

**GUTACHTEN**

**94651811/02**

**Datum: 29.07.2020**

**Auftraggeber:** SBE GmbH & Co. KG  
Schönbornstr. 35  
97332 Volkach

**Projekt:** Deponie Helmstadt

**Auftrag:** Stand- und Gleitsicherheitsnachweise zur Deponie

**Bearbeiter:** Dipl.-Ing. R. Tischler

**Telefon Nr.:** 0911 / 81771-426

**Telefax Nr.:** 0911 / 81771-419

**E-Mail:** [ron.tischer@lga.de](mailto:ron.tischer@lga.de)

Dieses Gutachten umfasst 14 Seiten und 7 Anlagen bzw. Anlagengruppe.

**Inhaltsverzeichnis**

1	Veranlassung.....	3
2	Unterlagen.....	3
3	Normen und Richtlinien, Literatur.....	3
4	Beschreibung der Baumaßnahme.....	4
5	Geologie und Hydrogeologie.....	5
6	Grundlagen der Berechnungen.....	5
6.1	Allgemein.....	5
6.2	Anstehender Untergrund.....	5
6.3	Deponiegut.....	6
6.4	Klassifizierung und Kenngrößen.....	6
7	Geotechnische Nachweise.....	7
7.1	Basisentwässerung.....	7
7.2	Basisabdichtung.....	7
	7.2.1 Verformungen.....	7
	7.2.2 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7.....	8
7.3	Oberflächenabdichtung.....	9
	7.3.1 Spreizsicherheit nach Brauns.....	9
	7.3.2 Böschungsbruch nach DIN 4084.....	10
	7.3.3 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7.....	10
8	Stand- und Gleitsicherheitsnachweise Sickerrohre.....	11
9	Böschungsnachweise zur Herstellung des Sickerschachtes.....	12
10	Filterstabilität.....	12
11	Frosteindringtiefe.....	13
12	Schlussbemerkung.....	13
	Anlagenverzeichnis.....	14

## 1 Veranlassung

Seitens der SBE GmbH & Co. KG wurde am 31.10.2019 die LGA Bautechnik GmbH bzw. deren Nachfolger die LGA Bautechnik beauftragt für die geplante Deponie Helmstadt statische Nachweise zu Stand – und Gleitsicherheiten zu führen.

## 2 Unterlagen

Folgende Unterlagen standen für die Bearbeitung zur Verfügung:

- [1] E-Mail vom 15.10.2019: Deponie Helmstadt - Anforderung Angebot Gutachten / Standsicherheit; AU Consult GmbH
- [2] E-Mail vom 11.11.2019: Deponie Helmstadt – Genehmigungsplanung: Angaben für statische Berechnungen; AU Consult GmbH
- [3] Besprechungsprotokoll vom 21.11.2019: Planungsbesprechung; AU Consult GmbH
- [4] Eger + Partner: Unterlagen zur Antragskonferenz für das bergrechtliche Planfeststellungsverfahren der Deponie Tongrube Helmstadt; Juni 2019
- [5] Empfehlungen des Arbeitskreises zur „Geotechnik der Deponien und Altlasten“: GDA/hrsg. Von d. Dt. Ges. für Geotechnik e.V. – Berlin: Ernst, 1997
- [6] E-Mail vom 23.07.2020: Deponie Helmstadt – Böschungsentwurf zur Herstellung des Sickerschachtes; AU Consult GmbH

## 3 Normen und Richtlinien, Literatur

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| DIN EN 1997-1:2014-03    | EC 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung  |
| DIN EN 1997-1/NA:2010-12 | Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – EC 7: EC 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln |
| DIN 1054:2010-12         | Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1   |
| E DIN 1054/A1:2012-08    | Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1; Änderung A1                                      |
| Schneider, 23. Auflage   | Bautabellen für Ingenieure, Werner Verlag, Köln, 2018   |

### 4 Beschreibung der Baumaßnahme

Gemäß der Unterlage [4] wird das geplante Vorhabengebiet zur Errichtung einer DK I-Deponie zur Gewinnung von Ton (im Tagebau) betrieben und ist von vegetationsfreien bzw. –armen Bereichen mit Rohboden geprägt. Die umgrenzenden Flächen außerhalb des Betriebsgeländes der Recyclinganlage werden intensiv landwirtschaftlich genutzt. Die Höhenlagen bewegen sich zwischen 250 und 300 (350) m ü. NN.

