	DA	Neu in Betrieb genommene Sickerwasser- fläche	Beschreibung
Nord 1	1	SW-N 1 und 2	Inbetriebnahme DA 1: Inbetriebnahme Sickerwasserflächen 1 und 2 (SW-N- 1 und 2). Gemeinsame Inbetriebnahme der beiden Flächen ist betriebsbedingt erforderlich. Beide Flächen sind als freie Deponiebasis anzusetzen, auf der keine ausreichende Abfallüberdeckung vorhanden ist, die den Abfluss zurück hält und das anfallende Sickerwasser mindert..
Nord 2	2	SW-N 3	Inbetriebnahme DA2 /Inbetriebnahme Sickerwasserfläche (SW-N 3) Sickerwasserfläche 1 (SW-N 1) hat zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme eine Abfallüberdeckung >4m erreicht. Die Abfallüberdeckung in der Sickerwasserfläche 2 (SW-N 2) liegt zum Teil noch bei unter 4 m und gilt in Teilflächen als freie Deponiebasis.
Nord 3	2	SW-N 4	Inbetriebnahme Sickerwasserfläche Nord 4 SW-N1 hat zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme seine Endhöhe erreicht. Die Abfallüberdeckung in SW-N 2 hat eine Mächtigkeit von >4m erreicht. Die Abfallüberdeckung in der SW-N 3 liegt zum Teil noch bei unter 4m und gilt im Großteil noch als freie Deponiebasis.

Szenario	DA	Neu in Betrieb genommene Sickerwasser- fläche	Beschreibung
Nord 4	2	SW-N 5	Inbetriebnahme Sickerwasserfläche Nord 5 SW-N1 hat zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme seine Endhöhe erreicht. Die Abfallüberdeckung in SW-N 2 und 3 haben eine Mächtigkeit von >4m erreicht. Die Abfallüberdeckung in der Sickerwasserfläche 4 liegt zum Teil noch bei unter 4 m und ist zum Großteil als freie Deponiebasis anzusetzen.
Nord 5	3	SW-N 6	Inbetriebnahme DA 3: Inbetriebnahme letztes Deponiefeld Nord. Der Befüllungszustand entspricht Einbautwicklung zum 6. Betriebsjahr (Siehe Abbildung unten). Die 1. Deponiescheibe (hohe Abfallüberdeckung) ist im Wesentlichen über die Sickerwasserflächen 1-5 hergestellt.
Übergang Nord 1	4	SW-S-1	Inbetriebnahme SW-S1: Verbleibender Sickerwasseranfall Nord zum Zeitpunkt Inbetriebnahme SW-S1 (Inbetriebnahme Deponiebereich Süd / Deponieabschnitt 4) Befüllungszustand siehe Abbildung 4.2, links.
Übergang Nord 2	5	SW	Inbetriebnahme SW-S 5 Inbetriebnahme SW-S verbleibender Sickerwasseranfall Nord zum Zeitpunkt Inbetriebnahme SW-S 5 (Betrieb Deponieabschnitt 5)

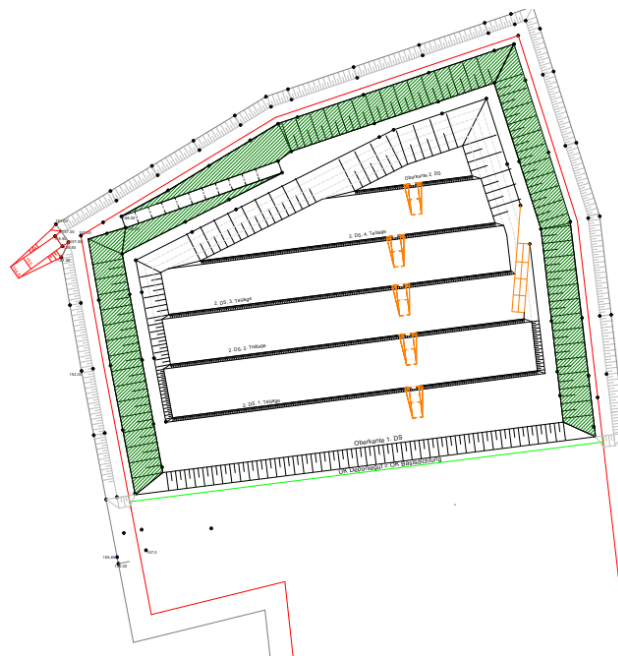


Abbildung 4.1: Entwicklung Deponie zum Zeitpunkt Inbetriebnahme DA 3 (Szenario Nord 5) [U3]

