

DEPONIE „FORST-AUTOBAHN“

SCHÜTTBEREICH III

Anhang 5

Bericht: Hydraulische Nachweise Sickerwasser

10. OKTOBER 2020



Ansprechpartner

DR. ARNDT LEONHARDT

T 015117143732
E arndt.leonhardt@arcadis.com

Arcadis Germany GmbH
Wallstraße 18
09599 Freiberg/Sachsen
Deutschland

INHALT

1	VORBEMERKUNGEN	5
2	VORGABEN DER PLANUNGSGRUNDLAGEN	6
2.1	DIN 19667	6
2.2	GDA-Empfehlung E2-14	7
3	BETRACHTUNG DER BEMESSUNGSANSÄTZE	7
3.1	Betriebsbeginn – keine / geringe Abfallüberdeckung = Maximalbetrachtung	7
3.2	Betriebszustand – offene Abfallfläche = Regelbetrieb, normales Sickerwasseraufkommen	8
4	HYDRAULISCHE NACHWEISE	8
4.1	Nachweis der Basisdränage	8
4.2	Nachweis Sickerwassersammler S 6	10
4.3	Nachweis der Randsammelleitung	11
4.4	Nachweis der Ableitung zum Sickerwasserspeicher	12
4.5	Nachweis der Kapazität des Sickerwasserspeichers	12
4.6	Nachweis der Kapazität der Sickerwasseraufbereitungsanlage	14
4.7	Nachweis der Pumpenleistung zur Ableitung von Oberflächenwasser	15
5	NACHWEIS DER AUFTRIEBSSICHERHEIT DES SICKERWASSERSPEICHERS	17

TABELLEN

Tabelle 1:	Berechnungstabelle hydraulischer Nachweis Sammler S 6	10
------------	---	----

ABBILDUNGEN

Abbildung 1:	Prinzipdarstellung Anschluss SB III an SB II	5
Abbildung 2:	Prinzip-Skizze Einbau Sickerwasserspeicher	18

ANLAGEN

1	Lagepläne
1.05	Lageplan Entwässerungsflächen, M 1 : 500
2	Unterlagen
2.1	KOSTRA-Daten des DWD
3	Berechnungen
3.1	Nachweis der Randsammelleitung
3.2	Nachweis der Ableitung zum Sickerwasserspeicher
3.3	Nachweis der Kapazität des Sickerwasserspeichers
3.4	Nachweis der Kapazität der Behandlungsanlage
3.5	Kennwerte der Sammlerbereiche

IMPRESSUM

20

1 VORBEMERKUNGEN

Mit der Errichtung des in den Planunterlagen dargestellten Basisabdichtungssystems wird für die Deponie „Forst-Autobahn“ eine Sickerwasserfassung, -ableitung, -zwischenlagerung und -behandlung für die Inbetriebnahme des neu zu errichtenden Ablagerungsbereiches erforderlich.

Die Sickerwasserfassung auf der Basisdichtung erfolgt über einen dachprofilartigen Aufbau des Basisdichtungs- und -entwässerungssystems (s. Anl. 1.05). Mit Hilfe einer 0,5 m mächtigen Dränschicht wird dem im jeweiligen Planumstiefpunkt angeordneten Sickerwassersammler anfallendes Sickerwasser zugeführt, das dann durch den Deponieranddamm geleitet und in einer Randsammelleitung dem ebenfalls zu errichtenden Sickerwasserspeicher zugeführt wird. Von diesem Zwischenspeicher aus wird das Sickerwasser der Behandlungsanlage zugeführt.

An die Basisfläche grenzen im Nordosten die Böschungen des Deponie-Altkörpers (Schüttbereich II – SB II) an (s. Anl. 1.05). Im Anschlussbereich wird ein in der Basisdichtung ein Hochpunkt ausgebildet, so dass das auf der Altkörperböschung ablaufende Oberflächenwasser nicht in den Bereich des neuen Schüttbereiches SB III gelangen kann, sondern in der Basisdrainage von SB II, die im Anschlussbereich freigelegt wird, abfließt. Beim Abfalleinbau in SB III wird eine temporäre Zwischenböschung zum SB II hin geneigt eingestellt, so dass auch in dieser Phase kein Wasser aus dem SB II in den SB III gelangen kann (s. Abb. 1). Bei den hydraulischen Nachweisen können somit die Altdeponiebereiche unberücksichtigt bleiben.

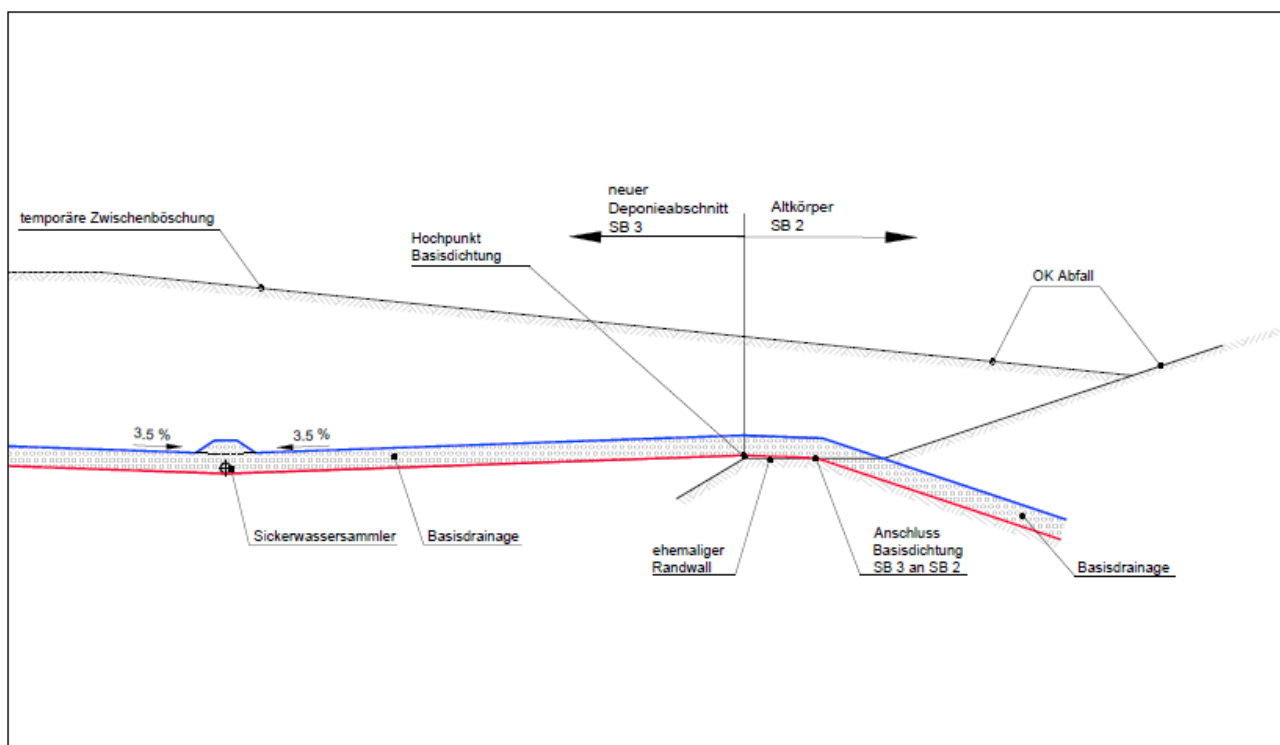


Abbildung 1: Prinzipdarstellung Anschluss SB III an SB II

Die Deponieerweiterung wird in zwei Bauabschnitte (BA 1 und BA 2) unterteilt und zeitlich versetzt hergestellt. Im 1. BA sollen die Sammlerbereiche 6 bis 10 und im 2. BA die Sammlerbereiche 1 bis 5 errichtet werden. Die Grenze zwischen den beiden Bauabschnitten ist der Hochpunkt der Basisfläche zwischen den Sammlern 5 und 6. Für den Nachweis der Eignung des gesamten o. g. Sickerwassersystems werden nachfolgend deren einzelne Elemente betrachtet. Je nach Element sind dabei unterschiedliche Betriebszustände zu betrachten.

