



Geplante Mineralstoffdeponie Profen-Nord

**Südöstliche Randböschung des
ehemaligen Tgb. Domsen im
Bereich der geplanten Deponie**

**Bodenmechanischer
Standsicherheitsnachweis**

Projekt-Nr.: **109109**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:

**MIBRAG
Mitteldeutsche Braunkohlen-
gesellschaft mbH
Glück-Auf-Straße 1
06712 Zeitz**

Bestellnummer AG: 45051768

Dipl.-Ing. Yves Koitzsch
vom Landesamt für Geologie und Bergwesen Halle benannter
Sachverständiger für Böschungen

12.08.2015

Geplante Mineralstoffdeponie Profen-Nord
Südöstliche Randböschung des ehemaligen Tgb. Domsen
im Bereich der geplanten Deponie
Bodenmechanischer Standsicherheitsnachweis

Objekt: Südöstliche Randböschung des ehemaligen Tagebaus Domsen im Bereich der geplanten Mineralstoffdeponie Profen-Nord

Lage: Sachsen-Anhalt, ehemaliger Tagebau Domsen und Profen-Nord, nordöstlich Hohenmölsen, südöstlich der OL Tornau

Rechtsträger: Mitteldeutsche Umwelt- und Entsorgung GmbH
Geiseltalstraße 1
06242 Braunsbedra

Auftraggeber: Mitteldeutsche Braunkohlengesellschaft mbH
Glück-Auf-Straße 1
06712 Zeitz

Auftragnehmer: CDM Smith Consult GmbH
Weißenfelser Straße 65 H
04229 Leipzig

Bestell-Nr. AG: 4510281162-052

Projekt-Nr. AN: 109109

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Yves Koitzsch
Dipl.-Ing. Sabine Klemm
Dipl.-Ing. Andreas Wenzel

Sachverständiger: Dipl.-Ing. Yves Koitzsch

Gültigkeit:
zeitlich: unbegrenzt
räumlich:
RW: 4511300 – 4512100
HW: 5671400 – 5672100

Umfang:
- 46 Seiten Textteil (inkl. Deckblätter)
- 18 Anlagen

Leipzig, 12.08.2015



Dipl.-Ing. Yves Koitzsch
vom Landesamt für Geologie und Bergwesen Halle
benannter Sachverständiger für Böschungen

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	5
TABELLENVERZEICHNIS	5
1 AUSGANGSSITUATION	7
2 UNTERLAGEN	8
3 AUFGABENSTELLUNG (AST)	10
4 BEARBEITUNGSGEBIET	11
4.1 Lage und Zufahrt	11
4.2 Geländemorphologie	12
4.3 Planungen Mineralstoffdeponie	13
4.4 Bergtechnische Entwicklung, Verkippung	14
4.5 Geologie / Hydrogeologie	14
4.5.1 Geologische / geotechnische Situation	14
4.5.1.1 Tertiäre Abfolgen	15
4.5.1.2 Quartäre Sedimente	16
4.5.1.3 Kippen	16
4.5.2 Hydrogeologie / Hydrologie	17
4.5.2.1 Aktueller Zustand	17
4.5.2.2 Prognostische Situation (U 6.1)	18
4.5.2.3 Sicker- und Druckverhältnisse	19
4.6 Tiefbaurelikte	19
4.7 Sicherungsmaßnahmen	20
4.8 Observationen	21
4.9 Nutzung und zu schützende Objekte	21
5 ERKUNDUNGEN UND UNTERSUCHUNGEN	22
5.1 Datenbasis	22
5.2 Aktuelle Drucksondierungen	22
5.3 Laboruntersuchungen	25
5.4 Bodenmechanische Kennwerte	25

6	STANDSICHERHEITSBERECHNUNGEN	28
6.1	Berechnungsverfahren und –programm.....	28
6.2	Lastfälle und Forderungen zum Sicherheitsbeiwert	29
6.3	Modellschnitte	29
6.4	Berücksichtigte Gleitflächen	30
6.5	Berechnungskennwerte und Stoffgesetz.....	31
6.6	Berechnungsablauf / untersuchte Zustände.....	32
6.6.1	Numerische Modellierungen (FEM)	32
6.6.2	Konventionelle Berechnungen	33
6.7	Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen.....	33
6.7.1	Schnitt 1	33
6.7.2	Schnitt 2	35
6.7.3	Schnitt 3	36
6.7.4	Schnitt 4	37
6.7.5	Schnitt 5	38
6.7.6	Schnitt 6	39
7	SCHLUSSFOLGERUNGEN UND SANIERUNGSEMPFEHLUNGEN	40
7.1	Aktueller und geplanter Zustand	40
7.2	Temporäre Sicherung.....	41
7.3	Sanierungslösung für die Dauerstandsicherheit.....	42
7.4	Gefährdungspotenzial aus Streckenrelikten.....	43
8	WEITERE HINWEISE	44
8.1	Gültigkeitsbereiche Berechnungsschnitte	44
8.2	Zeitlicher Ablauf von Sanierungen	44
8.3	Bautechnische Hinweise für den Stützkörperbau.....	45
9	GÜLTIGKEIT DER VORLIEGENDEN BEARBEITUNG	46

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 4.1: Bearbeitungsgebiet südöstlich der Ortslage Tornau (Sachsen-Anhalt)	11
Abbildung 4.2: Schattenrelief Bearbeitungsgebiet (Quelle U 5.3)	12
Abbildung 4.3: Oberflächenrelief des Geländes im Bearbeitungsgebiet (Quelle U 5.3) mit Darstellung des geplanten Deponiebauwerkes	13
Abbildung 4.4: Schichtfolge relevanter gewachsener Abfolgen Tagebau Domsen (entnommen aus U 2.1)	15
Abbildung 4.5: Geotechnische Situation am Schnitt 4 (Anlage 3, gekappt) mit Innenkippe 1092 Tgb. Domsen, geplanter Deponie und beigesetzten Massen	17
Abbildung 5.1: Drucksondierung DS3133/2015 auf dem der gewachsenen Randböschung nördlich vorgelagerten Plateau der Kippe 1092	24
Abbildung 5.2: Drucksondierung DS3138/2015 auf dem der gewachsenen Randböschung nördlich vorgelagerten Plateau der Kippe 1092	24
Abbildung 6.1: Mit FEM ermittelter potenzieller Versagensmechanismus am Schnitt 5 (Istzustand)	39

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 4.1: Böschungshöhen und Neigungsverhältnisse Schnitte 1 bis 6	20
Tabelle 5.1: Ergänzende Drucksondierungen (17./18.02.2015) Kippe 1092 (U 4.1)	23
Tabelle 5.2: Bodenmechanische Berechnungskennwerte gewachsener Abfolgen, siehe U 1.1	25
Tabelle 5.3: Berechnungskennwerte für das geplante Deponiesystem (nach U 2.5)	28
Tabelle 6.1: In den konventionellen Berechnungen untersuchte Szenarien	33
Tabelle 6.2: Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 1)	34
Tabelle 6.3: Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 2)	35

Tabelle 6.4:	Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 3)	37
Tabelle 6.5:	Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 4)	38
Tabelle 6.6:	Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnungen Schnitt 5)	39
Tabelle 7.1:	Standsicherheitsverhältnisse an den untersuchten Schnitten (konventionelle Berechnungen)	41
Tabelle 7.2:	Ergebnisse Standsicherheitsberechnungen Sanierungslösung	43

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Übersichtslageplan mit Bearbeitungsgebiet

Anlage 1.2 Lageplan

Anlage 1.3 Lageplan mit Darstellung Gültigkeitsbereiche

Anlage 2 Ergebnisse ergänzender geotechnischer Erkundungen und Untersuchungen

Anlage 2.1 Drucksondierungen

Anlage 2.2 Korngrößenverteilungen Innenkippen (Kippe 1027 und 1092), Quelle U 2.1

Anlage 3 Geotechnische Schnitte

Anlage 4 Kennwertansätze

Anlage 5 Standsicherheitsberechnungen

Anlage 5.1 Numerische Berechnungen (FEM)

Anlage 5.1.1 Schnitt 1

Anlage 5.1.2 Schnitt 2

Anlage 5.1.3 Schnitt 3

Anlage 5.1.4 Schnitt 4

Anlage 5.1.5 Schnitt 5

Anlage 5.1.6 Schnitt 6

Anlage 5.2 Konventionelle Berechnungen

Anlage 5.2.1 Schnitt 1

Anlage 5.2.2 Schnitt 2

Anlage 5.2.3 Schnitt 3

Anlage 5.2.4 Schnitt 4

Anlage 5.2.5 Schnitt 5

Anlage 5.2.6 Schnitt 6

Anlage 6 Temporäre Sanierungslösung

Anlage 6.1 Geotechnischer Schnitt 2 mit Darstellung der temporären Sanierungslösung

Anlage 6.2 Standsicherheitsberechnungen der temporären Sanierungslösung (Schnitt 2)

Anlage 7 Dauerhafte Sanierungslösung

Anlage 7.1 Geotechnische Schnitte mit Darstellung der dauerhaften Sanierungslösung

Anlage 7.2 Standsicherheitsberechnungen der dauerhaften Sanierungslösung

Anlage 7.2.1 Schnitt 1

Anlage 7.2.2 Schnitt 2

Anlage 7.2.3 Schnitt 3

1 AUSGANGSSITUATION

Die MUEG plant die Errichtung einer Mineralstoffdeponie im Bereich des ehemaligen Tagebaus Domsen und Profen-Nord (Sachsen-Anhalt). Die geplante Fläche liegt unmittelbar südöstlich der Randböschung des ehemaligen Tagebaus Domsen.

Nach Forderung des LAGB ist das Vorliegen dauerstandsicherer Verhältnisse für diese Böschung eine wesentliche Voraussetzung für die Genehmigung zur Errichtung der Deponie. Standsichere Verhältnisse dieser Böschung sind auch Voraussetzung für die Entlassung des derzeit noch unter Bergaufsicht stehenden Bereiches aus der Bergaufsicht.

Dementsprechend ist mit einer Standsicherheitsuntersuchung die vorhandene Randböschung unter Beachtung der geplanten Deponie einschließlich Betriebsfläche hinsichtlich ihrer Dauerstandsicherheit zu untersuchen. Sofern sich Standsicherheitsdefizite ergeben, sind Maßnahmen zu deren Beseitigung zu ermitteln.

Auf der Basis der vorliegenden Begutachtungen und Nachweise, Datengrundlagen und ergänzender geotechnischer Erkundungen sind Standsicherheitsuntersuchungen des Randböschungssystems unter dem Einfluss des geplanten Deponiekörpers vorzunehmen. Bei Erfordernis sind Sanierungsmaßnahmen am Randböschungssystem abzuleiten.

Die hiermit vorgelegte Bearbeitung orientiert sich an der ehemals gültigen Richtlinie Geotechnik (U 8.1) und entspricht in der Bearbeitungstiefe einem bodenmechanischen Standsicherheitsnachweis (STN).

2 UNTERLAGEN

Folgende Unterlagen fanden im Rahmen dieser Bearbeitung Verwendung:

U 1 Vertragliche Grundlagen

- U 1.1 Aufgabenstellung. MIBRAG mbH. Profen, 20.04.2015.
- U 1.2 Erörterung der AST am 30.04.2015 in Profen.
- U 1.3 Angebot CDM Smith Consult GmbH vom 27.05.2015.
- U 1.4 Vertrag / Bestellung 4510281162 - 052 vom 19.06.2015.

U 2 Gutachten, Standsicherheitsnachweise, Einschätzungen

- U 2.1 Standsicherheitsnachweis Tagebaurestloch Domsen. FCB GmbH. Espenhain, 12.02.2003
- U 2.2 Niederschrift zur Erörterung von U 2.1. MIBRAG mbH. Theißen, 27.02.2003.
- U 2.3 1. Nachtrag zum Standsicherheitsnachweis Tagebaurestloch Domsen. FCB GmbH. Espenhain, 29.08.2003.
- U 2.4 Bergbauliche Stellungnahme zur Tagesbruchgefährdung über Entwässerungsstrecken im Bereich der zu errichtenden Mineralstoffdeponie der MUEG mbH im ehemaligen Tagebau Profen-Nord. Vermessungsbüro Förste. Merseburg / Beuna, 08/2014.
- U 2.5 Standsicherheitsuntersuchung BV Inertstoffdeponie auf der ehemaligen AFB-Kippe im Tagebau Profen Nord – Neubewertung 2014. HPC AG. Merseburg, 20.01.2015.

U 3 Planungen

- U 3.1 Planungsunterlagen Mineralstoffdeponie Profen-Nord. MUEG mbH. 01/2015.
- U 3.2 Technisches Nutzungskonzept Mineralstoffdeponie Profen-Nord. MUEG mbH. 28.07.2014.
- U 3.3 Ergänzende Planungsunterlagen Mineralstoffdeponie Profen-Nord. MUEG mbH. 08/2015.

U 4 Erkundungsergebnisse

- U 4.1 Drucksondierungen Kippe 1092. Geotechnik Heiligenstadt GmbH. 26.02.2015.
- U 4.2 Korngrößenverteilungen Innenkippen 1027 und 1092 (Quelle U 2.1)

U 5 Risswerksdaten

- U 5.1 Tagebaubetriebsriss (2D) MIBRAG mbH. Stand 15.03.2015
- U 5.2 Lageplan Mineralstoffdeponie. Stand 2015.
- U 5.3 Risswerksdaten 3D Planausschnitt. MIBRAG mbH. 23.06.2015.

U 6 Hydrologische / hydrogeologische Daten

- U 6.1 Überarbeitung des HGMS im Bereich des Tagebaus Profen, Prognose der Grundwasserströmungsverhältnisse bis zum Erreichen stationärer Strömungsverhältnisse, Phase 1: Abbaufeld Domsen des Tagebaus Profen. IBGW GmbH. Leipzig, 26.08.2013.

U 7 Stellungnahmen, Protokolle, Festlegungen

- U 7.1 Errichtung und Betrieb Deponie Klasse I – Mineralstoffdeponie am Standort Profen-Nord in der Gemarkung Großgrimma. Stellungnahme des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt als Träger öffentlicher Belange. Halle, 08.12.2014 (AZ TÖB-34942-1118/2011-R 484).

U 8 Richtlinien, Normungen

- U 8.1 DIN 4084: 1981-07 – Baugrund; Gelände- und Böschungsbruchberechnungen. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- U 8.2 Beurteilung der Setzungsfließgefahr und Schutz von Kippen gegen Setzungsfließen. LMBV mbH – TU Bergakademie Freiberg – Universität (TH) Karlsruhe. 12/1998.
- U 8.3 DIN 1055 (Teil 02): 2003-02 – Lastannahmen für Bauten - Bodenkenngroßen. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- U 8.4 Richtlinie über die geotechnische Sicherheit im Bergbau über Tage (Richtlinie Geotechnik). Sächsisches Oberbergamt. Freiberg, März 2005 (RL aufgehoben).
- U 8.5 Leitfaden zur geotechnischen Beurteilung von Verflüssigungsgrundbrüchen auf Kippen im Hinterland sanierter Restlochbereiche und Empfehlungen zur Sanierung und Nachnutzung. LMBV mbH (Bearbeitungsstand: 31.12.2010).

U 9 Sonstige Unterlagen

- U 9.1 Stability Modeling with SLOPE/W. GEO-SLOPE International Ltd. Calgary, Alberta, 2014.
- U 9.2 PLAXIS 2D. Users Manual. Delft University of Technology & Plaxis b.v. The Netherlands.

3 AUFGABENSTELLUNG (AST)

Als Voraussetzung für die Errichtung der geplanten Mineralstoffdeponie Profen - Nord sowie für die Entlassung der Fläche aus der Bergaufsicht muss die nördlich der geplanten Deponie vorhandene Randböschung des ehemaligen Tagebaus Domsen dauerhaft standsicher sein. Die Standsicherheit und das Verformungsverhalten der geplanten Deponieabschnitte auf der AFB-Kippe Profen-Nord wurden bereits in U 2.5 untersucht.