Tabelle 4.5: Szenarien Sickerwasseranfall Deponiebereich Süd

Szenario	DA	neu in Betrieb genommene Si- ckerwasserfläche	Beschreibung
Süd 1	4	SW-S1bis 3	Inbetriebnahme DA4 (Sickerwasserflächen 1 bis 3 (Süd)) Betriebsbedingt sind drei Sickerwasserflächen gleichzeitig in Betrieb zu nehmen. Alle Flächen sind als offene Deponieflächen anzusetzen.
Süd 2	4	SW-S 4	Inbetriebnahme Sickerwasserfläche 4 (Süd) Die Sickerwasserflächen 1 bis 3 haben eine Auffüllmächtigkeit von <10 m erreicht. SW-S-3 ist nur teilweise mit einer Auffüllmächtigkeit > 4 m abgedeckt und zum Großteil als offene Deponiebasis anzusetzen.
Süd 3	4	SW-S 5	Inbetriebnahme Sickerwasserfläche 5 (Süd) Inbetriebnahme der letzten an den Nordbereich angrenzenden Sickerwasserfläche. Die Auffüllung kann bis zu diesem Zeitpunkt ausgehend vom Deponiebereich Nord in den Deponiebereich Süd noch nicht über die gesamte Breite abgeschlossen werden. Die Sickerwasserflächen 1-3 haben nur in den Böschungsbereichen die Endhöhe erreicht. Die Abfallmächtigkeit auf den Flächen beträgt >4m aber <10m. Die Fläche SW-S4 ist in Großteil noch als offene Deponiefläche anzusetzen. Angenommene Entwicklung Deponie entspricht Abbildung 4.2, Mitte.
Süd 4	4	SW-S 6	Inbetriebnahme Sickerwasserfläche 6 (Süd) Die Auffüllung kann bis zu diesem Zeitpunkt von Norden nach Süden in voller Breite beginnen. Nur auf SW-S1 konnte die erste Deponiescheibe (10 m) hergestellt werden. Die Flächen SW-S 2-4 sind als offene Abfallflächen (>4 m, <10 m) anzusetzen.
Süd 5	5	SW-S 7	Inbetriebnahme Deponieabschnitt 5 Inbetriebnahme Sickerwasserfläche 7. Auf den Deponieflächen 1 bis 5 konnte die 1. Deponiescheibe in großen Teilen hergestellt werden (>10 m) angenommene Entwicklung Deponie entspricht Abbildung 4.2, rechts.
Süd 6	5	SW-S 9	Inbetriebnahme Sickerwasserfläche 9 (Süd) Inbetriebnahme der Sickerwasserfläche 9 (Süd) Auf den Sickerwasserflächen 1-6 ist die 1. Deponiescheibe (Hohe Abfallüberdeckung) sowie teilweise die Oberflächenabdichtung hergestellt. Die Sickerwasserflächen 6-8 befinden sich noch in Befüllungszuständen geringerer Mächtigkeit.
Süd 7	6	SW-S 13	Inbetriebnahme Sickerwasserfläche 13 Die Sickerwasserflächen 1-7 sind vollständig überbaut. Es fällt kein Sickerwasser mehr an. Die Sickerwasserflächen 8 bis 12 befinden sich in unterschiedlichen Befüllungszuständen.

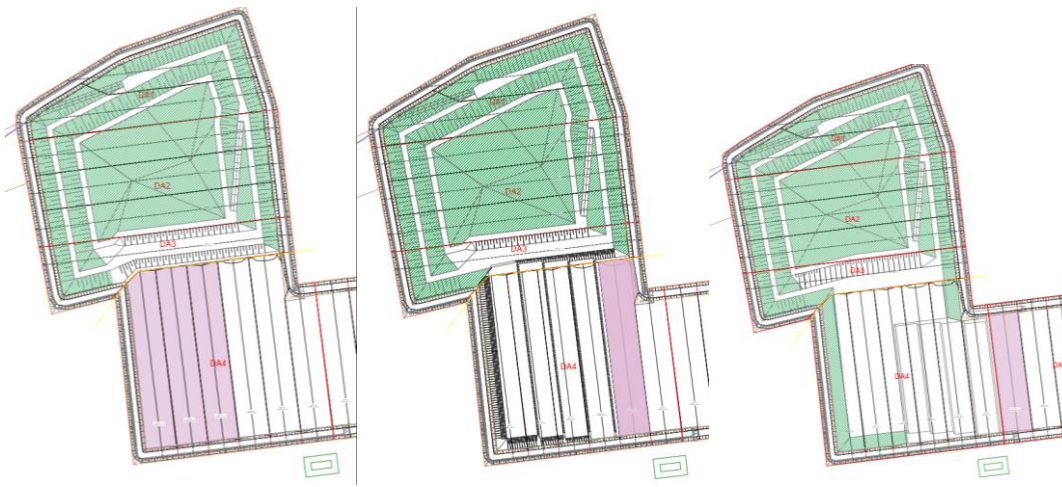


Abbildung 4.2: angenommene Deponieentwicklung, links: Inbetriebnahme DA 4 | Mitte: Inbetriebnahme SW-S 05 | rechts: Inbetriebnahme SW-S 07