Aus den Anlagen der Unterlage [2] wurde für die Nachweisführung der Querschnitt B-B übermittelt:

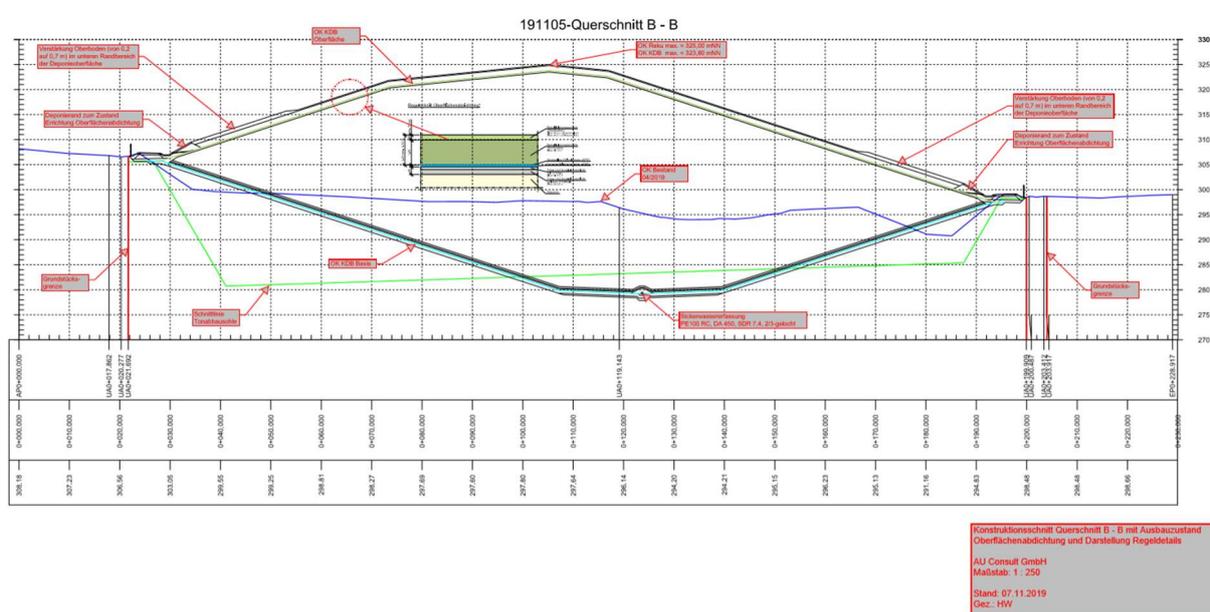


Abbildung 1: Konstruktionsquerschnitt B-B mit Ausbauzustand

Aus der Unterlage [2] ist folgende Deponieaufbau ersichtlich

Regelschnitt Oberflächenabdichtung:

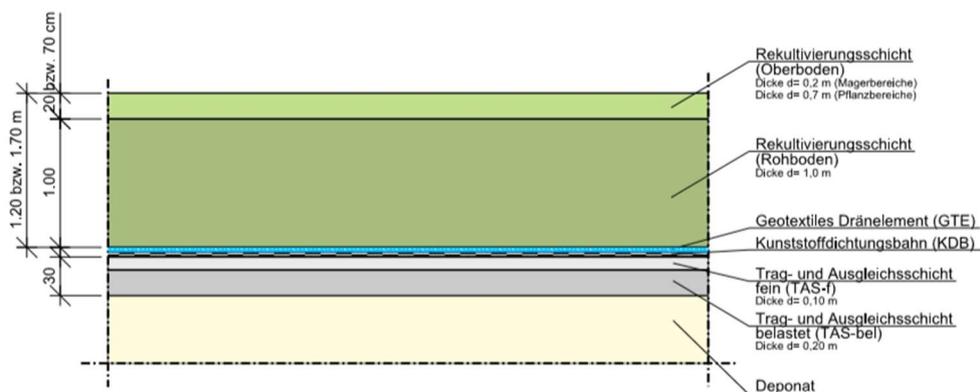


Abbildung 2: Regelquerschnitt Oberflächenausbildung aus [2]

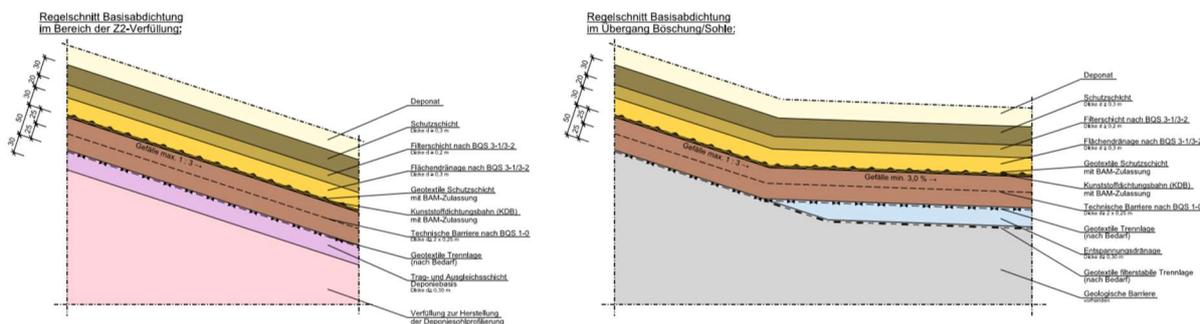


Abbildung 3: Regelquerschnitt Basisabdichtung aus [2]

## 5 Geologie und Hydrogeologie

Laut Information der Unterlage [4] wird ein geohydrologisches Fachgutachten durch die Firma Piewak & Partner GmbH, Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz, erstellt.

Die ermittelten Wasserstände im geplanten Deponiegelände liegen ca. 39 – 30 m u GOK bzw. zwischen 264,40 bis 270,47 m ü NN.

## 6 Grundlagen der Berechnungen

### 6.1 Allgemein

Bei den Berechnungen für die einzubauenden Schichten sowie dem Deponiekörper wird unterstellt, dass die Bodenschichten sowie das Deponiegut verdichtet und gegen Niederschlag geschützt eingebaut werden.

### 6.2 Anstehender Untergrund

Das Gelände eignet sich aufgrund seines natürlichen Untergrundes aus Ton zur Errichtung einer Deponie. Auf weitere Angaben wird auf das noch zu erstellende geohydrologische Fachgutachten durch die Firma Piewak & Partner GmbH, Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz, verwiesen.

### 6.3 Deponiegut

Gemäß [4] ist zur Deponierung vorgesehenes Material: DK I-Material (gemäß Deponieverordnung): gering belastete Bau- und Abbruchabfälle wie z.B. Beton, Ziegel, Fliesen, Keramik, Steine, Baggergut, Gleisschotter, welche die Zuordnungswerte gem. Anhang 3, Tabelle 2, Spalte 6 DepV einhalten.

### 6.4 Klassifizierung und Kenngrößen

Für die einzelnen Bodenschichten werden mittlere Bodenkenngrößen gemäß nachfolgender Tabelle als Basis der Berechnungen angenommen und sind im Zuge der Deponieherstellung zu bestätigen.