Es ist zu untersuchen, ob die nördlich der geplanten Deponie vorhandene, vom Tagebau Domsen hinterlassene Randböschung unter Beachtung des geplanten Deponiekörpers eine ausreichende Dauerstandsicherheit aufweist. Dies ist im Rahmen einer Standsicherheitsuntersuchung an repräsentativen, durch die MIBRAG zur Verfügung gestellten Berechnungsschnitten zu prüfen. Die Untersuchungen sind unter Berücksichtigung der geplanten Endkontur des Deponiekörpers zu führen. Zwischenstände aus der Betriebszeit der Deponie sind nicht relevant.

Die Thematik „Bodenverflüssigung“ in der vorgelagerten Innenkippe ist unter Beachtung vorliegender Erkundungsergebnisse und Bewertungen zu diskutieren und bei Relevanz auch in der Untersuchung zu berücksichtigen.

Hinsichtlich der hydrologischen Situation sind die aktuellen Verhältnisse sowie der für die Dauerstandsicherheit maßgebende stationäre Zustand (mittlere stationäre Verhältnisse) zu untersuchen. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob ggf. hydrologische Zwischenstände maßgebend sind.

Falls sich Standsicherheitsdefizite ergeben, sind dauerhaft wirksame Maßnahmen zum Erreichen standsicherer Verhältnisse anzugeben (wie z.B. Stützkörper oder Abflachung) und zu bemessen. Für den Fall, dass dies erforderlich wird, sind mit dem Auftraggeber bearbeitungsbegleitend praktikable Maßnahmen zur Erhöhung der Standsicherheit abzustimmen.

Hinsichtlich des anzuwendenden Sicherheitskonzeptes und des Sicherheitsniveaus liegt eine Einschätzung des LAGB zum Bauvorhaben vor (U 7.1), die in die Bearbeitung einfließen soll.

Untersuchungen zur Standsicherheit der eigentlichen Deponieböschung, zu den Untergrundverhältnissen in der Betriebsfläche sowie zum Setzungsverhalten in und unter der Deponie sind nicht Gegenstand der Bearbeitung.

4 BEARBEITUNGSGEBIET

4.1 Lage und Zufahrt

Das ca. 45 ha große Bearbeitungsgebiet befindet sich im Koordinatenbereich RW 4511300 bis 4512100 und HW 56 71400 bis 56 72100. Es liegt im Übergangsbereich zwischen den ehemaligen Tagebauen Domsen und Profen-Nord, südöstlich von Tornau und nordöstlich von Hohenmölsen im Bundesland Sachsen-Anhalt, siehe Abbildung 4.1. Es wird von der von Hohenmölsen nach Theißen führenden Landstraße L 191 bzw. von der nördlich verlaufenden Kreisstraße K 2195 erreicht.

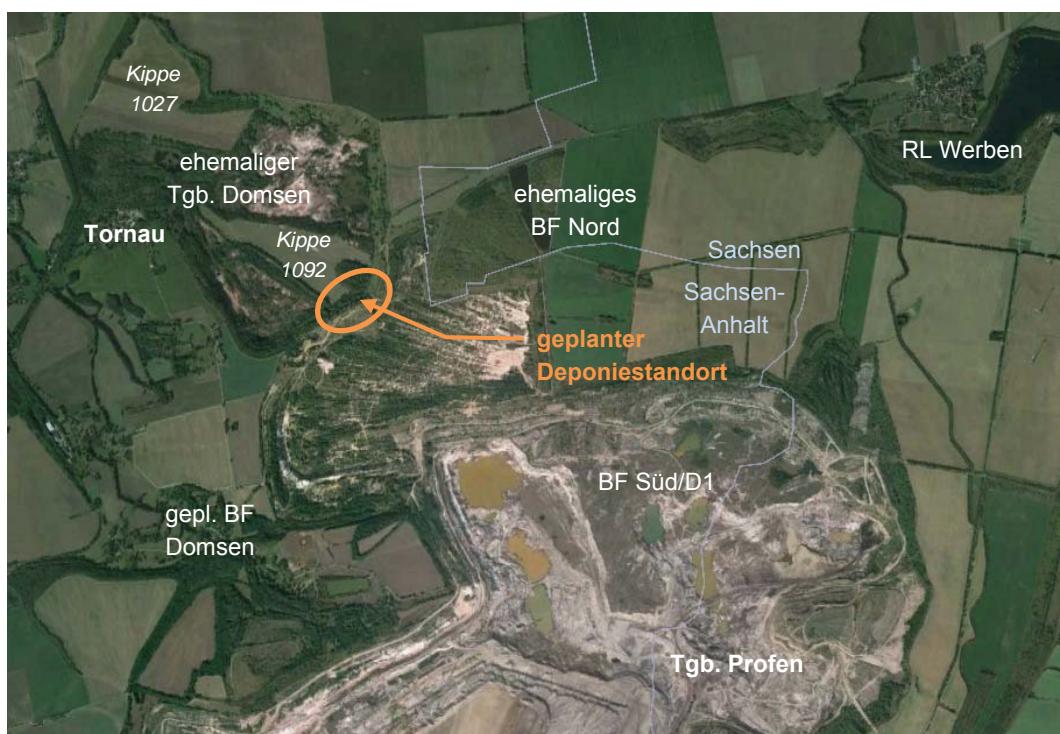


Abbildung 4.1: Bearbeitungsgebiet südöstlich der Ortslage Tornau (Sachsen-Anhalt)

Durch die forst- und landwirtschaftliche Nutzung besteht eine eingeschränkte Zufahrtsmöglichkeit im unmittelbaren Bearbeitungsgebiet.

Lageangaben erfolgen im Koordinatensystem RD 83 (Bessel-Ellipsoid) und Höhenangaben im Normalhöhensystem (Deutsches Haupthöhennetz 1992 [DHHN 92, bezogen auf den Pegel Amsterdam, Höhenstatus 160]) in m NHN.

4.2 Geländemorphologie

Auf der Basis der 3D-Risswerksdaten wurde das in Abbildung 4.2 und Abbildung 4.3 dargestellte Oberflächenrelief erstellt. Die geplante Betriebs- und Aufstandsfläche der Deponie, aber auch aktuelle Schnittführungen und Erkundungen sind mit in Abbildung 4.3 enthalten.

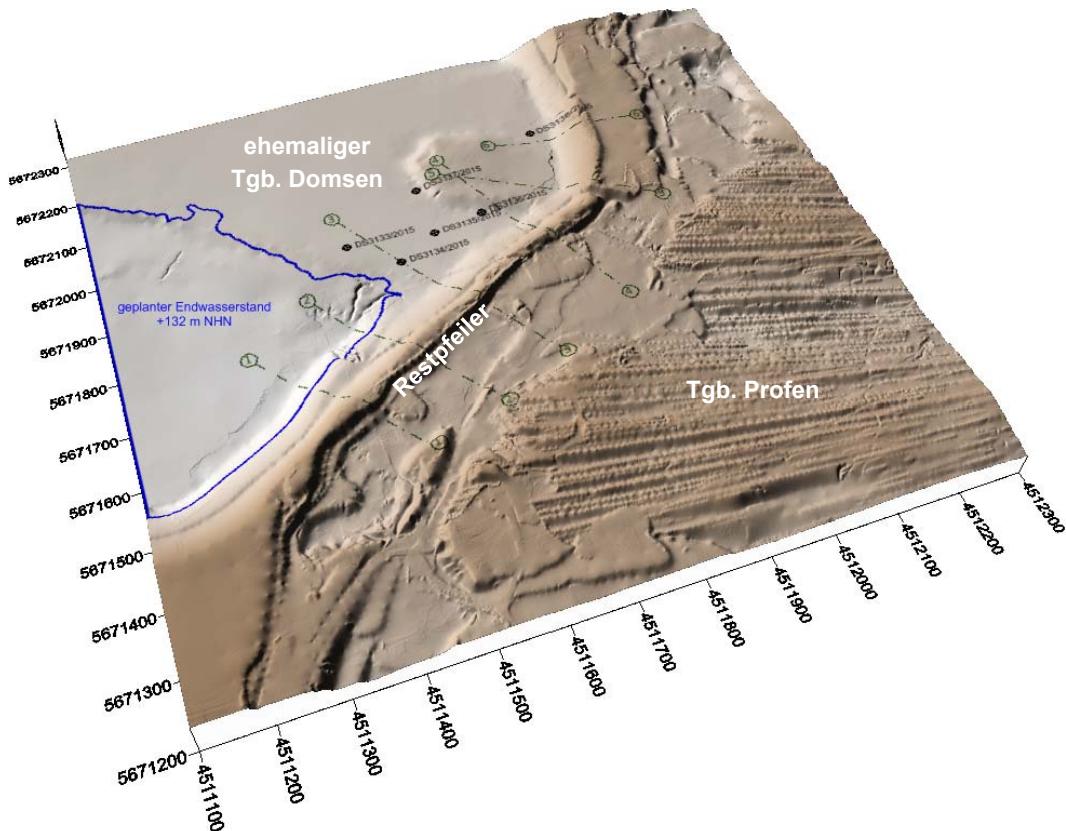


Abbildung 4.2: Schattenrelief Bearbeitungsgebiet (Quelle U 5.3)

Die Hohlform im ehemaligen Tagebau Domsen ist aufgrund der Strukturen der Kippe 1092 durch ein ebenes Plateau mit Geländehöhen von +133... +141 m NHN im Osten gekennzeichnet. Auf einem schmalen Richtung Nordwest geneigten Teilabschnitt (Schnitte 5 und 6) werden Plateauhöhen um +146 m NHN erreicht. Im westlichen Abschnitt liegen die Geländehöhen im Tiefpunkt bei +122 m NHN. Hier wird bei aufgehendem Seespiegel (blaue Uferlinie bei +132 m NHN) ein Einstau von etwa 10 m erreicht werden.

Der Restpfeiler weist Geländehöhen um +162... +167 m NHN auf.

Die AFB-Kippe Profen-Nord ist in Abbildung 4.3 in Form einzelner Rippenstrukturen im Niveau +150... +170 m NHN erkennbar.

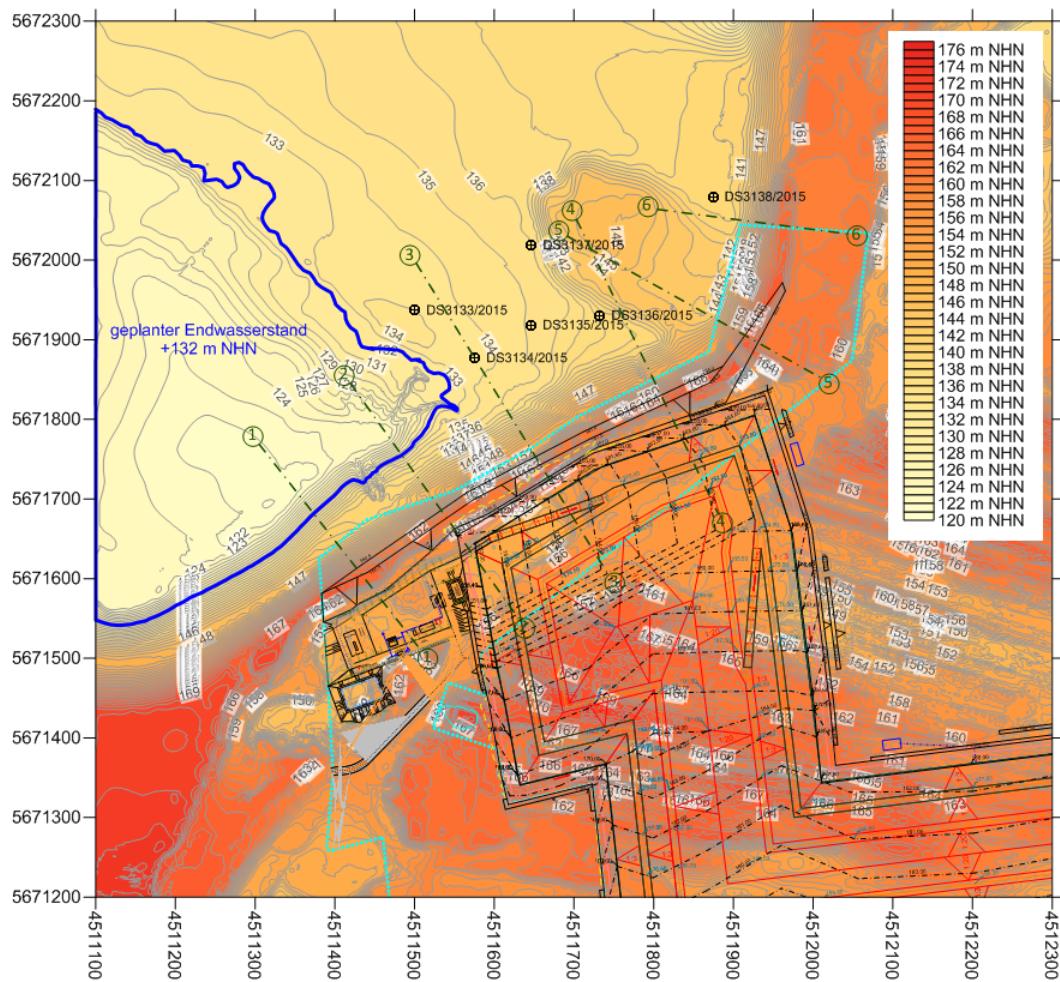


Abbildung 4.3: Oberflächenrelief des Geländes im Bearbeitungsgebiet (Quelle U 5.3) mit Darstellung des geplanten Deponiebauwerkes

4.3 Planungen Mineralstoffdeponie

Die geplante Mineralstoffdeponie ist in Anlage 1.2 dargestellt. Weitere Angaben enthält U 3.2.

Es ist ein Deponiekörper vorgesehen, dessen Böschung durch Bermen unterteilt ist, wobei die Einzelböschungen Neigungen $\leq 1 : 3$ aufweisen. Die Gesamthöhe des Deponiekörpers beträgt ca. 20 m. In der Aufstandsfläche wird ein Basisabdichtungssystem hergestellt. Die betrieblichen Einrichtungen (Parkflächen, Bürogebäude u.a.) sind nordwestlich der Deponiefläche vorgesehen.

Die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des gesamten Deponiesystems auf der Kippe des Tagebaus Profen-Nord wurde in U 2.5 nachgewiesen.

4.4 Bergtechnische Entwicklung, Verkippung

Die Randböschung des ehemaligen **Tagebaus Domsen** wurde im Bearbeitungsgebiet nach Aufnahme der Abraumförderung im Juli 1959 etwa 1966/1967 geschnitten, siehe U 1.1 und U 2.1. Eine Verkippung erfolgte im Zeitraum 1969 bis 1971. Die Innenverkippung begann 1965 im nördlichen Teil des Tagebaus (Kippe 1027). Nach Einplanieren der zwischen 1969 und 1971 verstürzten Abraummassen des 2. und 3. AS auf dem freigeschnittenen Liegenden bildete dieses Niveau die Arbeitsebene sowie die Auffahrtsrampe im DP-Bereich für den Bandabsetzer 1092 (U 2.1). Die Kippe 1092 schwenkte entgegen dem Uhrzeigersinn. Ihre südliche Böschung entspricht der Anfangs- und die nördliche Böschung der Endstellung. Am Schwenkende, nahe der Kopfböschung wurde über drei Durchgänge eine 7 m mächtige Hochschüttung betrieben. Zum ehemaligen Tagebau Domsen besteht das gewachsene Böschungssystem (Restpfeiler) mit einer frei stehenden Höhe von ca. 30 m und einem mittleren Böschungsgeneralneigungswinkel von etwa 20°.