2 VORGABEN DER PLANUNGSGRUNDLAGEN

Die gesamte Deponieerweiterung hat nach den Vorgaben der Deponieverordnung (DepV) zu erfolgen. Im Fall der Deponie „Forst-Autobahn“ hat deshalb die Spezifizierung des Sickerwasserfassungssystems entsprechend dem bundeseinheitlichen Qualitätsstandard (BQS) 3-1 „Mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Basisabdichtungssystemen“ bzw. BQS 3-2 „Mineralische Entwässerungsschichten in Basisabdichtungssystemen aus nicht natürlichen Baustoffen“ zu erfolgen. Im BQS 3.2 sind gegenüber dem BQS 3.1 noch Anforderungen an die Beständigkeit des Materials formuliert. In den BQS wird auf die DIN 19667 „Dränung von Deponien – Planung, Bauausführung und Betrieb“ sowie auf die GDA-Empfehlung (Geotechnik der Deponien und Altlasten) E2-14 „Basis-Entwässerung von Deponien“ und 3 weitere, nicht planungsrelevante GDA-Empfehlungen verwiesen. Diese GDA-Empfehlungen stellen gemeinsam den BQS 3.1 für mineralische Entwässerungsschichten aus natürlichen Baustoffen in Basisabdichtungssystemen dar. Für den BQS 3.2 sind noch weitere Anforderungen formuliert.

Da nicht vorgesehen ist, nicht natürliche Materialien für die Entwässerungsschicht zu verwenden, ist der BQS 3-1 für die Planung relevant. Bei Nachweis, dass es langfristig zu keinem Aufstau von Sickerwasser in den Abfall hineinkommt, kann lt. Deponieverordnung, Anhang 1, Tabelle 1, Fußzeile 3, mit Zustimmung der Behörde die Mächtigkeit der Basisdrainageschicht reduziert werden.

Entsprechend den o. g. Unterlagen erfolgt die Auslegung des Sickerwassersystems.

2.1 DIN 19667

Nach DIN 19667 ist die Basisentwässerung von Deponien aus einer flächenhaften mineralischen Entwässerungsschicht mit in diesen integrierten Sickerleitungen herzustellen. Ein Einstau von Sickerwasser in den Deponiekörper hinein ist nicht zulässig. Die folgenden Mindestanforderungen sind einzuhalten:

- Längsgefälle der Rohrleitung $\geq 1 \%$,
- Quergefälle der Basis $\geq 3 \%$,
- Zulaufänge $\leq 15 \text{ m}$,
- Innendurchmesser Sammler $\geq 250 \text{ mm}$.

Falls von diesen Anforderungen abgewichen wird, sind gesonderte Nachweise nach GDA E2-14 mit dem Regenereignis $r_{15,1}$ nach KOSTRA zu erbringen. Bei Leitungslängen $> 200 \text{ m}$ ist eine hydraulische Berechnung der Sickerleitung erforderlich.

Bei einer DK1-Deponie muss die Entwässerungsschicht mindestens $0,5 \text{ m}$ dick sein und aus mineralischem Material bestehen. Davon müssen die unteren 30 cm aus Kies (Rundkorn oder doppelt gebrochener Splitt) der Korngröße 16/32 nach DIN EN 12620:2008-07 bestehen.

Die oberen 20 cm der Entwässerungsschicht müssen aus einer weiteren mineralischen Schicht bestehen, deren Durchlässigkeitsbeiwert langfristig $k = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ nicht unterschreitet und im Einbauzustand $k \geq 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ beträgt.

Nach KOSTRA beträgt für den Standort Forst der Bemessungsregen $r_{15,1} = 10,2 \text{ mm}$.

2.2 GDA-Empfehlung E2-14

In der GDA E2-14 ist die in der DIN 19667 formulierte Anforderung an die oberen 20 cm der Entwässerungsschicht (langfristig $k = 1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s und im Einbauzustand $k \geq 1 \cdot 10^{-2}$ m/s) auf die gesamte Mächtigkeit der Entwässerungsschicht ausgedehnt.

Weiterhin werden in der GDA E2-14 drei Betriebszustände unterschieden:

- **Betriebsbeginn – geringe Abfallüberdeckung**
Der Niederschlag gelangt unmittelbar in die Entwässerungsschicht.
Die Niederschlagsintensität und -häufigkeit kann nach den Ansätzen der Stadtentwässerung ermittelt werden. Dazu ist das in DIN 19667 genannte Regenereignis nach KOSTRA $r_{15,1}$ (für Forst = 10,2 mm) zu verwenden.
- **Betriebszustand – offene Abfallfläche**
Bei in Betrieb befindlichen Abfallflächen kann bei deutschen Klimaverhältnissen von einer durchschnittlichen Sickerwasserspende von 1,0 mm/d = 10 m³/(ha*d) ausgegangen werden, wenn die Speicherkapazität des Abfallkörpers erschöpft ist.
Sickerwasserspende 2 $q_2 = 1$ mm/d

Für die Dimensionierung (Entwässerungsschicht, Abstand der Sammler und Quergefälle) ist mit einem zehnfach erhöhten Wert gegenüber dem Betriebszustand – offene Abfallfläche, also mit einem Wert von 10 mm/d = 100 m³/(h*d) zu rechnen.
Sickerwasserspende 1 $q_1 = 10$ mm/d
- **Betriebsende – rekultivierte Deponie**
Dieser Betriebszustand ist für die hier zu führenden Nachweise nicht relevant.

3 BETRACHTUNG DER BEMESSUNGSANSÄTZE

3.1 Betriebsbeginn – keine / geringe Abfallüberdeckung = Maximalbetrachtung

Nach GDA E2-14 ist für diesen Zustand mit dem in der DIN 19667 angesetzten Regenereignis $r_{15,1}$ nach KOSTRA – DWD, 2000 zu rechnen. Für Forst sind das 10,2 mm. Da es sich bei $r_{15,1}$ um das einjährige Regenereignis von 15 Minuten Dauer handelt, entspricht dieser Wert der maximalen täglichen Niederschlagsmenge, also 10,2 mm/d. Dieser Wert ist fast identisch mit dem Sickerwasseraufkommen von 10 mm/d = 100 m³/(ha*d), das für den hydraulischen Nachweis von Entwässerungsschicht, Abstand der Sammler und Quergefälle verwendet werden soll.

Für die Dimensionierung der Dränageschicht sowie der Sammelleitungen und Ableitungen ist es jedoch ein Unterschied, ob die 10 mm über den Tag verteilt oder innerhalb von 15 Minuten fallen. Es werden deshalb Betrachtungen nach beiden Ansätzen durchgeführt.

Relevant für den Sickerwasserabfluss ist auch die Durchlässigkeit der Basisdränage. Entsprechend E2-14 muss die Durchlässigkeit langfristig $k \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s betragen, im Einbauzustand jedoch $k \geq 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

Auf der sicheren Seite liegend werden deshalb je nach Fragestellung Betrachtungen mit folgenden Durchlässigkeitswerten ausgeführt:

k_{\max}	= $5 \cdot 10^{-2}$ m/s	Maximale Durchlässigkeit nach Einbau
k_{\min_1}	= $1 \cdot 10^{-2}$ m/s	Minimale Durchlässigkeit nach Einbau
k_{\min_2}	= $1 \cdot 10^{-3}$ m/s	Minimale Durchlässigkeit dauerhaft

3.2 Betriebszustand – offene Abfallfläche = Regelbetrieb, normales Sickerwasseraufkommen

Die Berechnungen für den Regelbetrieb sind entsprechend E2-14 mit einem Sickerwasseraufkommen von 1 mm/d = 10 m³/(ha*d) auszuführen. Da dieser Wert erst dann relevant ist, wenn das Speichervermögen des Abfalls erschöpft ist, liegen die Ergebnisse der Berechnungen auf der sicheren Seite.