**Tabelle 1:** Bodenkenngrößen

Bodenbezeichnung	Dim.	Rekultschicht	Trag- und Ausgleichsschicht	Deponat	Filterschicht	Verfüllung	Geolog. Barriere / Ton
Feuchtwichte $\gamma_k$	kN/m <sup>3</sup>	20	20	19	20	20	20
Wichte unter Auftrieb $\gamma'_k$	kN/m <sup>3</sup>	10	11	10	11	11	10
Scherfestigkeit $\varphi_k$	°	27,5	32,5	25	30	32,5	27,5
Kohäsion $c_k$	kN/m <sup>3</sup>	1	0	3	0	0	5
Steifeziffer $E_{s,k}$	kN/m <sup>3</sup>	-	-	5	60	60	10

## 7 Geotechnische Nachweise

### 7.1 Basisentwässerung

In der Anlagengruppe 1 wurden die Setzungen der Oberkante der Basisabdichtung ermittelt. In der Berechnung wurde eine Ersatzflächenlast von 20 m x 10 m und für den Bauzustand 6 x 3 m angenommen.

**Tabelle 2:** Ergebnisse der Setzungsberechnungen mit einem E-Modul aus Erstbelastungen

Bereich	Setzungen	Relevante Länge	Gegengefälle aus Setzungen	geplantes Gefälle	Restgefälle
Böschungfußpunkt	0,36 cm	-	-	-	-
max. Überschüttung	74,67 cm	50 m	1,5 % (74,67 cm -0,36 cm)	33,3 %	34,8 %
Sickerfassung	65,23 cm	16 m	0,6 % (74,67 cm -65,23 cm)	3 %	2,4 %
Bauzustand, 1 m Schüttung	0,23 cm	-	-	-	-

Unter Berücksichtigung der Setzungen ist im Bereich des Mindestgefälles von 3% ein Restgefälle von 2,4% vorhanden. Das Restgefälle ist kleiner als das erforderliche Quergefälle nach DIN 19667 von 3,0%. **Es wird empfohlen das Gefälle auf 4% zu erhöhen.**

### 7.2 Basisabdichtung

#### 7.2.1 Verformungen

Der Nachweis einer Randfaserdehnung kann nach BQS 2-0 Kapitel 2.1.1 entfallen, wenn Deponiebasisabdichtungen bestehend aus mindestens mittelplastisch feinkörnigen Böden der Krümmungsradius  $R \geq 200$  m beträgt.

Der Krümmungsradius ergibt sich aus der Formel  $R = 4 \times s^2 + (2 \times l)^2 / 8 \times s$

s – maximale Setzungsdifferenz

l – kürzester Abstand zwischen Böschungfuß und Deponierand

**Tabelle 3:** Ergebnisse der Verformungsberechnungen

Nr.	Bereich	Beschreibung	Parameter			Bewertung
			s in cm	l in m	R in m	
1	Endgestaltung; max. Überschüttung	Bereich zwischen max. Überschüttung und Deponierand	74,31	50	1683	> 200 m
2	Endgestaltung; Sickerfassung	Bereich zwischen max. Überschüttung und Sickerfassung	9,44	16	1356	> 200 m
3	Bauzustand; Materialeinbau 1. Lage	Schüttung 1,0 m und Bagger	0,23	0,96	200	Neigung 1,04:1
4	Schüttphase	Schüttung 3,0 m	0,36	1,2	200	Neigung 2,5:1

Für die Berechnungen Nr. 1 und 2 liegen die Krümmungsradien deutlich über den Wert von 200 m. Für den Bauzustand der 1. Lage ist eine Vor-Kopf-Aufschüttung von 1,0 m mit einer Böschung  $\leq 1,04:1$  (oder flacher) herzustellen. Für eine Schüttphase von 3,0 m (aufgebaut aus Einzellagen) ist die Schüttung mit einer Neigung  $\leq 2,5:1$  abzuböschten. Nur so kann ein kontinuierlicher Übergang zwischen Schüttung und lastfreiem Bereich geschaffen werden.

Für die Kunststoffdichtungsbahn KDB ist die Zulassung für den Nachweis  $> 200$  m heranzuziehen.