Das Randböschungssystem **Profen-Nord** zum ehemaligen Tagebau Domsen wurde im Bearbeitungsbereich Ende der 1980-er Jahre des vorigen Jahrhunderts geschnitten. Die hier liegende AFB-Kippe im Bereich der geplanten Deponieaufstandsfläche wurde mit zwei AFB (Betrieb AFB 16 und 26) im Zeitraum von 1985 bis 1989 hergestellt, siehe U 2.5. Die Liegezeit der Kippe beträgt somit 26 bis 30 Jahre. Die Abraumfördererbrückenkippe (AFB) lehnt sich am Restpfeiler bis in das Höhenniveau +160 m NHN an.

4.5 Geologie / Hydrogeologie

4.5.1 Geologische / geotechnische Situation

Die geologischen und geotechnischen Verhältnisse im Bereich des geplanten Deponiestandortes werden durch die mit U 1.1 übergebenen Schnitte erfasst, die in Anlage 3 abgelegt sind. Das Normalprofil gewachsener Abfolgen zeigt Abbildung 4.4. Als geologisch vorgegebene Gleitflächen (VG) sind der Bänderton sowie die tertiären Tone (Liegend-VG) zu beachten.

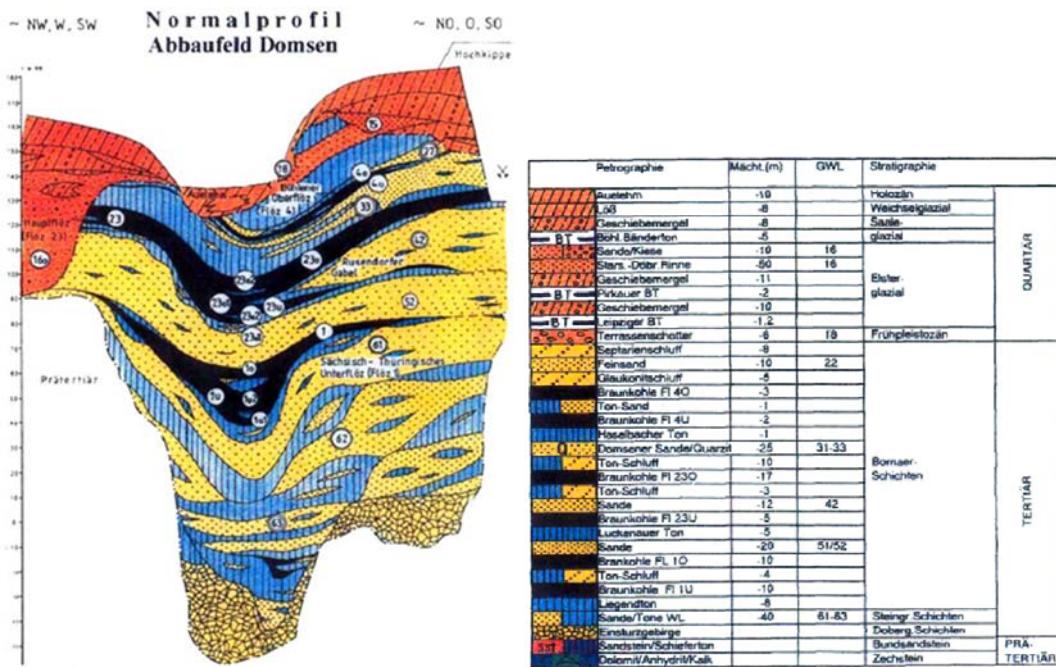


Abbildung 4.4: Schichtfolge relevanter gewachsener Abfolgen Tagebau Domsen (entnommen aus U 2.1)

4.5.1.1 Tertiäre Abfolgen

Für das Tertiär beginnt die geologische Beschreibung mit der geringmächtigen bis fehlenden Ausbildung des Flözes 1. Im Nordteil des ehemaligen Abbaufeldes Domsen treten als Flöz-1-Äquivalent vermehrt nur kohlige Schluff- und Tonbildungen auf.

Der auflagernde GWL 5-Komplex ist im gesamten Bereich mit einer mittleren Mächtigkeit von 15 m verbreitet und vom Liegenden (Fki - Gsd) zum Hangenden (Fsd - Slf) durch eine Kornverfeinerung charakterisiert. Lokal treten tonig-schluffige oder kohlige Lagen auf.

Durch die im Abbaufeld Domsen NW-SO streichende Abspaltungsline "Rusendorfer Gabel" spaltet sich das Flöz 23 in die geringmächtige und stark tonige Unterbank Flöz 23U und die bis zu 8 m mächtige Oberbank Flöz 23O auf. Die Einschaltungen des GWL 4 - Komplexes beginnen mit geringmächtigen Schluffen und Sanden. Diese übersteigen nur selten eine Mächtigkeit von 8 m.

Das Flöz 23 war Hauptobjekt der Braunkohlengewinnung im letzten Jahrhundert. Ehemalige Tagebaue bilden nach Nordwesten eine ausgekohlte Verbreitungsgrenze für das Flöz 23. Der Hangendton des Flözes 23O steigt nach Südwest auf eine Mächtigkeit bis maximal 10 m an.

Die Mächtigkeiten der Domsener Sande des GWL 3-Komplexes verbleiben durchgehend bei etwa 20 m. Im Hangenbereich können lokal feste kristalline Sandsteinzonen auftreten. Diese „Tertiärquarze“ können Mächtigkeiten von wenigen Metern erreichen.

Das Flöz 4 besitzt durch quartäre Erosion eine nur sehr reduzierte Verbreitung.

4.5.1.2 Quartäre Sedimente

Auf den GWL 3-Komplex oder das sehr geringmächtig entwickelte Flöz 4 einschließlich der Handtonausbildungen folgen die ältesten quartären Sedimente. Diese liegen in Form der sandigen bis kiesigen Terrassenschotter des GWL 18 vor.

Aufliegend auf den GWL 18 folgen die Saale- Geschiebeablagerungen. Lediglich im östlichen Bereich, in dem das Bearbeitungsgebiet liegt, folgt auf den GWL 18 die Elster- Geschiebeführung, nachfolgend der sandige aber geringmächtige Grundwasser Komplex 16/1 und anschließend erst die Saale - Geschiebeführung.

Bändertonausbildungen sind lokal vorhanden und z.B. in den **Schnitten 4 und 5** an der Basis des Saale- Geschiebemergels ausgehalten.

In den topographischen Hochlagen sind Lößbildung mit geringer Mächtigkeit vorhanden.

4.5.1.3 Kippen

Die südöstliche Randböschung Domsen wird durch die Innenkippe 1092, deren Mächtigkeit von SW nach NO zunimmt, teilangestützt. Die Kippenbasis wird durch geringmächtige Abbaureste des Flözes 23o (Schnitt 1 Flöz 23u) und den durchgehend vorhandenen Liegendorf gebildet.

In den Untersuchungsschnitten 1 bis 4 im Bereich der Böschungsschulter und in den Schnitten 5 sowie 6 auf der gesamten Böschungsfläche sind auf dem Gewachsenen abgesetzte - s.g. beigelegte - Massen vorhanden. Es handelt sich hierbei um Direktversturzmassen, die aus dem Vorschnitt auf der Randböschung des ehemaligen Tagebaus Domsen abgesetzt wurden, siehe Abbildung 4.5. Unter Berücksichtigung der geologischen Schichtung ist davon auszugehen, dass es sich um Saale-Geschiebemergel sowie untergeordnet um Löß bzw. Lößlehm handelt.

Im Zuge der Herstellung der AFB-Kippe Profen-Nord (AFB 16 und 26) südlich an den Restpfeiler anliegend wurden insbesondere Domsener Sande (gleichförmige Sande), Quarzitbrocken, Geschiebemergel und untergeordnet Lößlehm verkippt, siehe U 2.5. Gemäß ABP „Tgb. Profen-Nord Brückenkippe“ vom 13.11.1997 weist die AFB-Kippe einen homogenen Aufbau mit einem Schluffkornanteil von max. 30 % auf. Vor allem im Niveau zwischen +146 und +152 m NHN wurde in unterschiedlichen Scheiben die Verkippung von Domsener Sanden und Quarzitbrocken vorgenommen. In der Regel kam damit ein Mischboden aus 2 Abraumschnitten zum Versturz.

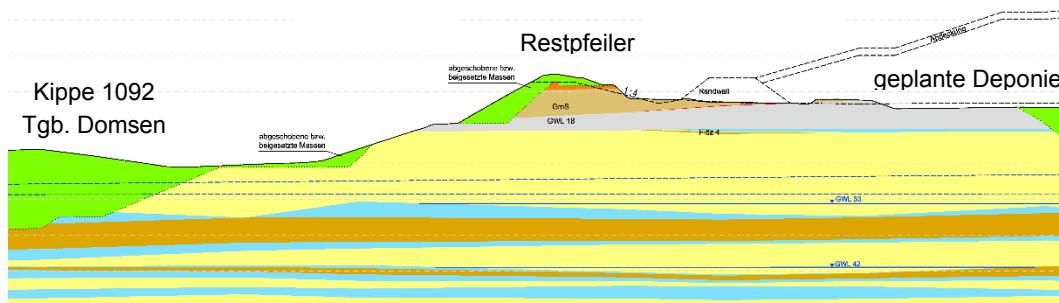


Abbildung 4.5: Geotechnische Situation am Schnitt 4 (Anlage 3, gekappt) mit Innenkippe 1092 Tgb. Domsen, geplanter Deponie und beige-setzten Massen

4.5.2 Hydrogeologie / Hydrologie

Im Bearbeitungsgebiet sind nach U 1.1 einerseits Kippenböden sowie die nachfolgend genannten Grundwasserleiter (GWL) bis zum Höhenniveau +100 m NHN vorhanden:

- GWL 16O elsterzeitliche Rinnensedimente
- GWL 18 frühelsterzeitliche Terrassenschotter
- GWL33 Domsener Sande
- GWL42 Mittlere Flusssande
- GWL 5251 Ältere Flusssande

Die GWL 16O bis GWL 5251 weisen eine weitgehend söhligie Lagerung auf. Zwischen den genannten Grundwasserleitern treten lokal als auch großräumig hydraulische Verbindungen auf.

Im ehemaligen Tagebau Domsen wurde das Flöz 23O abgebaut. Das Liegende des Kippenkörpers liegt im Bearbeitungsgebiet zwischen ca. +115 und +120 m NHN. In Profen-Nord erfolgte ebenfalls die Auskohlung bis einschließlich Flöz 23O. Unter der Kippe steht teilweise der Luckenauer Ton bzw. der GWL 42 an. Um einem Grundwasseraufgang zu begegnen, wurden während des Gewinnungsprozesses "hydraulische Fenster" geschnitten. Somit wurde eine hydraulische Kopplung zwischen Kippe und GWL 42 geschaffen.

4.5.2.1 Aktueller Zustand

Die aktuelle hydrologische Situation ist durch die umfangreichen Entwässerungsmaßnahmen im Abbaufeld Süd/D1 geprägt. Der Hauptzustrom erfolgt radial zum offenen Tagebau, mit Schwerpunkt aus südlicher bzw. südöstlicher Richtung (Elsteraue).

Im unmittelbaren Bearbeitungsgebiet sind gegenwärtig keine Grundwassermessstellen vorhanden, so dass für die Bearbeitung weiter entfernt gelegene repräsentative Grundwassermessstellen herangezogen wurden. Allerdings bieten die jährlich im Rahmen des "Jahresberichtes Wasserwirtschaft-Tagebau Profen" erstellten Hydroisohypsen eine sichere Grundlage für die Beurteilung der hydrologischen Situation.

Die GWM nördlich und südlich des Bearbeitungsgebietes belegen im GWL 5251 Wasserstände < +100 m NHN, mit einem leichten Gefälle in Richtung offener Tagebau (GWM 15155: +97,55 m NHN; GWM 23841: +89,70 m NHN). Im Abbaufeld Süd/D1 ist der GWL 5251 vollständig devastiert.

Nordöstlich der Linie Wuschlaub/Mödnitz/Grunau (Rusendorfer Gabel) spaltet sich das Flöz 23U vom Flöz 23 ab. Zwischen diesen Flözen lagern die Mittelsande des GWL 42, der im Bearbeitungsgebiet verbreitet ist und nordwestlich in der GWM 23954 einen Wasserstand von +107,85 m NHN aufweist. Im ehemaligen Tagebau Profen-Nord zeigt die GWM 14940 einen Wasserstand von +113,95 m NHN an. Innerhalb des Bearbeitungsgebietes befindet sich das Liegende des GWL 42 zwischen +111 und +115 m NHN. Restwasser ist vor allem in den Muldenbereichen vorhanden.

Der GWL 33 steht innerhalb des Restpfeilers an. Nach Nordwest und Südost ist er vollständig devastiert und besitzt hydraulische Verbindung zur Kippe. Im Südwesten (ca. 700 m vom Schnitt 1 entfernt) zeigen die GWM Wasserstände zwischen +131 bis +138 m NHN, nördlich des Bearbeitungsgebietes wird er als "Trocken" ausgewiesen. Im Bearbeitungsgebiet selbst ist der GWL 33 entwässert, wobei auch in diesem Fall Restwasser in den Muldenstrukturen vorhanden ist.

Der Kippenwasserspiegel liegt im Bearbeitungsgebiet bei ca. +120 m NHN. Aufgrund des heterogenen Aufbaus des Kippenkörpers sind schwelende Wässer möglich. Weiter im Nordwesten werden Wasserstände im oberen Kippenbereich zwischen etwa +126 bis +128 m NHN beobachtet (GWM 23954: +126,25 m NHN; GWM 24450: +127,7 m NHN).

4.5.2.2 Prognostische Situation (U 6.1)

In Folge der Außerbetriebnahme der bergbaulichen Entwässerungselemente und der anschließenden Flutung des Domsener Sees ab 2033 steigen die Grundwasserstände, und die Grundwasserfließrichtung ändert sich. Um das RL Domsen bildet sich eine nahezu radiale Grundwassерanströmung aus. Der plamäßige **Endwasserspiegel des Domsener Sees** liegt bei **+132 m NHN**. Im Bearbeitungsgebiet werden sich dann Grundwasserstände (Kippe/GWL 33) zwischen +133 bis +137 m NHN einstellen.

Das Druckniveau im GWL 5251 stellt sich in der Phase des stationären Strömungszustandes¹ (etwa 2100) im Betrachtungsgebiet bei ca. +132 m NHN ein.

Bis zum Erreichen des stationären Strömungszustandes wird es im Zuge des Abbaus im Baufeld Domsen zu weiteren GW-Absenkungen bzw. zur Stagnationen der Wasserstände kommen. Von größeren bzw. großflächigen GW-Anstiegen ist in den Jahren vor 2035 nicht auszugehen.

Standsicherheitsberechnungen für den Deponiestandort auf der AFB-Kippe Profen-Nord erfolgten in U 2.5 unter Ansatz eines prognostischen Endwasserstandes von +139 m NHN in der AFB-Kippe.

4.5.2.3 Sicker- und Druckverhältnisse

Die aktuellen Sickerlinien der genannten GWL (I. Quartal 2015) und auch die des stationären Strömungszustandes wurden durch die MIBRAG als Sicker- und Drucklinien in die Schnitte 1 bis 6 übernommen. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Schnitte und der eingetragenen Sicker- und Drucklinien ist zu erkennen, dass das **Druckniveau im derzeitigen hydrologischen Zustand unter der Sickerlinie der Kippe bzw. des Hangenden** liegt und **keine Speisung der Kippe** aus dem Liegenden gegeben ist.

