

Grundbaulabor Trier | Wolkerstraße 4 | 54296 Trier

GEDECA s.à.r.l.
Herrn Origer
Maison 3
LU-7424 Essingen

Bericht Nr.: 71501-3
Ref.: Me
Datum: 27. Juli 2022

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:	Erweiterung der Inertstoffdeponie in Folkendange
Auftraggeber:	GEDECA s.à.r.l.
Bezug:	Geotechnische Stellungnahme Nr. 71501-1 vom 27. September 2019 Geotechnisches Gutachten Nr. 71501-2 vom 10. Juni 2022

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

1 Vorbemerkung

Die Gesellschaft GEDECA s.à.r.l. plant die bestehende Bauschutt- bzw. Inertstoffdeponie in Folkendange sowohl in der Fläche als auch in der Höhe zu erweitern. Gemäß den aktuell vorliegenden Planungen ist dazu in einem etwa 180.000 m² großen Bereich eine Erhöhung des bereits bestehenden Deponiekörpers um bis zu zwölf Meter vorgesehen. Da der Deponiekörper im Endzustand als Standort für eine Photovoltaikanlage dienen soll, wird dieser entlang der Nordseite eine steilere Böschung mit einer Neigung von überwiegend 1 : 3 erhalten, welche aufgrund eingeschränkter Platzverhältnisse bereichsweise auf bis zu 1 : 1,88 ansteigen soll. In Richtung Süden ist demgegenüber ein deutlich geringeres Gefälle der gesamten Fläche vorgesehen.

Für die geplante Erweiterung des Deponiekörpers wird es in einem ersten Arbeitsschritt notwendig werden, zwei bereits auf dem Gelände bestehende Freileitungsmaste abzubauen und zu versetzen. Die neuen Standorte befinden sich in rd. 15 m Entfernung zu den derzeitigen Positionen. Bei den Freileitungsmasten ist zu beachten, dass diese vor dem Beginn der Auffüllarbeiten errichtet werden, sodass diese im Endzustand bis zu 14 m tief innerhalb des Deponiekörpers stehen werden. Zur Gründung der beiden Hochspannungsmaste wurde von uns eine Baugrunduntersuchung durchgeführt und am 10. Juni 2022 ein Baugrund- und Gründungsgutachten mit dem Bericht Nr. 71501-2 abgegeben.

Das Grundbaulabor Trier (GBL-T) wurde darüber hinaus über das Ingenieurbüro B.E.S.T. im Namen der Gesellschaft GEDECA s.à.r.l. mit einer Beurteilung der Standsicherheit für die geplanten Außenböschungen der Deponie 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 bzw. Mindestanforderungen an die Auffüllmassen unter Beachtung der geplanten Neigung von überwiegend 1 : 3 bis max. 1 : 1,88 definiert.

Zur Beurteilung der Böschungsstandsicherheit wurden uns vom Ingenieurbüro B.E.S.T. die Planunterlagen Nr. 161049-13-003021c, -003022a, -003023a und -022001f, jeweils mit Planungsstand 19. Mai 2022 zur Verfügung gestellt.

2 Methodik der Standsicherheitsberechnungen

Gemäß den Planunterlagen sind als maßgebende Schnitte zur Beurteilung der Böschungsstandsicherheit die Achsen 771, 773 und 774 zur detaillierten rechnerischen Untersuchung gewählt worden. Ein Lageplan mit Eintragung des geplanten Deponiekörpers und der Schnittführung kann Anlage 1 entnommen werden. Die uns für o. g. Achsen vom Planungsbüro übermittelten Geländeschnitte mit der aktuellen und geplanten Geländeoberkante (GOK) sind in Anlage 2 dargestellt. In diesen Schnitten sind zudem die sich aus den Berechnungen ergebenden geotechnischen Empfehlungen zur Gewährleistung der Böschungsstandsicherheit eingetragen sowie ein Vorschlag zur Ausbildung des Böschungsfußpunktes als Prinzipschnitt abgebildet. Die Ergebnisse der umfangreichen Standsicherheitsberechnungen sind für Achse 771 der Anlage 3, für Achse 773 der Anlage 4 und für Achse 774 der Anlage 5 zu entnehmen.