4.5 Ergebnis Speichervolumen Sickerwasserbecken

Das Ergebnis der Szenarienaufstellung ist in der Tabelle 4.6 zusammengefasst. Die Anlage 2 enthält eine detaillierte Matrixaufstellung inklusive der angesetzten Sickerwasserspenden und Abflussbeiwerte.

Das maximale erforderliche Nutzvolumen für den jeweiligen Deponiebereich ergibt sich für folgende Szenarien:

Deponiebereich Nord:	ca. 4.500 m ³
Deponiebereich Süd:	ca. 3.800 m ³

Ergänzende Prüfung Volumen Sickerwasserbecken Nord

Nach Inbetriebnahme des Deponiebereichs Süd (DA4) fallen im Deponiebereich Nord noch maximal ca. 360 m³ Sickerwasser an. Da das Sickerwasser aus dem Südbecken vollständig nach Norden umgepumpt wird, sind im Sickerwasserbecken Nord die im Norden anfallenden Sickerwassermengen ggf. zusätzlich zu den im Süden anfallenden und umzupumpenden Mengen vorzuhalten

Tabelle 4.6: Maßgebliche kumulierte Sickerwassermengen Deponiebereiche Nord und Süd

	Sickerwasseranfall Deponiebereich Nord	Sickerwasseranfall Deponiebereich Süd	Gesamt
Inbetriebnahme DA 4 (SW-S 01 bis 03)	ca. 540 m ³	ca. 3.000 m ³	ca. 3.540 m ³
Inbetriebnahme SW-S 05	ca. 440 m ³	ca. 3.600 m ³	ca. 4.040 m³

Die maßgebende zusammen in den Deponiebereichen Nord und Süd anfallende Sickerwassermenge übersteigt nicht das ermittelte erforderliche Speichervolumen für das Sickerwasserbecken Nord (ca. 4.500 m³). Somit ist keine Anpassung des Speichervolumens des Sickerwasserbeckens Nord erforderlich.

Es ist somit ein Nutzvolumen von ca. 4.500 m³ für das Sickerwasserbecken Nord und ca. 3.800 m³ für das Sickerwasserbecken Süd vorzuhalten.

Das angegebene Volumen fällt bei einem Regenereignis von 72h (3 d) an. Unter der Annahme, dass in diesem Zeitraum keine Entleerung stattfindet (z.B. Wochenende), ist das gesamte Volumen als Speicher vorzuhalten.

Voraussetzung ist, dass der Speicher vor dem Wochenende vollständig entleert wurde.

Die Bewirtschaftung der Becken ist nicht Teil der Betrachtung.

5 HYDRAULISCHE NACHWEISE

5.1 Hydraulischer Nachweis Gleichwertigkeit der Drainageschicht

5.1.1 Grundlagen Nachweisführung

Für die Betriebszustände werden in [N3] die folgenden Sickerwasserspenden als Referenzwerte genannt. Maßgebend für die Bemessung der technischen Elemente der Sickerwasserfassung sind die Bemessungsfälle *Betriebsbeginn* und *offene Abfallflächen*.

Tabelle 5.1: Sickerwasserspenden nach Bemessungsfall [N3]

Bemessungsfall	Formelzeichen	Einheit	Sickerwasserspende
Betriebsbeginn	$Q_{s, \text{Beginn}}$	$\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$	100
	$Q_{s, \text{Beginn}}$	$\text{l}/(\text{ha} \cdot \text{s})$	1,16
	hN_{Beginn}	mm/d	10
	$r_{(15,1)}$	$\text{l}/(\text{ha} \cdot \text{s})$	124,4
	$hN_{(15,1)}$	mm/d	11,2
Betriebszustand	$Q_{s, \text{Betrieb}}$	$\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$	10
	$Q_{s, \text{Betrieb}}$	$\text{l}/(\text{ha} \cdot \text{s})$	0,116
	hN_{Betrieb}	mm/d	1
Betriebsende^a	$Q_{s, \text{Ende}}$	$\text{m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$	5
	$Q_{s, \text{Ende}}$	$\text{l}/(\text{ha} \cdot \text{s})$	0,06
	hN_{Ende}	mm/d	0,5