4 HYDRAULISCHE NACHWEISE

Hinsichtlich der Rohrleitungen, die zur Sickerwasserefassung und -ableitung auf Deponien eingesetzt werden, ist anzumerken, dass für diese ein Mindestdurchmesser von 250 mm vorgegeben wird, um diese mit Kame-ras befahren und reinigen zu können. Sie sind deshalb in der Regel hydraulisch überdimensioniert.

4.1 Nachweis der Basisdränage

Bei den Sickerwassersammlern S 6 und S 10 sind teilweise Anströmlängen auf der Basisdichtung > 15 m vorhanden. Zudem ist im Einzugsbereich von Sammler S 6 die östliche Anströmfläche zum Teil nur mit 2,7 % geneigt. Es ist deshalb der Nachweis zu führen, dass kein Einstau von Sickerwasser in den Abfall hinein erfolgt, das heißt, der Sickerwassereinstau maximal 0,5 m (Mindestmächtigkeit der Basisdränage nach DIN 19667) beträgt.

Erster Ansatz:

Auf der sicheren Seite liegend wird für Dränschicht eine Porosität von 30 % angenommen.

- Regenerereignis $r_{15,1} = 10,2 \text{ mm}$ (DIN 19667)
- h_{Basisdränage} $h = 0,5 \text{ m}$
- Porosität $n \geq 30 \%$
- Porenraumhöhe $h_p = 0,5 \text{ m} * 0,3 = 150 \text{ mm} > 10,2 \text{ mm}$

Der effektive Porenraum von 150 mm Höhe wird nur bis 10,2 mm gefüllt. Es erfolgt somit kein Einstau in den Abfall.

Zweiter Ansatz:

- Sickerwasserspende 10 mm/d = 100 m³/(ha*d) (GDA E2-14)
- Berücksichtigung der Fließzeit in der Basisdränage

Nachweis für Ablagerungsbereich Sickerwassersammler S 6:

- Darcy: $Q / A = v = k * i$ $t = l / (k * i)$
- Minimales Gefälle $i_{\text{min}} = 2,67 \%$ (1 : 37,5)
- Länge Fließweg mit i_{min} $l = 32 \text{ m}$
- Durchlässigkeit k $k_{\text{min}_1} = 1 * 10^{-2} \text{ m/s}$
 $k_{\text{min}_2} = 1 * 10^{-3} \text{ m/s}$
- Sickerwasserspende q
 - bei k_{min_1} $q_1 = 10 \text{ mm/d}$
 - bei k_{min_2} $q_2 = 1 \text{ mm/d}$
- Fließzeit in der Dränschicht
 - bei k_{min_1} $t_1 = 32 \text{ m} / (1 * 10^{-2} \text{ m/s} * 2,67 \%) = 20.000 \text{ sec} = 33 \text{ h}, 20 \text{ min}$
 - bei k_{min_2} $t_2 = 32 \text{ m} / (1 * 10^{-3} \text{ m/s} * 2,67 \%) = 1.200.000 \text{ sec} = 333 \text{ h}, 20 \text{ min}$
- Aufstau in der Basisdränage während der Fließzeit:
 - bei k_{min_1} $h_{\text{Siwa}_1} = 33,33 \text{ h} * 10 \text{ mm} / 24 \text{ h} = 13,89 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$
 - bei k_{min_2} $h_{\text{Siwa}_2} = 333,33 \text{ h} * 1 \text{ mm} / 24 \text{ h} = 13,89 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$

Es kommt maximal zu einem Aufstau von ca. 13,9 mm im Porenraum bzw. 46,3 mm in der 0,5 m mächtigen Basisdrainageschicht. Ein Einstau in den Abfall erfolgt nicht.

Da sich $q_{1,1}$ und $q_{1,2}$, sowie $k_{min,1}$ und $k_{min,2}$ jeweils um den Faktor 10, jedoch entgegengesetzt unterscheiden, ergibt sich bei beiden Berechnungen das gleiche Ergebnis. Es muss bei den weiteren Berechnungen somit nur ein Fall betrachtet werden.

Nachweis für Ablagerungsbereich Sickerwassersammler S 10:

Es wird der längste Fließweg in Böschung und Basis betrachtet, wo es zum größten Aufstau in der Basisdrainage kommen kann. (Es kommt zu einem Aufstau durch den Abfluss auf der Böschung und anschließend noch auf der Basisfläche.)

- Fließzeit bei Abfluss auf Basisfläche östlich Sammler S 10:
 - Basisgefälle $i_{Basis} = 4,6 \%$
 - Maximaler Fließweg $l_{Basis} = 40 \text{ m}$
 - Durchlässigkeit $k_{min,1} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
 - Sickerwasserspende bei $k_{min,1}$ $q_{1,1} = 10 \text{ mm/d}$
 - Fließzeit auf Basis $t_{1,1} = l / (k \cdot i)$
 $t_{1,1} = 40 \text{ m} / (1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 4,6 \%) = 86.957 \text{ sec} = 24,15 \text{ h}$
- Aufstau in Fließzeit auf Basis
 - $h_{Siwa, Basis} = 24,15 \text{ h} \times 10 \text{ mm} / 24 \text{ h} = 10,06 \text{ mm}$

Während der Fließzeit auf der Basis staut das Sickerwasser maximal 10,06 mm in den Porenraum ein.

- Fließzeit auf der Böschung nördlich der Basisfläche
 - Böschungsgefälle $i_{Böschung} = 25 \%$ (1 : 4)
 - Fließweg auf der Böschung $l_{Böschung} = 25 \text{ m}$
 - Durchlässigkeit $k_{min,1} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$
 - Sickerwasserspende bei $k_{min,1}$ $q_{1,1} = 10 \text{ mm/d}$
 - Fließzeit auf der Böschung $t_{1,1} = l / (k \cdot i)$
 $t_{1,1} = 25 \text{ m} / (1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 25 \%) = 10.000 \text{ sec} = 2,78 \text{ h}$
- Aufstau in Fließzeit auf der Böschung
 - $h_{Siwa, Böschung} = 2,78 \text{ h} \times 10 \text{ mm} / 24 \text{ h} = 1,16 \text{ mm}$

Während der Fließzeit auf der Böschung staut das Sickerwasser 1,16 mm in den Porenraum bzw. 3,87 cm in die Drainageschicht ein.

Nachdem das Wasser am Böschungsfuß angekommen ist, muss es noch die Basisfläche durchfließen. Die Aufstauhöhen können somit summiert werden.

- $h_{Gesamt} = H_{Basis} + H_{Böschung} = 10,1 \text{ mm} + 1,2 \text{ mm} = 11,3 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$

Es ist ein maximaler Einstau in die Basisdrainage von $h_{Dränschicht} = h_{Gesamt} / n = 11,3 \text{ mm} / 30 \% = 37,7 \text{ mm} < 500 \text{ mm}$ Basisdrainageschicht möglich. Ein Einstau von Sickerwasser in den Abfall kann somit für die gesamte Basis- und Böschungsfäche ausgeschlossen werden.

Die Ergebnisse liegen auf der sicheren Seite, da bei den Berechnungen angenommen wurde:

- 10-fache Sickerwassermenge gegenüber normalem Betriebszustand,
- Mindestdurchlässigkeit nach Einbau
- minimale Porosität der Basisdränage von lediglich 30 %.

Damit ist nachgewiesen, dass für die gesamte Basisdrainageschicht hydraulisch eine Schichtmächtigkeit von 50 cm ausreichend ist.

4.2 Nachweis Sickerwassersammler S 6

Der Sickerwassersammler S 6 hat im Bereich der Abfallablagerung (perforiertes Sickerrohr) eine Länge von 205 m (s. Anl. 1.05). Durch die an die Basisdichtung anschließenden Böschungen des Randdamms ist das Sammlerfeld aber länger (216 m – s. Anl. 3.5). Für Berechnungen wird dies als die Sammlerlänge angesetzt. Nach DIN 19667 sind Sammler mit einer Länge > 200 m hydraulisch nachzuweisen.