Auch im **prognostischen Zustand** (mittlere stationäre Verhältnisse) mit dann erreichtem Endwasserstand liegt der **Druckspiegel** immer **unter** der **Sickerlinie** der Kippe bzw. des Hangenden.

4.6 Tiefbaurelikte

1964 bis 1967 wurden für den Tagebau Domsen im Tiefbau Entwässerungstrecken aufgefahrene. Diese verlaufen in Böschungsstreichrichtung des Restpfeilers (Strecke K) und orthogonal dazu (Strecken 30, 31, 33, 36, F) im Niveau +119,2 bis +122,6 m NHN, siehe Anlage 1.2.

Eine bergbauliche Stellungnahme liegt mit U 2.4 vor. Im Rahmen von Recherchen wurde festgestellt, dass die Grubenbaue im Bereich des Restpfeilers nicht verwahrt worden sind. Streckenrelikte stellen generell beim Zubruchgehen bzw. beim zu Tage treten s.g. hängender Brüche potentielle geotechnische Gefährdungen dar.

Zur Ermittlung der Auswirkungen der untertägigen Relikte auf die geplante Deponieaufstandsfläche wurde in U 2.4 standortbezogen die Bruchwahrscheinlichkeit nach dem Verfahren von FENK ermittelt. Es wurde festgestellt, dass im Bereich der Tagesanlagen und der Deponieaufstandsfläche oberhalb der Strecken mit Tagesbrüchen mit einem Durchmesser von überwiegend bis zu 2,0 m, im Extremfall bis zu 4,15 m zu rechnen ist.

¹ Stationäre Verhältnisse für mittlere Grundwasserneubildungsraten!

Die relativen Bruchwahrscheinlichkeiten wurden an 7 Berechnungspunkten ermittelt und liegen zwischen 1,5 % und 6,8 %. Im Extremfall werden in U 2.4 Bruchwahrscheinlichkeiten von 19,8 % ausgewiesen. Diese beziehen sich auf einen Berechnungspunkt 5 (an der Auskohlungsgrenze des Tagebaus Profen-Nord), der unterhalb der Deponie und außerhalb des Randpfeilers liegt.

Einflüsse ggf. noch nicht überschrittener untertägiger Grubenbaue auf die Tagesoberfläche im Bereich der Mineralstoffdeponie Profen sind nach U 2.4 nicht zu erwarten.

Aus den o.g. Gründen werden **in den betroffenen Bereichen** (Deponieaufstandsfläche, Eingangs- und Betriebsbereich) planmäßig **Versatzmaßnahmen** durchgeführt, siehe U 1.2. Potenzielle Gefährdungen für den Deponiestandort und seine Betriebsflächen aus Tiefbaurelikten werden somit im Vorfeld beseitigt. Für den gewachsenen Randpfeiler bestehen keine Standsicherheitsgefährdungen.

4.7 Sicherungsmaßnahmen

Ausgehend von den erdstatistischen Untersuchungen in U 2.1 und U 2.3 wurden Empfehlungen zur Gestaltung der zukünftigen Uferböschungen ausgesprochen, die sich vordergründig an der hydromechanischen Stabilität der späteren Uferböschungen orientieren. Die Detailuntersuchung zur in U 2.1 vorgeschlagenen Zerstörung der Liegend-VG im nördlichen Teil des RL Domsen ist für die hier vorzunehmenden Bewertungen der Südostböschung nicht relevant.

Die südöstlichen Randböschungssysteme des ehemaligen Tagebau Domsen und hier die aus den Abraumschnitten verbliebenen Zwickelbereiche sind durch Anschüttungen und Abschieben von Massen gesichert worden. Insbesondere im Bereich des Einwirkungsbereiches des planmäßigen Endwasserspiegels wurden relativ flache Böschungsneigungen realisiert, siehe Tabelle 4.1.

Tabelle 4.1: Böschungshöhen und Neigungsverhältnisse Schnitte 1 bis 6

Schnitt	Teilabschnitt	Höhe	Länge	Neigung	
		[m]	[m]	[°]	[-]
1	unterer Böschungsabschnitt	19,0	68,7	16	1:3,5
	Berme	2,1	21,1	6	1:10
	oberer Böschungsabschnitt, unterer Teil	16,1	36,6	26	1:2
	oberer Böschungsabschnitt, oberer Teil	4,7	14,8	19	1:3
2	unterer Böschungsabschnitt	13,8	48,3	17	1:3,4
	untere Berme	0,7	8,1	5	1:11,5
	mittlerer Böschungsabschnitt	9,2	29,7	18	1:3,1
	obere Berme	0,7	7,4	5	1:10,5
	oberer Böschungsabschnitt	16,1	31,2	31	1:1,7

Schnitt	Teilabschnitt	Höhe	Länge	Neigung	
		[m]	[m]	[°]	[-]
3	unterer Böschungsabschnitt	14,4	47,7	18	1:3,2
	Berme	0,9	12,0	4	1:13,3
4	oberer Böschungsabschnitt	13,8	26,2	32	1:1,6
	unterer Böschungsabschnitt	10,1	33,2	18	1:3,1
5	Berme	0,3	6,4	3	1:21,4
	oberer Böschungsabschnitt	13,4	27,5	29	1:1,8
6	unterer Teil	20,2	51,6	23	1:2,4
	oberer Teil	1,7	7,8	13	1:4,5
	unterer Teil	14,3	37,8	22	1:2,4
	oberer Teil	8,1	17,6	27	1:1,9

Schnitt 1 entspricht in seiner Lage grob dem in U 2.3 verwendeten Schnitt „Südostböschung“. Im Ergebnis der erdstatistischen Untersuchungen wurde in U 2.3 für letztgenannten für den hydrologischen Endzustand ein über den Forderungen liegendes Sicherheitsniveau von $\eta_{min} = 1,45$ nachgewiesen. Maßgebend war hier die VG Liegendorf Flöz 23O.

Im Zusammenhang mit dem Bau der Mineralstoffdeponie Profen-Nord ist vorgesehen, die zum Tgb. Profen-Nord gerichteten inneren, gewachsenen und teilangestützten Randböschungen etwa im Niveau +160... +165 m NHN zu kappen und auf eine Neigung von 1 : 4 abzuflachen.

4.8 Observationen

Die Randböschungssysteme des ehemaligen Tagebaus Domsen stehen nicht mehr im Fokus markscheiderischer Sicherheitsmessungen, da die bergbaulichen Gewinnungsaktivitäten sowie Profilierungs- und Sanierungsmaßnahmen seit längerer Zeit abgeschlossen worden sind. In Kontrollbefahrungen werden die Böschungssysteme in regelmäßigen Abständen visuell begutachtet. Es wurden in der Vergangenheit keine Umlagerungen oder Unregelmäßigkeiten festgestellt.

4.9 Nutzung und zu schützende Objekte

Die dem gewachsenen Randpfeiler vorgelagerten Böschungsabschnitte der Kippe 1092 wurden nach Abflachung auf 1:4 einer forstwirtschaftlichen und das Kippenplateau einer landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt. Einschränkungen in der Nutzung oder Nutzungsumwidmungen sind nicht geplant.

Als zu schützende Objekte sind die geplanten Betriebsflächen der Mineralstoffdeponie mit der zugehörigen Infrastruktur einschließlich Deponiekörper und die Flächen, für die der Grundstücksvererb durch die MUEG vorgesehen ist, zu beachten. Die Flächen sind in Anlage 1.2 dargestellt.

5 ERKUNDUNGEN UND UNTERSUCHUNGEN

5.1 Datenbasis

Die bergbaulichen Gewinnungs- und Verkippungstätigkeiten werden durch den Bergbautreibern seit Jahrzehnten durch umfangreiche geotechnische Erkundungen und Untersuchungen begleitet. Die bei der MIBRAG vorliegende geotechnische Datenbasis ist als umfassend und abgesichert anzusehen und erfordert insofern nur noch standortbezogen ergänzende Erkundungen und Untersuchungen. Böschungen werden z.B. in der aktiven Gewinnung unter Berücksichtigung zeitabhängiger Scherfestigkeitsansätze dimensioniert.

5.2 Aktuelle Drucksondierungen

Zur weiteren Absicherung der Aussagen zur geotechnischen Situation in der dem Restpfiler vor gelagerten Kippe 1092 wurden Anfang 2015 insgesamt 6 Drucksondierungen (Cone Penetration Test - CPT nach DIN EN ISO 22476-1 bzw. DIN 4094-1) realisiert, deren Lage Anlage 1.2 zu entnehmen ist. Die indirekten Erkundungen wurden vor dem Hintergrund der nochmaligen Stützung der bisherigen Aussagen zur Verflüssigungsempfindlichkeit der Kippenmaterialien der Kippe 1092 gemäß U 2.1 ausgeführt. In U 2.1 wurde auf der Basis der damaligen Drucksondierungen herausgearbeitet, dass in der Kippe vordergründig sandige Schluffe verbreitet sind und keine laterale Verbreitung verflüssigungsgefährdeter Lockergesteine aushaltbar ist.

Die aktuellen Sondierungen erreichten mit Tiefen von 15,5 bis 22,1 m unter GOK immer die Kippenbasis und das Liegende. In Summe wurden 115 Sondiermeter gestoßen, siehe Tabelle 5.1. Die Rohdaten liegen mit U 4.1 vor und wurden im Rahmen dieser Bearbeitung separat grafisch aufbereitet, siehe Anlage 2.1. Die Parameter Spitzewiderstand q_c und Reibungsverhältnis R_f sind hier in einer „aufgespreizten“ Form mit ihren Relativ- und Absoluthöhen dargestellt worden. Die an den Schnitten vorliegende hydrologische Situation (U 6.1, Stand 08/2013) wurde als zusätzliche Information mit übernommen.

Tabelle 5.1: Ergänzende Drucksondierungen (17./18.02.2015) Kippe 1092 (U 4.1)

Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert	Ansatzpunkt	Tiefe	Tiefe	Liegendes
	[m]	[m]	[m NHN]	[m]	[m NHN]	[m NHN]
DS3133/2015	4511500,33	5671936,76	+133,82	15,52	+118,30	ca. +120,20
DS3134/2015	4511575,48	5671876,95	+133,83	17,92	+115,91	ca. +117,30
DS3135/2015	4511646,37	5671918,32	+135,33	18,00	+117,33	ca. +120,00
DS3136/2015	4511732,50	5671930,14	+137,85	20,00	+117,85	ca. +128,00 ^{*)}
DS3137/2015	4511646,61	5672018,53	+136,69	21,20	+115,49	ca. +116,20
DS3138/2015	4511874,51	5672079,58	+140,05	22,11	+117,94	ca. +118,10

Anmerkungen:

^{*)}... Lage im geschnittenen Randpfeiler

Abbildung 5.1 und Abbildung 5.2 zeigen die Aufbereitung der Sondierparameter am Beispiel der DS3133/2015 und DS3138/2015. Informationen zur granulometrischen Zusammensetzung enthält der Parameter „Reibungsverhältnis R_f “. Den hierauf vorgenommenen Interpretationen liegt die Erfahrung zugrunde, dass Materialien mit R_f -Werten $< 1,5$ bei entsprechender lockerer Lagerung als stark verflüssigungsempfindlich und im Wertebereich $1,5 < R_f < 3$ als mäßig bis gering verflüssigungsempfindlich eingestuft werden können². R_f -Werte > 3 weisen praktisch darauf hin, dass keine Verflüssigungsgefährdung besteht. Werte $R_f < 0,8$ lassen erfahrungsgemäß den Schluss zu, dass kiesige und damit auch nicht mehr verflüssigungsfähige Materialien anstehen. Der bei entsprechend geringer Lagerungsdichte verflüssigungsgefährdete R_f -Wertebereich (Bandbreite 0,8 bis 1,5) wurde deshalb in der grafischen Aufbereitung der Sondierergebnisse hellblau hinterlegt (Abbildung 5.1 bzw. Abbildung 5.2, rechts).

Nach Auswertung der Drucksondierungen ist festzustellen, dass die Kippe 1092 aus einem gemischtkörnigen Material besteht. Lockere grobkörnige und weiche feinkörnige Abschnitte wechseln über kurze Distanzen. Der feinkörnige Korngrößencharakter dominiert. **Zusammenhängende verflüssigungsfähige Horizonte** in vertikaler oder horizontaler Richtung sind **nicht zu erkennen**. Dies korrespondiert mit den Aussagen in U 2.1. Auch hier wird beschrieben, dass eine Mischbodenkippe ansteht, die „sich überwiegend aus rolligen und bindigen Erdstoffen zusammensetzt, wobei sich die bindigeren Erdstoffe in den südlichen und östlichen Bereichen der Kippe befinden“. Die Lagerungsdichte wurde ebenfalls mit sehr locker bis locker beschrieben.

² Übergangsbereiche zwischen rollig und bindig; Reibungshülse misst nicht dort, wo q_c gemessen wird. Außerdem kündigen sich weiche Schichten in q_c schon Dezimeter vorher an!

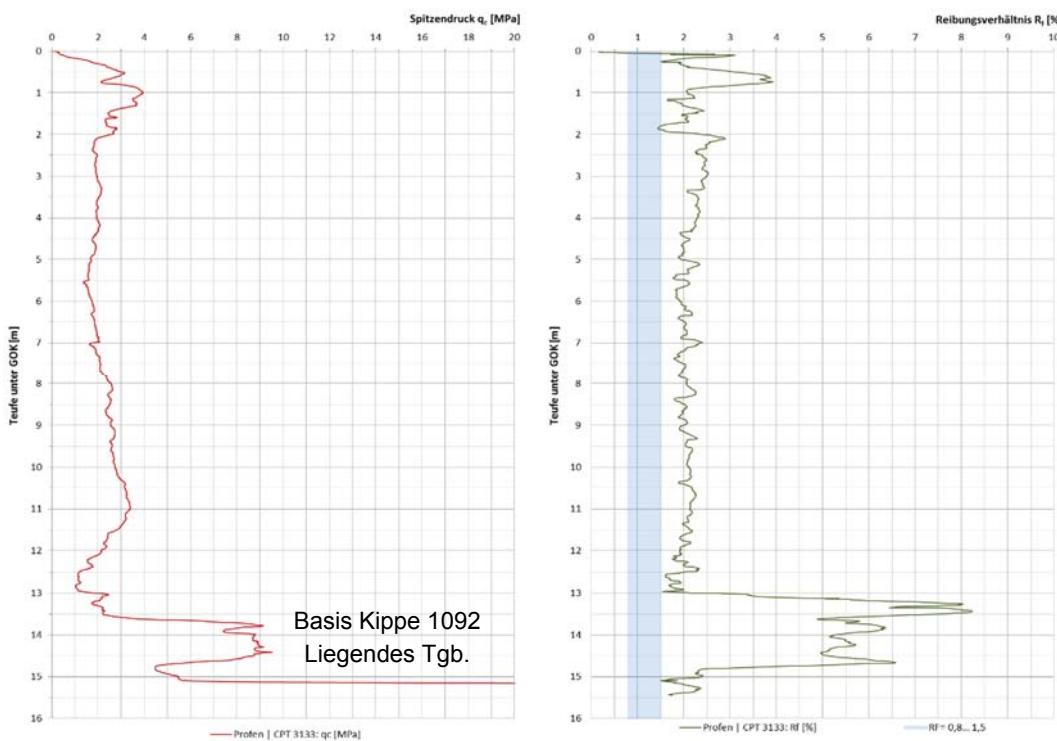


Abbildung 5.1: Drucksondierung DS3133/2015 auf dem der gewachsenen Randböschung nördlich vorgelagerten Plateau der Kippe 1092

