



**Photovoltaikfreiflächenanlage Gemarkung
Finsterwalde/Grünwalde (Lauchhammer)**

Geotechnischer Standortsicherheitsnachweis

**Bewertung der geplanten Folgenutzung der
Kippenflächen des früheren Tagebaus Grünwalde**

Projekt-Nr.: **302912**

Bericht-Nr.: **01**

Erstellt im Auftrag von:

**Mapronea GmbH
Große Grüne Straße 23
17192 Waren (Müritz)**

Dipl.-Ing. Sabine Metzker,
M.Sc. Josefine Lorenz,
M.Sc. Wiebke Sievers

28.03.2025

Photovoltaikfreiflächenanlage Gemarkung Finsterwalde/Grünnewalde (Lauchhammer)

Geotechnischer Standsicherheitsnachweis

**Bewertung der geplanten Folgenutzung der Kippenflächen des früheren Tagebaus
Grünnewalde**

Objekt:	Fläche 1, ehem. Tagebau Grünnewalde, (aktuelle Landwirtschaftsflächen nördlich und nordöstlich RL 76 / RL 77)	
Lage:	Brandenburg, nördlich der OL Grünnewalde	
Rechtsträger:	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Knappenstraße 1 01968 Senftenberg	
Auftraggeber:	Mapronea GmbH Große Grüne Straße 23 17192 Waren (Müritz)	
Auftragnehmer:	CDM Smith SE Weißensefelder Straße 65 H 04229 Leipzig	
Vertragsnr. AG:	---	
Projekt-Nr. AN:	302912	
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Sabine Metzker, M.Sc. Josefine Lorenz, M.Sc. Wiebke Sievers	
Sachverständiger:	Dipl.-Ing. Sabine Metzker	
Gültigkeit:		
zeitlich:	unbefristet	
räumlich:	RW: 54 09 000 bis 54 10 700	HW: 57 10 300 bis 57 11 100
Umfang:	- 33 Seiten Textteil (inkl. Deckblätter) - 17 Anlagen	

Leipzig, 28.03.2025

Dipl.-Ing. Sabine Metzker
vom Sächsischen Oberbergamt anerkannte
Sachverständige für Geotechnik

INHALTSVERZEICHNIS

1	VERANLASSUNG / AUFGABENSTELLUNG	6
2	UNTERLAGEN	7
2.1	Vertragsgrundlagen	7
2.2	Gutachten, Bodenmechanische Bearbeitungen.....	7
2.3	Daten	7
2.4	Richtlinien, Normen.....	8
3	BEARBEITUNGSGEBIET UND TECHNISCHE RANDBEDINGUNGEN	9
3.1	Lage des Bearbeitungsgebietes	9
3.2	Geländemorphologie.....	9
3.3	Geologischer Überblick	10
3.4	Bergtechnische Entwicklung / Historie.....	11
3.5	Untertägige Hohlräume / Streckenrelikte	13
3.6	Bisherige Deformationen	13
3.7	Erfolgte und geplante Sicherungsmaßnahmen	13
3.8	Bisherige und künftige Nutzung	14
3.9	Zu schützende Objekte	14
4	GEOTECHNISCHE UND HYDROLOGISCHE SITUATION	15
4.1	Datengrundlage	15
4.1.1	Übersicht vorliegender Aufschlüsse	15
4.1.2	Übersicht vorliegender Laboruntersuchungen	16
4.2	Relevante Profilschnitte	17
4.3	Eigenschaften der im Bau Feld anstehenden Kippenmaterialien.....	18
4.3.1	AFB-Kippenmaterial.....	18
4.3.2	Materialien der Trockenkippe	19
4.4	Hydrologische Situation.....	22
4.4.1	Aktuelle hydrologische Situation.....	22
4.4.2	Prognostische hydrologische Situation	22
5	STANDSICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN	23
5.1	Berechnungsrandbedingungen	23
5.1.1	Sicherheitskonzept, Lastfälle und geforderter Sicherheitskoeffizient	23
5.1.2	Berechnungskennwerte	25
5.2	Sicherheit gegen Böschungsbruch.....	25
5.2.1	Berechnungsschnitte	25
5.2.2	Berechnungsverfahren / -programm	26
5.2.3	Lastannahmen	26

5.2.4	Berechnungsergebnisse	27
5.3	Sicherheit gegen Grundbruch.....	27
5.3.1	Berechnungsverfahren / -programm	27
5.3.2	Berechnungsschnitte / maßgebende Bodenschichtung.....	28
5.3.3	Lastannahmen	28
5.3.4	Berechnungsergebnisse	29
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN / BEWERTUNG DER GEPLANTEN FLÄCHENNUTZUNG	31
7	EMPFEHLUNGEN.....	33

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

	Seite
Abbildung 3.1	Bearbeitungsgebiet (Google Earth Luftbild).....9
Abbildung 3.2	Morphologische Situation im Bearbeitungsgebiet (3D-Relief basierend auf [D8]).... 10
Abbildung 3.3	Ungefähre Kippenabgrenzung innerhalb des Bearbeitungsgebietes 12
Abbildung 4.1	Kornband der Proben des AFB-Kippenmaterials 18
Abbildung 4.2	Trockenkippenmaterial im Aufschluss KB 01-F1/20, Teufenbereich 4 ... 8 m..... 20
Abbildung 4.3	Kornband der Proben des Trockenkippenmaterials..... 21

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 3.1	Geologische Schichtenfolge im Umfeld des Bearbeitungsgebietes 11
Tabelle 4.1	Vorhandene Aufschlüsse und aus der Stichtagsmessung 2023 ermittelte GWFA 15
Tabelle 4.2	Lage der Profilschnitte, vgl. Anlage 1.2 17
Tabelle 4.3	Eigenschaften der AFB-Kippenmaterialien..... 18
Tabelle 4.4	Eigenschaften des Trockenkippenmaterials..... 21
Tabelle 5.1	Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen für GEO-3 (BS-P und BS-T) 24
Tabelle 5.2	Teilsicherheitsbeiwerte der Widerstände für GEO-3 (BS-P und BS-T) 24
Tabelle 5.3	Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen für GEO-2 (BS-P und BS-T) 24
Tabelle 5.4	Teilsicherheitsbeiwerte der Widerstände für GEO-2 (BS-P und BS-T) 25
Tabelle 5.5	Bodenkennwerte 25
Tabelle 5.6	Lastannahmen der Gerätetechnik 28

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1 **Lagepläne**

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan
- Anlage 1.2 Lageplan mit relevanten Aufschlüssen
- Anlage 1.3 Lageplan mit Darstellung Flurabstand
- Anlage 1.4 Lageplan mit freigegebenem Baubereich

Anlage 2 **Profilschnitte**

- Anlage 2.1 Profilschnitt 1 – 1'
- Anlage 2.2 Profilschnitt 2 – 2'
- Anlage 2.3 Profilschnitt 3 – 3'

Anlage 3 **Ergebnisse Erkundungen**

- Anlage 3.1 Aufbereitete Drucksondiererergebnisse der Erkundungskampagnen 2014 und 2020
- Anlage 3.2 Bohrprofile der Erkundungen entlang Forstweg südlich Planungsfläche aus 2015
- Anlage 3.3 Bohrprofile der Kernbohrungen aus 2021

Anlage 4 **Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen**

- Anlage 4.1 Profilschnitt 1 – 1' (Nordböschung RL 77)
- Anlage 4.2 Profilschnitt 2 – 2' (Nordostböschung RL 77)
- Anlage 4.3 Profilschnitt 3 – 3' (NW-Böschung östliche Landwirtschaftsfläche)

Anlage 5 **Ergebnisse der Grundbruchuntersuchungen**

- Anlage 5.1 Grundbruchsicherheit Transformatorenstation
- Anlage 5.2 Grundbruchsicherheit Forst- und Agrartechnik
- Anlage 5.3 Grundbruchsicherheit LKW bis 25 t Gesamtmasse
- Anlage 5.4 Grundbruchsicherheit LKW bis 40 t Gesamtmasse

1 VERANLASSUNG / AUFGABENSTELLUNG

Die Mapronea GmbH plant den Bau einer Photovoltaikanlage im Grenzgebiet der Gemarkung Finsterwalde / Grünewalde bei Lauchhammer (Bundesland Brandenburg). Die für die Bebauung vorgesehene Fläche befindet sich im Umfeld der s.g. Fläche 1, einer Kippenfläche, welche durch die Aktivitäten des ehemaligen Braunkohletagebaus Grünewalde auf das heutige Geländeniveau aufgeschüttet wurde. Der trockene Versturz erfolgte mittels Abraumförderbrücke (AFB). Die mehr als 40 m mächtige Schüttung aus Kippenmaterial steht in entsprechend lockerer Lagerung an.