Erster Ansatz nach DIN 19667:

Nachweis nach DIN 19667 mit der Regenspende $r_{15,1}$ KOSTRA (s. Anl. 2.1).

Maximaler Zustrom in der Basisdränage zum Sickerwassersammler S 6 (Zustrom von 2 Seiten)

- Sickerwasserzustrom $V' = 2 * (h * k * i * l)$
- Höhe Aufstau $h = r_{15,1} = 10,2 \text{ mm}$
- Durchlässigkeit Basisdränage $k = k_{\text{max}} = 5 * 10^{-2} \text{ m/s}$
- Basisgefälle $i = 3,5 \%$ (Anfangszustand)
- Sammlerlänge $l = 216 \text{ m}$

- Sickerwasserzustrom $V' = 2 * (10,2 \text{ mm} * 5 * 10^{-2} \text{ m/s} * 3,5 \% * 216 \text{ m}) = 7,71 \text{ l/s}$

Es erfolgt über die Gesamtlänge des Sammlers S6 von 216 m ein maximaler Zustrom von 7,71 l/s zum Sammler.

Ableitvermögen von Sickerwassersammler S 6:

- Rohr DN 250 da 315, SDR 11, PE 100
- Rohrgefälle $i = 1,5 \%$ (Anfangszustand)
- Maximales Ableitvermögen $V'_{\text{max}} = 86,05 \text{ l/s} > 7,93 \text{ l/s}$

Tabelle 1: Berechnungstabelle hydraulischer Nachweis Sammler S 6

Hydraulischer Nachweis Sammler S6 (PE-HD)					
	Parameter	Kürzel	Wert	Einheit	Bemerkung
Gegeben	Rohrquerschnitt	DN	250	[mm]	
	Betriebsrauigkeit	k_b	0,5	[mm]	
	Gefälle	l_s	15,0	[‰]	
Berechnung	Prandtl-Colebrook				
	max. Abflussvermögen	Q_{voll}	86,05	[l/s]	
	Abflussgeschw. Vollfüllung	v_{voll}	1,75	[m/s]	
	Abfluss Kanal	Q_{ab}	7,710	[l/s]	
	Teilfüllungsgrad	$Q_{\text{ab}}/Q_{\text{voll}}$	0,090	-	
	Geschw.-Verhältnis	$v_{\text{Teil}}/v_{\text{voll}}$	0,634	-	
	Abflussgeschw. Teilfüllung	v_{Teil}	1,11	[m/s]	

Der Zustrom zum Sickerwassersammler S 6 (7,71 l/s) beträgt nur ca. 9 % des Ableitungsvermögens des Sammlers (86,05 l/s) bei DN 250 mm.

Die Ostseite der S 6-Basisdrainage ist in 3 Teilflächen mit unterschiedlichem Gefälle unterteilt (siehe Anlage 1.05). Die Teilfläche mit einem Gefälle von 1 : 11 (9,1 %) grenzt nur an einer Stelle direkt an den Sammler S 6 an. Es wird deshalb noch der Gesamtzufluss zum Sammler S 6 (unter Berücksichtigung dieser steiler geneigten Fläche) berechnet.

Auf der sicheren Seite liegend wird für die 1 : 11 geneigte Fläche eine an den Sammler angrenzende Länge von 70 m angenommen. Zudem wird die Fläche mit einer Neigung von 2,67 % ebenfalls auf der sicheren Seite liegend vereinfachend mit 3,5 % Gefälle angenommen.

- Sickerwasserzustrom $V'_{gesamt} = V'_{beidseitig\ 3,5\ \%} + V'_{einseitig\ 3,5\ \%} + V'_{einseitig\ 9,1\ \%}$
- Zustromlänge l 1 = $l_{einseitig} = 70\ m$
- Zustromlänge l 2 = $l_{beidseitig} = 216\ m - 70\ m = 146\ m$

- Sickerwasserzustrom $V'_{gesamt} = h * k * [(2 * 3,5\ \% * l_2) + (3,5\ \% * l_1) + (9,1\ \% * l_1)]$
- Sickerwasserzustrom $V'_{gesamt} = 9,71\ l/s$

Bei Ansatz der 1 : 11 geneigten Fläche auf einer Länge von 70 m an den Sammler S 6 angrenzend ergibt sich ein maximaler Zustrom zum Sammler von 9,71 l/s. Das sind ca. 11,3 % der Abflussleistung von Sammler S 6 (86,05 l/s). Damit ist die Leistungsfähigkeit von Sammler S 6 nachgewiesen.

Zweiter Ansatz nach GDA E2-14:

Es wird untersucht, wie groß der Zufluss in der Basisdrainage zum Sammler S 6 nach dem Maximalansatz der GDA E2-14 mit $q_{-1} = 100\ m^3/(ha*d)$ ist.

- Fläche Sammlerfeld S 6 $A_{S6} = 8.542\ m^2$
- Maximaler Zustrom $V'_{max} = A_{S6} * q_{-1}$
 $V' = 8.542\ m^2 * 100\ m^3/(ha * d)$
 $V' = 85,42\ m^3/d = 0,99\ l/s < 86,05\ l/s$

Der Zustrom zum Sammler S 6 aus der Basisdrainage beträgt bei dem GDA-Ansatz von $q_{-1} = 100\ m^3/(ha*d)$ nur ca. 1,1 % des Ableitungsvermögens des Sammlers (86,1 l/s). Damit ist auch nach Ansatz 2 die Leistungsfähigkeit von Sammler S 6 nachgewiesen.

4.3 Nachweis der Randsammelleitung

In den Sickerwasserschächten S 1 bis S 10 erfolgt der Anschluss der Sickerwassersammler an die Randsammelleitung. Die Randsammelleitung besteht aus zwei Teilen, die im Tiefpunkt (Sickerwasserschacht S 7) zusammentreffen. Von hier aus erfolgt die Ableitung zu den Sickerwasserspeichern. Es ist nachzuweisen, dass die Randsammelleitung in der Lage ist, das gefasste Sickerwasser abzuleiten, ohne dass es zu einem Rückstau in den abgelagerten Abfall kommt.

Da in dem westlichen Teil der Randsammelleitung (Sickerwassersammler S 1 bis S 6) die insgesamt größere Fläche an die Randleitung angeschlossen und deren Gefälle in diesem Bereich geringer ist (durchweg 0,5 %), ist es ausreichend, diesen westlichen Teilbereich zu betrachten.

Die Berechnungen sind in Anlage 3.1 dargestellt. Der größte Abfluss mit 7,711 l/s findet in dem Fall statt, dass der Sickerwassersammler S 6 in Betrieb genommen wird und der Bemessungsregen $r_{15,1}$ KOSTRA fällt.

Da die Ablagerungsbereiche der Sammler S 1 bis S 5 kleiner als der von S 6 sind, findet in Summe weniger Abfluss statt, wenn die jeweiligen Flächen in Betrieb genommen werden, darauf der Bemessungsregen $r_{15,1}$ KOSTRA fällt und aus den anderen Bereichen der Zustrom von 1 mm/d (Sickerwasserspende im Betriebszustand – offene Abfallflächen nach GDA E2-14) erfolgt.

Die mögliche Ableitkapazität der Randsammelleitung wird somit nur zu ca. 15,6 % ausgeschöpft.

4.4 Nachweis der Ableitung zum Sickerwasserspeicher

Wie bei dem Nachweis der Randsammelleitung wird angenommen, dass auf der jeweils neu in Betrieb genommenen Ablagerungsfläche der Bemessungsregen $r_{15,1}$ nach KOSTRA fällt und in den bereits mit Abfall belegten Ablagerungsbereichen der Betriebszustand – offene Abfallfläche nach GDA E2-14 mit einer Sickerwasserspende von $q_2 = 1$ mm/d vorhanden ist.

Es wird weiterhin angenommen, dass die Sammlerbereiche S 7 bis S 10 aufgrund ihrer geringen Größe gleichzeitig in Betrieb genommen werden (siehe Anlage 1.05). Es werden deshalb insgesamt 7 unterschiedliche Betriebszustände (Fall 1 bis 7) untersucht.