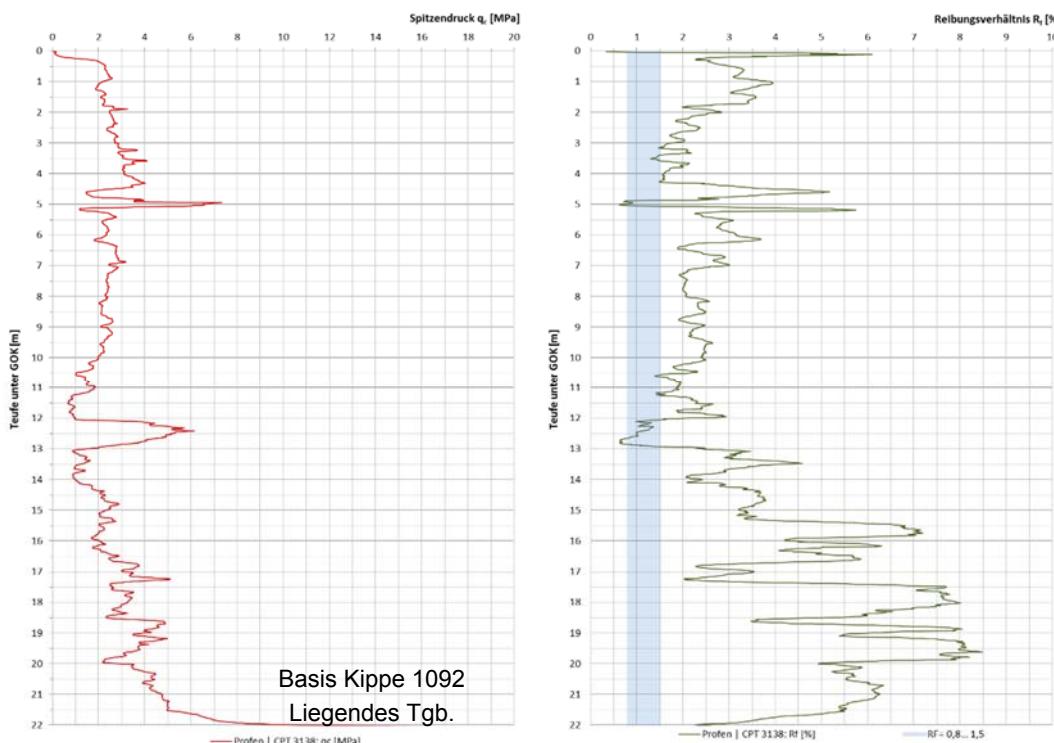


Abbildung 5.2: Drucksondierung DS3138/2015 auf dem der gewachsenen Randböschung nördlich vorgelagerten Plateau der Kippe 1092

5.3 Laboruntersuchungen

Laboruntersuchungen wurden nicht erneut durchgeführt, da die vorliegende Datenbasis als ausreichend angesehen wird. Sämtliche für die Innenkippe (Kippe 1027 und 1092) vorliegenden Korngrößenverteilungen (1973: 30 Stück und 1989: 8 Stück, siehe U 2.1) liegen im untergeordneten Umfang im verflüssigungsfähigen Kornspektrum und belegen einen hohen Feinkornanteil. Sie wurden aus Gründen der Vollständigkeit in dieser Bearbeitung erneut in Anlage 2.2 abgelegt.

5.4 Bodenmechanische Kennwerte

Die durch eine Kennwertanalyse aus dem Jahr 1987 und aktuelle Untersuchungen gestützten, in Tabelle 5.2 zusammengestellten Berechnungskennwerte für die gewachsenen Abfolgen haben sich in der aktiven Gewinnung und Verkippung bewährt und dürfen insofern als abgesichert angesehen werden. Sie entsprechen den reviertypischen Erfahrungswerten. Die in U 2.1 für die Standsicherheitsuntersuchungen im ehemaligen Tgb. Domsen verwendeten Berechnungskennwerte für die gewachsenen Abfolgen wurden durch den AG auf der Basis aktueller Untersuchungen weiter verifiziert. Sie entsprechen in ihrer Bandbreite auch den Erfahrungswerten des Sachverständigen.

Tabelle 5.2: Bodenmechanische Berechnungskennwerte gewachsener Abfolgen, siehe U 1.1

Schicht (EDV-Nr.)	Bruchfestigkeiten			Dauer-/Rest- festigkeiten			Wichten	
	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	c_f [kN/m ²]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	γ_n [kN/m ³]	γ_r [kN/m ³]	
Löß (1920)	32,5	16,0	---	30,0	10,0	20,0	---	
Saale-GschMerg. (2310, 2410)	30,0	20,0	---	20,0	15,0	22,3	22,3	
Bruckd./Böhl. BT (2320, 2420)	---	---	---	9,5	3,2	19,0	20,0	
glazilimnische Nachschüttbil- dungen, bindig (2350, 2370)	27,0	18,0	---	20,0	15,0	20,0	21,0	
Nachschüttbildungen (2375)	27,0	18,0	---	8,5	5,0	20,0	---	
GWL 14 (2340, 2360)	33,0	8,0	0,0	33,0	3,0	18,0	20,0	
GWL 15 (2430)	36,0	10,0	0,0	36,0	0,0	18,5	20,0	
GWL 16o (2460)	35,0	5,0	0,0	35,0	0,0	18,0	20,0	
Elster-GschMerg. (2610)	30,0	25,0	---	20,0	15,0	22,3	22,3	
Leipziger BT (2640)	---	---	---	8,0	4,0	19,0	20,0	
GWL 18 (2660)	36,0	10,0	0,0	36,0	0,0	18,0	20,0	
GWL 25 Muschelsand (6120)	32,0	20,0	10,0	30,0	10,0	17,0	18,5	
Muschelschluff (6130)	28,5	30,0	25,0	20,0	21,0	20,0	20,0	

Schicht (EDV-Nr.)	Bruchfestigkeiten			Dauer-/Rest- festigkeiten		Wichten	
	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	c_f [kN/m ²]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	γ_n [kN/m ³]	γ_r [kN/m ³]
GWL 26 Grauer Sand (6140)	31,5	15,0	8,0	30,0	8,0	19,0	20,0
Glaukonitschluff (6240)	29,0	25,0	18,0	20,0	17,5	19,0	20,0
Graubrauner Ton (6250)	20,0	45,0	40,0	15,0	31,5	19,5	19,5
				9,0	5,0		
Brauner Schluff (6260)	23,0	40,0	30,0	18,8	28,0	19,5	20,0
GWL 27 Brauner Sand (6270)	32,5	8,0	3,0	30,0	3,0	18,0	20,0
Hangendschluff Flöz 4	26,0	23,0	23,0			19,0	19,0
				12,5	25,0		
Flöz 4 (6351, 6501)	30,0	25,0	25,0	30,0	10,0	11,5	13,0
bindiges Mittel Flöz 4 (6381)	18,0	25,0	25,0	15,0	18,0	19,0	20,0
				10,0	5,0		
Harnische				9,5	5,0		
Haselbacher Ton (6551)	21,0	23,0	23,0	15,0	16,0	20,0	20,0
				11,0	5,0		
Harnische				9,0	5,0		
GWL 3332 Doms. Sand (6641)	32,5	10,0	3,0	32,0	3,0	18,0	20,0
Hangendton Flöz 23 (6690)	18,0	25,0	25,0	15,0	18,0	19,0	20,0
				10,0	5,0		
Flöz 23 (7253, 7282)							
unbeeinflusst (10 m Überdeck,)	35,0	45,0	45,0	35,0	20,0	11,5	13,0
pleistozän beeinflusst	30,0	60,0	60,0	30,0	30,0		
Flöz 23U (7251)	34,0	20,0	20,0	34,0	20,0	11,5	13,0
GWL 42 (7170)	36,0	4,5	0,0	36,0	0,0	19,5	20,0
Liegenton Flöz 23O (7181),	20,0	25,0	25,0	15,0	18,0	20,0	20,0
Liegenton Flöz 23 (7280, 7281,				10,0	5,0		
7283) Luckenauer Ton, bindiges							
Mittel Flöz 23 (7141)							
GWL 51 (7320)	37,0	7,0	0,0	37,0	0,0	18,0	20,0
Ton, Schluff (7330)	20,0	20,0	20,0	10,0	4,0	20,0	20,0
GWL 52 (7360)	37,0	7,0	0,0	37,0	0,0	18,0	20,0
Hangendton Flöz 1 (7380)	18,0	25,0	25,0	15,0	18,0	19,5	19,5
				10,0	5,0		

Schicht (EDV-Nr.)	Bruchfestigkeiten			Dauer-/Rest- festigkeiten		Wichten	
	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	c_f [kN/m ²]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	γ_n [kN/m ³]	γ_r [kN/m ³]
Flöz 1 (7451, 7531)	35,0	45,0	45,0	30,0	20,0	11,5	13,0
geringmächtig (< 5 m)	35,0	20,0	20,0	30,0	15,0		
bindiges Mittel Flöz 1 (7481)	15,0	6,5	6,5	11,0	4,5	20,0	20,0
				8,0	3,0		
Liegendton Flöz 1 (7540)	18,0	18,0	18,0	13,0	12,5	20,3	20,3
				9,5	0,0		
GWL 61 (7560)	37,0	7,0	0,0	37,0	0,0	18,0	20,0
Mittel GWL 61/GWL 62 (7580)	17,5	13,0	13,0	12,5	9,0	20,0	20,0
				9,5	4,0		

Den Versturzmaterialien (Kippe 1027 und 1092) wurde in den Standsicherheitsberechnungen in U 2.1 folgender Kennwertansatz zugrunde gelegt:

- $\phi' = 26^\circ$ $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ (bergfeuchter Zustand) und
- $\phi' = 16^\circ$ $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ $\gamma_r = 19 \text{ kN/m}^3$ (gesättigter Zustand).

Der für die erdstatistischen Nachweisführungen als ungünstig einzustufende Berechnungsansatz des gesättigten Kippenmaterials wurde bereits in U 2.1 als äußerst konservativ eingeschätzt.

In der Detailuntersuchung des auf den Kippenflächen des Tagebaus Profen Nord liegenden Deponiestandortes (U 2.5) fanden die Berechnungskennwerte der Tabelle 5.3 Verwendung.

Tabelle 5.3: Berechnungskennwerte für das geplante Deponiesystem (nach U 2.5)

Schicht	Bruchfestigkeit		Wichte γ [kN/m ³]
	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]	
profilierte AFB-Kippe	33,0	2,0	16,0
technogene Barriere (Lößlehm)	29,7	0,0	20,0
Tondichtung	15,9	5,4	19,0
Entwässerungsschicht (Kies)	32,5	0,0	16,5
Deponiemassen	32,0	0,0	15,0
Abdeckungsschichten	28,0	2,0	19,0
AFB-Kippe (Randwall)	33,0	2,0	16,0
Schottertragschicht	35,0	0,0	18,0
Oberboden	25,0	1,5	20,0

6 STANDSICHERHEITSBERECHNUNGEN

6.1 Berechnungsverfahren und –programm

Es fanden zwei verschiedene Berechnungsverfahren Anwendung (numerisch und konventionell). Mit den numerischen Modellierungen wurde aus einer Vielzahl potenzieller Versagensvorgänge zunächst der maßgebende Versagensmechanismus bestimmt. Die Ausweisung des für den Ist- und Planzustand maßgebenden Sicherheitsbeiwertes erfolgte dann mit den konventionellen Berechnungen.

Numerische Berechnungen erfolgten mit dem Programmsystem **PLAXIS 2D** mit dem Verfahren der **FEM**. In der FEM wird das Kräftegleichgewicht innerhalb der Berechnung, auch unter Berücksichtigung zusammengesetzter (kreiszylindrischer und ebener) Prüflächen, einwandfrei abgebildet. Eine durch den Benutzer vorzunehmende Differenzierung in ein Versagen längs kreiszylindrischer und / oder ebener Prüflächen entfällt. Die Vorgehensweise (ϕ/c -Reduktion) ist bekannt. Der errechnete Sicherheitsbeiwert weicht von den Ergebnissen konventioneller Berechnungsverfahren ab (numerisch ermittelte Sicherheitsbeiwerte sind in der Regel geringer als konventionell berechnete).

Klassische **konventionelle Standsicherheitsberechnungen** erfolgten mit dem Programmsystem **SLOPE/W**. Mit der zu untersuchenden kreiszylindrischen Prüfläche (**KZP**) und der vorgegebenen ebenen Gleitfläche (**VG**) ist das Lamellenverfahren nach **MORGENSTERN-PRICE** relevant. Bei diesem werden, wie beim Verfahren nach BOROWICKA, alle drei Gleichgewichtsbedingungen (Kräfte- und Momentengleichgewicht) statisch exakt erfüllt.

6.2 Lastfälle und Forderungen zum Sicherheitsbeiwert

Hinsichtlich des anzuwendenden Sicherheitskonzeptes sind gemäß U 7.1 Berechnungen nach dem globalen (summarischen) Sicherheitskonzept zulässig. Nachweisführungen nach neuem Teilsicherheitskonzept werden nicht gefordert.

Entsprechend AST (U 1.1) ist für die als dauerhaft zu bemessende Böschung (Dauerfestigkeiten) im ständigen Lastfall **LF 1** ein Sicherheitsniveau von $\eta_{erf} \geq 1,30$ nachzuweisen. Für vorübergehende Bauzustände wird im **LF 2** ein Sicherheitsniveau von $\eta_{erf} \geq 1,20$ gefordert.

6.3 Modellschnitte

Als maßgebend und repräsentativ für die Standsicherheitsuntersuchungen werden die durch die MIBRAG mit U 1.1 übergebenen Schnitte 1 bis 6 angesehen. Sie sind in Anlage 3 abgelegt. Die unterschiedlichsten geometrischen und geotechnischen Randbedingungen sowie die geplante Mineralstoffdeponie werden dort in repräsentativen Abschnitten des Böschungssystems erfasst.

Mit der direkten Übernahme der Schnitte in die erdstatischen Berechnungen fanden neben der geometrischen Situation die konkreten geotechnischen Verhältnisse am Standort Berücksichtigung. Es werden in der Interpretation der Berechnungsergebnisse für die einzelnen Schnitte Bereiche definiert, für die die Ergebnisse Gültigkeit besitzen. Hinsichtlich der Schichtabfolgen wurden, insbesondere in den numerischen Berechnungen, notwendige ingenieurtechnische Vereinfachungen vorgenommen. Schichten geringer Mächtigkeit wurden in den FE-Berechnungen entweder mit anderen Schichten geringer Mächtigkeit zusammengefasst (z.B. Flöz 4 und Liegendorf) oder in ihrer Schichtstärke vergrößert, um numerische Instabilitäten zu vermeiden.

Die hydrologische Situation wurde aus den Modellierungen und Vorgaben des AG übernommen (Sicker- und Drucklinie für den aktuellen Zustand und die prognostischen Verhältnisse). Das Druckniveau aus dem Liegenden überschreitet sowohl im Ist- als auch im Prognosezustand nicht die hydrostatischen Verhältnisse in der Kippe bzw. im Hangenden. In den Berechnungen ist daher der Wasserstand der Kippe bzw. des Hangenden maßgebend.

Die numerischen Untersuchungen erfolgten als ebene Berechnung (plane strain). Die Modellschnitte wurden mit 15-knotigen Dreieckselementen vernetzt. Eine Diskretisierung erfolgte mit einem sehr feinen Netz und einer weiteren Verdichtung (Clusterverfeinerung) im Bereich der Schichten, in denen Versagensmechanismen zu erwarten sind.

6.4 Berücksichtigte Gleitflächen

Schnitt 1

Im Schnitt 1 weisen die Hangend- und Liegendorne des Flözes 4 eine Verbindung zum GWL 16O auf. Dieser steht im Bereich des ehemaligen Tagebaus Profen-Nord bis zum Geländeniveau an. Eine Speisung des Grundwasserleiters durch Niederschlagswasser und damit eine Entfestigung der unterlagernden Hangend- und Liegendorne kann nicht ausgeschlossen werden. Sie werden in den Berechnungen entsprechend als Gleitfläche berücksichtigt.