Die zur Bebauung vorgesehenen Kippenflächen stehen unter Bergaufsicht. Maßnahmen, die auf unter Bergaufsicht stehenden Flächen realisiert werden sollen, bedürfen grundsätzlich der Zustimmung durch das zuständige Bergamt (hier das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Cottbus, kurz LBGR). Als Grundlage für die Zustimmung müssen geotechnische Bewertungen erfolgen und die schadensfreie Nutzung der Kippenflächen durch Standsicherheitsuntersuchungen belegt werden. Die Ergebnisse sind in einem Standsicherheitsnachweis zu dokumentieren.

Mit dem vorliegenden Gutachten wird der geforderte Standsicherheitsnachweis erbracht. Berücksichtigt wird hierbei die entsprechend Abschlussbetriebsplan vorgesehene Folgenutzung als landwirtschaftliche Fläche sowie die aktuell geplante Folgenutzung durch Photovoltaikanlagen. Die Bearbeitung baut auf umfangreichen Vorkenntnissen zum Bearbeitungsgebiet auf.

2 UNTERLAGEN

2.1 Vertragsgrundlagen

- [V1] Angebotsanfrage der Mapronea GmbH vom 21.03.2024.
- [V2] Angebot – Geotechnischer Standsicherheitsnachweis und Bewertung der geplanten Folgenutzung, Proj.-Nr.: A295879, CDM Smith, 02.04.2024.
- [V3] Auftrag der Mapronea GmbH vom 28.11.2024.

2.2 Gutachten, Bodenmechanische Bearbeitungen

- [G1] Standsicherheitseinschätzung zur Endgestaltung der Uferbereiche und Böschungen der Restlöcher 76, 77 und 114. Ingenieurbüro Böhme & Partner GmbH (IBP). Spremberg, 23.11.2001.
- [G2] Geotechnische Überprüfungen Bereich Lauchhammer II (Projekt B 024). Standsicherheitsuntersuchungen der Flächen 1 und 8 einschließlich der L 63 im Kippenbereich nördlich von Grünewalde. Bodenmechanische Bewertung einschl. Standsicherheitseinschätzung. CDM Smith Consult GmbH. Leipzig, 04.06.2015, rev. 28.01.2016.
- [G3] Statische Berechnung A2021-09G zur Optimierung des TKS3150 Gehäuse mit Bodenwanne im Endzustand. KIA Michaeli, Konstruktiver Ingenieur- und Anlagenbau. Sulzbach, 08.03.2021.
- [G4] Ergebnisbericht EB 22/050. Bodenphysikalische Kennzahlen, Setzungs-, Sackungs-, Wasserdurchlässigkeits- und Festigkeitsverhalten. Objekt: Tagebau Grünewalde, TO150-2, Fläche 1. GMB GmbH. Senftenberg, 23.06.2022.
- [G5] Geotechnische Überprüfungen im Projektraum Lauchhammer II (Projekt B 024). Standsicherheitsuntersuchungen der Fläche 1 im Kippenbereich nördlich von Grünewalde. Entwurf des 1. Nachtrags zur Standsicherheitseinschätzung vom 28.01.2016. CDM Smith Consult GmbH. Leipzig, 14.07.2023.

2.3 Daten

- [D1] Produktdatenblatt für Batteriespeicher „Trina Storage Elementa 2 Platform (5.015 MWh / 4.073 MWh)“, Stand 2024
- [D2] Fundamentzeichnung für Batteriespeicher „Trina Storage Elementa 2 Platform (4.073 MWh)“, 08.08.2024
- [D3] Fundamentzeichnung für Transformatorenstation einschl. Wechselrichter „Twin Skid Compact GEN 3“, Power Electronics, 22.04.2022

- [D4] Bauzeichnung für Transformatorenstation einschl. Wechselrichter „Twin Skid Compact GEN 3“, Power Electronics, 28.04.2022
- [D5] Hardware and installation Manual für Transformatorenstation einschl. Wechselrichter “MV Skid / Twin Skid Compact GEN3, , Power Electronics, 06/2024
- [D6] Referenzierte Orthofotos aus Hochbefliegung Oktober 2024
- [D7] Bergmännisches Risswerk M 1: 2.000
- [D8] Airborne-Laserscanning-Daten (Rasterabstand 1 × 1 m), Stand November 2022
- [D9] Grundwasserflurabstand und Hydroisohypsen aus der Frühjahrsmessung 2023 (Stand 04/2023)

2.4 Richtlinien, Normen

- [N1] DIN 4017-1:1979-08: B augrund; Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen.
- [N2] DIN 4084: 1981-07: Baugrund; Gelände- und Böschungsbruchberechnungen.
- [N3] Beurteilung der Setzungsfließgefahr und Schutz von Kippen gegen Setzungsfließen. LMBV mbH – TU Bergakademie Freiberg – Universität (TH) Karlsruhe, 12/1998.
- [N4] Leitfaden zur Erstellung von Standsicherheitseinschätzungen zur Beurteilung der Tragfähigkeit des verflüssigungsgefährdeten Kippenuntergrundes im Hinterland sanierter Restlochbereiche (ENTWURF). BIUG GmbH, Senftenberg, 12.01.2005.
- [N5] DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln. Normenausschuss Bauwesen (NaBau) im DIN. Beuth Verlag. Berlin, September 2009.
- [N6] Leitfaden zur geotechnischen Beurteilung von Verflüssigungsgrundbrüchen auf Kippen im Hinterland sanierter Restlochbereiche und Empfehlungen zur Sanierung und Nachnutzung. LMBV mbH, 31.12.2010.
- [N7] EAB – Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“. DGGT. 6. Auflage, 2021.
- [N8] Grundsatzpapier „Anwendung des Global- und Teilsicherheitskonzeptes für geotechnische Standsicherheitsberechnungen in der LMBV“. LMBV mbH, 17.10.2023.

3 BEARBEITUNGSGEBIET UND TECHNISCHE RANDBEDINGUNGEN

3.1 Lage des Bearbeitungsgebietes

Das Bearbeitungsgebiet befindet sich großräumig innerhalb des Landkreises Elbe-Elster im Süden von Brandenburg. Es liegt im Nordwesten von Lauchhammer, exakter nördlich der Ortslage Grünewalde sowie der beiden Tagebaurestlöcher RL 76 (Kleiner Woobergsee) und RL 77 (Großer Woobergsee). Die Landstraße L 63 umschließt das Bearbeitungsgebiet östlich und nördlich, siehe Anlage 1.1.

Das Bearbeitungsgebiet besteht aus zwei Teilflächen (siehe Abbildung 3.1) und umfasst Areale der s.g. Fläche 1 im Bereich des ehemaligen Tagebaus Grünewalde. Die für die PV-Fläche vorgesehenen Teilflächen haben eine Größe von 98.500 m² (östliche Fläche) und 344.000 m² (westliche Fläche). Insgesamt ist für das Bauvorhaben damit eine von Fläche von rund 44,25 ha vorgesehen.

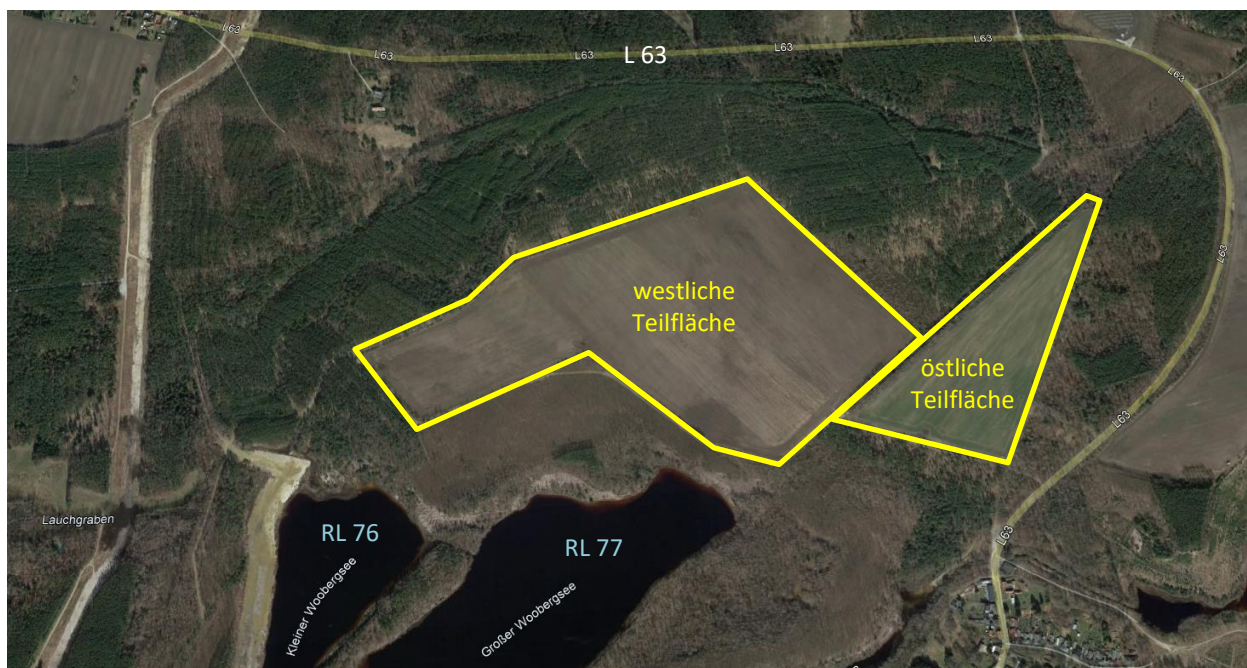


Abbildung 3.1 Bearbeitungsgebiet (Google Earth Luftbild)