### 7.2.2 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7

Der Nachweis wurde für den maßgebenden Lastfall 2 (nach DIN 1054) im Bereich einer Neigung von  $18,4^\circ$  geführt. Der Nachweis kann der Anlagengruppe 2 entnommen werden.

Tabelle 4: Ergebnis des Gleitsicherheitsnachweises

Randbedingungen (im Endzustand)	Lastfall nach DIN 1054	erf. $\varphi_k$	erf. $\varphi'$ (Laborwert)
ohne Einstau, ohne Verkehr	1	23,4	25,7
mit Einstau, ohne Verkehr	2	23,5	25,9
ohne Einstau, mit Verkehr	2	21,6	23,8
mit Einstau, mit Verkehr	2	23,4	25,7

Beim Einbau des Abdichtungssystems ist im Rahmen der Qualitätssicherung zu gewährleisten, dass die im Nachweis angesetzten Scherparameter auch in situ in voller Größe erreicht werden. Zusätzlich ist nachzuweisen, dass durch mögliche Kondensatbildungen die Gleitsicherheit nicht unzulässig abgemindert wird.

Bei einem vorhandenen und zu prüfenden Reibungswinkel von  $\varphi_k \geq 27,5^\circ$  ist die Gleitsicherheit in der Fuge zwischen dem Untergrund und dem Abdichtungssystem gegeben.

### 7.3 Oberflächenabdichtung

#### 7.3.1 Spreizsicherheit nach Brauns

Im Bereich der Deponiebasis ist sicherzustellen, dass die aktivierten Schubspannungen kleiner als die maximal in den Trennflächen übertragbaren Schubspannungen des Basisabdichtungssystems sind. Die Spreizsicherheit nach Braun berechnet sich wie folgt:

$$\tan \delta_{\text{erf. d}} = \frac{\sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_v} \cdot \sin \left[ \arcsin \left( \frac{\sin \beta_d}{\sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_v}} \right) - \beta_d + 2 \cdot \varepsilon_d \right]}{1 + \sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_v} \cdot \cos \left[ \arcsin \left( \frac{\sin \beta_d}{\sin \varphi_k \cdot \frac{1}{\gamma_v}} \right) - \beta_d + 2 \cdot \varepsilon_d \right]}$$

Der Nachweis kann der Anlage 3 entnommen werden und ist für den minimal angesetzten charakteristischen Sohlreibungswinkel von  $27,5^\circ$  (Scherfestigkeit des Untergrundes, der Basisabdichtung und des Deponiegutes) ausreichend.

**7.3.2 Böschungsbruch nach DIN 4084**

Gemäß der Unterlage [2] besitzt die Oberflächenabdichtung eine Regelneigung von ungefähr 1:3. Es wurden 2 Nachweise geführt. Es wurden Schneelasten sowie eine Ersatzflächenverkehrslast von 16,7 kN/m<sup>2</sup> für eine mögliche befahrbare Nutzung angesetzt.

**Tabelle 5:** Ergebnis des Gleitsicherheitsnachweises

Nachweis	Bemerkung	Lastfall nach DIN 1054	vorh. $\mu$
Böschungsnachweis längere Böschung (Anlage 4.1)	Schneelast sowie SLW 30 berücksichtigt	1	0,78
Böschungsnachweis kürzere Böschung (Anlage 4.2)	Schneelast sowie SLW 30 berücksichtigt	1	0,74

Der Ausnutzungsgrad  $\mu$  ist bei beiden Berechnungen  $< 1$ . Die Böschungssicherheit ist gegeben.

**7.3.3 Gleitsicherheit nach GDA E 2-7**

Die Nachweise wurden mit den maßgebenden Lastfällen (nach DIN 1054) mit einer Neigung von 18,4° geführt. Die Nachweise können der Anlagengruppe 5 entnommen werden.