Die Hangend- und Liegendorne des Flözes 23 sind grundwasserbeeinflusst und werden daher in den Berechnungen ebenfalls als Gleitfläche berücksichtigt.

Schnitt 2

In Analogie zu Schnitt 1 wird im Schnitt 2 der bis zur GOK anstehenden Grundwasserleiter (hier GWL 18) durch die Hangend- und Liegendorne des Flözes 4 unterlagert. Die Tone wurden daher auch in diesem Schnitt als Gleitfläche mit reduzierten Festigkeitsparametern berücksichtigt. Durch Errichtung der Deponie wird (Basisabdichtung) wird die hydraulische Verbindung des Liegendorne (Flöz 4) mit der GOK unterbrochen, so dass in diesem Endzustand keine Berücksichtigung der VG notwendig wird.

Der Liegendorne des Flözes 23 ist grundwasserbeeinflusst und wird daher in den Berechnungen als Gleitfläche berücksichtigt. Der Hangendorne des Flözes 23 ist lediglich im Böschungshinterland vorhanden und kommt daher als Gleitfläche nicht in Betracht.

Schnitt 3

Im Schnitt 3 unterlagern Hangend- und Liegendorne des Flözes 4 den GWL 18. Eine hydraulische Verbindung des GWL mit der Geländeoberfläche kann nicht ausgeschlossen werden. Eine Entfestigung der unterlagernden Tone durch ggf. vorhandenen Wassereintritt in den GWL ist damit möglich und wurde in den Berechnungen auch berücksichtigt.

Hangend- und Liegendorne des Flözes 23 sind wiederum grundwasserbeeinflusst und werden in den Berechnungen ebenfalls als Gleitfläche berücksichtigt.

Schnitt 4

Der unterhalb des Saale-Geschiebemergels lagernde Bänderton wird im Schnitt 4, aufgrund seiner Entfernung zur Böschungskante, nicht als relevante Gleitfläche wirksam.

Das Flöz 4 ist im Bereich des Schnittes 4 nur untergeordnet ausgebildet. Hangend- und Liegendorne sind im Böschungsbereich nicht vorhanden.

Die Hangend- und Liegendorne des Flözes 23 sind grundwasserbeeinflusst und werden daher in den Berechnungen als Gleitfläche berücksichtigt.

Schnitt 5

Im Bereich des Schnittes 5 ist ein Bänderton ausgebildet, der bis in den Untersuchungsbereich hineinreicht und entsprechend als VG untersucht wird.

Der Hangendton des Flözes 4 unterlagert wiederum den oberflächennahen GWL 18. In Analogie zu den vorangegangenen Schnitten wurde eine Entfestigung des Tones durch Ansatz als VG berücksichtigt. Der Liegendton des Flözes 4 ist im Schnitt 5 nicht ausgebildet.

Die Hangend- und Liegendtone des Flözes 23 sind grundwasserbeeinflusst und werden in den Berechnungen entsprechend als Gleitfläche berücksichtigt.

Schnitt 6

Der Bänderton befindet sich im Bereich des Schnittes 6 im Böschungshinterland, so dass er keine Auswirkungen auf die Standsicherheit der untersuchten Böschungen hat.

Das Flöz 4, einschl. seiner Hangend- und Liegendtone ist im Bereich des Schnittes 6 nicht ausgebildet.

Hangend- und Liegendtone des Flözes 23 sind grundwasserbeeinflusst und werden in den Berechnungen als Gleitfläche berücksichtigt.

6.5 Berechnungskennwerte und Stoffgesetz

Für die gewachsenen Schichten wurden in den Berechnungen die Dauerfestigkeiten angesetzt, da es sich um bleibende Böschungen handelt. Vorgegebene Gleitflächen wurden durch den Ansatz der Restfestigkeiten berücksichtigt. Darüber hinaus sind gemäß einer Mitteilung des AG in den tertiären Begleittonen lokal Harnische ausgebildet, so dass deren weiter reduzierte Festigkeitsparameter berücksichtigt werden müssen.

Für die Kippenmaterialien sowie die abgeschobenen Massen wurde in Analogie zu U 2.1 folgender Kennwertansatz genutzt:

- $\phi' = 26^\circ$ $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ (bergfeuchter Zustand) bzw.
- $\phi' = 16^\circ$ $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ $\gamma_r = 19 \text{ kN/m}^3$ (gesättigter Zustand).

Für das geplante Deponiesystem wurden die Kennwerte aus U 2.5 genutzt, wobei ein gemittelter Kennwertansatz für das Gesamtsystem Berücksichtigung fand. Der Erdbaukörper der dauerhaften Sanierungslösung wirkt mit seiner Wichte von 20 kN/m^3 als Gewichtskörper vor dem Böschungssystem und soll in seiner Funktion die für den Randpfiler notwendige Standsicherheit für den Endzustand sicherstellen. Er wurde in den erdstatistischen Berechnungen mit einem vereinfachten Kennwertansatz $\phi' = 28^\circ$, $c' = 2 \text{ kN/m}^2$ angesetzt, der unter Berücksichtigung der bei der

Kopfentlastung abzutragenden und am Böschungsfuß einzubauenden Massen als bautechnisch „erreichbar“ eingeschätzt wird³. Auch eine weitere Reduzierung des kohäsiven Anteils hat keine negativen Auswirkungen auf die Standsicherheit des Systems. Für temporär einzubauendes Stützmaterial wurden die o.g. Kennwerte des Kippenmischbodens verwendet.

Im Rahmen numerischer Untersuchungen wurde das linear elastische, ideal plastische Mohr-Coulomb-Modell verwendet. Da in den kontinuumsmechanischen Berechnungen über Deformationszustände und die s.g. ϕ/c -Reduktion Sicherheitsbeiwerte ermittelt werden, wurden die hierfür notwendigen Eingabeparameter (Steifigkeit und Querdehnzahl) abgeschätzt.

Die in den Standsicherheitsberechnungen verwendeten Kennwerte enthält Anlage 4.

6.6 Berechnungsablauf / untersuchte Zustände

Den konventionellen Standsicherheitsberechnungen wurden aus den unter Abschnitt 6.1 genannten Gründen die numerischen Berechnungen (FEM) vorgeschaltet.

6.6.1 Numerische Modellierungen (FEM)

Die numerischen Untersuchungen erfolgten unter Ansatz der Restfestigkeiten in den potenziellen Gleitflächen. Es wurden folgende Modellierungen durchgeführt:

- Istzustand (derzeitige Geländesituation + aktuelle hydrologische Verhältnisse)
- Endzustand (Geländesituation nach Errichtung der Deponie + prognostische hydrologische Verhältnisse)

Den aktuellen Empfehlungen entsprechend sind in gekoppelten kontinuumsmechanischen Modellierungen die ursprünglichen Spannungszustände zur realistischen Erfassung des Spannungs-Verformungsverhaltens abzubilden. Das beinhaltet auch die vorbergbauliche Situation. Zur realitätsnahen Generierung eines Ausgangsspannungszustandes wurde insofern zunächst vereinfacht der unverritzte Zustand abgebildet. Im Anschluss wurde der Zustand des Absenkens des Grundwasserspiegels, des „Auffahrens“ des Tagebaus und des Anlegens von Kippen und vorhandenen Anstützungen modelltechnisch berücksichtigt. Danach erfolgte eine Berechnungsphase mit Berücksichtigung der der Deponie und Simulation des Wiederanstiegs des Grundwassers. Nachgeschaltet wurde jeweils eine ϕ/c -Reduktion (Ermittlung eines Sicherheitsbeiwertes).

³ Bei der Kopfentlastung werden nicht ausschließlich quartäre grobkörnige Massen sondern auch Geschiebemergel und bereits abgeschobene bzw. beigesetzte Massen gewonnen, so dass mit dem gewählten Kennwertansatz ein Mischwert berücksichtigt wird!

6.6.2 Konventionelle Berechnungen

Die konventionellen Standsicherheitsuntersuchungen erfolgten an jedem Schnitt für die in Tabelle 6.1 dargestellte Kombinationen aus geometrischen und hydrologischen Randbedingungen. Die geforderten Sicherheiten für den Zwischenzustand tragen dabei bereits der geplanten prognostischen Situation Rechnung, da die Dauerstandsicherheit unmittelbar vor Flutung bzw. im Flutungsprozess sichergestellt werden muss.

Tabelle 6.1: In den konventionellen Berechnungen untersuchte Szenarien

	Ist-zustand	Bau-zustand	Zwischen-zustand	End-zustand
gefordertes Sicherheitsniveau	---	$\eta_{erf} \geq 1,20$	$\eta_{erf} \geq 1,30$	$\eta_{erf} \geq 1,30$
Geländesituation	aktuelle Situation	Aktuelle Situation	nach Errichtung Deponie	nach Errichtung Deponie
Hydrologie	aktuelle Situation	aktuelle Situation	aktuelle Situation	prognostische Situation

6.7 Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen

In den konventionellen Berechnungen des Zwischenzustands (Geländesituation nach Errichtung der Deponie + aktuelle hydrologische Verhältnisse) sind in den folgenden Zusammenstellungen zwei Sicherheitsbeiwerte angegeben. Der „Sicherheitsbeiwert des Böschungssystems“ gilt für die maßgebende globale potenzielle Versagenskinematik der Böschung. Die Berechnungen zeigten, dass sich die maßgebende potenzielle Versagenskinematik im Randpfiler und nicht im Einflussbereich des geplanten Deponiekörpers befindet. Daher wurde an den Schnitten, an denen der „Sicherheitsbeiwert des Böschungssystems“ nicht das für den unbefristeten Zustand geforderte Niveau erreichte, zusätzlich ein „Sicherheitsbeiwert an der Deponie“ bestimmt. Der maßgebende Punkt zur Ableitung dieses Sicherheitsbeiwertes ist in den geotechnischen Schnitten in Anlage 3 dargestellt.

6.7.1 Schnitt 1

Die am Schnitt 1 ermittelten Ergebnisse besitzen Gültigkeit für Bereiche, in denen der Hangendton des Flözes 23 im Randböschungsbereich des ehemaligen Tgb. Domsen ausgebildet ist.

In den numerischen Berechnungen des Schnittes 1 wurden im Ist- sowie im Endzustand Versagenszustände mit $\eta_{min} < 1,00$ in der Berechnung ausgewiesen. Maßgebende Gleitfläche ist der

Liegenton des Flözes 4. Auf der Basis der Berechnungsergebnisse lässt sich ferner erkennen, dass auch im Liegenton des Flözes 23 die VG standsicherheitsrelevant ist, siehe Anlage 5.1.1.

Die mit den konventionellen Berechnungen ermittelten Standsicherheitsbeiwerte beinhaltet Tabelle 6.2. Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 5.2.1 abgelegt.

Tabelle 6.2: Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 1)

Potenzielle Versagenskinematik	Ist-zustand	Zwischen-zustand ($\eta_{erf} \geq 1,30$)		End-zustand ($\eta_{erf} \geq 1,30$)
		Sicherheit der Böschung	Sicherheit an Deponie	
KZP gesamte Böschung	$\eta_{min} = 1,53$	$\eta_{min} = 1,58$	$\eta_{min} > 1,58^*)$	$\eta_{min} = 1,53$
KZP oberer Böschungsabschnitt	$\eta_{min} = 1,47$	$\eta_{min} = 1,50$	$\eta_{min} > 1,50^*)$	$\eta_{min} = 1,50^*)$
VG Hangenton Flöz 4	$\eta_{min} = 1,53$	$\eta_{min} = 1,59$	$\eta_{min} > 1,59^*)$	$\eta_{min} = 1,59^*)$
VG Liegenton Flöz 4	$\eta_{min} = 1,06$	$\eta_{min} = 1,08$	$\eta_{min} > 1,33$	$\eta_{min} = 1,08^*)$
VG Hangenton Flöz 23	$\eta_{min} = 1,10$	$\eta_{min} = 1,12$	$\eta_{min} > 1,82$	$\eta_{min} = 1,04$
VG Liegenton Flöz 23	$\eta_{min} = 1,00$	$\eta_{min} = 1,01$	$\eta_{min} > 1,31$	$\eta_{min} = 1,13$

Anmerkungen:

*) Ableitung des Sicherheitsbeiwertes aus vorangegangenen Berechnungsergebnissen

Schnitt 1 weist global im aktuellen Zustand keine ausreichende Standsicherheit auf. Maßgebend sind geogen vorgegebene Gleitflächen auf dem Liegenton Flöz 4 sowie dem Hangend- und Liegenton Flöz 23.

Die im Zuge der Deponieerrichtung geplante Böschungsabflachung führt zu einer geringfügigen Verbesserung der Böschungsstandsicherheit, jedoch wird das für den Endzustand geforderte Sicherheitsniveau nicht erreicht. Die Deponie befindet sich außerhalb potenzieller Versagenszustände mit Sicherheitsbeiwerten unterhalb des geforderten Niveaus. Für die **Deponie** selbst bestehen im aktuellen hydrologischen Zustand keine Standsicherheitseinschränkungen.

Im geplanten Endzustand sind weitere Standsicherheitseinschränkungen an der Böschung erkennbar. Maßgebend ist in diesem Fall das Abgleiten auf der VG Liegenton Flöz 4 sowie auf dem Hangend- und Liegenton des Flözes 23. Eine **Sanierung** zur Gewährleistung der Dauerstandsicherheit im Endzustand ist am **Schnitt 1** erforderlich.

6.7.2 Schnitt 2

Die am Schnitt 2 ermittelten Ergebnisse besitzen Gültigkeit für die Bereiche, in denen der Hangendton des Flözes 23 im Randböschungsbereich nicht ausgebildet ist.

In den numerischen Modellierungen wurden mit Schnitt 1 vergleichbare potenzielle Versagenszustände ermittelt, siehe Anlage 5.1.2. Maßgebende Gleitfläche ist auch hier der Liegendton Flöz 4. Ferner ist zu erkennen, dass auch im Liegendton des Flözes 23 eine Gleitfläche mit unzureichendem Sicherheitsniveau aktiviert wird. Durch die im Zuge der Deponierichtung geplante Böschungsabflachung (Richtung Profen-Nord) werden die Standsicherheitsverhältnisse nicht grundlegend verändert. Es wird in den numerischen Berechnungen auch für diesen Zustand ein rechnerischer Versagenszustand mit einem Standsicherheitsbeiwert $\eta_{\min} < 1,00$ ermittelt, wobei wiederum die genannten Gleitflächen potenzielle Versagensmechanismen mit geringem Sicherheitsniveau darstellen.

Die mit den konventionellen Berechnungen ermittelten Standsicherheitsbeiwerte zeigt Tabelle 6.3. Zugehörige Berechnungsplots sind Gegenstand von Anlage 5.2.2. Zu Vergleichszwecken erfolgte auch eine konventionelle Berechnung der VG mit der in der FEM angesetzten Schichtenfolge (VG Liegendton Flöz 4, modifiziert)⁴.

