

Grundbaulabor Trier | Wolkerstraße 4 | 54296 Trier

Gedeca s.à.r.l.
Gestion pour Déchets et Carrières
Maison 3
Herrn Georges Origer
L-7424 Essingen

Bericht Nr.: 71501-1
Ref.: Me
Datum: 27. September 2019

DIPL.-ING. E. LEHMANN | Ingenieur GmbH

Wolkerstraße 4 | D-54296 Trier
T. +49 651 93881 - 0 | F. +49 651 93881 - 81
info@gbl-trier.de | www.gbl-trier.de

Sparkasse Trier | BIC: TRISDE55XXX
IBAN: DE32 5855 0130 0000 9079 15
UST-ID: DE 149 880 707 | St.-Nr. 42/662/0042/1

BIL | BIC: BILLULL
IBAN: LU06 0022 1607 0162 0000
UST-ID: LU 125 149 15 | Lux TVA 1983 3400 129

Geschäftsführer
E. Lehmann, Dipl.-Ing. (TU) | B. Mertes, Dipl.-Ing. (Univ.)
Amtsgericht Wittlich, HRB-Nr. 2202 | Gerichtsstand Trier

Geotechnische Stellungnahme: Beurteilung der Böschungsstandsicherheit

Projekt:	Erhöhung der Inertstoffdeponie in Folkendange
----------	--

Auftraggeber:	Gedeca s.à.r.l.
---------------	-----------------

Beauftragung vom:	03. Juli 2019
-------------------	---------------

B. Mertes, Dipl.-Ing. (Univ.)

1 Vorbemerkung

Die Gesellschaft Gedeca s.à.r.l. plant die bestehende Bauschutt- bzw. Inertstoffdeponie in Folkendange um ein Ablagerungsvolumen von rd. 500.00 m³ zu erhöhen. Gemäß den aktuell vorliegenden Planungen ist dazu in einem etwa 120.000 m² großen Bereich des bereits bestehenden Deponiekörpers eine Erhöhung um mehrere Meter vorgesehen. Dabei beträgt die zusätzliche Auffüllung in den Randbereichen lediglich wenige Meter, wohingegen im Bereich des zukünftigen Hochpunkts das aktuelle Gelände um bis zu 12 m überdeckt werden soll.

Das Grundbaulabor Trier (GBL-T) wurde am 03. Juli 2019 über das Ingenieurbüro B.E.S.T. mit einer Beurteilung der Standsicherheit für die geplanten Böschungen beauftragt. Im Rahmen unserer Beauftragung sollen exemplarische Böschungs- bzw. Geländebruchuntersuchungen nach DIN 4084 bzw. DIN EN 1997 (EC 7) für die maßgebenden Schnitte geführt werden. Unter Berücksichtigung der an Inertstoffdeponien naturgemäß wechselnden Zusammensetzung der zum Einbau anfallenden Materialien werden die Berechnungen als Parameterstudie mit unterschiedlichen Bodenkennwerten vorgenommen. Unter Beachtung der mit einer Neigung von max. 1 : 5 relativ flach gewählten zukünftigen Böschungen ist diese Vorgehensweise unter geotechnischen Gesichtspunkten legitim.

Zur Beurteilung der Böschungsstandsicherheit wurden uns vom Ingenieurbüro B.E.S.T. die Planunterlagen Nr. 161049-1-440a, -441 und -442, jeweils mit Planungsstand 31.07.2019 zur Verfügung gestellt.

2 Methodik der Standsicherheitsanalysen

Nach Durchsicht der Planunterlagen ist als maßgebender Schnitt zur Beurteilung der Böschungsstandsicherheit der Geländeschnitt PT 3 zur detaillierten rechnerischen Untersuchung gewählt worden. In Schnitt PT 3 liegt mit 20,15 % die stärkste Neigung der zukünftigen Böschungsfläche vor, wobei die Mächtigkeit der bevorstehenden Auffüllung über 10 m betragen wird.

Das in Schnitt PT 3 angegebene Relief der aktuellen Geländeoberkante (GOK) sowie der Verlauf der zukünftigen GOK wurden zur Berechnung übernommen und darauf basierend zwei Bodenschichten definiert. Als untere Bodenschicht wurden vereinfacht die Altauffüllung und der anstehende Untergrund zusammengefasst. Die zukünftigen Auffüllungen bilden die obere Bodenschicht, welche als Neulast dem weitestgehend unter seiner Eigenlast bereits konsolidierten Deponiekörper aufgelagert werden soll.