^a In Anlehnung an GDA E 2-14

Für die Auslegung der Sickerwasserleitung ist der Zustand der offenen Ablagerungsfläche bei geringer bis keiner Abfallüberdeckung (Betriebsbeginn) ausschlaggebend. In diesem Zustand wird der Niederschlag nach der Infiltration in die Entwässerungsschicht direkt an die Sickerrohre weitergegeben. [N3] empfiehlt dazu die Verwendung eines 10-fach überhöhten Ansatzes einer durchschnittlichen Sickerwasserspende von $10 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$ ($Q_{s, \text{Betrieb}}$ - nicht mehr speichernde Depo- nie) von

$$Q_{s, \text{Beginn}} = 100 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{ha}) = 1,16 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}).$$

Da der Entwurf der Sickerwasserfassung mit einer Zulauflänge von maximal 30 m vom Regelsys- tem mit maximal 15 m (vgl. Tabelle 3.1) abweicht, empfiehlt DIN 19667 [N5] zudem zur Bemessung das Regenerereignisses:

$$r_{(15,1)} = 124,4 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$$

$$hN_{(15,1)} = 11,2 \text{ mm}/\text{d}$$

aus dem KOSTRA-DWD-2010R-Katalog (174,135) [U1] zu berücksichtigen

Die maximale Anströmlänge in der Drainageschicht beträgt zwischen den jeweiligen Hochpunkten bis zur Sickerwasserleitung 30 m (= Zulaufänge). Dies entspricht einem Abstand von 60 m zwischen den Sammlern.

Eine Abweichung, von der in der DIN 19667 geforderten Zulaufänge von 15 m ist zulässig, wenn der Nachweis erbracht wird, dass die vorhandene Mächtigkeit der Entwässerungsschicht ausreichend ist, dass die Ableitungskapazität ausreichend ist und die Entwässerungsschicht nicht überstaut wird.

Für die Entwässerungsschicht wird gemäß der Vorgaben der DepV für eine DK I-Deponie, eine Schichtmächtigkeit von

$$d = 0,5 \text{ m}$$

vorgesehen. Der Nachweis erfolgt anhand der Berechnungsformel von *Lesaffre* (2) aus [N4]

$$\frac{l_a}{a'_{\max}} = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot k_x}{q_s} \left[\frac{k_x}{q_s} - 1\right]^2 \cdot (\tan \alpha)^2\right)}$$

bei einem Abstand der Sickerwasserrohre von 60 m, für das minimale Quergefälle von 3% nach Setzung.

5.1.2 Ergebnis

Aufgrund der Deponiegeometrie beträgt abweichend von den oben genannten allgemeinen Konstruktionsrandbedingungen (Anströmlängen 30 m) die maximale Anstromlänge in der Sickerwasserfläche 1 (Nord) vom nördlichsten Punkt aus 62 m. Dies ist für die Nachweisführung die maßgebliche Anstromlänge.

Die Mächtigkeit der Drainageschicht gemäß DepV mit einem bleibenden k_f -Wert von $1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ist ausreichend, dass anfallende Sickerwasser auf einer Zulaufänge von 30 m abzuleiten. Die maximale Einstauhöhe beträgt in diesem Fall 19,4 cm.

Die Nachweisführung ist in Anlage 3.1 beigelegt.

Die Mächtigkeit der Drainageschicht gemäß DepV ist somit ausreichend, um das anfallende Sickerwasser auf einer Zulaufänge von 62 m auf dem maßgeblichen Sickerwasserfeld Nord 1 abzuleiten. Der Nachweis ist somit auch für die Regelzulaufängen von maximal 30 m erbracht.

Der angegebene k_f -Wert ist durch die Auswahl der Baumaterialien und einer konstruktiven Trennung (Trennvlies und Filtervlies) langfristig zu gewährleisten.

5.2 Abflussleistung und Füllungsgrad Sickerwasserrohr

5.2.3 Grundlagen der Nachweisführung

Das Sickerwasserrohr muss in der Lage sein die Sickerwassermenge aus der Entwässerungsschicht vollständig aufzunehmen und rückstautfrei ableiten. Dieser Nachweis ist erbracht, wenn die Vollfülleleistung der Sickerwasserrohrleitung größer als der Bemessungsabfluss ist

$$Q_{\text{Voll}} > Q_{\text{Bem}}$$

Die beim Bemessungsabfluss vorhandene Fließtiefe wird anhand des Abflussverhältnisses $Q_{\text{Bem}}/Q_{\text{Voll}}$ entsprechend der Nomogramme aus DWA-A 110 ([N7]) ermittelt. Der Bemessungsquerschnitt ist so zu wählen, dass das Teilfüllung-/Vollfüllungsverhältnis $\leq 0,9$ beträgt.