Tabelle 6.3: Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 2)

Potenzielle Versagenskinematik	Ist-zustand	Zwischen-zustand ($\eta_{\text{erf}} \geq 1,30$)		End-zustand ($\eta_{\text{erf}} \geq 1,30$)
		Sicherheit der Böschung	Sicherheit an der Deponie	
KZP gesamte Böschung	$\eta_{\min} = 1,67$	$\eta_{\min} = 1,76$	$\eta_{\min} > 1,76$	$\eta_{\min} = 1,68$
KZP oberer Böschungsabschnitt	$\eta_{\min} = 1,21$	$\eta_{\min} = 1,33$	$\eta_{\min} > 1,33$	$\eta_{\min} = 1,33^*)$
VG Liegendton Flöz 4	$\eta_{\min} = 1,12$	$\eta_{\min} = 1,18$	$\eta_{\min} > 1,68$	$\eta_{\min} = 1,18^*)$
VG Liegendton Flöz 4, modif.**) (VG Liegendton Flöz 4, modifiziert)	$\eta_{\min} = 0,95$	$\eta_{\min} = 0,99$	$\eta_{\min} > 1,49$	$\eta_{\min} = 0,99^*)$
VG Liegendton Flöz 23	$\eta_{\min} = 1,07$	$\eta_{\min} = 1,13$	$\eta_{\min} = 1,23$	$\eta_{\min} = 1,05$

Anmerkungen:

*) Ableitung des Sicherheitsbeiwertes aus vorangegangenen Berechnungsergebnissen

**) Entsprechend der numerischen Berechnung modifizierte Schichtenfolge

⁴ Die gegenüber der numerischen Berechnung ermittelte Abweichung des Sicherheitsbeiwertes in der potentiellen Gleitfläche des Liegendorf Flöz 4 ist auf die vereinfachte Schichtenfolge in der FE-Berechnung zurückzuführen. Im numerischen Modell wurden, zur Vermeidung numerischer Instabilitäten infolge zu geringer Schichtmächtigkeiten, das Flöz 4 und der Liegendton zu einer Schicht zusammengefasst.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass **Schnitt 2 im aktuellen Zustand keine ausreichende Standsicherheit** aufweist. Maßgebend sind vorgegebene Gleitflächen auf den Liegendorsten des Flözes 4 und des Flözes 23 sowie eine potenzielle kreiszylindrische Versagenskinematik am oberen Böschungsabschnitt.

Die im Zuge der Deponieerrichtung geplante Böschungsabflachung (Randwall) führt zur geringfügigen Erhöhung der Böschungsstandsicherheit, und die Forderungen zum Sicherheitsniveau in der potenziellen kreiszylindrischen Versagenskinematik am oberen Böschungsabschnitt werden erreicht. Jedoch werden die Forderungen zur Standsicherheit in den vorgegebenen Gleitflächen nicht erreicht. Eine mit einem Sicherheitsbeiwert von $\eta_{\min} = 1,23 < \eta_{\text{erf}}$ behaftete rechnerische Prüffläche erreicht auch den Fuß der **Deponie**. Für die geplante Deponie ist damit rechnerisch im **aktuellen hydrologischen Zustand** eine **Standsicherheitseinschränkung** durch die VG Liegendorf Flöz 23 nicht auszuschließen. Eine erste **temporäre Sicherung des Fußes des Randpfeilers** zur Gewährleistung der Dauerstandsicherheit im Deponiebereich ist vor Errichtung der Deponie notwendig.

Im geplanten Endzustand sind weitere Standsicherheitseinschränkungen an der Böschung erkennbar. Maßgebend sind in diesem Fall die vorgegebenen Gleitflächen in den Liegendorsten des Flözes 4 und des Flözes 23. Eine **Sanierung zur Gewährleistung der Dauerstandsicherheit im Endzustand ist erforderlich**. Die temporäre Sanierungslösung sollte dabei bautechnisch zweckmäßig Bestandteil der für den Endzustand notwendigen Sanierungsmaßnahme sein.

6.7.3 Schnitt 3

Die am Schnitt 3 ermittelten Ergebnisse gelten in den Bereichen, in denen der Liegendorf des Flözes 4 in den Randböschungsbereichen ausgebildet ist. Schnitt 3 gilt für Geländeabschnitte, in denen die Situation vor dem Randpfeiler durch die Anstützung mit der Kippe 1092 gekennzeichnet ist und der prognostische Wasserstand das Geländeniveau nicht überschreitet.

Die numerischen Berechnungen am Schnitt 3 zeigen für den Istzustand eine maßgebende potenzielle Versagenskinematik mit Abgleiten im Liegendorf Flöz 4, siehe Anlage 5.1.3. Das Sicherheitsniveau liegt im aktuellen Zustand bei $\eta_{\min} = 0,94$. Darüber hinaus ist ein potenzieller kreiszylindrischer Versagensmechanismus auf der zum ehem. Tgb. Profen-Nord gerichteten Böschungsfläche mit nur geringfügig höherem Sicherheitsniveau zu erkennen. Die im Zuge der Deponieerrichtung geplante Abflachung der südöstlichen Böschungsfläche bewirkt in den numerischen Berechnungen einen Anstieg des Sicherheitsniveaus auf $\eta_{\min} = 1,17$ (bezogen auf die potenzielle Versagenskinematik im Bereich des Liegendorfs Flöz 4).

In den konventionellen Berechnungen wurde die vorgegebene Gleitfläche im Liegendorf Flöz 4 weiter untersucht, kreiszylindrische Prüfflächen über die gesamte Böschungslänge und den oberen Böschungsabschnitt sowie die vorgegebene Gleitfläche im Liegendorf des Flözes 23 untersucht. Die ermittelten Sicherheitsbeiwerte enthält Tabelle 6.4, die Berechnungsplots Anlage 5.2.3.

Tabelle 6.4: Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 3)

Potenzielle Versagenskinematik	Ist-zustand	Zwischen-zustand ($\eta_{erf} \geq 1,30$)		End-zustand ($\eta_{erf} \geq 1,30$)
		Sicherheit der Böschung	Sicherheit an der Deponie	
KZP gesamte Böschung	$\eta_{min} = 1,98$	$\eta_{min} = 2,29$	$\eta_{min} > 2,29^*)$	$\eta_{min} = 2,29$
KZP oberer Böschungsabschnitt	$\eta_{min} = 1,14$	$\eta_{min} = 1,35$	$\eta_{min} > 1,35^*)$	$\eta_{min} = 1,35^*)$
VG Liegendton Flöz 4	$\eta_{min} = 1,02$	$\eta_{min} = 1,20$	$\eta_{min} > 1,65$	$\eta_{min} = 1,21$
VG Liegendton Flöz 23	$\eta_{min} = 1,75$	$\eta_{min} = 1,98$	$\eta_{min} > 1,98^*)$	$\eta_{min} = 1,53$

Anmerkungen:

*) Ableitung des Sicherheitsbeiwertes aus vorangegangenen Berechnungsergebnissen

Die Berechnungen zeigen, dass der **Schnitt 3 im aktuellen Zustand keine ausreichende Standsicherheit** aufweist. Maßgebend sind eine vorgegebene Gleitfläche auf dem Liegendton des Flözes 4 sowie eine potenzielle kreiszylindrische Versagenskinematik im oberen Böschungsabschnitt.

Die im Zuge der **Deponieerrichtung geplante Böschungsabflachung** bewirkt eine **Verbesserung der Standsicherheit**. Für eine potenzielle kreiszylindrische Versagenskinematik ergibt sich durch die Abflachung ein ausreichendes Sicherheitsniveau. Unter Ansatz der VG „Liegendton Flöz 4“ wird das geforderte Niveau noch nicht erreicht. Die Deponie befindet sich jedoch außerhalb potenzieller Versagensmechanismen mit Sicherheitsbeiwerten unterhalb des geforderten Niveaus. Für die geplante **Deponie** besteht damit im **aktuellen hydrologischen Zustand keine Standsicherheitseinschränkung**.

Im geplanten Endzustand liegen die rechnerischen Sicherheitsbeiwerte unter den Forderungen. Maßgebend ist auch in diesem Fall das Abgleiten auf der VG Liegendton Flöz 4. Eine **Sanierung** zur Gewährleistung der Dauerstandsicherheit im **Endzustand ist erforderlich**.

6.7.4 Schnitt 4

Die am Schnitt 4 ermittelten Ergebnisse gelten in den Bereichen, in denen weder der Bänderton noch der Liegendton des Flözes 4 in den Randböschungsbereichen ausgebildet ist.

Numerische Berechnungen am Schnitt 4 ergaben als maßgebende Versagenskinematik für den Ist- sowie den Endzustand ein potenzielles kreiszylindrisches Versagen im oberen Böschungsabschnitt, siehe Anlage 5.1.4. Das Sicherheitsniveau beträgt im aktuellen Zustand $\eta_{min} = 1,23$. Die im Zuge der Deponieerrichtung geplante Abflachung der südöstlichen Böschungsflanke bewirkt in den numerischen Berechnungen einen Anstieg des Sicherheitsniveaus im Endzustand auf

$\eta_{\min} = 1,28 = \eta_{\text{erf}} > 1,30$ und entspricht damit bereits den Forderungen an dauerstandssichere Verhältnisse. Die potenzielle Versagenskinematik bleibt unverändert.

Das gemäß FEM maßgebende Versagen längs kreiszylindrischer Prüfflächen im oberen Böschungsabschnitt wurde mit den konventionellen Berechnungen untersucht. Darüber hinaus wurde eine potenzielle kreiszylindrische Versagenskinematik der gesamten Böschung untersucht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 6.5 zusammengefasst. Anlage 5.2.4 enthält die Einzelergebnisse.

Tabelle 6.5: Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnung Schnitt 4)

Potenzielle Versagenskinematik	Ist-zustand	Zwischen-zustand ($\eta_{\text{erf}} \geq 1,30$)		End-zustand ($\eta_{\text{erf}} \geq 1,30$)
		Sicherheit der Böschung	Sicherheit an der Deponie	
KZP gesamte Böschung	$\eta_{\min} = 1,79$	$\eta_{\min} = 1,79$	$\eta_{\min} > 1,79^*)$	$\eta_{\min} = 1,79$
KZP oberer Böschungsabschnitt	$\eta_{\min} = 1,23$	$\eta_{\min} = 1,28$	$\eta_{\min} > 1,28^*)$	$\eta_{\min} = 1,28^*)$

Anmerkungen:

*) Ableitung des Sicherheitsbeiwertes aus vorangegangenen Berechnungsergebnissen

Geringfügige **Standsicherheitsdefizite** im aktuellen Zustand beschränken sich damit auf den **oberen Böschungsabschnitt**. Die derzeit geplante **Böschungsabflachung** der zur Deponie geneigten Innenböschung **genügt**, um **dauerstandssichere Verhältnisse** herzustellen zu können. Es besteht **kein weiterer Handlungsbedarf**. Die rechnerisch nachweisbare Sicherheit von $\eta_{\min} = 1,28$ wird unter dem Gesichtspunkten des Berechnungsverfahrens als „Erreichen der Forderungen“ toleriert.

6.7.5 Schnitt 5

Am Schnitt 5 ist der Bänderton in den Randböschungsbereichen ausgebildet. In den numerischen Berechnungen (Anlage 5.1.5) wurde eine zusammengesetzte potenzielle Versagenskinematik für den Istzustand ermittelt, siehe Abbildung 6.1. Es handelt sich hier um eine Kombination aus ebenen Gleitflächen im Bänderton mit jeweils einer ober- und unterhalb liegenden kreiszylindrischen Gleitfläche. Dieser Versagensmechanismus ist nur mit der FEM abbildbar. Der für den Istzustand ermittelte Sicherheitsbeiwert beträgt $\eta_{\min} = 1,29$. Die potenzielle Versagenskinematik befindet sich außerhalb des Grundwassereinflussbereiches. Damit ist die genannte rechnerische Sicherheit für den Endzustand ebenfalls repräsentativ. Die im Zuge der Deponieerrichtung geplante Abflachung der östlichen Böschung bewirkt eine weitere Erhöhung des Sicherheitsbeiwertes im Endzustand auf $\eta_{\min} = 1,32$.

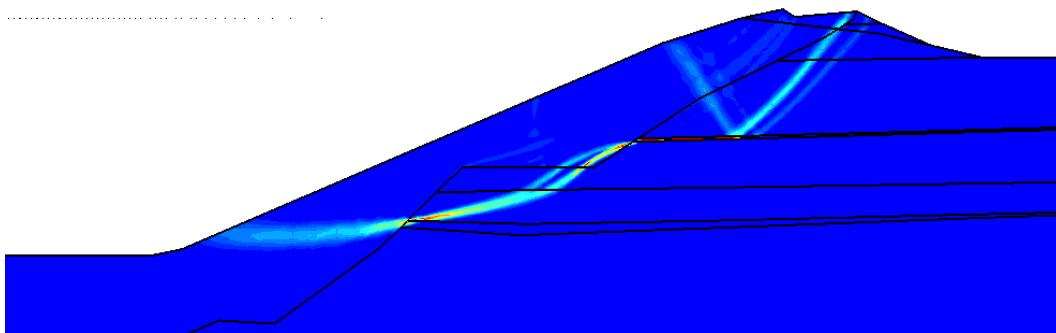


Abbildung 6.1: Mit FEM ermittelter potenzieller Versagensmechanismus am Schnitt 5 (Istzustand)

Eine Berücksichtigung der mit der FEM ermittelten zusammengesetzten potenziellen Versagenskinematik in den konventionellen Berechnungen ist nicht möglich. Es erfolgten daher Untersuchungen sowohl mit kreiszylindrischen Prüfflächen als auch mit einer vorgegebenen Gleitfläche im Bänderton. Die ermittelten Sicherheitsbeiwerte enthält Tabelle 6.6, die Einzelergebnisse Anlage 5.2.5.

Tabelle 6.6: Ermittelte Sicherheitsbeiwerte (Konventionelle Berechnungen Schnitt 5)

Potenzielle Versagenskinematik	Ist-zustand	Zwischen-zustand ($\eta_{erf} \geq 1,30$)		End-zustand ($\eta_{erf} \geq 1,30$)
		Sicherheit der Böschung	Sicherheit an der Deponie	
KZP	$\eta_{min} = 1,50$	$\eta_{min} = 1,50$	$\eta_{min} > 1,50^*)$	$\eta_{min} = 1,50$
VG Bänderton	$\eta_{min} = 1,60$	$\eta_{min} = 1,58$	$\eta_{min} > 1,58^*)$	$\eta_{min} = 1,59$

Anmerkungen:

*) Ableitung des Sicherheitsbeiwertes aus vorangegangenen Berechnungsergebnissen

Mit den o.g. Ergebnissen ist eine **ausreichende Böschungsstandsicherheit** im Bereich des Schnittes 5 sowohl **für den aktuellen** als auch den **geplanten Zustand** nachgewiesen. Es besteht **kein Handlungsbedarf**.

6.7.6 Schnitt 6

Die am Schnitt 6 ermittelten Ergebnisse gelten für den Bereich nördlich des Schnittes 5, in dem kein Bänderton in den Randböschungsbereichen ausgebildet ist.

Schnitt 6 liegt innerhalb der durch die MUEG zu erwerbenden Flächen, jedoch außerhalb geplanter Baumaßnahmen. Es existieren hier keine standsicherheitsrelevanten baulichen Eingriffe. Die Untersuchung des Zwischenzustandes entfällt damit.

Mit den numerischen Berechnungen ergab sich am Schnitt 6 für den aktuellen Zustand eine potenzielle Versagenskinematik mit kreiszylindrischem Verlauf, die über die gesamte Böschungslänge reicht und in die Böschung maximal etwa 5 m tief einschneidet, siehe Anlage 5.1.6. Der ermittelte Sicherheitsbeiwert beträgt $\eta_{\min} = 1,34$. Für den prognostischen Endzustand wurde mit einem Sicherheitsbeiwert von $\eta_{\min} = 1,26$ eine maßgebende potenzielle Versagenskinematik in der Gleitfläche des Hangendtons des Flözes 23 ermittelt. Unter Berücksichtigung der Aussagen zum Berechnungsverfahren unter Abschnitt 6.1 wird dieser Wert als ausreichend angesehen.