3.2 Geländemorphologie

Der Lagestatus im Bearbeitungsgebiet ist GK RD83 (Bessel). Höhen werden im Bezugssystem DHHN92 in m NHN angegeben. Es liegt zur Bewertung der Geländesituation für den großräumigen Bearbeitungsabschnitt ein Airborne-Laserscanning (Stand November 2022) mit einer ausgewerteten Messpunktdichte von 1 x 1 m vor [D8].

Das Bearbeitungsgebiet ist anhand der Geländemorphologie als flachwelliges bis bewegtes Kippengelände mit Absoluthöhen von ca. +100 ... +115 m NHN einzuordnen, siehe Abbildung 3.2. Dabei werden die maximalen Geländehöhen im Westen der westlichen Teilfläche sowie im Norden der östlichen Teilfläche erreicht. In Richtung RL 77 fällt das Gelände auf ca. +100 m NHN ab. Eine weitere Geländetieflage ist am nördlichen Rand der westlichen Teilfläche vorhanden. Grundsätzlich stellt das Bearbeitungsgebiet einen Hochpunkt im umgebenden Gelände dar. Die Geländeoberfläche der angrenzenden Flächen befindet sich etwa 8 ... 10 m tiefer. Entsprechend hohe Böschungen sind vorhanden. Ein „sanfter“ Übergang in das tieferliegende Gelände ohne nennenswerte Böschungen erfolgt lediglich unmittelbar nördlich des Bearbeitungsgebietes.

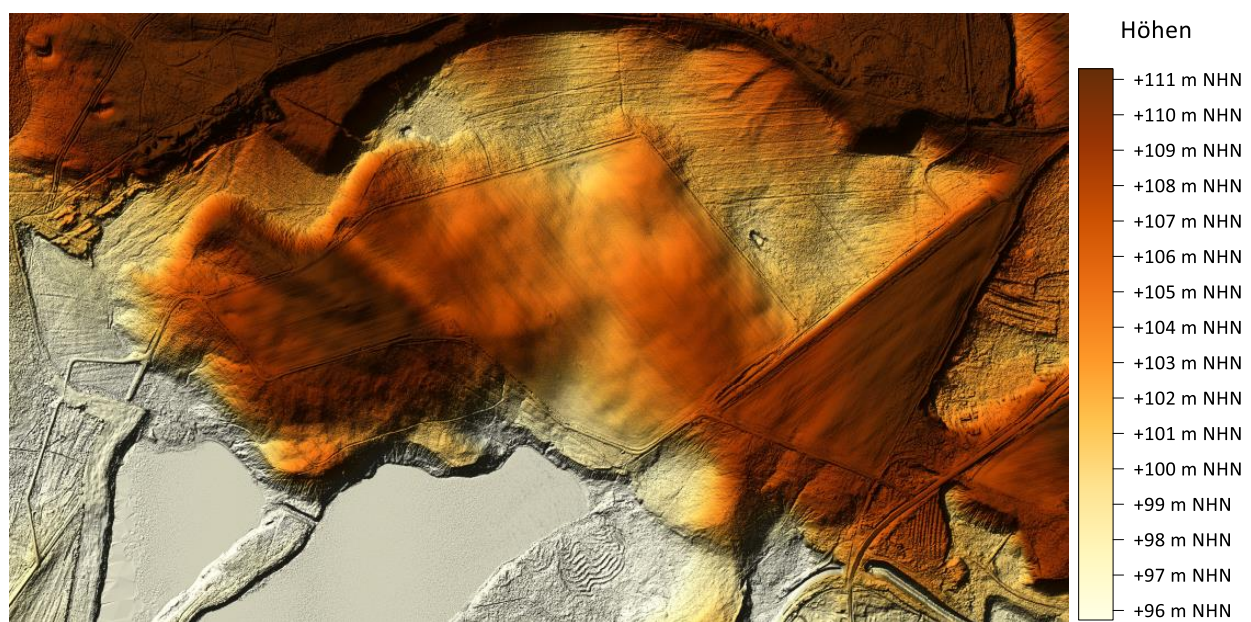


Abbildung 3.2 Morphologische Situation im Bearbeitungsgebiet (3D-Relief basierend auf [D8])

3.3 Geologischer Überblick

Regionalgeologisch befindet sich das Bearbeitungsgebiet am nördlichen Rand des Lausitzer Urstromtals, im Übergangsbereich zum Lausitzer Grenzwall. Der Endmoränenzug sowie das zugehörige Urstromtal wurden im Warthe-Stadium am Ende des Saale-Hochglazials gebildet. Die quartären Schichten stehen im Umfeld des Bearbeitungsgebietes oberflächennah und in geringer Stärke an. Sie werden durch einen tertiären Schichtkomplex unterlagert, welcher nach Norden einfällt. Teil dieses tertiären Schichtkomplexes ist das 2. Lausitzer Flöz, das im Bearbeitungsgebiet durch den ehemaligen Tagebau Grünewalde gewonnen wurde.

Zwischen den Restlöchern RL 76 und RL 77, welche südlich an das Bearbeitungsgebiet angrenzen, befindet sich die s.g. Woberg-Störung. Es handelt sich hierbei um eine SW-NO-gerichtete glazigen-

tektonische Störungszone, die mit einem Anstieg des Kohleliegenden und einer deutlichen Reduzierung der Kohlemächtigkeit einhergeht. In diesem Bereich ist daher keine Auskohlung erfolgt.

Tabelle 3.1 fasst die geologische Schichtenfolge im Umfeld des Bearbeitungsgebietes zusammen. Der Liegendverlauf der Kohleschichten ist innerhalb Bearbeitungsgebietes durch die Woberg-Störung beeinflusst. Er steigt – bei annähernd konstanter Kohlemächtigkeit – von etwa +72 m NHN im Osten des Bearbeitungsgebietes auf etwa +81 m NHN im Westen des Bearbeitungsgebietes.

Die oberhalb des Kohleflözes anstehenden Böden wurden im Zusammenhang mit der Kohlegewinnung innerhalb des Bearbeitungsgebietes abgetragen, umgelagert und als Kippenböden wieder verstürzt. Details hierzu enthält Abschnitt 3.4.

Tabelle 3.1 Geologische Schichtenfolge im Umfeld des Bearbeitungsgebietes

Geologische Formation	Schicht	Zusammensetzung	Mächtigkeit
Quartär	Mutterboden	---	0 ... 0,3 m
	nicht bekannt (evtl. Schmelzwassersande Saale 1)	kiesiger, toniger Mittelsand, partiell Lagen von Grobkies	7 ... 23 m
	Geschiebemergel	Schluff mit Sandeinlagerungen	1 ... 4 m
	nicht bekannt (evtl. Beckensande Elster II)	Fein- bis Grobsand, partiell Lagen von Ton	1 ... 12 m, im Südwesten nicht ausgebildet
Tertiär	Obere Briesker Schichten, Hangendschluff	stark kohlig, Schluff, z.T. Ton, partiell Feinsandbänderungen	3 ... 8 m, im Nordosten nicht ausgebildet
	Obere Briesker Schichten, 2. Lausitzer Flöz	z.T. sandige Braunkohle, zur Basis zunehmend xylitisch	8 ... 11 m
	Untere Briesker Schichten, Liegendton	dunkelgrauer, fester Ton, z.T. sandig und kohlig	0,8 ... 1,7 m
	GWL 500	mittelsandiger Feinsand, dicht gelagert	---

3.4 Bergtechnische Entwicklung / Historie

Das Geländere relief des zentralen Bearbeitungsgebietes ist im Zusammenhang mit den Versturzaktivitäten des ehemaligen AFB-Tagebaus Grünwalde im Zeitraum 1957 bis 1962 entstanden. Der Tagebau entwickelte sich im Uhrzeigersinn um einen Drehpunkt nordöstlich des heutigen RL 114. Im Jahr 1962 wurde der Endstand an der östlichen Tagebaugrenze erreicht. Die in Abschnitt 3.3 aufgeführte natürliche geologische Schichtabfolge wurde bis zum Tagebauliegenden – und damit im Regelfall bis zur Kohlebasis – abgebaut.