Gemäß DIN 19667 [N5] ist ein Rohrrinnendurchmesser von ≥ 250 mm für die Sickerrohre zu verwenden. Aufgrund von Leitungsinspektionen wird bei neuen Deponien allgemein ein Innendurchmesser von ca. 300 mm empfohlen [N6].

Berechnung Vollfülleleistung

Die Berechnung der Vollfülleleistung erfolgt im Kreisquerschnitt nach Prandtl-Colebrook [N7] mit

$$Q_{\text{Voll}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \left(-2 \cdot \lg \left[\frac{2,51 \cdot \nu}{d \cdot \sqrt{2g \cdot d \cdot I_E}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right] \cdot \sqrt{2g \cdot d \cdot I_E} \right)$$

Es wird eine betrieblichen Rauigkeit von $k = 1,5$ mm für den Nachweis gewählt.

Für ein Rohr gemäß Empfehlung mit $d_i = 300$ mm beträgt die Vollfülleleistung des Rohres 98,0 l/s. Der maximale Bemessungsdurchfluss darf somit 88,2 l/s nicht übersteigen. Andernfalls ist ein größerer Rohrdurchmesser zu wählen.

Berechnung Bemessungsabfluss (max. Drainagespende Basisabdichtung)

Für die Nachweisführung der Sickerwasserleitung werden folgende Verfahren zur Ermittlung des Bemessungsabflusses angesetzt:

1. Empfehlung nach GDA 2-14:

Gemäß GDA 2-14 ist das gesamte Entwässerungssystem auf der Basisabdichtung mit dem zehnfach erhöhter Wert der durchschnittlichen Sickerwasserspense von $1 \text{ mm/D} = 10 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$ zu bemessen:

Dies entspricht $10 \text{ mm/d} = 100 \text{ m}^3/(\text{ha} \cdot \text{d})$ bzw. $1,16 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$

2. Max. Drainagespende der Entwässerungsschicht (vollständig durchströmte Mächtigkeit):
Da das Sickerwasser zunächst durch die Entwässerungsschicht infiltriert wird, wird ein direkter Abfluss des anfallenden Niederschlags verzögert. Deshalb wird für den Bemessungsabfluss die maximal mögliche Drainagespende der Entwässerungsschicht

(vollständig durchströmte Mächtigkeit) zu Grunde gelegt.

Diese ergibt sich nach dem *Gesetz von Darcy* zu:

$$Q_{\text{Bem}} = k_f \cdot i \cdot A$$

$$\text{Mit } A = d_{\text{drän}} \cdot l_{\text{SWL}} \cdot 2$$

wobei als Anströmungsfläche A die Schnittfläche der Dränage beidseitig des Sickerwasserrohrs (Faktor 2) angesetzt wird. Der hydraulische Gradient i entspricht dem Quergefälle der Entwässerungsschicht von $\geq 3 \%$. Dieser Berechnungsfall wird für die Auslegung der Sickerwasserleitungen als maßgebend bewertet.

Zusätzlich sind gemäß GDA E2-14 und DIN 19667 bei Abweichung vom Regelsystem zusätzlich folgende Nachweisführungen zu berücksichtigen:

3. Nachweis nach GDA E2-14 mit Regenereignis $r_{15,1}$ nach KOSTRA-DWD, 2000
Dies entspricht einem kurzzeitigen Ereignis, dass bei Betriebsbeginn bei sehr geringer Abfallüberdeckung zu erwarten ist. (Der Betriebszustand „offene Abfallfläche/Betrieb“ (s.u.) ist nicht maßgeblich).
Die Verwendung dieses Bemessungsabflusses führt im Allgemeinen zu extremen Bauteildimensionen und Überbemessungen, welche die bautechnische Realisierung (verlegen, ausrichten, schneiden etc.) erschweren. Für den in der Realität auftretenden Belastungsfall ist zu berücksichtigen, dass der tatsächlich auftretende Zufluss zum Sickerrohr vor allem an die Ableitungs- und Speicherkapazität der Entwässerungsschicht gebunden ist. Der limitierende Faktor ist somit die Leistungsfähigkeit der Dränage.

In jedem Fall sind „die Rohrleitungen hydraulisch so zu dimensionieren, dass ein Rückstau von Sickerwasser in den Abfallkörper für den Bemessungsregen bzw. die Bemessungssickerwasserspende auszuschließen ist“[N3].