Das in den oben beschriebenen Schnitten angegebene Relief der aktuellen GOK sowie der Verlauf der zukünftigen GOK wurden für die Berechnung aus den Plänen des Ingenieurbüros übernommen. Die in diesen Schnitten angegebene „Geländehöhe“ wird von uns als das natürlich gewachsene Geländeniveau interpretiert und unterhalb dieses Niveaus die Bodenschichten des anstehenden Untergrunds definiert. Für den Untergrund wird zwischen dem natürlich anstehenden Verwitterungston, dem stark verwitterten Mergel und dem schwach verwitterten Mergel unterschieden, wobei die jeweiligen Schichtmächtigkeiten auf den Ergebnissen der oben beschriebenen Baugrunduntersuchung für die Strommaste (Bericht Nr. 71501-2) basieren. Oberhalb der natürlichen „Geländehöhe“ folgen bereichsweise bereits um einige Meter aufgefüllte Bodenmassen (vgl. Niveau „Höhe Drohne“) und die zukünftigen Auffüllungen, welche als Neulast dem Untergrund aufgelagert werden.

Mittels der Böschungsbruchberechnungen wurde für jede der drei Achsen 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. Ergänzend dazu ist die Standsicherheit für den Fall einer potenziell tiefliegenden **Gleitlinie im Untergrund** bzw. in der Altauffüllung berechnet worden.

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 der **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 während dieser Zeit die Standsicherheit negativ beeinflussen.

Um der Ablagerung unterschiedlicher Materialien (bindige und nichtbindige Böden bzw. fein-, gemischt- und grobkörnige Böden) Rechnung zu tragen, sind die oben beschriebenen Berechnungen mit unterschiedlichen Bodenkennwerten geführt worden. Dabei wurde zwischen den Kennwerten für ein vorwiegend bindiges Bodengemisch lediglich steifer Konsistenz und einem kohäsionslosen grobkörnigen Boden unterschieden.

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	25	5	20,0	10,0
Grobkörniger Boden, kohäsionslos	35	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.

Für den natürlich anstehenden Untergrund lassen sich anhand der Ergebnisse aus der Baugrunduntersuchung für die Strommaste die in folgender Tabelle angegebenen Schichten mit vergleichbaren Eigenschaften untergliedern.

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkenngrößen für den natürlichen Untergrund

Schicht	ϕ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	E_s [MN/m ²]
Ton, schluffig	27,5	5,0	20,0	10,0	12
Mergel, stark verwittert bis zersetzt	27,5	10,0	21,0	11,0	20
Mergel, verwittert	27,5	15,0	22,0	12,0	30

Mit den in obigen Tabellen angegebenen Bodenkennwerten sind für verschiedene Bauzustände und Versagensmechanismen die in nachfolgendem Kapitel beschriebenen Standsicherheitsberechnungen durchgeführt worden.

3 Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen

3.1 Böschung in Achse 771

Am westlichen Abschnitt des Planungsbereichs liegt in Achse 771 die zukünftige steilste Außenböschung des geplanten Deponiekörpers mit einer Neigung von 1 : 1,88 vor. Westlich dieser Achse ist eine nur wenig flachere Neigung von 1 : 2 geplant, wobei die Böschung dort in einem Innenbogen verläuft, was hinsichtlich der räumlichen Standfestigkeit günstig zu werten ist. Für die Standsicherheitsberechnung ist in diesem Böschungsabschnitt somit die Geometrie in Achse 771 maßgebend.