Mit den konventionellen Berechnungen wurden im aktuellen Istzustand Sicherheitsbeiwerte von $\eta_{\min} = 1,48$ (KZP) und $\eta_{\min} = 1,58$ (VG Hangendton Flöz 23) ermittelt. Für den prognostischen Zustand ergaben sich Standsicherheitsbeiwerte von $\eta_{\min} = 1,46$ (KZP) und $\eta_{\min} = 1,32$ (VG Hangendton Flöz 23). Abweichend zur FEM beschränkt sich die ermittelte potenzielle Versagenskinematik unter Berücksichtigung kreiszylindrischer Prüfflächen jedoch auf den unteren Böschungsbereich, siehe Anlage 5.2.6.

Mit den o.g. Ergebnissen ist eine den Forderungen entsprechende **Standsicherheit** im Bereich des **Schnittes 6** sowohl für den **aktuellen als auch den prognostischen Zustand nachgewiesen**. Es besteht **kein Handlungsbedarf**.

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND SANIERUNGSEMPFEHLUNGEN

7.1 Aktueller und geplanter Zustand

In Tabelle 7.1 sind die Standsicherheitsverhältnisse an den untersuchten Schnitten zusammengefasst (grüne Werte: Forderungen erfüllt; rote Werte: Forderungen nicht erfüllt; Klammerwerte: maßgebende Versagenskinematik bzw. Gleitfläche). Ein **Sanierungserfordernis** zur Erlangung der für den unbefristeten Zustand geforderten Verhältnisse besteht demnach für die **Schnitte 1 bis 3**. Darüber hinaus ist am **Schnitt 2** für die Übergangsphase (vor dem Wasseraufgang im TRL Domsen) eine **temporäre Sanierung** zur Erlangung des geforderten Sicherheitsniveaus an der Deponie notwendig. Die Abflachung der zur Deponie gerichteten Innenböschung des Randpfeilers auf eine Neigung von 1:4 ist generell standsicher.

Tabelle 7.1: Standsicherheitsverhältnisse an den untersuchten Schnitten (konventionelle Berechnungen)

	Istzustand	Zwischenzustand (Sicherheit an der Deponie)	Endzustand
		$\eta_{erf} \geq 1,30$	$\eta_{erf} \geq 1,30$
Schnitt 1	$\eta_{min} = 1,00$ (VG Liegendton Flöz 23)	$\eta_{min} > 1,31$	$\eta_{min} = 1,08$ (VG Liegendton Flöz 4)
Schnitt 2	$\eta_{min} = 0,95$ (VG Liegendton Flöz 4)	$\eta_{min} = 1,23$ (VG Liegendton Flöz 23)	$\eta_{min} = 0,99$ (VG Liegendton Flöz 4)
Schnitt 3	$\eta_{min} = 1,02$ (VG Liegendton Flöz 4)	$\eta_{min} > 1,35$	$\eta_{min} = 1,21$ (VG Liegendton Flöz 4)
Schnitt 4	$\eta_{min} = 1,23$ (KZP oberer BA)	$\eta_{min} > 1,28$	$\eta_{min} = 1,28 = 1,30$ (KZP oberer BA)
Schnitt 5	$\eta_{min} = 1,50$ (KZP ges. Böschung)	$\eta_{min} > 1,50$	$\eta_{min} = 1,50$ (KZP ges. Böschung)
Schnitt 6	$\eta_{min} = 1,48$ (KZP)	-	$\eta_{min} = 1,32$ (VG Hangendton Flöz 23)

Anmerkung:
BABöschungsabschnitt

Gemäß AST zu betrachtende hydrologische Zwischenzustände wurden im Rahmen der erdstatistischen Berechnungen exemplarisch geprüft. Sie wurden als nicht maßgebend angesehen.

7.2 Temporäre Sicherung

Vor Errichtung der Deponie ist am **Schnitt 2** die **temporäre Sicherung** der Randböschung erforderlich. Mit einer ersten Anstützung ist der Einfluss der VG Liegendton Flöz 23 auf die Gesamtstandsicherheit zu reduzieren.

Als Sicherungsvariante wurde die Anstützung am Böschungsfuß mit einem im klassischen Erdbau errichteten Stützkörper erdstatistisch untersucht. Zur Gewährleistung ausreichender Standsicherheitsverhältnisse ist eine 6 m mächtige und 20 m breite Anstützung erforderlich, siehe Anlage 6.1 und Anlage 6.2. Für den Randpfeiler wird damit eine rechnerische Sicherheit von $\eta_{min} = 1,20$ erreicht. Der rechnerische Sicherheitsbeiwert direkt vor der Deponie beträgt $\eta_{min} \geq 1,30$ (Konturplot Safety Map in Anlage 6.2) und würde damit bereits ein für die Dauerstandsicherheit erforderliches Niveau aufweisen.

Bautechnische Hinweise zum Aufbau des Stützkörpers enthält Abschnitt 8.3.

7.3 Sanierungslösung für die Dauerstandsicherheit

Als dauerhafte Sanierungslösung wurde eine Kombination aus **Kopfentlastung** und **Fußanstützung** an den Schnitten 1 und 2 untersucht. Eine den Forderungen entsprechende Dauerstandsicherheit konnte für die folgende Sanierungsgeometrie nachgewiesen werden:

- Neigung der Anstützung im späteren Wassereinflussbereich
 - 1:10 im Wasserwechselbereich (+128,5 ... +134 m NHN)
 - 1:7 unterhalb von +134 m NHN (2 m unter geplanten Endwasserspiegel)
- Neigung oberhalb späterer Uferbereiche
 - Abflachung der oberen Teilböschung auf eine Neigung von 1:4

Ausgehend von den ortsbezogenen geometrischen und geotechnischen Randbedingungen resultieren unterschiedliche Sanierungsumfänge. Die schnittbezogenen Sanierungslösungen sind in Anlage 7.1 dargestellt.

An den **Schnitten 1 und 2** wird zur Erlangung dauerstandsicherer Verhältnisse die **Kombination aus Abflachung der Böschung und Massenanstützung** am Böschungsfuß empfohlen. Der Stützkörper sollte im Wasserwechselbereich, d.h. zwischen +128,5 m NHN und +134 m NHN, die o.g. Neigung von 1:10 aufweisen. Unterhalb dieses Niveaus ist, konform mit U 2.3, eine Böschungsneigung von 1:7 ausreichend. Die obere Teilböschung ist auf 1:4 abzuflachen.

Im Bereich des **Schnittes 3** ist zur Gewährleistung ausreichender Standsicherheit gegen Abgleiten auf der VG Liegendton Flöz 4 lediglich die **Abflachung des oberen Böschungsabschnittes** auf eine Neigung von **1:2,5** notwendig. Die an den Schnitten 1 und 2 erforderliche Abflachung auf 1:4 ist hier nicht in diesem Umfang notwendig.

Die für die jeweilige Sanierungslösung ermittelten Sicherheitsbeiwerte sind in Tabelle 7.2 zusammengefasst. Berechnungsfälle, für die im unsanierten Zustand bereits das notwendige Sicherheitsniveau nachgewiesen werden konnte, werden in Tabelle 7.2 nicht nochmals aufgeführt (Kennzeichnung mit ---). Anlage 7.2 enthält die zugehörigen Berechnungsplots.

Tabelle 7.2: Ergebnisse Standsicherheitsberechnungen Sanierungslösung

Potenzielle Versagenskinematik	Schnitt 1	Schnitt 2	Schnitt 3
VG Liegendton Flöz 4	$\eta_{\min} = 1,53$	$\eta_{\min} = 2,25$	$\eta_{\min} = 1,39$
VG Liegendton Flöz 4, modifiziert	---	$\eta_{\min} = 1,69$	---
VG Hangendton Flöz 23	$\eta_{\min} = 1,43$	---	---
VG Liegendton Flöz 23	$\eta_{\min} = 1,41$	$\eta_{\min} = 1,38$	---

7.4 Gefährdungspotenzial aus Streckenrelikten

Die vorhandenen Streckenrelikte im Randpfeiler (Anlage 1.2, hier Strecke „K“) wurden in Hinblick auf die Relevanz für die Standsicherheit des Randpfeilers nochmals bewertet.

Analog den Ansätzen in U 2.4 wurden die Bruchwahrscheinlichkeiten erneut überschlägig ermittelt. Auch nach dem aktuellen Verfahren der Hohlraumbruchmassenbilanzierung wurden Abschätzungen vorgenommen. Die Ergebnisse in U 2.4 sind plausibel. Insofern werden die Aussagen mitgetragen und insofern weiter unterstellt, dass Tagesbrüche im Bearbeitungsgebiet nicht gänzlich auszuschließen sind, die Wahrscheinlichkeit jedoch gering ist und die Standsicherheit der Randpfeilerböschung nicht negativ beeinflusst wird.

Lokale Tagesbrüche wären auf einen Durchmesser von < 2 m beschränkt und gefährden die öffentliche Sicherheit nicht. Beim Auftreten von Tagesbrüchen sind ortsbezogene Untersuchungen zu empfehlen. Im Rahmen des Deponiebetriebes wird die Geländeoberfläche des Randpfeilers regelmäßig observiert.

Eine **Sicherung** der unterhalb des Randpfeilers verlaufenden **Relikte der Strecke „K“** wird insofern **nicht** als **erforderlich** angesehen. Nach Südosten **abzweigende Streckenstümpfe** (Str. 33, 34 und 35) stellen **ebenfalls keine Gefährdungen für die Standsicherheit des Randpfeilers** dar. Unterhalb der Deponiefläche und der Betriebseinrichtungen erfolgt der Versatz.

8 WEITERE HINWEISE

8.1 Gültigkeitsbereiche Berechnungsschnitte

Die Gültigkeitsbereiche der untersuchten Schnitte werden maßgebend beeinflusst durch die geologische Schichtung. Die in Anlage 1.3 dargestellten Gültigkeitsbereiche berücksichtigen den gesamten Einflussbereich, jedoch keine Einflüsse aus Veränderungen in der Schichtenabfolge.

8.2 Zeitlicher Ablauf von Sanierungen

Zur Erzielung dauerstandsicherer Verhältnisse wird eine Sanierung des Böschungssystems an den Schnitten 1 bis 3 notwendig. Es muss dabei unterschieden werden in Sanierungsmaßnahmen für die geplante zeitnahe Errichtung der Deponie (Bauzustände) und Sanierungsmaßnahmen für den geplanten Endzustand (Dauerstandsicherheit).

Erstere müssen so konzipiert und umgesetzt werden, dass die Dauerstandsicherheit für den Endzustand sichergestellt werden kann.

Zunächst wird dafür im Schnitt 2 die temporäre Anstützung der Randböschung des Tagebaus Domsen als vorgezogene Maßnahme zur Erlangung standsicherer Verhältnisse im Deponiebereich empfohlen. Die temporäre Anstützung ist vor Beginn der Errichtung der Deponie herzustellen. Ihre Wirksamkeit ist unter den momentanen hydrologischen Randbedingungen gegeben und nachgewiesen. Ein perspektivischer Anstieg des Grundwasserspiegels würde zu einer Verringerung des Sicherheitsniveaus führen, weshalb vor dem Grundwasseraufgang auch der Schnitt 2 mit der Kopfentlastung dauerhaft zu sichern ist. Die erforderlichen Kopfentlastungs- und Anstützungsmaßnahmen an den Schnitten 1 und 2 stehen im Zusammenhang mit der Gewährleistung der Dauerstandsicherheit bei eingestauten RL Domsen und stationärem hydrologischen Zustand. Der zeitlich vorauslaufende Deponiebau stellt die notwendigen Massenbewegungen und Erdarbeiten nicht in Frage. Die Maßnahmenumsetzung ist auch nach Errichtung der Deponie, jedoch vor Flutung des RL Domsen, möglich.

Die Abflachung der Böschung auf 1:4 im oberen Bereich sollte vor der Fußanstützung vorgenommen werden, da die gewonnenen Massen hier eingesetzt werden können. Das setzt voraus, dass die Einbaufähigkeit der gewonnenen Massen gegeben ist.

8.3 Bautechnische Hinweise für den Stützkörperbau

Der Stützkörper im Gültigkeitsbereich der Schnitte liegt nach Flutung des RL Domsen unter Wasser. Insofern sind besondere Anforderungen an den Erdbau der zwischenzeitlichen und endgültigen Anstützung zu stellen, die wie folgt definiert werden:

Zwischenanstützung im Schnitt 2

- Einbau mittels Planierraupentechnik in einzelnen Lagen von ca. 0,5 m bei aktuellen Grundwasserflurabständen im Böschungsfuß von etwa 2 m,
- lagenweise Verdichtung mit Eigengewicht der Planierraupe,
- Arbeitsrichtung parallel zum Böschungsstreichen mit ständig vor dem Schild zu führenden Erdmassen und
- Einsatz von Planierraupen Dienstmasse ≤ 15 t.

Dauerhafte Anstützung Schnitte 1 und 2

- Anpassung der Gerätetechnik und Einbautechnologie auf der Basis der zum Bauzeitpunkt maßgebenden hydrologischen Situation (Grundwasserflurabstände),
- Einbau mittels Planierraupentechnik in einzelnen Lagen von ca. 0,5 m und lagenweise Verdichtung in drei Übergängen,
- Einhaltung Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 95\%$, Einbau mit optimalen Wassergehalt,
- Überwachung der Einbaumächtigkeiten und erdstatisch erforderlichen Abmessungen des Stützkörpers sowie
- Unabhängige Kontrolle und Dokumentation der erreichten Verdichtung.

Die Wasserwechselzone sollte mit einer Kiesschüttung (abgeschätzte Mächtigkeit = 0,30 m) belegt werden, um die Uferböschung (1:10) gegen mechanischen Abtrag (Wellen) zu schützen. Optimierungen sind unter Bezug auf Wind-/Wellenbetrachtungen möglich. Hier ist davon auszugehen, dass die spätere Südostböschung des Tagebaurestsees Domsen keine exponierte Böschung für den Wellenabtrag darstellt.

9 GÜLTIGKEIT DER VORLIEGENDEN BEARBEITUNG

Die Standsicherheitsberechnungen besitzen Gültigkeit für die konkreten geotechnischen / hydrologischen Verhältnisse und geometrischen Randbedingungen des Bearbeitungsgebietes Restpfeiler und vorgelagertes Kippensystem ehemaliger Tgb. Domsen in den benannten Gültigkeitsbereichen der Schnitte. Die Bearbeitungstiefe entspricht der eines bodenmechanischen Standsicherheitsnachweises gemäß U 8.4. Der Nachweis ist zeitlich unbegrenzt gültig.

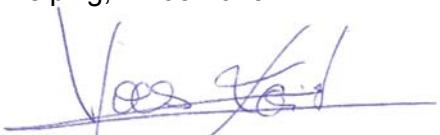
In die Berechnungen eingeflossen sind die durch zahlreiche bodenmechanische Untersuchungen und Erfahrungen gestützten Kennwerte für die durch die Berechnungen erfassten maßgebenden geotechnischen Schichten. Sofern aktuelle Untersuchungen von den bisherigen Ansätzen abweichende Kennwerte ergeben, ist der Nachweis zu prüfen. Hinsichtlich der Lastansätze und Berechnungsszenarien wurden Annahmen getroffen.

Der Nachweis bezieht sich auf den aktuellen Kenntnisstand von Wissenschaft und Technik sowie die allgemein anerkannten Normungen und Regelwerke. Sofern neue Erkenntnisse und Regelwerke eingeführt werden, ist die Gültigkeit des Nachweises entsprechend zu überprüfen.

Im Zusammenhang mit den weiteren Planungs- und Überwachungsarbeiten bietet die CDM Smith Consult GmbH ihre Unterstützung an.

CDM Smith Consult GmbH

Leipzig, 12.08.2015


Dipl.-Ing. Yves Koitzsch
vom Landesamt für Geologie und Bergwesen
benannter Sachverständiger für Böschungen


Dipl.-Ing. Sabine Klemm


Dipl.-Ing. Andreas Wenzel