Die Berechnungen sind in Anlage 3.2 dargestellt. Der maximale Abfluss findet bei Inbetriebnahme von Sickerwassersammler S 6 statt (8,856 l/s). Das sind ca. 18 % der Ableitkapazität der Ableitung zum Sickerwasserspeicher bei einem Gefälle von 0,5 % (49,29 l/s).

4.5 Nachweis der Kapazität des Sickerwasserspeichers

Der Sickerwasserspeicher hat neben der Vergleichmäßigung der Sickerwasserqualität die Aufgabe, große Zulaufmengen abzapfieren, um die Aufbereitungsanlage nicht zu überlasten. Für den neu in Betrieb genommenen Bereich (Betriebsbeginn) wird deshalb (wie bei den Berechnungen für die Rohre) die in DIN 19667 angegebene Sickerwasserspende von $r_{15,1} = 10,2$ mm angenommen.

Da es sich hierbei um den jährlichen Bemessungsregen handelt, der statistisch gesehen nur einmal im Jahr anfällt, gilt $q = 10,2$ mm/d = 102 m³/(ha*d). Das ist geringfügig mehr als die nach GDA E2-14 empfohlene Sickerwasserspende zur Dimensionierung von Entwässerungsschicht, Leitungen etc. von 10 mm/d.

Es werden wieder alle möglichen Fälle / Betriebszustände untersucht, wobei für die neu in Betrieb genommene Fläche der Bemessungsregen $r_{15,1}$ angesetzt wird und für die bereits in Betrieb befindlichen Flächen (Betriebszustand – offene Abfallfläche nach GDA E2-14) eine Sickerwasserspende von 1 mm/d berücksichtigt wird.

Die Berechnungen zur Dimensionierung des Sickerwasserspeichers sind in Anlage 3.3 enthalten.

Da wiederum angenommen wird, dass die Sammlerbereiche S 7 bis S 10 aufgrund ihrer geringen Größe gleichzeitig in Betrieb genommen werden, gibt es wiederum 7 zu untersuchende Fälle. Der Fall mit dem größten Sickerwasseranfall ist der, bei dem der Sammlerbereich S 6 neu in Betrieb genommen wird und sich die Sammlerbereiche S 7 bis S 10 im Betriebszustand – offene Abfallfläche – befinden. In diesem Fall ist mit einem Sickerwasseraufkommen von 95,56 m³/d zu rechnen (Tabelle 1 in Anl. 3.3).

Basierend auf den Berechnungen zum Sickerwasseranfall werden 3 verschiedene Varianten zur Speicherdimensionierung betrachtet.

Variante 1:

Es wird angenommen, dass sich vor Zulauf der Bemessungsmenge die 3-Tagesmenge für den Betriebszustand – offene Abfallfläche (1 mm/d) aus allen bis zu diesem Zeitpunkt mit Abfall belegten Feldern noch im Speicher befindet. Danach ergibt sich ein erforderliches Speichervolumen von ca. 164 m³ (Fall 6: Sammlerbereich S2 - Betriebsbeginn; Sammlerbereiche S 3 – S10 – Betriebszustand; s. Tabelle 2 in Anl. 3.3).

Es wird vorgeschlagen, 2 Becken á ca. 100 m³ zu errichten. Bei den Abmessungen – Durchmesser: 8,0 m und Speicherraumhöhe: 2,0 m ergibt sich jeweils ein Volumen von 100,5 m³; in Summe also 201 m³. Damit können dann auch noch größere Regenereignisse als das Einjährige ($r_{15,1} = 10,2$ mm) beherrscht werden.

Bei diesem Speichervolumen kann sich bei Zulauf der Bemessungsmenge im Fall 6 (48,6 m³/d aus Feld S 2; Tab.1 in Anl. 3.3) bereits der Zulauf mit 1 mm/d aus allen bis dahin mit Abfall belegten Sammlerflächenflächen (S 2 – S10) über einen Zeitraum von ca. 95 Stunden (3 Tage und 22 h, 44 min) in den Speichern befinden.

Es ist zu beachten, dass diese Angaben nur für den Fall der Inbetriebnahme von Sammlerbereich S 2 zutreffend sind. Bei Inbetriebnahme der anderen Sammlerbereiche sind die Zulaufmengen im Bemessungsfall z. T. zwar größer (Fälle 1 + 2 in Tab. 1, Anl. 3.3), da aber die angeschlossenen Ablagerungsfläche in diesen Fällen kleiner sind, ergeben sich insgesamt kleinere Speicherkapazitäten, um mindestens die 3-Tagesmenge zusätzlich zu speichern. Im Fall 2 könnte sich so vor Zulauf der Bemessungswassermenge die Menge aus dem Betriebszustand von ca. 13,5 d (323,48 h) bereits im Speicher befinden.

Da davon auszugehen ist, dass die Aufbereitungsanlage für Sickerwasser ständig in Betrieb ist bzw. ständig Wasser zur Behandlungsanlage transportiert wird und somit Wasser aus dem Speicher entnommen wird, ergeben sich tatsächlich noch größere Speicherkapazitäten (siehe Kapitel 4.6).

Variante 2:

Es wird die Speicherdauer bei der in der Literatur angegebenen Zulaufmenge von 7,36 m³/(ha*d) berechnet. Bei dieser Zulaufmenge ergibt sich eine Speicherdauer von ca. 6 Tagen und 13,7 Stunden.

Die Sickerwasserspense von 7,36 m³/(ha*d) ist größer als die auf der Deponie Forst Autobahn bisher gemessenen Zuläufe:

2010 bis 2016:	auf 2,46 ha	in Summe 20.542 m ³ = 3,27 m ³ /(ha*d);	Speicherdauer 14,8 d
Maximalwert 2011:	auf 2,46 ha	3.890 m ³ = 4,33 m ³ /(ha*d);	Speicherdauer 11,2 d

Mit den auf der Deponie gemessenen Sickerwasseraufkommen der Jahre 2010 – 2016 ergeben sich die oben angegeben, noch deutlich größeren Speicherzeiträume.

Wie bei Variante 1 gilt auch hier, dass durch den Betrieb der Aufbereitungsanlagen ständig Wasser aus dem Speicher entnommen wird, so dass die Speicherdauer tatsächlich noch größer ist.

Variante 3:

Es wurde die Speicherkapazität mit einem in der Literatur angegebenen 99-Prozent-Unterschreitungsfraktile untersucht. Danach ergibt sich ein maximales Sickerwasseraufkommen von 3 mm/d, was bei einer Gesamtfläche vom Schüttbereich SB III = 4,157 ha zu einem Sickerwasservolumen von 124,71 m³/d führt. Danach ergibt sich bei einem Speichervolumen von 201 m³ eine Speicherdauer von 1,61 d (>1 d + 14 h). Abzüglich einer Füllmenge eines Tages bei 1 mm/d auf der gesamten Ablagerungsfläche verbleibt eine Speicherdauer von ca. 31 h.

Da in der Literatur nicht angegeben ist, aus welchen Quellen die Angaben der statistischen Auswertung stammen und in welchem Zustand sich die jeweiligen Deponien befanden, ist das Ergebnis von Variante 3 nur informativ zu betrachten und nicht als maßgebend für die Speicherdimensionierung.

Als Resumé kann man feststellen, dass nach den untersuchten Varianten eine Speicherkapazität für das Sickerwasser aus dem Bereich SB III von ca. 200 m³ ausreichend ist. Der kritische Fall ist der der Inbetriebnahme von Sammlerfeld S 2. Da gesteuert werden kann, wann neue Ablagerungsbereiche in Betrieb genommen werden und somit mit einer Regenspende von $r_{15,1} = 10,2$ mm/d zu rechnen ist, können die Speicher im Vorfeld weitestgehend leergefahren werden, sodass eine ausreichend große Pufferkapazität zur Verfügung steht. Durch diese Maßnahmen können bei einem Speichervolumen von ca. 200 m³ auch größere Regenereignisse als das Einjährige ($r_{15,1} = 10,2$ mm) beherrscht werden.