Die Ergebnisse der für diese Achse ausgeführten Berechnungen sind in Anlage 3 zusammengefasst. Gemäß der vorliegenden Planung wird eine maximale Höhe der geplanten Auffüllungen von 13,4 m und eine Neigung von 1 : 1,88 angenommen. Wie in Kapitel 2 bereits beschrieben, sind Berechnungen für verschiedene Gleitkreise und Bodenzusammensetzungen erforderlich, um den hinsichtlich der Standsicherheit entscheidenden Zustand aufzuzeigen.

Anlage 3.1 zeigt den rechnerisch ungünstigsten Gleitkreis innerhalb der neuen Auffüllung für den Bauzustand. Die Standsicherheit dieser Böschungssituation kann dabei nur nachgewiesen werden, wenn im Böschungsbereich als Material für die Auffüllung ein grobkörniger Boden mit einem Reibungswinkel von mindestens $\phi' = 35^\circ$ verwendet wird. Der Ausnutzungsgrad beträgt in diesem Fall 74 % bzw. $\eta_{\text{vorh.}} = 0,74$, was unter dem zulässigen Wert von $\eta_{\text{zul.}} = 1,0$ liegt.

In Anlage 3.2 ist für den ungünstigsten Gleitkreis innerhalb der Auffüllungen der Ausnutzungsgrad im Endzustand berechnet. In diesem Zustand ist der Boden konsolidiert und auf der Oberfläche des Deponiekörpers eine großräumige Flächenlast von 10 kN/m^2 als Ersatzlast für die angedachte Installation einer PV-Anlage berücksichtigt. Für diesen Zustand ergibt sich ein Ausnutzungsgrad von 82 % bzw. $\eta_{\text{vorh.}} = 0,82$, womit eine ausreichende Standsicherheit der grobkörnigen Auffüllung gegen Böschungsbruch gegeben ist. Von diesem rechnerischen Nachweis unabhängig ist eine ausreichende Erosionssicherheit an der Oberfläche zu sehen, welche zwingend durch geeignete Maßnahmen, wie bspw. einen angepassten Bewuchs mit flächendeckender Durchwurzelung o. ä., sichergestellt werden muss.

Die Berechnung in Anlage 3.3 untersucht den ungünstigsten Gleitkreis für den Fall eines Geländebruchs im natürlich anstehenden Untergrund unterhalb des Deponiekörpers. In diesem Fall beträgt im Bauzustand der Ausnutzungsgrad 114 % bzw. $\eta_{\text{vorh.}} = 1,14$, womit die Standsicherheit nicht gewährleistet werden kann. Ungünstig wirkt in diesem Szenario der natürlich anstehende Verwitterungston, in welchem Porenwasser nur langsam abfließt und es unter ungünstigen Bedingungen zu einem Aufbau von Porenwasserüberdruck kommen kann.

Um eine ausreichende Standsicherheit für die Gesamtböschung zu gewährleisten ist entsprechend der Ergebnisse in Anlage 3.4 ein Reibungsfuß aus Grobschotter am Fuß der geplanten Böschung auszubilden. Der Verwitterungston ist dazu abzutragen und gegen Grobschotter zu ersetzen, sodass der Reibungsfuß dem stark verwitterten Mergel auflagert. Mit einem noch zulässigen Ausnutzungsgrad von 96 % bzw. $\eta_{\text{vorh.}} = 0,96$ ergibt sich eine notwendige Abmessung für den Reibungsfuß von 15 m Breite an der Aufstandsbasis und bis zu rd. 7 m Höhe (vgl. Anlage 2).

Für den Endzustand der Böschung errechnet sich in Anlage 3.5 unter Berücksichtigung des Reibungsfußes und dem ungünstigsten Gleitkreis im Untergrund ein Ausnutzungsgrad von 79 %. Eine ausreichende Standsicherheit der in diesem Abschnitt relativ steilen Böschung kann somit bei Einhaltung der beschriebenen Bauweise gewährleistet werden.