Die obere Abraumkante des Tagebaus schließt die heutigen RL 76 und 77 sowie die das Bearbeitungsgebiet westlich und nördlich umgebenden Tieflagen ein. Die Verfüllung der durch den Abbau erzeugten

Hohlform erfolgte durch mehrere nacheinander betriebene Kippen. Die ungefähre Kippenausdehnung ist in Abbildung 3.3 in Form farbiger Flächen dargestellt.

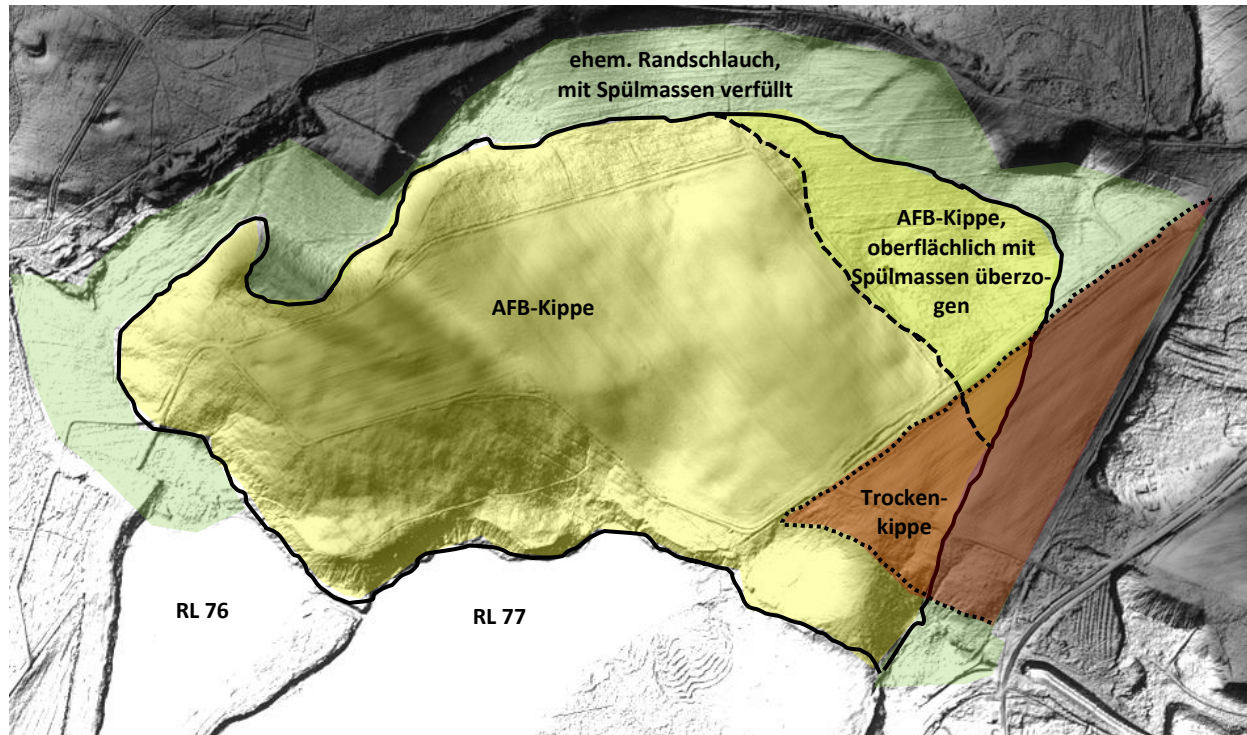


Abbildung 3.3 Ungefähre Kippenabgrenzung innerhalb des Bearbeitungsgebietes

Die zentrale Verkipfung von Massen erfolgte durch eine Abraumförderbrücke (AFB). Die entstandene AFB-Kippe erreichte 1962 ihren Endstand. Die heutige Geländeoberfläche des Bearbeitungsgebietes wird durch die AFB-Kippe geprägt (gelbe Fläche in Abbildung 3.3). Ihre tiefenmäßige Ausdehnung reicht bis zum ehemaligen Tagebauliegenden. Die Geländeoberfläche im Bereich der AFB-Kippe weist eine flachwellige Struktur auf.

Die Böschungsschulter der AFB-Kippe verlief parallel zur oberen Abraumgrenze, und zwar in einem Abstand von etwa 100 bis 200 m zu dieser. Eine Verfüllung des zwischen AFB-Kippe und Tagebaurandböschung verbliebenen Randschlauches ist zwischen 1964 und 1968 mittels Masseneinspülung erfolgt. Der mit Spülmassen verfüllte Randschlauch bildet die nördlich und westlich an das Bearbeitungsgebiet angrenzenden und vergleichsweise ebenen Geländetieflagen, siehe Abbildung 3.3 (grüne Fläche). Im Zwickelbereich zwischen westlicher und östlicher Teilfläche des Bearbeitungsgebietes überzieht das Spülmateriale die Oberfläche der AFB-Kippe in geringmächtiger Schichtstärke.

Der Ostbereich des ehemaligen Tagebaus Grünwalde wurden die Spülmassen aus der Randschlauchverfüllung durch eine im Nachgang betriebene Trockenkippe überzogen (rote Fläche in Abbildung 3.3), auf der sich heute die landwirtschaftliche Nutzfläche des östlichen Teilbereiches befindet.

3.5 Untertägige Hohlräume / Streckenrelikte

Entlang der nördlichen und östlichen Randböschung des früheren Tagebaus sind im Untergrund Streckenrelikte verblieben, siehe Anlage 1.2. Die nördlich vorhandenen Streckenrelikte sind – aufgrund ihres Abstandes zum gegenständlichen Bearbeitungsgebiet – an dieser Stelle ohne Relevanz. Die östlichen Streckenrelikte verlaufen jedoch unterhalb der östlichen Teilfläche des gegenständlichen Bearbeitungsgebietes, und zwar im Höhenniveau +71 ... +77 m NHN. Die Strecken sind zum großen Teil verwahrt und stellen demnach keine geotechnische Gefährdung mehr dar. Unverwahrte Abschnitte sind lediglich im äußersten Nordosten des Bearbeitungsgebietes verblieben.

3.6 Bisherige Deformationen

Im Bearbeitungsgebiet sind keine geotechnischen Ereignisse oder Geländedeformationen bekannt.

3.7 Erfolgte und geplante Sicherungsmaßnahmen

Die Westböschung des RL 76 wurde durch eine Rütteldruckverdichtung gesichert. Des Weiteren wurden offenstehende Streckenrelikte nördlich des Bearbeitungsgebietes sowie im östlichen Teilbereich des Bearbeitungsgebietes durch entsprechende Versatzmaßnahmen geschlossen. Südlich außerhalb des Bearbeitungsgebietes wird aktuell ein Durchlassbauwerk unterhalb der L 63 als Ersatzneubau errichtet, welches sich noch im Randbereich des früheren Tagebaus Grünewalde befindet, jedoch aufgrund der Entfernung zum Bearbeitungsgebiet ohne Einfluss auf die zu bewertenden Flächen ist.

Mit [G2] und [G5] liegt eine Standsicherheitseinschätzung sowie der Entwurf einer 1. Ergänzung für die nördlich der RL 76 und RL 78 vorhandenen Kippenflächen des früheren Tagebaus Grünewalde vor. Die 1. Ergänzung trägt einen Entwurfsstatus, da im äußersten Südwesten des früheren Tagebaus bis zum Anschluss an des RL 76 unerwartet abweichende geotechnische Verhältnisse angetroffen wurden, zu deren abschließender Bewertung weitere Erkundungen erforderlich werden. Das entsprechende Areal (s.g. südwestlicher Randschlauch) befindet sich südwestlich außerhalb der gegenständlichen Bearbeitungsfläche. Es ist in Anlage 1.4 räumlich abgegrenzt. Inwiefern in diesem Bereich u.U. noch Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden, ist aktuell nicht abzusehen.