4.6 Nachweis der Kapazität der Sickerwasseraufbereitungsanlage

Für die Behandlung des im neu zu errichtenden Schüttbereich III künftig anfallenden Sickerwassers wird ggf. eine Behandlungsanlage am Standort errichtet. Diese ist entsprechend des zu erwartenden Schadstoffspektrums und der anfallenden Sickerwassermenge auszulegen. An dieser Stelle erfolgt die hydraulische Dimensionierung.

In der GDA-Empfehlung E2-14 ist angegeben, dass für den Betriebszustand – offene Abfallfläche - von einer durchschnittlichen Sickerwasserspende von 10 m³ / (ha * d) auszugehen ist, wenn die Speicherkapazität des Abfallkörpers erschöpft ist und keine genaueren Erkenntnisse für den Einzelfall vorliegen.

Für die Deponie Forst Autobahn wurden vom Bauherrn für die Jahre 2010 bis 2019 Angaben zum Sickerwasseraufkommen übergeben; mit dem Hinweis, dass die Angaben für die Jahre 2017 und 2018 nicht repräsentativ sind und in den Jahren 2018 und 2019 bereits eine Fläche von ca. 0,5 ha temporär abgedeckt war. Für die Auslegung der erforderlichen Kapazität der Sickerwasserbehandlungsanlage stehen somit die Angaben der Jahre 2010 bis 2016 zur Verfügung.

Die Ermittlung der erforderlichen hydraulischen Behandlungskapazität erfolgt in Anlage 3.4. Diese liegt den folgenden Ausführungen zugrunde.

Die Größe des Schüttbereiches SB II, auf dem das Sickerwasser gefasst wurde, beträgt ca. 24.600 m². Ausgehend von dieser Fläche ergibt sich für die Jahre 2010 bis 2016 ein mittleres Sickerwasseraufkommen von 3,27 m³/(ha*d). Im regenreichen Jahr 2011 ergibt sich eine Sickerwasserspende von 4,33 m³/(ha*d). Diese Werte liegen deutlich unter dem Wert der GDA-Empfehlung.

Weiterhin wird berücksichtigt, dass der Niederschlag nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt ist. Aus der langjährigen Reihe für den Standort Forst der Jahre 1981 bis 2010 (aktuelle Werte) ergibt sich für den regenreichsten Monat (Juli) ein Faktor von 1,52 gegenüber dem Jahresdurchschnittswert von 50,7 mm.

In der Tabelle 2 in Anlage 3.4 wurde die Sickerwasserspende berechnet, die sich bei der schrittweisen Inanspruchnahme der einzelnen Ablagerungsbereiche (beginnend mit Sammlerbereich S 10) unter Berücksichtigung der o. g. Sickerwasserspenden ergeben.

Da es langjährige Erfahrungswerte zum Sickerwasseraufkommen für die Deponie Forst Autobahn gibt, Speicherbecken mit einer Kapazität von ca. 200 m³ vorgeschaltet sind und wie für den Schüttbereich SB II grundsätzlich die Möglichkeit der zusätzlichen Fremdentorgung von Sickerwasser besteht, werden die Ergebnisse für den Wert nach GDA-Empfehlung als nicht maßgebend betrachtet.

Unter Berücksichtigung der vorhandenen Speicherkapazität wäre prinzipiell eine Sickerwasseraufbereitungsanlage mit einer Kapazität von ca. 25 m³/d ausreichend. Um die Behandlungssicherheit zu erhöhen, sollte die Menge auf 2 parallel arbeitende Anlagen aufgeteilt werden. Da die Preisunterschiede zwischen einer Anlage mit einer Bearbeitungskapazität von 12,5 m³/d und einer Anlage mit 15 m³/d marginal sind, wird eine Anlagenkapazität von 2 * 15 m³/d gewählt. Damit können alle sich ergebenden Betriebszustände abgedeckt werden.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass es so weitestgehend möglich sein wird, nur einen Teil der Anlage zu betreiben, so dass die Betriebskosten minimiert werden können.

4.7 Nachweis der Pumpenleistung zur Ableitung von Oberflächenwasser

Solange Sammlerbereiche bereits gebaut, aber noch nicht mit Abfall belegt sind, fällt auf diesen bei entsprechendem Niederschlag unbelastetes Oberflächenwasser an.

Um dieses nicht gemeinsam mit dem belasteten Sickerwasser in die Speicher abzuleiten und damit auch die Aufbereitungsanlage unnötig zu belasten ist es vorgesehen, dieses unbelastete Oberflächenwasser mittels Pumpen in den Randgraben abzuleiten, der dieses Wasser dann dem Versickerungsbecken zuführt.

Der Schüttbereich SB II ist in 2 Bauabschnitte unterteilt:

- BA 1 – Sammlerbereiche S 6 bis S 10:
- BA 2 – Sammlerbereiche S 1 bis S 5:

Da die Sammlerbereiche S 7 bis S 10 aufgrund ihrer geringen Größe gleichzeitig in Betrieb genommen werden sollen, sind somit 2 Fälle zu untersuchen:

- Im BA 1 ist der Sammlerbereich S 6 fertiggestellt und noch nicht mit Abfall belegt.
- Der gesamte BA 2 (Sammlerbereiche S 1 bis S 5) ist fertiggestellt und noch nicht mit Abfall belegt. Dieser Zustand ergibt sich für den Fall, dass Abfall im Sammler S 6 eingebaut wird und die Baumaßnahmen für BA 2 bereits komplett abgeschlossen sind.

Es werden deshalb die 2 Fälle betrachtet, dass im Sammler 6 unbelastetes Oberflächenwasser anfällt und als weiterer Fall, dass in den Sammlerbereichen S 1 bis S 5 unbelastetes Oberflächenwasser anfällt, welches mittels Pumpen in den Randgraben abzuführen ist.

Im Fall von Sammler 6 ist dafür der Abfluss in der Randsammelleitung zum Schacht S 7 abzusperren (Blase im Sickerwasserschacht S 6 in der Ableitung zum S 7 einsetzen) und die Revisionsöffnung geöffnet. Aus dieser Öffnung kann der Zulauf aus dem Bereich von Sammler S 6 in den Schacht einfließen, sodass dort Pumpen installiert werden können, die das Wasser durch das Mannloch in den Randgraben abpumpen.

Im Fall der Sammlerbereiche S 1 bis S 5 wird im Sickerwasserschacht S 5 in der Randleitung der Ablauf zum Schacht S 6 mit einer Blase verschlossen und die Revisionsöffnung geöffnet. Aus dieser Öffnung kann der gesamte Zulauf aus den Bereichen S 1 bis S 5 in den Schacht einfließen, sodass dort Pumpen installiert werden können, die das Wasser durch das Mannloch in den Randgraben abpumpen. Dadurch ist es nicht erforderlich, in allen Sammlerbereichen S 1 bis S 5 jeweils 1 Pumpe zu installieren.

In Spalte 14 der Tabelle in Anlage 3.5 ist jeweils der Überstand von OK Schacht über dem Hochpunkt zwischen den einzelnen Sammlerbereichen angegeben. Es zeigt sich, dass grundsätzlich Höhen > 0,5 m vorhanden sind. Es kommt also nicht zu einem Überlauf aus den Schächten heraus.

Da auf der Basisdichtung Drainagekies aufgebracht ist, stellt der Porenraum in dieser Dränschicht einen zusätzlichen Speicher für den Aufstau des unbelasteten Oberflächenwassers dar. In diesem Porenraum kann Wasser bis auf das Höhenniveau des Hochpunktes zwischen den Sammlern S 6 und S 7 (88,75 m NHN) nach Fertigstellung von Ablagerungsbereich S 6, bzw. S 5 und S 6 (88,8 m NHN) nach Fertigstellung von Ablagerungsbereichen S 1 bis S 5 eingestaut werden, ohne dass dieses Oberflächenwasser in den Sammlerbereich S 7, bzw. S 6 überläuft.