Maßgebliche Betriebszustände

Die maßgeblichen Durchlässigkeitsbeiwerte unterscheiden sich für die unterschiedlichen Betriebszustände. Die Durchlässigkeit der Drainageschicht verringert sich langfristig durch Kompression und Inkrustationen in der Drainageschicht:

- Betriebsbeginn: $k_f = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
- offene Abfallflächen/Betrieb: $k_f = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

Die Nachweisführung erfolgt für die ermittelten Bemessungsabflüsse für beide Betriebszustände.

Maßgebliche Sickerwasserleitung

Der Nachweis wird für den längsten Sickerwasserleiter und die längste Anstromlänge erbracht:

Deponiebereich Nord, Sickerwasserleitung SWL 3 Länge=397,5m

Die längste Sickerwasserleitung im Deponiebereich Süd ist 310 m lang. Der Nachweis für diese Leitung ist somit mit der Nachweisführung für den Deponiebereich Nord mit erbracht.

Maßgeblich für die Nachweisführung nach GDA 2-14 ist die Größe des Einzugsgebiets. Die maximale Einzugsfläche beträgt 2,64 ha (SW-N-06).

5.2.4 Ergebnisse

In Anlage 3.2 sind die Ermittlung der entsprechend der oben stehenden Ansätze berechneten Bemessungsabflüsse dargestellt.

Die sich aus den unterschiedlichen Ansätzen ergebenden Bemessungsabflüsse sind in der folgenden Tabelle getrennt für die beiden Betriebszustände „Betriebsbeginn“ und „Offene Abfallfläche/Betrieb“ zusammengefasst:

Tabelle 5.2: Zusammenfassung Ergebnisse Nachweise Sickerwasserleiter

Betriebszustand	Ergänzende Angaben	Q_{Bem}	$Q_{\text{Bem}}/Q_{\text{Voll}}$	Nachweis erfüllt
[-]	[-]	[l/s]	[-]	[-]
Vollfülleistung Rohr $d_i = 300\text{mm}$: 98,0 l/s				
Vollfülleistung Rohr $d_i = 324\text{ mm}$: 120,2 l/s				
Betriebsbeginn				
1. GDA E2-14	$q_{s,\text{Beginn}} = 1,16$ l/(s*ha)	2,76	0,03	ja
2. Dränspende Darcy	$k_f 10^{-2}\text{m/s}$	119,3	1,21	nein (erforderlich: $d_i = 324\text{mm}$)
3. KOSTRA	$r_{(15,1)} =$ 124,4l/(s*ha)	295,57	3,02	nein
Offene Abfallfläche/Betrieb				
1. GDA E2-14	$q_{s,\text{Betrieb}} = 0,116$ l/(s*ha)	0,276	0,003	ja
2. Dränspende Darcy	$k_f 10^{-3}\text{m/s}$	11,9	0,12	ja

Für den allgemeinen Betrieb der Sickerwasserfassung kann für den Betriebsbeginn und für den Betrieb der Nachweis für ein Rohr mit Innendurchmesser von 300mm erbracht werden.

Jedoch sind zusätzlich Starkregenereignisse zu berücksichtigen. Dies erfolgt über den Ansatz des Regenereignisses gemäß KOSTRA und die Berücksichtigung der maximalen Leistungsfähigkeit der Dränage.

Der unter Berücksichtigung des Regenereignisses $r(15,1)$ gemäß KOSTRA anfallende Bemessungsabfluss übersteigt die Vollfülleistung eines Rohres mit Innendurchmesser von 300 mm um ein Vielfaches. Um eine Überdimensionierung der Sickerleitung zu vermeiden, ist für den in der Realität auftretenden Belastungsfall zu berücksichtigen, dass der tatsächlich auftretende Zufluss zum Sickerrohr vor allem an die Ableitungs- und Speicherkapazität der Entwässerungsschicht gebunden ist.

Die maximale Leistungsfähigkeit gem. Dränspende Darcy bei erhöhter Durchlässigkeit zu Betriebsbeginn beträgt 119,3 l/s. Der aus den KOSTRA-Regendaten abgeleitete Bemessungsabfluss übersteigt die Leistungsfähigkeit der Drainageschicht.

Unter dem Ansatz der Dränspende nach Darcy bei Betriebsbeginn als maßgeblicher Bemessungsabfluss ergibt sich ein erforderlicher Innendurchmesser des Sickerrohrs von

$$d_i = 324 \text{ mm.}$$

Die Rohrleitung ist in diesem Fall zu mehr als 90% gefüllt. Da dies den Ausnahmezustand darstellt, ist dies zulässig. Für alle anderen Bemessungsfälle wurde nachgewiesen, dass der abzuleitende Bemessungsabfluss <90% der Vollfülleistung ist.