3.2 Böschung in Achse 773

Der überwiegende Teil der nördlichen Böschung ist mit einer Neigung von 1 : 3 geplant. Nach den uns vorliegenden Plänen wird die größte Höhe der Auffüllungen mit rd. 18,5 m im Bereich der Achse 773 erreicht. Zudem sind nach der Drohnenvermessung des Ingenieurbüros in dieser Zone offenbar bereits Auffüllungen in einer Mächtigkeit von etwa 6 m vorgenommen worden., sodass deren Materialparameter nicht mehr geändert werden können und in den Berechnungen von den eher ungünstigeren Kennwerten auszugehen ist. Für den Standsicher-

heitsnachweis des unter einer Neigung von 1 : 3 geplanten Böschungsbereichs wird somit der in Anlage 2 abgebildete Schnitt in Achse 773 maßgebend.

Die Berechnung in Anlage 4.1 untersucht den ungünstigsten Gleitkreis innerhalb der älteren und der neuen Auffüllungen des Deponiekörpers unter der Annahme, dass beide Abschnitte mit ungeordneten Bodenmassen ohne erhöhte Anforderungen, also auch mit bindigen Böden, aufgefüllt werden. Für den Bauzustand ergibt sich in diesem Fall mit einem Ausnutzungsgrad von 121 % keine ausreichende Standsicherheit.

Auch für den Fall einer durch den anstehenden Untergrund verlaufenden Gleitlinie liegt der Ausnutzungsgrad im Bauzustand bei $\eta_{\text{vorh.}} = 1,28$ und damit deutlich über dem zulässigen Wert von $\eta_{\text{zul.}} = 1,0$ (vgl. Anlage 4.2), weshalb Maßnahmen zur Erhöhung der Standsicherheit notwendig werden.

In Anlage 4.3 wurde rechnerisch untersucht, ob die Böschungsstandsicherheit alleine dadurch gewährleistet werden kann, dass für die noch herzustellenden neuen Auffüllungen ein eher grobkörniges Material mit höherem Reibungswinkel genutzt wird. In diesem Fall nimmt der Ausnutzungsgrad zwar von $\eta_{\text{vorh.}} = 1,28$ auf $\eta_{\text{vorh.}} = 1,06$ ab, liegt aber noch immer über dem zulässigen Wert von $\eta_{\text{zul.}} = 1,0$.

Um eine ausreichende Standsicherheit für die Gesamtböschung zu gewährleisten, ist entsprechend der Ergebnisse in Anlage 4.4 auch für die unter 1 : 3 geneigte Böschung ein Reibungsfuß aus Grobschotter am Fuß der Böschung auszubilden, welcher die -hinsichtlich der Stabilitätsbetrachtung ungünstig wirkenden- Verwitterungstone gegen ein steiniges, volumenbeständiges Material mit hohem Reibungswinkel austauscht. Bei Ausbildung eines Reibungsfußes von 15 m Aufstandsbreite und bis zu rd. 6,7 m Höhe (vgl. Anlage 2) errechnet sich für den Bauzustand ein zulässiger Ausnutzungsgrad von 94 % bzw. $\eta_{\text{vorh.}} = 0,94$, selbst wenn an die neuen Auffüllungen des Deponiekörpers keine erhöhten Anforderungen an die Materialparameter gestellt werden.

Gemäß den Ergebnissen in Anlage 4.5 und 4.6 kann unter Ansatz des Reibungsfußes aus Schotter auch für den Endzustand eine ausreichende Standsicherheit mit einem Ausnutzungsgrad von $\eta_{\text{vorh.}} = 0,80$ bei einem Gleitkreis innerhalb der Auffüllungen und $\eta_{\text{vorh.}} = 0,74$ bei einem Gleitkreis durch den Untergrund nachgewiesen werden.