Es wird angenommen, dass der gesamte potenzielle Speicherraum mit Kies gefüllt ist (Schichtmächtigkeit 0,5 m).

Das mögliche Speichervolumen in der Basisdränage wurde in der Tabelle in Anlage 3.5 berechnet. Dazu wurde davon ausgegangen, dass die Sammlerfelder ein Längsgefälle von 1,5 % und ein Quergefälle von 3,5 % haben. Die Breite des Feldes wurde mit 30 m angenommen. Da sich auch bei dem Sammlerbereich 6 nur eine maximale Einstaulänge von 32 m ergibt, ist diese Bereichsbreite von 30 m auch für den Sammler 6 zutreffend (siehe Anlage 1.05).

Die den Berechnungen des Speichervolumens der einzelnen Sammlerbereiche zu Grunde gelegten Annahmen sind ebenfalls aus Anlage 3.5 ersichtlich. Bei einer Porosität der Basisdränage von 30 % ergibt sich für den Sammler 6 ein Speichervolumen von ca. 19 m³ und für die Sammlerbereiche S 1 bis S 5 in Summe ein Speichervermögen von ca. 79 m³.

Die Berechnung der erforderlichen Pumpenleistung erfolgt wiederum auf Basis des Maximalansatzes einer Regenspende nach KOSTRA $r_{15,1} = 10,2$ mm (Berechnungsansatz nach DIN 19667).

Berechnungen für Sammler S 6:

Entscheidend ist die Zuströmgeschwindigkeit zum Sammler. Auf der sicheren Seite wird deshalb angenommen, dass das Quergefälle beidseitig 3,8 % beträgt, obwohl in ca. 50 % der östlichen Teilfläche nur ein Gefälle von 2,7 % vorhanden ist und somit der Zustrom deutlich langsamer erfolgt. Es wird auch mit einer beidseitigen Sammlerfeldbreite von 15 m gerechnet. Dies ist zulässig, da im breiteren, jedoch flacher geneigten Bereich die zusätzliche Regenmenge erst dann dem Sammler zufließt, wenn das Wasser aus dem beidseitigen 15-Meter-Bereich bereits abgeflossen ist.

Auf der sicheren Seite liegend wird weiterhin angenommen, dass während der gesamten Fließzeit des Wassers in der Basisdränage die Bemessungshöhe von $r_{15,1} = 10,2$ mm vorhanden ist, obwohl in der Regenzeit (15 Minuten) erst der Aufstau von 0 mm bis 10,2 mm erfolgt.

- Fließzeit in Basisdränage (Zustrom beidseitig)
 - Durchlässigkeit Basisdränage $k =$ $k_{\max} = 5 \cdot 10^{-2}$ m/s
 - Zulauflänge: $l = 15$ m
 - Basisgefälle: $i = 3,5$ % (Anfangszustand)
 - Fließzeit: $t_{-1} = l / (k \cdot i)$
 $t_{-1} = 15 \text{ m} / (5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 3,5 \%) = 8.571 \text{ s} = 2,23 \text{ h}$
- Zulaufmenge in Fließzeit:
 - Sammlerlänge $l = 216$ m
 - Zulauf beidseitig
 - Zulaufmenge: $V = 2 \cdot (l \cdot r_{15,1} \cdot k_{\max} \cdot i \cdot t_{-1})$
 $V = 2 \cdot (216 \text{ m} \cdot 10,2 \text{ mm} \cdot 5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s} \cdot 3,5 \% \cdot 8.571 \text{ s})$
 $V = 66,09 \text{ m}^3$

Davon können 19,37 m³ in der Dränage abgepuffert werden. Es müssen also $66,09 \text{ m}^3 - 19,37 \text{ m}^3 = 46,72 \text{ m}^3$ in 2,23 h abgepumpt werden.

- Pumpenleistung $V'_{\text{Pumpe}} = 46,72 \text{ m}^3 / 8.571 \text{ s} = 5,45 \text{ l/s};$ Wahl: 6 l/s = 21,6 m³/h

Für das Abpumpen der im Sammlerbereich S 6 maximal anfallenden Menge unbelasteten Oberflächenwassers ist eine Pumpenleistung von ca. 6 l/s erforderlich.

Sammlerbereiche S 1 bis S 5

Entsprechend den Berechnungen in Anlage 3.5 steht für die Sammlerbereiche S 1 bis S 5 in Summe in der Basisdränage ein Speichervolumen von ca. 79 m³ zur Verfügung, wenn kein Übertritt von unbelastetem Oberflächenwasser aus diesen Bereichen über den Hochpunkt zwischen Sammler und S 5 und S 6 (88,8 m NHN) erfolgen soll.

Da der Zulauf zu den Sammlern S 1 bis S 5 des unbelasteten Oberflächenwassers grundsätzlich in der Basisdränageschicht erfolgt, (weil Wasser aus dem Schacht S 5 abgepumpt werden soll), ergibt sich bei gleicher Durchlässigkeit und Sammlerfeldbreite wie bei Sammler S 6 ebenfalls eine Fließzeit der gesamten Regenmenge in der Basisdränageschicht von 2,23 h (8.571 s).

- Gesamtlänge der Sammler S 1 bis S 5 $I = 850 \text{ m}$ (siehe Anlage 3.5)
- Gesamtzulauf in Fließzeit:

$$V_{\text{ges}} = 2 * (L_{1-5} * r_{15,1} * k_{\text{max}} * i * t_{1})$$

$$V_{\text{ges}} = 2 * (850 \text{ m} * 10,2 \text{ mm} * 5 * 10^{-2} \text{ m/s} * 3,5 \% * 8.571 \text{ s})$$

$$V_{\text{ges}} = 260 \text{ m}^3$$
- Pumpenleistung: $V_P = V_{\text{ges}} - V_{\text{Speicher}} = 260 \text{ m}^3 - 100 \text{ m}^3 = 160 \text{ m}^3$
- Pumpenleistung: $V' = V_P / t_{1} = 160 \text{ m}^3 / 8.571 \text{ s} = 18,67 \text{ l/s} = 67,2 \text{ m}^3/\text{h}$

Es wird vorgeschlagen, zusätzlich zu der für Sammlerbereich S 6 erforderlichen Pumpe (6 l/s) eine weitere Pumpe mit einer Leistung von 15 l/s (in Summe 21 l/s) zu installieren. Die Pumpen sind so einzustellen, dass vorwiegend die kleine Pumpe mit 6 l/s Leistung in Funktion ist. Damit ist der Zulauf bei normalen Regenereignissen weitestgehend beherrschbar. Die große Pumpe mit einer Leistung von 15 l/s (54 m³/h) soll nur dann zugeschaltet werden, wenn der Bemessungsregen fällt. Dies kann durch unterschiedlich hoch eingestellte Schwimmerschalter realisiert werden.

5 NACHWEIS DER AUFTRIEBSSICHERHEIT DES SICKERWASSERSPEICHERS

Aufgrund der Höhen der Basisdichtung im Ablagerungsbereich und der Ableitung des gefassten Sickerwassers in der Randleitung und der Ableitung zu den Sickerwasserspeicherbecken ergibt sich eine Einlaufhöhe in die Becken von 87 m NHN. Aufgrund der gewählten Größe der Speicherbecken (Durchmesser: 8,0 m, Höhe Speicherraum: 2,0 m) ergibt sich eine Sohlhöhe der Speicherbecken innen von 85 m NHN. Das liegt 1,0 m unter dem höchsten anzunehmenden Grundwasserstand von 86 m NHN (Bemessungswasserstand). Es ist deshalb nachzuweisen, dass die Becken nicht aufschwimmen, wenn sie leer sind.

Unter Berücksichtigung einer Wandstärke von 0,3 m und einer Mächtigkeit der Bodenplatte von 0,5 m ist bei einem Außendurchmesser der Becken von 8,6 m die Bodenplatte mit einem Außendurchmesser von 8,8 m herzustellen, um die Auftriebssicherheit zu gewährleisten.