Es ist somit für das Starkregenereignis $r_{15,1}$ nachzuweisen, dass kein Rückstau in den Abfallkörper erfolgt, da die aus der Regenspende abgeleitete maximale Abfluss auf der größten Sickerwasserfläche mit 295,57 l/s die maximale Leistungsfähigkeit der Dränage und die Vollfülleistung des Sickerrohrs übersteigt.

Unter der auf der sicheren Seite liegenden Annahme, dass der Niederschlag in Form von Sickerwasser sofort als Zufluss zum Sickerrohr anfällt, wäre mit einem Aufstau in der Dränageschicht zu rechnen. Über das 15 min Regenereignis ist auf der größten Sickerwasserfläche ein Sickerwasservolumen von insgesamt 266 m³ (11 mm Niederschlag auf 2,64) abzuleiten. Unter Annahme eines Porenraums von 30% ist ein Rückstau in den Abfallkörper ist nicht zu erwarten.

Bemessung Teilsickerrohr

Eine Bemessung des Teilsickerrohres erfolgt für den langfristigen Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 1 \cdot 10^{-03} \text{ m/s}$ im Betriebszustand. Der maßgebende Bemessungsabfluss beträgt:

$$Q_{\text{Bem}} = 12 \text{ l/s}$$

Die erforderliche Vollfülleistung der Sickerwasserleitung beträgt gem. Prandl-Colebrook :

$$Q_{\text{Voll}} = 120,2 \text{ l/s} \gg Q_{\text{Bem}} = 12 \text{ l/s}$$

$$\text{bzw. } Q_{\text{Teil}} = 32,7 \text{ l/s} > 12 \text{ l/s}$$

Bei dem ermittelten Bemessungsabfluss ergibt sich eine Fließtiefe im ausgewählten Teilsickerrohr von ca. 4 cm. Damit wird nachgewiesen, dass der Bemessungsabfluss vollständig unterhalb des geschlitzten Rohrbereiches (Sickerwassereintrittsstellen) erfolgt.

Die Schlitzbreite der Drainageöffnung sollen gemäß [N8] mindestens 10 mm und Schlitzlänge mindestens 12 mm betragen. Die Wassereintrittsfläche soll auf 1 m Rohrlänge mindestens 100 cm² betragen.

Der durchgeführte Nachweis für den längsten Sammler ist auch auf alle kürzeren Sickerwassersammelleitungen übertragbar. Die Ausführung der Rohrverbindung zwischen Sickerwasserschacht und Teilsickerrohr erfolgt ebenfalls in $d_i = 325$

5.3 Abflussleistung Sickerwasserableitung im Randwall

5.3.1 Ermittlung Bemessungsabflüsse

Die Rohrquerschnitt wird so dimensioniert, dass das gesamte anfallende Sickerwasser abgeleitet wird.

Maßgeblicher Bemessungsabfluss

Die über die Betriebszeit resultierende maximale Belastung wird anhand einer Szenarienaufstellung ähnlich der Ermittlung des Speichervolumens (Kapitel 4 für den größten Sickerwasseranfall anhand der maßgebenden Regenspende und dem für das jeweilige Szenario gewählten Abflussbeiwert je Sickerwasserfläche angesetzt (vgl. Ermittlung Speichervolumen).

$$Q_{\text{Var.Max}} = q_s \cdot A_{E,i} \cdot \psi$$

$$Q_{\text{SWSL-i}} = \Sigma (Q_{\text{max, i}})$$

Es wird in diesem Zusammenhang zwischen offenen Deponieflächen ohne Abfallüberdeckung, Flächen in Befüllung und Flächen, auf denen die OFA bereits fertiggestellt wird unterschieden. Die für einen Sickerwasserleiter maximale hydraulische Belastung ergibt sich für das maßgebliche Starkregenereignis (KOSTRA r(15,1)). Es ist sicherzustellen, dass es zu keinem Sickerwasseraufstau in der Deponie kommt. Gemäß GDA E 2-14 sind für die Bemessung der Leitungen die Sickerwasserflächen in jedem Fall mit mind. $q_{s, \text{Beginn}} = 100 \text{ m}^3/(\text{d} \cdot \text{ha}) = 1,16 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ zu beaufschlagen.