Im unmittelbaren Bearbeitungsgebiet selbst sind keine Sicherungsmaßnahmen mehr erforderlich. Jedoch sind südlich der Planungsfläche an der Nord- und Nordostböschung der Tagebaurestlöcher RL 76 und RL 77 größere Erosionsrinnen vorhanden, die perspektivisch u.U. auch noch gesichert werden müssen.

3.8 Bisherige und künftige Nutzung

Bisher wird das Bearbeitungsgebiet landwirtschaftlich genutzt. Die Zufahrt für die Bewirtschaftung der Flächen erfolgt über die vorhandenen Wirtschaftswege im Südosten, aus Richtung der L 63. Eine Nutzungsänderung ist gemäß Abschlussbetriebsplan nicht vorgesehen.

Mit dem aktuellen Kenntnisstand ist für die landwirtschaftlichen Flächen künftig eine Photovoltaiknutzung vorgesehen. Neben den Photovoltaikanlagen umfasst das Bauvorhaben die Neuerrichtung von Trafostationen und Batteriecontainern. Die flächenmäßige Ausdehnung der PV-Anlagen und vorgesehene Wege innerhalb des Bearbeitungsgebietes sind im Lageplan in Anlage 1.3 dargestellt.

Durch den Auftraggeber wurden Datenblätter zur Gründung der geplanten Anlagen übergeben, welche auch Angaben zu den abzutragenden Lasten enthalten. Für die PV-Anlagen ist demnach eine Bodenverankerung mit Rammpfosten (ca. 1,5 – 2,0 m) geplant.

Die Trafostationen werden mit je zwei Speicher-Wechselrichtern angeordnet (Twin Skid Compact, siehe [D3] und [D4]). Die Gründung der Trafostation erfolgt auf einer Bodenwanne, die gemäß [G3] bis 52 cm unter Gelände einbindet. Für die Anlage mit Wanne wird ein Gesamtgewicht von 194,5 kN bei Gehäuseabmessungen von 4,5 x 2,7 m angegeben. Die je 2 Batterie- bzw. Speichercontainer mit einer Eigenlast von 350 ... 420 kN weisen Abmessungen von 6,0 x 2,8 m auf [D1]. Sie werden auf Streifenfundamenten gegründet [D2].

Die für die Bauphase vorgesehene Bautechnologie umfasst Sattelschlepper (21 ... 40 t), Kipplaster (26 t) und Rammen (4 t).

3.9 Zu schützende Objekte

Im Rahmen der Bearbeitung sind folgende zu schützende Objekte zu beachten:

- Landstraße L 63 einschl. angrenzender Böschungen,
- Tagebaurestlöcher RL 76 und RL 77 inkl. der vorhandenen Böschungen,
- nördlicher Teil der Ortslage Grünwalde südlich des Bearbeitungsgebietes,
- Straßendurchlass D-602 (Birkenteichgraben durch L 63) südlich des Bearbeitungsgebietes sowie
- vorhandene Wirtschaftswege.

4 GEOTECHNISCHE UND HYDROLOGISCHE SITUATION

4.1 Datengrundlage

4.1.1 Übersicht vorliegender Aufschlüsse

Als Grundlage für die Beschreibung der anstehenden Böden und zur Ableitung der maßgebenden Bodenschichtung werden die Ergebnisse aus den Aufschlusskampagnen der Jahre 2005 bis 2021 herangezogen. Die Untersuchungskampagnen umfassen:

- 3 Drucksondierungen und 2 Kombinationsdrucksondierungen aus den Jahren 2005 und 2006,
- 11 Drucksondierungen aus dem Mai 2014,
- Anfang 2015 zur objektbezogenen Bewertung der Nutzungsmöglichkeit eines südlich des Bearbeitungsgebietes verlaufenden Forstweges durchgeführte Kleinrammbohrungen und leichte Rammsondierungen an 6 Ansatzpunkten sowie
- ergänzende Erkundungen in Form von 12 Drucksondierungen und 4 Kernbohrungen zum Jahreswechsel 2020/2021.

Die Koordinaten der Ansatzpunkte sowie die Teufen der Aufschlüsse sind in Tabelle 4.1 zusammengestellt. Der Lageplan in Anlage 1.2 veranschaulicht die Anordnung der Erkundungspunkte. Der auf der Basis der aktuellen Hydroisohypsen der Stichtagsmessung 2023 [D9] am Aufschlusspunkt resultierende Grundwasserflurabstand (GWFA) ist in Tabelle 4.1 mit dargestellt. Den Hydroisohypsenplan enthält Anlage 1.3. Als Klammerwerte sind in der entsprechenden Spalte der Tabelle 4.1 die während der Erkundungsetappen direkt im Bohr- bzw. Sondierloch geloteten Wasserstände angegeben.

Tabelle 4.1 Vorhandene Aufschlüsse und aus der Stichtagsmessung 2023 ermittelte GWFA

Bezeichnung	Datum	Lage	RW [m]	HW [m]	GOK [m NHN]	Endteufe [m] [m NHN]		GWFA [m]
DS 01/05	14.12.05	nördl. TF O	5410331,00	5711029,00	+100,99	15,90	+85,09	3,20
DS 02/05	12.12.05	TF W	5410043,55	5710936,72	+102,13	22,80	+79,33	4,60
DS 03/06	17.01.06	TF O	5410289,09	5710669,59	+109,46	14,80	+94,66	> 7,50
KDS 01/05	12.12.05	westl. TF W	5408960,79	5710670,53	+101,25	19,50	+81,75	3,30
KDS 02/06	17.01.06	TF O	5410498,15	5710830,16	+112,98	20,00	+92,98	> 7,50
CPT 01-F1/14	20.05.14	südl. TF O	5410224,69	5710174,84	+95,78	21,38	+74,40	1,70 (1,10)
CPT 02-F1/14	27.05.14	südl. TF W	5409211,27	5710440,90	+102,60	17,76	+84,84	>7,50 (1,90)
CPT 03-F1/14	20.05.14	TF O	5410472,80	5710528,04	+111,43	26,34	+85,09	>7,50 (12,60)
CPT 04-F1/14	27.05.14	westl. TF W	5408934,19	5710624,06	+98,43	18,70	+79,73	3,30 (4,20)
CPT 05-F1/14	27.05.14	TF W	5409238,45	5710812,40	+113,90	32,36	+81,54	>7,50 (19,10)
CPT 06-F1/14	22.05.14	TF W	5410179,83	5710768,20	+101,70	29,52	+72,18	4,70 (5,20)

Bezeichnung	Datum	Lage	RW [m]	HW [m]	GOK [m NHN]	Endteufe [m] [m NHN]		GWFA [m]
CPT 07-F1/14	27.05.14	westl. TF W	5408761,25	5710931,53	+101,59	11,60	+89,99	4,20 (3,40)
CPT 08-F1/14	20.05.14	TF W	5409720,04	5711019,29	+101,61	25,04	+76,57	4,30 (4,00)
CPT 09-F1/14	20.05.14	nörtl. TF O	5410507,98	5711023,90	+103,44	23,52	+79,92	3,60 (3,95)
CPT 10-F1/14	16.06.14	nörtl. TF W	5409524,72	5711207,01	+101,72	19,06	+82,66	3,50 (3,10)
CPT 11-F1/14	16.06.14	nörtl. TF W	5410070,00	5711231,77	+104,63	31,26	+73,37	5,40 (5,50)
KRB/LRS 01/15	02.02.15	südl. TF O	5410237,11	5710450,20	+109,52	10,00	+99,52	>7,50
KRB/LRS 02/15	02.02.15	üdl. TF W	5410052,33	5710521,54	+107,75	10,00	+97,75	>7,50
KRB/LRS 03/15	30.01.15	südl. TF W	5409910,87	5710441,80	+99,50	10,00	+89,50	6,00 (6,00)
KRB/LRS 04/15	30.01.15	südl. TF W	5409564,47	5710667,84	+108,51	10,00	+98,51	>7,50
KRB/LRS 05/15	29.01.15	südl. TF W	5409174,87	5710587,38	+109,78	10,00	+99,78	>7,50
KRB/LRS 06/15	29.01.15	südl. TF W	5409050,28	5710734,74	+108,20	10,00	+98,20	>7,50
CPT 1-F1/20	Dez. 2020	südl. TF O	5410245,38	5710413,48	+108,85	33,44	+75,41	>7,50
CPT 2-F1/20	Dez. 2020	TF O	5410427,58	5710760,18	+111,82	39,60	+72,22	>7,50
CPT 3-F1/20	Dez. 2020	nörtl. TF W	5410148,99	5711124,22	+104,85	33,28	+71,57	6,20
CPT 4-F1/20	Dez. 2020	nörtl. TF W	5409750,96	5711213,63	+101,50	26,58	+74,92	3,00
CPT 5-F1/20	Dez. 2020	nörtl. TF W	5409507,88	5711090,25	+103,12	21,28	+81,84	5,40
CPT 6-F1/20	Dez. 2020	nörtl. TF W	5409268,37	5710920,02	+102,20	19,08	+83,12	5,20
CPT 7-F1/20	Dez. 2020	nörtl. TF W	5409125,42	5711007,38	+106,63	22,04	+84,59	>7,50
CPT 8-F1/20	Dez. 2020	westl. TF W	5408773,34	5710788,19	+97,50	13,32	+84,18	1,00
CPT 9-F1/20	Dez. 2020	TF W	5409760,01	5710928,00	+102,71	26,12	+76,59	5,50
CPT 10-F1/20	Dez. 2020	TF W	5409816,86	5711044,24	+100,75	25,32	+75,43	2,00
CPT 11-F1/20	Dez. 2020	nörtl. TF W	5409661,65	5711099,69	+100,59	24,82	+75,77	3,00
CPT 12-F1/20	Dez. 2020	TF W	5409626,05	5710984,73	+103,42	26,20	+77,22	6,40
KB 1-F1/21	Jan. 2021	südl. TF O	5410246,38	5710418,65	+109,00	34,00	+75,00	>7,50
KB 2-F1/21	Apr. 2021	TF O	5410426,99	5710760,18	+111,83	40,00	+71,83	>7,50
KB 3-F1/21	Apr. 2021	nörtl. TF W	5409263,67	5710917,20	+102,20	21,00	+81,20	5,20
KB 4-F1/21	Apr. 2021	nörtl. TF W	5409121,53	5711013,51	+104,73	24,00	+80,73	>7,50