Vor Bauausführung ist der Nachweis mit den zur Ausführung vorgesehenen Abmessungen und Wand- und Bodenstärken nochmals zu erbringen.

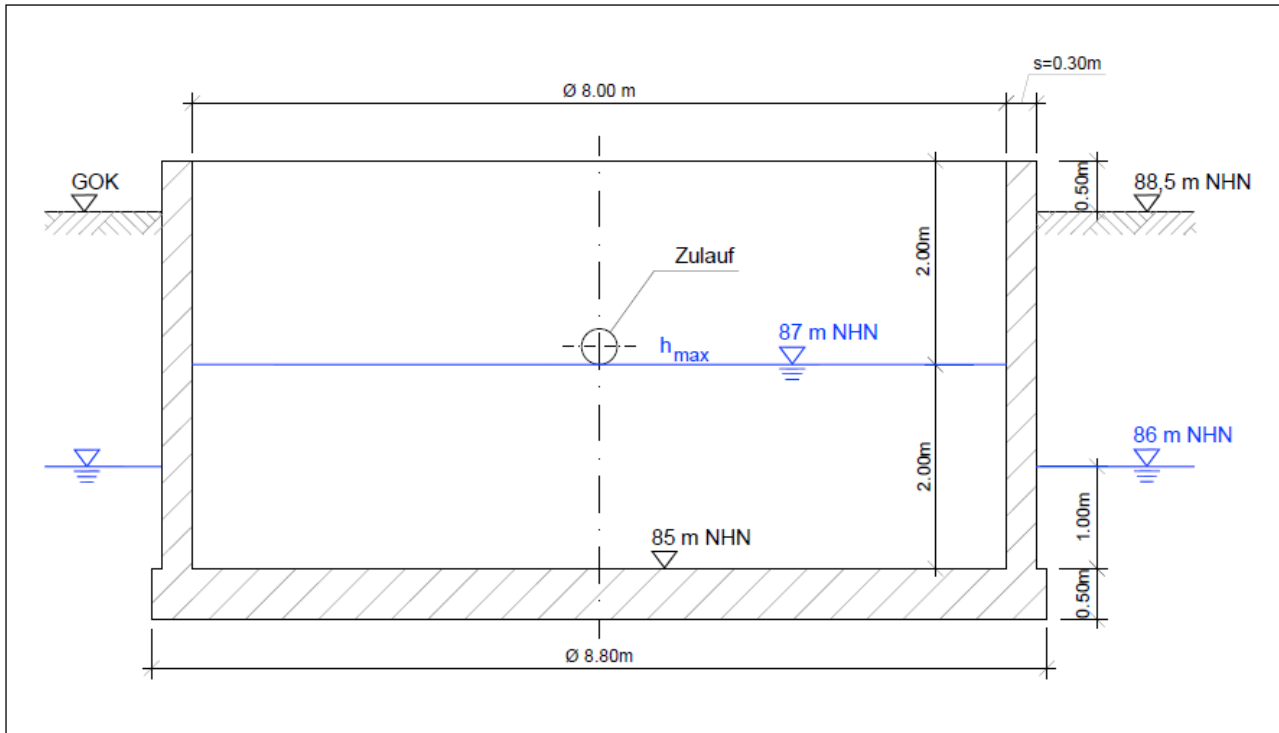


Abbildung 2: Prinzip-Skizze Einbau Sickerwasserspeicher

Auftrieb:

$$V = \pi/4 * d^2 * h = \pi/4 * 8,6^2 \text{ m}^2 * 1,5 \text{ m} = 87 \text{ m}^3$$

$$\gamma_{\text{Wasser}} = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$F_{\text{Auftrieb}} = V * \gamma$$

$$F_{\text{Auftrieb}} = 870 \text{ kN}$$

Sicherheit gegen Auftrieb $S = 1,3$

$$G_{\text{erf}} = 1,3 * F_{\text{Auftrieb}}$$

$$G_{\text{erf}} = 1.131 \text{ kN}$$

Die Gewichtskraft des leeren Speicherbeckens und des Erdstoffes, der auf dem Überstand der Bodenplatte lagert, muss 1.131 kN betragen.

Gewicht Speicherbecken:

> 86 m HN (Bereich über Grundwasser):

$$V_{\text{Ring}} = \pi/4 * (d_a^2 - d_i^2) * h = \pi/4 * (8,6^2 - 8^2) \text{ m}^2 * 3 \text{ m} = 23,5 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$G = \gamma * V_{\text{Ring}}$$

$$\underline{G_1 = 564 \text{ kN}}$$

< 86 m HN (Grundwasserbereich):

$$V_{\text{Ring}} = \pi/4 * (d_a^2 - d_i^2) * h = \pi/4 * (8,6^2 - 8^2) \text{ m}^2 * 1 \text{ m} = 7,82 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$$

$$G = \gamma * V_{\text{Ring}}$$

$$\underline{G_2 = 109 \text{ kN}}$$

$$V_{\text{Bodenplatte}} = \pi/4 * d^2 * h = \pi/4 * 8,8^2 \text{ m}^2 * 0,5 \text{ m} = 30,4 \text{ m}^3$$

$$\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$$

$$G = \gamma * V_{\text{Bodenplatte}}$$

$$\underline{G_3 = 426 \text{ kN}}$$

Auf der sicheren Seite liegend wird nur das Gewicht innerhalb des Außendurchmessers des Speichers von 8,8 m berücksichtigt. Das zusätzliche Gewicht, das sich aus dem Dichteunterschied von Erdstoff und Beton für den Bodenüberstand (Ring 8,8 m – 8,6 m) ergibt, bleibt unberücksichtigt.

Gewicht Erdstoff:

Es wird der Ring aus Erdstoff berücksichtigt, der senkrecht über dem Bodenüberstand lagert. Dabei bleibt auf der sicheren Seite liegend der Erdstoff unberücksichtigt, der sich nach der Erddrucktheorie infolge Ausbildung der Bruchfigur ergibt.

$$V_{\text{Erdstoff}} = \pi/4 * (8,8^2 - 8,6^2) \text{ m}^2 * h \quad (h_1 = 1,0 \text{ m unter und } h_2 = 2,5 \text{ m über dem Grundwasserspiegel)}$$

$$V_{\text{Erdstoff}_1} = \pi/4 * (8,8^2 - 8,6^2) \text{ m}^2 * 1,0 \text{ m} = 2,7 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Erdstoff}_2} = \pi/4 * (8,8^2 - 8,6^2) \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m} = 6,8 \text{ m}^3$$

$$\gamma_1 = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_2 = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$G = \gamma * V_{\text{Erdstoff}}$$

$$\underline{G_4 = 27 \text{ kN}} \quad (< 86 \text{ m HN})$$

$$\underline{G_5 = 136 \text{ kN}} \quad (> 86 \text{ m HN})$$

Gesamtgewicht:

$$\underline{G_{\text{ges.}} = \Sigma (G_1 - G_5) = 1.262 \text{ kN} > 1.131 \text{ kN}}$$

Das Gesamtgewicht des leeren Speicherbeckens inklusive Erdstoff auf Bodenplattenüberstand ist größer als der mögliche Auftrieb bei Maximalwasserstand. Damit ist die Auftriebssicherheit nachgewiesen.

IMPRESSUM

DEPONIE FORST AUTOBAHN
BERICHT ZUM HYDRAULISCHEN NACHWEIS SICKERWASSER

AUFTRAGGEBER

Landkreis Spree-Neiße
aspn Abfallwirtschaft Spree-Neiße
Heinrich-Heine-Str. 1
03149 Forst (Lausitz)

AUTOR

Dr. Arndt Leonhardt

PROJEKTNUMMER

DE0117.000013

UNSER ZEICHEN

It-dg

DATUM

10. Oktober 2020

GESEHEN



Ilona Herschelmann

ERSTELLT



Dr. Arndt Leonhardt

Arcadis Germany GmbH

Wallstraße 18
09599 Freiberg/Sachsen
Deutschland
03731 7886-0

www.arcadis.com