Da wie in 5.2 dargestellt, der limitierende Faktor für den Bemessungsabfluss die Leistungsfähigkeit der Drainage ist, kann vereinfacht der maximale Abfluss aus dem größten Sickerwasseranfall mit 119,3 l/s zuzüglich eines Sickerwasseranfalls aus den bereits in Befüllung befindlichen Flächen zum Ansatz gebracht werden. Aufgrund der hohen Abfallmächtigkeit kommt es zur Verzögerung des Sickerwasseranfalls. Der Niederschlag auf den unterschiedlichen Sickerwasserflächen kommt nicht zeitgleich zum Abfluss und es kann auf der sicheren Seite liegend im jeweils vorherigen Verfüllabschnitten mit der Sickerwasserspense von max. 1,16 l/s*ha gerechnet werden, sofern die Oberflächenabdichtung noch nicht fertiggestellt ist. Auf Flächen mit OFA ist nicht mit Sickerwasserbildung zu rechnen.

Sammelleitungen

Die Sickerwasserleiter entwässern über Schächte in die Sickerwassersammelleitungen im Randwall, die das Wasser zu den Übergabeschächten an die jeweiligen Sickerwasserbecken der Deponiebereiche Nord und Süd abführen. Die maximal abzuleitende Wassermenge fällt somit an den in den Übergabeschacht mündenden Leitungsabschnitten an.

Die Sickerwassersammelleitungen werden wie folgt zusammengefasst:

Tabelle 5.3: Sickerwassersammelleitungen

Sickerwassersammelleitung	Entwässernde SW-Flächen	Beginn	Ende (Übergabeschacht)	Fließrichtung
Nord				
SWSL 1	N1, 2	Schacht 1 (S01)	Schacht 2 (S02)	Nord → Süd
SWSL 2	N3, 4, 5, 6	Schacht 6 (S06)		Süd → Nord
Süd				
SWSL 3	S1, 2, 3,4,5	Schacht 7 (S07)	Schacht 12 (S12)	West → Ost
SWSL 4	S7, 8, 9, 10, 11, 12	Schacht 19 (S19)		Ost → West

Ergebnis

Es ergeben sich folgende Dimensionierungswerte:

Tabelle 5.4: Zusammenstellung Dimensionierungswerte Sickerwasserableitung im Randwall unter Berücksichtigung $r(15,1)$ gem. KOSTRA

Deponiebereich	Sammelleitung	Entwässernde Sickerwasserfelder	Dimensionierungswert SWSL [l/s]	Dimensionierungswert Ablauf Übergabeschacht [l/s]
Nord	SWSL 1	SW-N 1 und 2	121,5	127,2
	SWSL 2	SW-N 3 bis 6	127,2	
Süd	SWSL 3	SW-S 1 bis 5	128,2	<u>128,2</u>
	SWL 6 *	SW-S 6	119,3	
	SWSL 4	SW-S 7 bis 13	125,0	

*Sickerwasserleitung leitet nicht in eine Sammelleitung, sondern direkt in den Übergabeschacht (S012) ein.

Die ermittelten Mengen stellen maximale Volumenströme zur Bemessung der Rohrleitungen dar.

Für die Sammelleitungen im Randdamm sind als maximaler Bemessungsabfluss 128,2l/s maßgeblich.

5.3.2 Bemessung Rohrdurchmesser

Grundlagen der Nachweisführung

Gemäß [N7] ist der Bemessungsquerschnitt so zu wählen, dass die Teilfüllung/Vollfüllungsverhältnis $\leq 0,9$ ist. Als betriebliche Rauigkeit wird ein pauschaler Wert von 3 mm zur Berücksichtigung möglicher Reibungsverluste an Bauteilen (Krümmer, Klappen, Schieber) und durch Alterung angesetzt.

Der Nachweis der Abflussleistungen wird für beide Stränge mit einem verbleibenden Minimalgefälle von 0,5 % nach Abschluss der Setzungen erbracht.

Die Bemessung der vorhandenen Abflussleistung im Kreisquerschnitt wird nach Prandtl-Colebrook ermittelt.

Ergebnis

Der erforderlichen Nachweise der Abflussleistung wird für die Sickerwassersammelleitungen in den Randwällen für den maximalen ermittelten Durchfluss von 128,2 l/s Anlage 3.3 (Seite 1) erbracht. Der erforderliche Innenrohrdurchmesser beträgt $d_i = 410\text{mm}$.

5.4 Statische Nachweise

Der statische Nachweis für Auslastung der geplanten Rohrleitungen und damit die Ermittlung der Wandstärke und Ringsteifigkeit ist im Rahmen der Ausführungsplanung zu erbringen.

CDM Smith Consult GmbH
2023-11-06

i.V.



Dipl.-Ing. Grit Renker

erstellt:

i.A.



Mareike Zurmühl, M.Sc.