Aufgrund der Abdeckung der Deponie mit einer sog. Rekultivierungsschicht durch Strauchpflanzungen und naturnahe, artenreiche Kräuteransaat aus Regiosaatgut werden diesbezüglich keine zusätzlichen Lasten angesetzt.

**Tabelle 6:** Ergebnisse der Gleitsicherheitsnachweise

Berechnung nach Anlage	Randbedingungen (im Endzustand)	Lastfall nach DIN 1054	erf. $\varphi_k$	erf. $\varphi'$ (Laborwert)
5.1	ohne Einstau, ohne Verkehr, mit Schnee	1	23	25,3
5.2	kompletter Einstau, ohne Verkehr, mit Schnee	2	22	24,2

5.3	ohne Einstau, mit Verkehr, mit Schnee	2	21,4	23,5
5.4	kompletter Einstau, mit Verkehr, mit Schnee	2	22	24,2

Die erforderliche Gesamtscherfestigkeit der vorhergehenden Nachweise mit  $\varphi \geq 27,5^\circ$  wird bei den Gleitnachweisen nicht überschritten. In den Laborversuchen ist eine Gesamtscherfestigkeit von  $27,5^\circ$  nachzuweisen.

## 8 Standsicherheitsnachweise Sickerrohre

Auf der Deponie Helmstadt werden für die Entwässerung der Deponiebasis PE-Rohre zur Sickerwasserfassung und –ableitung verlegt.

Eingebaut werden im Ablagerungsbereich perforierte Polyethylen(PE)-Rohre mit Außendurchmesser (DA) 450 mm und Wanddicke (s) 61,5 mm entsprechend SDR 7,4. Die Rohre werden über 2/3 des Umfanges mit Lochdurchmesser 12 mm im Abstand von 60 mm gelocht.

Zur Ableitung des Sickerwassers werden nach einem Durchdringungsbauwerk außerhalb des Ablagerungsbereiches PE-Rohre mit DA = 400 mm und s = 36,3 mm entsprechend SDR 11 in Hüllrohren DA = 630 mm und s = 57,2 mm, SDR 11 verlegt.

Es werden Standsicherheitsnachweise für die Rohre geführt. Die Berechnungen erfolgen analytisch gemäß der Anlage 6. Aufgrund unserer Berechnungen können die Rohre wie folgt ausgeführt werden:

Im Ablagerungsbereich: DA 450 mm mit Wanddicke 61,5 mm SDR 7,4 – perforiert (Lochung) mit  $\varnothing$  12 mm im Abstand von 60 mm

Doppelrohrsystem außerhalb des Ablagerungsbereiches: DA 630 mm mit Wanddicke 57,2 mm SDR 11 mit innenliegendem Medienrohr DA 400 mm mit Wanddicke 36,3 mm.

Gegen die Ausführung wie beschrieben bestehen bei Einhaltung der Vorgaben gemäß Punkt 7 der Anlage 6 aus unserer Sicht keine Bedenken.

## 9 Böschungsnachweise zur Herstellung des Sickerschachtes

Gemäß der Unterlage [6] wurde eine Untersuchung der Böschungsbildung in Bezug auf die Herstellung des Sickerschachtes (temporärer Bemessungszustand) durchgeführt. Oberhalb der Böschung wurden Ersatzverkehrslasten eines SLW 30 mit  $q = 16,7 \text{ kN/m}^2$  berücksichtigt. Insgesamt wurden zwei Möglichkeiten untersucht.

In der 1. Variante wurde eine Überprüfung mittels ausreichender Bodenkennwerte zur Böschungsstandsicherheit durchgeführt. Aus der Anlage 7.1 wird ersichtlich, dass bei einem Böschungswinkel von ca.  $59^\circ$  (Höhe von ca. 25 m und eine Länge von ca. 15 m) der Ton bzw. Tonstein einen Reibungswinkel  $\varphi \geq 35^\circ$  und eine Kohäsion  $c \geq 33 \text{ kN/m}^2$  einzuhalten hat. Im Zuge der Erkundung bzw. der Errichtung der Deponie wäre dies zu überprüfen.