Mittels Böschungsbruchberechnungen wurde zunächst der Fall einer potenziellen **Gleitlinie innerhalb der Neuauffüllungen** rechnerisch untersucht. Diese Berechnungen wurden mit einer kreisförmigen Gleitlinie unter mehrfacher Variation der Lage des Kreismittelpunkts sowie des Gleitkreisradius durchgeführt und sind als **Anlage 1** beigelegt.

Ergänzend zu o. g. Fall ist die Standsicherheit für den Fall einer potenziell tiefliegenden **Gleitlinie im Untergrund** bzw. in der Altauffüllung zu untersuchen. Die Berechnungsergebnisse unter Ansatz einer tiefliegenden Gleitlinie können **Anlage 2** entnommen werden. In diesem Fall wurde unter Beachtung des flachen Geländeverlaufs nicht mit einer kreisförmigen Gleitlinie, sondern mit mehreren Gleitliniensegmenten in einem Polygonzug gerechnet. Dazu wurden sowohl Berechnungsverfahren nach Janbu als auch nach Morgenstern genutzt.

Neben der oben beschriebenen Variation in der Lage der Gleitlinie (in Neuauffüllung oder im Untergrund) ist darüber hinaus zwischen der **Standsicherheit im Endzustand (LF1)**, d. h. nach Abschluss der Konsolidierung und **Standsicherheit im Bauzustand (LF2)**, d. h. sofort nach Lastaufbringung zu unterscheiden. Der Bauzustand kann insbesondere dann für die Standsicherheit der Böschung entscheidend werden, wenn bindige, wassergesättigte Böden vorhanden sind und diese durch die Neuauffüllung schneller belastet werden, als sie das Porenwasser abgeben können. In diesem Fall bilden sich Porenwasserdrücke, die nur allmählich abgebaut werden und die Standsicherheit negativ beeinflussen. Zur Berücksichtigung des Phänomens Porenwasserüberdruck wurde in den Berechnungen zum Bauzustand der Neulastfaktor für die neue Auffüllung mit 1,0 angesetzt und ein Konsolidierungsverzögerungsfaktor für beide Schichten mit einem Faktor von 0,5 unterstellt.

Um der Ablagerung unterschiedlicher Materialien (bindige und nichtbindige Böden bzw. fein-, gemischt- und grobkörnige Böden) Rechnung zu tragen, sind die oben beschriebenen Berechnungsansätze als Parameterstudie mit unterschiedlichen Bodenkennwerten geführt worden. Dabei wurde zwischen den Kennwerten für einen bindigen Boden lediglich schwach steifer Konsistenz und einem kohäsionslosen gemischtkörnigen Boden unterschieden. Die jeweils für beide Bodenschichten angesetzten Kennwerte sind in folgender Tabelle angegeben.

Tabelle 1: Charakteristische Bodenkenngrößen

Schicht	φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]
Bindiger Boden, mind. steife Konsistenz	20	5	20,0	10,0
Gemischtkörniger Boden, kohäsionslos	30	0	21,0	11,0

Die in obiger Tabelle angegebene Kombination der Kennwerte wird in den Berechnungen jeweils für die gesamte Bodenschicht, d. h. für die Gesamtheit der abgelagerten Böden angesetzt. Naturgemäß findet an Inertstoffdeponien in der Praxis jedoch eine Durchmischung unterschiedlicher Bodenarten statt, sodass ein mehr oder weniger stetiger Wechsel zwischen bindigen und nichtbindigen Bodenmassen bzw. eher feinkörnigen und eher steinigen Partien vorhanden ist. Die in einem derart durchmischten Deponiekörper als Mittelwerte tatsächlich zu erwartenden Reibungswinkel und Kohäsionen sind erfahrungsgemäß günstiger als die o. g. Wertekombinationen. Die vorgenommene Parameterstudie kann somit diesbezüglich als auf der sicheren Seite liegend angesehen werden.