Anmerkungen:

GOK	Geländeoberkante
GWFA	Grundwasserflurabstand
TF O	östliche Teilfläche
TF W	westliche Teilfläche

4.1.2 Übersicht vorliegender Laboruntersuchungen

An repräsentativen Bodenproben der 2021 durchgeführten Erkundungsbohrungen wurden bodenmechanische Laboruntersuchungen durchgeführt. Dabei wurden folgende bodenmechanische Eigenschaften und Kennzahlen bestimmt:

- 24 × Kornverteilung (abhängig vom Material reine Nasssiebung oder kombinierte Sieb-Schlamm-Analyse),
- 4 × Korndichte,
- 1 × Glühverlust,
- 1 × Wassergehalt,
- 4 × Rundungs- und Texturkoeffizient,
- 4 × Porenzahl bei lockerster und dichtester Lagerung,
- 3 × Scherfestigkeit im Kreisringscherversuch und
- 4 × Setzungs-, Sackungs-, Wasserdurchlässigkeits- und Festigkeitsverhalten anhand von Mehrstufenversuchen im statischen Triaxialgerät.

Ein Ergebnisbericht zu den Laboruntersuchungen liegt mit [G4] vor.

4.2 Relevante Profilschnitte

Die Auswahl relevanter Profilschnitte orientiert sich an der morphologischen Situation im Umfeld des Bearbeitungsgebietes. Insbesondere relevant sind hierbei Bereiche mit anstehenden Böschungen. In der Tabelle 4.2 ist die Lage der ausgewählten Profilschnitte zusammengefasst. Die Schnitte selbst enthält Anlage 2.

Tabelle 4.2 Lage der Profilschnitte, vgl. Anlage 1.2

Schnitt-Nr.	Lage	Schnittführung	Koordinaten Anfangs- und Endpunkte (Rechts- und Hochwerte)	
1 – 1'	Nordostböschung RL 77	SW – NO	RW: 5409728,45 HW: 5710315,94	RW: 5409889,14 HW: 5710595,78
2 – 2'	Nordböschung RL 77	S – N	RW: 5409582,21 HW: 5710299,69	RW: 5409560,55 HW: 5710767,30
3 – 3'	Nordwestböschung östliche Teilfläche	NW - SO	RW: 5410238,23 HW: 5710830,92	RW: 5410392,08 HW: 5710633,87

Die Geländegeometrie wurde dem Laserscanning aus dem Jahr 2022 [D8] abgeleitet. Die in den Schnitten eingetragenen Grundwasserstände wurden aus den Hydroisohypsen von 2023 [D9] ermittelt.

4.3 Eigenschaften der im Baufeld anstehenden Kippenmaterialien

4.3.1 AFB-Kippenmaterial

Das AFB-Kippenmaterial ist in den Drucksondierungen durch ein stark variierendes Reibungsverhältnis mit Werten zwischen $R_f = 0,8$ und > 5 zu erkennen, siehe Anlage 3.1. Diese starke Streuung weist auf eine gemischtkörnige Materialzusammensetzung hin, die durch die Bohransprache der direkten Aufschlüsse (Anlage 3.3) bestätigt wird. Demnach handelt es sich bei dem AFB-Kippenmaterial um eine Wechsellagerung aus feinsandigem, tonigem und kohligem Schluff mit schluffigem, teils auch kiesigem Fein- bis Mittelsand. In die Wechsellagerung eingebettet sind einzelne Tonlinsen. Abbildung 4.1 zeigt das Kornband der aus der AFB-Kippe entnommenen und im Labor analysierten Bodenproben. Das Kornband bestätigt die inhomogene Zusammensetzung der AFB-Kippenmaterialien. Eine Übersicht über alle Ergebnisse der im Bereich des AFB-Kippenmaterials durchgeführten Laboruntersuchungen beinhaltet Tabelle 4.3.

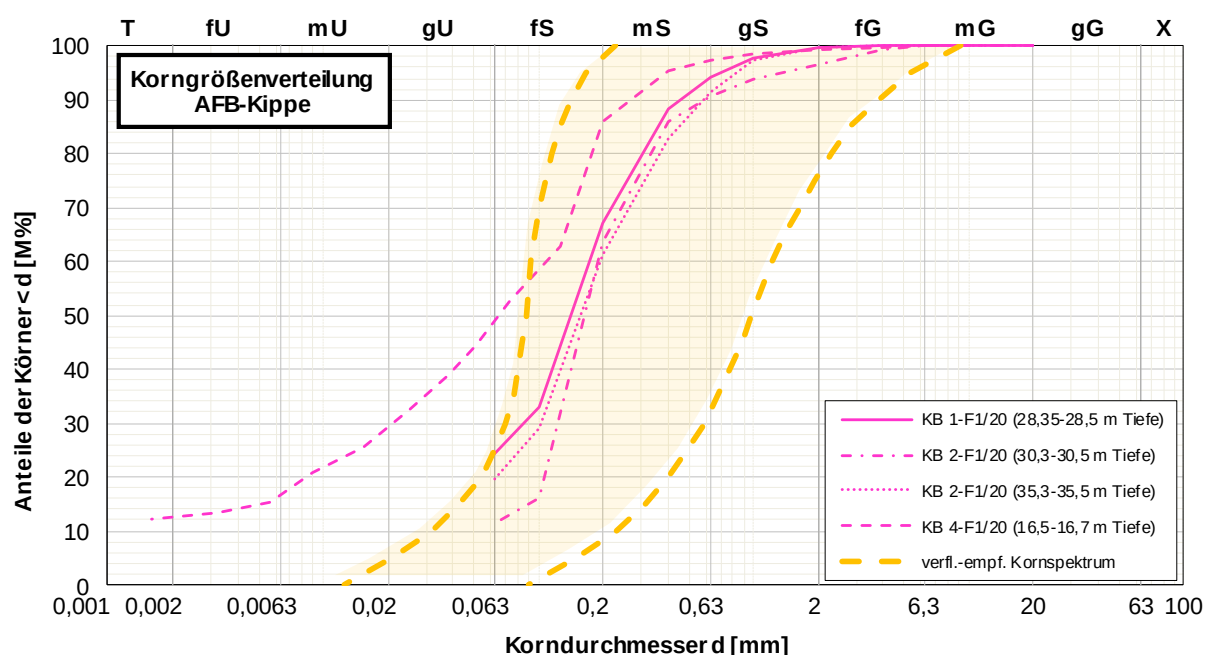


Abbildung 4.1 Kornband der Proben des AFB-Kippenmaterials

Tabelle 4.3 Eigenschaften der AFB-Kippenmaterialien

Parameter		Anzahl Unter- suchungen	Minimal- wert	Maximal- wert	Mittel- wert
Feinkornanteil $d < 63 \mu\text{m}$	FKA [%]	4	11	49	26
Anteil Feinsand	fS [%]	4	37	52	44
Anteil Mittelsand	mS [%]	4	12	30	24

Parameter		Anzahl Unter- suchungen	Minimal- wert	Maximal- wert	Mittel- wert
Anteil Grobsand	gS [%]	4	2	8	6
Anteil Feinkies	fG [%]	4	0	4	1
Anteil Mittel- und Grobkies	$mG + gG$ [%]	4	0	0	0
Ungleichförmigkeitszahl	C_U [-]	1	---	---	3,80
Krümmungszahl	C_C [-]	1	---	---	2,07
Durchlässigkeitsbeiwert (Beyer)	k_f [m/s]	1	---	---	$2,4 \cdot 10^{-5}$
Glühverlust	V_{Gl} [-]	1	---	---	0,051
Wassergehalt	w [-]	1	---	---	0,281

Anmerkung:

Sofern 1 Versuch vorliegt, ist der angegebene Mittelwert als direktes Versuchsergebnis zu werten.