Werden die Vorgaben seitens des Ton bzw. Tonsteins in seinen Eigenschaften nicht eingehalten, sind Sondermaßnahmen erforderlich. In diesem Zusammenhang wurden schlechtere Bodenkennwerte mit einem Reibungswinkel  $\varphi \geq 27,5^\circ$  und einer Kohäsion  $c \geq 5 \text{ kN/m}^2$  angesetzt. Aus der Anlage 7.2 ist zu entnehmen, dass mittels einer Bodenvernagelung und einer Spritzbetonversiegelung  $d = 10 \text{ cm}$ , zum Schutz gegen Erosion, eine Böschungssicherung möglich ist. Die Länge der Bodennägel beträgt zwischen 12 und 18 m gemäß der Anlage 7.2. Die Vernagelung besteht vertikal aus 6 Reihen mit einem horizontalen Nagelabstand von 1,50 m in jeder Reihe. Als Durchmesser des Verpresspfahls wurde ein Durchmesser von 200 mm angesetzt.

## 10 Filterstabilität

Grundsätzlich ist die Entwässerungsschicht filterstabil gegenüber dem anstehenden Material und gegenüber den darunterliegenden Schichten aufzubauen. In Hinblick auf eine Filterstabilität der aufgetragenen Schichten wird empfohlen, dass gemäß dem DVGW Merkblatt W 113 der erforderliche Schüttkorndurchmesser anhand der Kornverteilungskurven des einzubauenden Materials überprüft werden.

Im Bereich der Entspannungsdrainage ist aufgrund der umgebenden bindigen Schichten (Technische Barriere und geologische Barriere aus Ton) jeweils eine geotextile Trennlage vorzusehen.

## 11 Frosteindringtiefe

Gemäß der RStO 12 befindet sich die Tongrube Helmstadt im Übergangsbereich der Frosteindringzone I zu II und wird mit einer Tiefe von mindestens 1,20 m bzw. 1,30 m bei F1-Böden ausgewiesen. Durch den Einbau einer Frostschutzschicht aus frostsicherem Material (z.B. Kies oder Sand) können Frostschäden verhindert werden. Bei einem sehr frostempfindlichen eingestuften Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 sollte sich die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus zwischen 50 und 70 cm befinden.

## 12 Schlussbemerkung

Im vorliegenden Gutachten wurde die Standsicherheit der geplanten Deponie Helmstadt betrachtet. Gleitnachweise wurden für die Basis- und Oberflächenabdichtung geführt und die erforderliche Scherfestigkeit benannt.

Verformungen bei der Basisabdichtung wurden betrachtet und einzuhaltende Randbedingungen benannt. Bei der Oberflächenabdichtung mit einer Neigung von 1:3 wird nach Abschluss der Setzungen im Deponiekörper das Mindestgefälle der Oberflächenabdichtung von 5% gemäß GDA eingehalten.

Bei längerer Aussetzung der Basisabdichtung der Witterung sind Schutzmaßnahmen gegen Austrocknung, Frostschutz, Erosion vorzusehen.

TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH  
Grundbau

Bearbeiter:



Dipl.-Ing. (FH) D. Straußberger  
Geschäftsfeldleiter



Dipl.-Ing. R. Tischer

## Anlagenverzeichnis

<b>Anlagengruppe 1</b>	Setzungsberechnungen	4 Seiten
<b>Anlagengruppe 2</b>	Gleitsicherheit Basisabdichtung	4 Seiten
<b>Anlage 3</b>	Spreiznachweis	1 Seite
<b>Anlagengruppe 4</b>	Böschungsnachweise	2 Seiten
<b>Anlagengruppe 5</b>	Gleitsicherheit Oberflächenabdichtung	4 Seiten
<b>Anlagengruppe 6</b>	Nachweise Sickerwasserrohre	46 Seiten
<b>Anlagengruppe 7</b>	Böschungsnachweis Schachtbauwerk	2 Seiten