3.3 Böschung in Achse 774

Zur Seite der Straße CR 356 in Richtung Osten ist die Böschungshöhe infolge der zukünftigen Auffüllung deutlich geringer als in den zuvor genannten Schnitten. Zu dieser ist gemäß den

Angaben im Schnitt der Achse 774 eine Gesamtmächtigkeit des Deponiekörpers von lediglich etwa 8 m zu erwarten, wobei bereits eine ca. 3 m hohe Auffüllung in der Vergangenheit vorgenommen wurde. Die Böschungsneigung ist zu dieser Seite ebenfalls mit 1 : 3 geplant.

Gemäß den Berechnungsergebnissen in Anlage 5.1 und 5.2 ist die Standsicherheit dieser Böschungsgeometrie mit ausreichend geringen Ausnutzungsgraden von $\eta_{\text{vorh.}} = 0,89$ für den Bauzustand als auch mit $\eta_{\text{vorh.}} = 0,66$ für den Endzustand nachgewiesen. Unter den beschriebenen Abmessungen kann aus erdstatischen Gesichtspunkten auf einen Reibungsfuß verzichtet werden. Die Auffüllung des Deponiekörpers kann zudem aus unsortiertem Material, also sowohl aus bindigen als auch aus nichtbindigen Böden aufgebaut werden. Aus den Standsicherheitsberechnungen heraus ergeben sich somit keine erhöhten Anforderungen.

3.4 Zusammenfassende Bewertung und Materialanforderung

Für den Böschungsabschnitt im Bereich um Achse 771 ist festzuhalten, dass für eine ausreichende Standsicherheit ein Reibungsfuß gemäß unseren Angaben ausgebildet und zumindest eine ≥ 20 m breite böschungsnah Zone des Deponiekörpers aus einem möglichst grobkörnigen Material aufgebaut werden muss. Für den Reibungsfuß ist dabei zwingend ein gut durchlässiger, feinkornfreier Grobschotter oder Gesteinsschutt aus volumenbeständigem Material mit einem wirksamen Reibungswinkel von $\varphi' \geq 40^\circ$ zu verwenden. Für den Deponiekörper ist in einem ≥ 20 m breiten Böschungsrandbereich ein möglichst grobkörniges Material mit einem Reibungswinkel von mindestens $\varphi' = 35^\circ$ lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten. Erst in einem seitlichen Abstand von ≥ 20 m zur Böschungskante ist ein Einbau von üblichen Deponiemassen, wie bspw. auch bindigen Böden von mindestens steifer Konsistenz zulässig.

Für die unter einer Neigung von 1 : 3 in Richtung Norden geneigte Böschungszone ist es gemäß den für Achse 773 geführten Berechnungen ebenfalls notwendig einen Reibungsfuß aus Grobschotter herzustellen. Wie im Geländeschnitt der Anlage 2 dargestellt ist die Basis des Schotters auf dem stark verwitterten Mergel in einer Breite von ≥ 15 m auszuführen. Die Aufstandsfläche ist dabei erst in einem seitlichen Abstand von ≥ 5 m vom eigentlichen Fußpunkt der Böschung beginnen zu lassen. Dieser seitliche Abstand kann bis auf 20 m erhöht, nicht aber reduziert werden, da sich andernfalls die Stützwirkung verringert.

Für die Böschung in Richtung Osten ist aufgrund der deutlich geringeren Höhen der Auffüllung auch ohne einen Reibungsfuß eine ausreichende Standsicherheit der Böschung zu erwarten, sofern auf den Einbau von gering standfesten Böden (bspw. bindige Böden ungünstiger Konsistenz) konsequent verzichtet wird und der Einbau lagenweise unter Ver-

dichtung erfolgt. Generell ist zudem für eine geordnete Ableitung von Oberflächen- und Sickerwasser Sorge zu tragen, was im Rahmen der detaillierten Deponieplanung unter Beachtung der genehmigungsrechtlichen Belange zu berücksichtigen ist.

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 unter Beachtung der in diesem Bericht beschriebenen Empfehlungen keine Bedenken gegen die Ausführung der in vorliegenden Plänen angesetzten Böschungsneigungen.