Das AFB-Kippenmaterial weist im großen Teil der Drucksondierungen (Anlage 3.1) Spitzendrücke von etwa 1,0 ... 4,0 MPa auf. Lediglich vereinzelt (z.B. CPT 12/20 in 19,5 ... 25 m u. GOK) werden Spitzendrücke von bis zu 6,0 MPa erreicht. Insgesamt liegt das überwiegend gemischtkörnige Material in lockerer Lagerung bzw. weicher Konsistenz vor, mit mittleren Spitzendrücken von 2 MPa. Ausgehend von der deutlich gemischtkörnigen Zusammensetzung ist das AFB-Kippenmaterial trotz seiner lockeren Lagerung nicht verflüssigungsempfindlich.

Die im Jahr 2014 festgestellte grobkörnige Ausbildung in der CPT 8-F1/14 (Anlage 3.1) kann auf Basis der ergänzenden Sondierungen des Jahres 2020 (CPT 9-F1/20 bis CPT 12-F1/20, Anlage 3.1) als ein lokal begrenzter Bereich mit grobkörnigen, locker gelagerten Massen angesehen werden. Eine großräumige Verflüssigungsneigung ist damit aufgrund der umgebenden gemischtkörnigen Massen auch am Standort der CPT 8-F1/14 nicht gegeben. Lokale Verflüssigungsgrundbrüche sind – bei entsprechend geringer erdfeuchter Überdeckung – an diesem Standort jedoch möglich. Aufgrund der äußerst inhomogenen Zusammensetzung der Kippenmassen kann die Existenz weiterer Standorte innerhalb der AFB-Kippe mit lokal begrenzter Verbreitung verflüssigungsempfindlicher Kippenmassen nicht ausgeschlossen werden.

4.3.2 Materialien der Trockenkippe

Das Material der Trockenkippe ist in den Drucksondierungen durch vergleichsweise geringe Spitzendrücke von i.d.R. 0,5 ... 2,0 MPa und ein Reibungsverhältnis von $R_f = 0,6 \dots 1,0$ gekennzeichnet, siehe Anlage 3.1. Es steht damit ein grobkörniges Material in lockerer Lagerung an. Entsprechend der Schichtansprachen der direkten Aufschlüsse (Anlage 3.3) handelt es sich überwiegend um Feinsande mit stark variierendem Schluffkornanteil sowie eingelagerten Tonlinsen und Kohlestücken. Bereichsweise sind auch kiesige Anteile vertreten. Insgesamt zeigt das Trockenkippenmaterial damit eine inhomogene

Zusammensetzung, die in den Kernstrecken der Bohrungen auch optisch sichtbar wird, siehe Abbildung 4.2.



Abbildung 4.2 Trockenkippenmaterial im Aufschluss KB 01-F1/20, Teufenbereich 4 ... 8 m

Das in Abbildung 4.3 dargestellte Kornband des Trockenkippenmaterials zeigt sowohl deutlich grobkörnige als auch ausgesprochen feinkörnige Ausprägungen des Materials. Ein signifikanter Kieskornanteil ist auf Basis der untersuchten Proben nicht nachweisbar. Der an etwa der Hälfte der Proben laborativ bestimmte Feinkornanteil von $\geq 60\%$ muss auf Basis der Bohransprachen (überwiegend grobkörniges Material) hinterfragt werden. Es wird vermutet, dass der ermittelte Feinkornanteil durch zerriebene Kohlepartikel beeinflusst ist, was sich auf die Laborergebnisse entsprechend auswirkt.

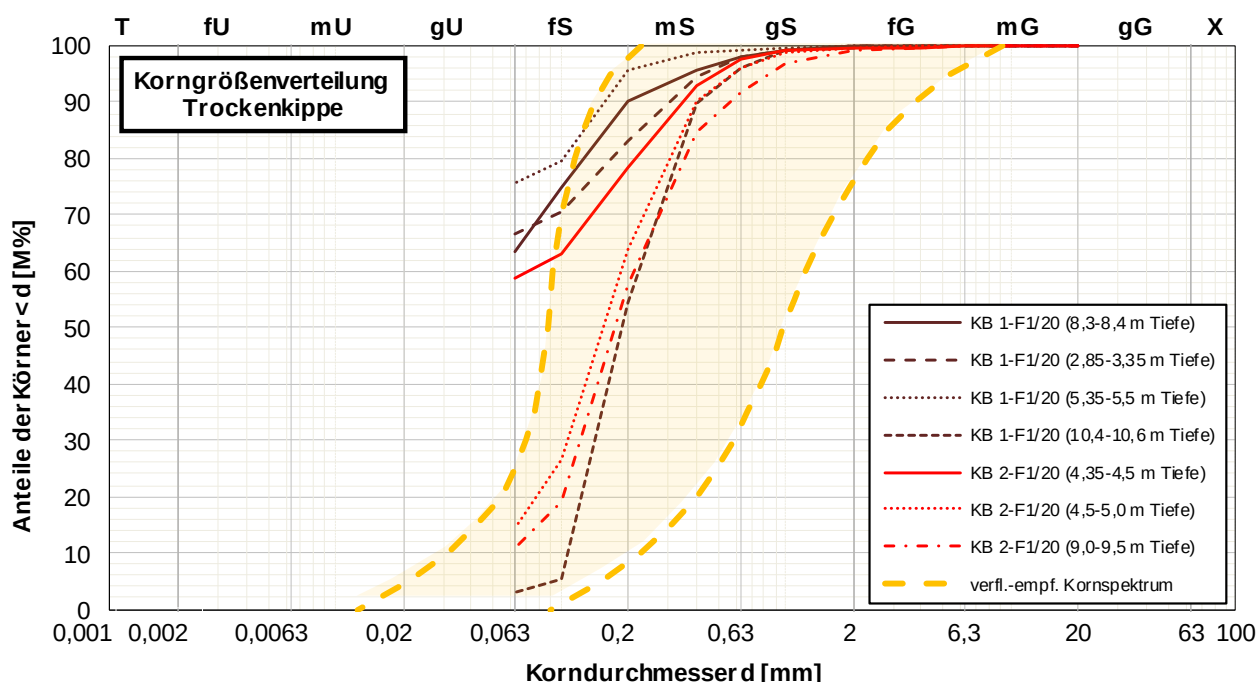


Abbildung 4.3 Kornband der Proben des Trockenkippenmaterials

Tabelle 4.4 Eigenschaften des Trockenkippenmaterials

Parameter		Anzahl Unter- suchungen	Minimal- wert	Maximal- wert	Mittel- wert
Feinkornanteil $d < 63 \mu\text{m}$	FKA [%]	7	3	76	42
Anteil Feinsand	fS [%]	7	16	52	33
Anteil Mittelsand	mS [%]	7	4	42	22
Anteil Grobsand	gS [%]	7	1	8	3
Anteil Feinkies	fG [%]	7	0	1	0
Anteil Mittel- und Grobkies	$mG + gG$ [%]	7	0	0	0
Ungleichförmigkeitszahl	C_U [-]	3	1,58	3,91	3,00
Krümmungszahl	C_C [-]	3	1,05	1,39	1,25
Durchlässigkeitsbeiwert (Beyer)	k_f [m/s]	2	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$2,63 \cdot 10^{-5}$
Bruchreibungswinkel	φ_f [°]	2	25,6	30,8	---
Bruchkohäsion	c'_f [kN/m ²]	2	6,4	27,5	---
Restreibungswinkel	φ_r [°]	2	25,2	26,5	---
Restkohäsion	c'_r [kN/m ²]	2	3,4	21,1	---

Auch wenn die Kernbohrungen für das locker lagerte Trockenkippenmaterial eine vergleichsweise inhomogene Struktur zeigen, muss das Material auf Basis der Drucksondierergebnisse sowie der

Kornverteilungen – entsprechende Wassersättigung vorausgesetzt – als verflüssigungsempfindlich eingestuft werden.