Andererseits wird mit dem gewählten Berechnungsansatz auch unterstellt, dass im laufenden Deponiebetrieb eine Durchmischung von unterschiedlichen Materialgruppen stattfindet. Insbesondere sind lokale größere Ansammlungen an Bodenmassen mit ungünstigem Einfluss auf die Standfestigkeit durch eine angepasste Steuerung der Ablagerung zu vermeiden. Sollten bspw. in größerem Umfang bindige Bodenmassen von lediglich schwach steifer oder weicher Konsistenz angeliefert werden, sind diese mit stabilisierend wirkenden trockenen Böden zu mischen oder in dünnen Lagen im Sandwichverfahren, d. h. im Wechsel mit gut wasserdurchlässigen grobkörnigen Massen einzubauen. Eine Sensibilität zur Notwendigkeit derartiger Maßnahmen sowie eine Beachtung der allgemein anerkannten Regeln des Erd- und Deponiebaus sehen wir beim Deponiebetreiber als gegeben an bzw. wird unterstellt.

3 Ergebnisse der Berechnungen

In nachfolgender Tabelle sind die Ergebnisse der in Anlage 1 und Anlage 2 beigefügten Stand-sicherheitsberechnungen zusammengefasst.

Tabelle 2: Übersicht der errechneten Ausnutzungsgrade

Lage der Gleitlinie	Bemessungs-situation	Bodenart	Anlage:	rechnerischer Ausnutzungsgrad	Anforderung eingehalten
Flache Gleitlinie innerhalb der neuen Auffüllungen	Endzustand	Bindig	1.1	0,58	Ja
		Gemischt	1.2	0,42	Ja
	Bauzustand	Bindig	1.3	0,95	Ja
		Gemischt	1.4	0,78	Ja
Tiefe Gleitlinie innerhalb der Altauffüllungen bzw. dem Untergrund	Endzustand	Bindig	2.1	0,48	Ja
		Gemischt	2.2	0,33	Ja
	Bauzustand	Bindig	2.3	0,62	Ja
		Gemischt	2.4	0,44	Ja

Die normgerecht unter den in Kapitel 2 ausführlich beschriebenen Annahmen geführten Standsicherheitsberechnungen weisen für alle untersuchten Parameterkombinationen Ausnutzungsgrade deutlich unter 1,0 und damit eine ausreichende Standsicherheit nach.

Für die Bemessungssituation Endzustand liegen sowohl für den Ansatz bindiger Böden als auch für gemischtkörniger Böden die Ausnutzungsgrade mit Werten von 0,33 bis 0,58 unter 60 % und damit weit auf der sicheren Seite.

In der Schütt- und Konsolidierungsphase (Bauzustand) wurden gegenüber dem Endzustand merklich höhere Ausnutzungsgrade errechnet, wobei selbst der ungünstigste Wert von 0,95 noch unter dem zulässigen liegt. Im Fall der Bodenkennwerte eines bindigen Bodens in Kombination mit einer Gleitlinie innerhalb der neuen Auffüllungen liegt somit bzgl. der Böschungsstandsicherheit eine sensibelste Kombination vor. Dies ist dem ungünstigen Einfluss eines Porenwasserüberdrucks geschuldet, welcher sich in der Praxis im Allgemeinen jedoch nur in bindigen, d. h. sehr schlecht durchlässigen Böden bzw. behindertem Abfluss des Porenwasser und schneller Übersättigung aufbaut. In grob- und gemischtkörnigen Böden ist dieser Effekt wenig ausgeprägt bis nicht vorhanden. Je nach tatsächlicher Zusammensetzung der zur Ablagerung anfallenden Massen sind die oben schon beschriebenen Maßnahmen bzw. die Regeln des Erdbaus zu beachten.

Bei einer fachgerechten Arbeitsweise im Aufbau des Deponiekörpers und einem angemessenen Umgang mit Bodenmassen ungünstiger Konsistenz ist nach den vorliegenden Berechnungsergebnissen die generelle Standsicherheit der geplanten Böschungen gegeben. Aus geotechnischen Gesichtspunkten bestehen daher keine Bedenken gegen die in vorliegenden Plänen angesetzten Neigungen.

B. Mertes, Dipl.-Ing. (Univ.)

Anlage 1: Böschungsbruchberechnungen - Gleitlinie in neuen Auffüllungen

Anlage 2: Böschungsbruchberechnungen - Gleitlinie in Altauffüllungen bzw. Untergrund