4 Geotechnische Hinweise zum Aufbau des Deponiekörpers

Zur Auflagerung des Deponiekörpers ist das Gelände in einem ersten Schritt sorgfältig zu beraumen (großflächiges Abschieben des Mutterbodens, Entfernen von vorhandenem Bewuchs etc.) sowie für die Ableitung anfallender Wässer Sorge zu tragen. Zur Gewährleistung einer ausreichenden Standsicherheit des Deponiekörpers ist -wie bereits oben beschrieben- entlang der nördlichen Böschung unterhalb des zukünftigen Böschungsfußes ein ausreichend dimensionierter Reibungsfuß aus einem Grobschotter einzuplanen. Durch diese Maßnahme wird zusätzlich der Abbau des Porenwasserdrucks und damit die Konsolidierung unterstützt.

Aus geotechnischer Sicht ist der Schotterkörper des Drän- und Reibungsfußes nach Abschieben des Oberbodens und des Verwitterungstons dem anstehenden Steinmergelkeuper von mindestens fester Konsistenz aufzulagern. Ein durchgängiges Gefälle des Erdplanums in Richtung des lokalen Geländetiefpunktes ist dabei zwingend einzuhalten, um eine Ableitung der anfallenden Wässer zu gewährleisten und einen Wasseraufstau im Schotterkörper zu verhindern. Die Aushubsohle für den Stützgraben ist dazu mit einem ausreichenden Quergefälle in Richtung Norden und einem Längsgefälle entsprechend der Geländeneigung in Richtung Osten anzulegen. Das Erdplanum ist unter Einsatz einer Planierraupe oder eines Baggerlöffels mit glatter Schneide mit o. g. Gefälle eben anzulegen. Die tatsächliche Tiefe des Reibungsfußes richtet sich dabei nach den tatsächlich vorhandenen Bodenverhältnissen und ist nach Begutachtung vor Ort festzulegen. Zur Massen- und Kostenschätzung können die in den Geländeschnitten der Anlage 2 angegebenen Abmessungen genutzt werden.

Für den Drän- und Reibungsfuß ist ein hydraulisch gut leitender Grobschotter der Körnung 40/100 oder ein vergleichbarer Gesteinsschutt ohne Feinkorngehalt zu verwenden. Der Schotterkörper ist generell lagenweise einzubauen und in mehreren kreuzweisen Übergängen zu verdichten. Das dabei zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät ist auf das verwendete Material und die Lagendicke abzustimmen. Ein Zerschlagen des Schottermaterials (und damit

eine Verringerung der Korngröße) im Zuge der Verdichtung ist zu vermeiden. Der hohlraumreiche Grobschotter ist mit einem Geotextil der Geotextilrobustheitsklasse 4 (GRK 4) vollflächig abzudecken, um auch langfristig einen Eintrag von Bodenfeinteilen mit dem Sickerwasser in die Hohlräume des Schotters zu verhindern und damit die Entwässerungswirkung dauerhaft zu sicherzustellen. Zwischen dem anstehenden Untergrund und dem Schotterpaket ist demgegenüber der Einbau eines Geotextils hier nicht zwingend erforderlich.

Aus geotechnischen Gesichtspunkten ist der Einbau eines Dränagerohrs über die gesamte Länge des Schottergrabens nicht notwendig. Aufgrund der großen Länge der nördlichen Böschung von mehr als 600 m empfiehlt es sich, abschnittsweise Abschlüge in Form von Entwässerungsgräben in Richtung des nördlich gelegenen Bachlaufs zu installieren. Dabei ist allerdings die Höhenlage der Sohle des Stützgrabens und die mögliche Anschlusshöhe an den Bachlauf zu beachten. Ein Rückstau von Bachwasser in den Schotterkörper hinein ist nachteilig und daher zu vermeiden. Sofern planerisch sinnvoll oder notwendig kann das anfallende Wasser auch durch ein geschlossenes Rohr aus dem Deponiekörper herausgeführt und an den vorhandenen Bachlauf als Vorflut angeschlossen werden. Zur Fassung des Wassers im Schotterkörper können bspw. Teilsickerrohre mit geschlossenem Lauf verwendet werden, welche im tiefer gelegenen Bereich des Schottergrabens in Höhe der wasserstauenden Grabensohle mit eingezogen werden.

Der Schotterkörper des Drän- und Reibungsfußes sollte mit einer $\geq 0,5$ m mächtigen vegetationsfähigen Schicht aus bindigen Bodenmassen überdeckt werden, um eine andernfalls in erhöhtem Maß zu erwartende Versickerung von an der Böschung abfließendem Oberflächenwasser zu vermeiden. Über die Böschungsoberfläche anfallendes Oberflächenwasser ist möglichst vom Sickerwasser des Deponiekörpers getrennt an eine Vorflut abzuleiten. Eine konzentrierte Versickerung in Schotterstützkörper könnte sich nachteilig auf die Standfestigkeit des anstehenden Untergrunds auswirken und ist zu vermeiden.

Entlang des Böschungsfußes empfehlen wir zusätzlich zum Schotterstützkörper im Untergrund einen an der Oberfläche ausgebildeten offenen Entwässerungsgraben anzulegen, der das über die Böschungsoberfläche zuströmende Niederschlags- bzw. Oberflächenwasser fasst und kontrolliert an eine Vorflut abführt. Um eine Versickerung in den Untergrund und damit ein Aufweichen der Böden am Böschungsfuß zu vermeiden, ist der Graben mit stetigem Gefälle in Richtung eines Entwässerungstiefpunktes bzw. des Bachlaufs (wenn genehmigungsrechtlich zulässig) auszubilden und mit einer ≥ 50 cm mächtigen Lage aus Ton auszukleiden. Zur Vermeidung von Erosionen empfehlen wir die Neigung der Deponieböschung am Übergang zum Graben auf 1 : 3 oder flacher zu verringern.

Nach aktueller Einschätzung auf Basis der Erkundungsergebnisse kann zur Auskleidung dieses offenen Grabens bspw. der für den Schotterstützkörper auszuschachtende Ton genutzt werden, sofern nicht ohnehin der Verwitterungston im Grabenbereich ansteht. Nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen lässt dieser nach einer fachgerechten Verdichtung mit einer Grabenwalze bzw. einem Walzenzug mit Stampffußbandage eine ausreichend geringe Durchlässigkeit bzw. annähernd abdichtende Wirkung erwarten.

Der Aufbau des Deponiekörpers hat in horizontalen Lagen unter fachgerechter, lagenweiser Verdichtung -ausgehend vom Geländetiefpunkt- zu erfolgen. Die Einbaulagen sind dabei mit einem Gefälle in Richtung des entlang des Geländetiefpunkts anzuordnenden Entwässerungsgrabens anzulegen. Als Verdichtungsgeräte sind generell schwere Walzenzüge zu verwenden. Um ein optimales Verdichtungsergebnis zu erzielen, müssen die Walzenzüge bei überwiegend feinkörnigem Einbaumaterial mit Schafffuß- oder Polygonbandagen ausgestattet sein. Der Einbau und die Verdichtung von feinkörnigen Böden bzw. verwittertem Gesteinsmaterial (bspw. Mergel, verwittert) sind stark abhängig von der vorherrschenden Witterung. Die Verdichtung sollte daher bei günstigem Wassergehalt der Böden, möglichst bei trockener Witterung bzw. direkt nach Anlieferung erfolgen.

4.1 Hinweise zu Oberflächenabdeckung und Erosionsschutz

Die Böschung im Endzustand ist überwiegend mit einer Neigung von 1 : 3 geplant und in einem kurzen Teilabschnitt bis zu einer Neigung von maximal 1 : 1,88 ausgeführt. Zur Wiederbegrünung und zum Erosionsschutz der Böschungsoberfläche empfehlen wir nach Abschluss der Profilierungsarbeiten eine vegetationsfähige Bodenschicht in einer Dicke von etwa 40 cm vorzusehen, sofern nicht aus der detaillierten Deponieplanung heraus eine größere Dicke einer Rekultivierungsschicht o. ä. erforderlich wird.

Wir weisen darauf hin, dass die Gewährleistung einer dauerhaft gegen Abrutschen und Erosion stabilen Böschungsfläche eine von den in Kapitel 3 beschriebenen Standsicherheitsberechnungen unabhängige Problematik darstellt. Im Allgemeinen besteht für steile und große Böschungsflächen insbesondere die Gefahr, dass bei anhaltenden Niederschlägen die Oberbodenschicht durchnässt und auf der schwach durchlässigen, bindigen Unterlage abrutscht oder sich ausgeprägte Erosionsrinnen ausbilden. Dieser Effekt ist umso wahrscheinlicher, je steiler der Böschungswinkel und je länger die geneigte Böschungsfläche sind. Unter ausreichenden Platzverhältnissen sollte eine Neigung von 1 : 3 oder flacher angestrebt werden.

Um ein Abrutschen der Oberbodenschicht auf dem bindigen Deponiekörper zu vermeiden, sind Maßnahmen zur Verzahnung des Oberbodens mit dem Untergrund sowie eine schnelle

Durchwurzelung u. a. mit mindestens mitteltief wurzelnden Sträuchern und Büschen zu empfehlen. Die schnelle Ausbildung einer geschlossenen Vegetationsdecke ist zur Verringerung von Erosionserscheinungen bei derart steilen und hohen Böschungen obligatorisch. Da infolge der durchzuführenden Maßnahmen recht große Flächen frei liegen werden, kann die Auflage einer Erosionsschutzmatte zur Unterstützung der Wiederbegrünung sinnvoll sein. Eine Auswahl geeigneter Maßnahmen zur Vermeidung von Erosionen und Stabilisierung der Böschungsoberfläche gegen oberflächliches Abrutschen sind vom entsprechenden Fachplaner in die Planung der Deponie mit einfließen zu lassen.

5 Besondere Hinweise

Vorliegende geotechnische Stellungnahme gilt in ihrer räumlichen und inhaltlichen Abgrenzung ausschließlich für die in unseren Zeichnungen dargestellte Erweiterung der Erdstoffdeponie in Folkendange. Alle Empfehlungen und Forderungen sind auf die in der Stellungnahme genannten Randbedingungen auszurichten. Änderungen und Abweichungen im Projekt können auch zu anderen Folgerungen der Fachberatung führen. Änderungen sind somit stets mit dem Baugrundgutachter abzustimmen. Diese Einschränkung ist in der Anwendung dieser Stellungnahme zu beachten.

Die in vorliegendem Bericht genannten geotechnischen Empfehlungen und beschriebenen prinzipiellen Bauweisen sind vom zuständigen Ingenieurbüro in der Ausarbeitung der detaillierten Deponieplanung zu beachten. Die zutreffenden Normen und technischen Regelwerke des Deponie- und Erdbaus in der jeweils aktuell gültigen Fassung sind ebenfalls anzuwenden sowie genehmigungsrechtliche Belange zu berücksichtigen. Sollte während der Bauausführung eine Abweichung von den beschriebenen Verhältnissen festgestellt werden, ist ein Ortstermin mit uns anzuberaumen zur Festlegung der dann notwendigen Maßnahmen. Der Unternehmer hat grundsätzlich die im Bauwesen erforderliche Sorgfalt anzuwenden.

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

- Anlage 1: Lageplan
- Anlage 2: Geländeschnitte und Prinzipschnitt
- Anlage 3: Böschungsbruchberechnungen an Achse 771
- Anlage 4: Böschungsbruchberechnungen an Achse 773
- Anlage 5: Böschungsbruchberechnungen an Achse 774