4.4 Hydrologische Situation

4.4.1 Aktuelle hydrologische Situation

Hydroisohypsen- und Grundwasserflurabstandskarten zur aktuellen hydrologischen Situation wurden mit [D9] übergeben und in Anlage 1.3 dargestellt.

Die aktuelle hydrologische Situation ist demnach gekennzeichnet durch eine Nord-Süd bis Nordost-Südwest gerichtete Grundwasserströmung hin zu den Restlöchern RL 76 und 77. Die Grundwasserstandniveaus (Stand Frühjahr 2023) betragen maximal +100 m NHN im nordöstlichen Teil des Bearbeitungsgebietes und fallen in Strömungsrichtung bis auf etwa +93,5 m NHN im Umfeld der beiden Restlöcher ab.

Die Grundwasserflurabstände (GWFA) betragen im Großteil des Bearbeitungsgebietes > 5,0 m. Nördlich des Bearbeitungsgebietes liegen – bedingt durch die morphologische Situation mit Verringerung der Geländehöhe – geringere GWFA vor. Diese erfassen zum großen Teil die forstwirtschaftlich genutzten Flächen außerhalb des Bearbeitungsgebietes. Lediglich ein kleiner Teilabschnitt reicht auch bis in die landwirtschaftlich genutzte westliche Teilfläche. Der entsprechende Bereich ist in derzeit geplanten PV-Fläche bereits ausgespart. Entlang der Grenze des Bearbeitungsgebietes liegt bei Grundwasserständen von etwa +97,5 m NHN und Geländehöhen von etwa +101,5 m NHN ein GWFA von 4,0 m vor. Unmittelbar nördlich, innerhalb des aus der Planung ausgesparten Bereiches verringern sich die GWFA auf 3,0 m.

4.4.2 Prognostische hydrologische Situation

Der Grundwasserwiederanstieg ist im Umfeld des Bearbeitungsgebietes abgeschlossen. Abhängig von der Grundwasserneubildungsrate sind Restanstiegsbeträge von bis zu einem Meter möglich. Der Aufschlag von einem Meter auf die aktuellen Grundwasserstände wird im Rahmen der Standsicherheitsuntersuchungen als Bemessungswasserstand berücksichtigt. Die Strömungsrichtung wird sich perspektivisch nicht mehr ändern.

5 STANDSICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

5.1 Berechnungsrandbedingungen

5.1.1 Sicherheitskonzept, Lastfälle und geforderter Sicherheitskoeffizient

Die Berechnungen werden – wie im Bergrecht üblich – unter Anwendung des summarischen Konzeptes unter Ausweisung globaler Sicherheitsbeiwerte (η_{min}) durchgeführt. Für die Standsicherheitsuntersuchung von Böschungen wird nach DIN 4084 [N2] ein Sicherheitswert von $\eta_{erf} \geq 1,40$ für den permanenten Zustand (Lastfall 1) gefordert. Für Grundbruchuntersuchungen werden nach DIN 4017 [N1] folgende Sicherheiten gefordert:

- für den permanenten Zustand (Lastfall 1): $\eta_{erf} = 2,0$ und
- für den temporären Zustand (Lastfall 2): $\eta_{erf} = 1,5$.

Die Flächen rund um das Bearbeitungsgebiet sollen aus der Bergaufsicht entlassen werden. Mit der Entlassung aus der Bergaufsicht muss die Standsicherheit zusätzlich entsprechend der aktuell gültigen Normung, d.h. dem Teilsicherheitskonzept gemäß EC 7 [N5], nachgewiesen werden, siehe auch [N8]. Die Berechnungen unter Anwendung des Teilsicherheitskonzeptes erfolgen mit der Bestimmung des Ausnutzungsgrades μ zur Beurteilung der Standsicherheit. Eine ausreichende Standsicherheit ist gemäß EC 7 gegeben, wenn gilt:

$$1 \geq \mu = \frac{E_d}{R_d}$$

Der Bemessungswert der Beanspruchungen E_d darf damit nicht größer sein als der Bemessungswert des Widerstands R_d . Die entsprechenden Bemessungswerte werden durch die Faktorisierung der Eingangsparameter (charakteristische Werte) mit Teilsicherheitsbeiwerten bestimmt. Die Teilsicherheitswerte sind abhängig von der Wahl der Bemessungssituation. In der gegenständlichen Bearbeitung sind folgende Bemessungssituationen relevant:

- BS-P: permanente Bemessungssituation und
- BS-T: vorübergehende Bemessungssituation.

Der für die Standsicherheit der Böschung maßgebliche Grenzzustand gemäß EC7 ist der GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit, wobei die Festigkeit des Bodenmaterials für den dem Versagen entgegenwirkenden Widerstand entscheidend ist.

In der Tabelle 5.1 sind die Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermittlung des Bemessungswerts der Einwirkungen im Grenzzustand GEO-3 für die Bemessungssituationen BS-P und BS-T zusammengefasst.

Tabelle 5.1 Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen für GEO-3 (BS-P und BS-T)

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Bemessungssituation	
		BS-P	BS-T
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20

Die Scherfestigkeit des Bodens wirkt als Widerstand dem Böschungsversagen entgegen. Die charakteristischen Bodenkennwerte werden im Grenzzustand GEO-3 mit den in Tabelle 5.2 dargestellten Teilsicherheitsbeiwerten in Bemessungskennwerte umgerechnet.

Tabelle 5.2 Teilsicherheitsbeiwerte der Widerstände für GEO-3 (BS-P und BS-T)

Bodenkenngröße	Formelzeichen	Bemessungssituation	
		BS-P	BS-T
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert $\tan \varphi_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_{\varphi'}, \gamma_{\varphi u}$	1,25	1,15
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	$\gamma_{c'}, \gamma_{cu}$	1,25	1,15

Der für die Sicherheit gegen Grundbruch maßgebliche Grenzzustand gemäß EC 7 ist der GEO-2: Versagen von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund, wobei wiederum die Festigkeit des Bodenmaterials für den dem Versagen entgegenwirkenden Widerstand entscheidend ist.

In der Tabelle 5.3 sind die Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermittlung des Bemessungswerts der Einwirkungen im Grenzzustand GEO-2 für die Bemessungssituationen BS-P und BS-T zusammengefasst.

Tabelle 5.3 Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen für GEO-2 (BS-P und BS-T)

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Bemessungssituation	
		BS-P	BS-T
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,35	1,20
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30
Günstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,00	1,00

Die Scherfestigkeit des Bodens wirkt als Widerstand dem Böschungsversagen entgegen. Die charakteristischen Bodenkennwerte werden mit den in Tabelle 5.4 aufgelisteten Teilsicherheitsbeiwerten in Bemessungskennwerte umgerechnet.

Tabelle 5.4 Teilsicherheitsbeiwerte der Widerstände für GEO-2 (BS-P und BS-T)

Widerstand	Formelzeichen	Bemessungssituation	
		BS-P	BS-T
Erd- und Grundbruchwiderstand	$\gamma_{R,e}, \gamma_{R,v}$	1,40	1,30

5.1.2 Berechnungskennwerte

In den geotechnischen Berechnungen wurden die in Tabelle 5.5 zusammengestellten Bodenkennwerte angesetzt.

Tabelle 5.5 Bodenkennwerte

Schicht	Wichte γ [kN/m ³]	Reibungswinkel φ_f [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]
Trockenkippe Fläche 1	16,6	25	6
AFB-Kippe Fläche 1 – über Wasser	17,5	25	5
AFB-Kippe Fläche 1 – unter Wasser	17,5	25	0
Spülkippe Fläche 1 – über Wasser	17,5	30	1
Spülkippe Fläche 1 – unter Wasser	19,0	28	0
Liegendes / Gewachsenes	20,0	20	10
Schotter (Wegeaufbau)	21,0	30	5

5.2 Sicherheit gegen Böschungsbruch

5.2.1 Berechnungsschnitte

Eine Gefährdung durch Böschungsbruch ergibt sich aus nicht ausreichender Standsicherheit der im Bearbeitungsgebiet bzw. in Angrenzung des Bearbeitungsgebietes vorhandenen Böschungen. Im vorliegenden Fall waren damit folgende Böschungen in eine Bewertung einzubeziehen:

- Nord- und Nordostböschung der Tagebaurestlöcher RL 76 und RL 77 sowie
- NW-Böschung der östlichen Landwirtschaftsfläche.

Hinsichtlich der Böschungsstandsicherheit innerhalb und im Umfeld des Bearbeitungsgebietes wurden drei maßgebende Schnitte (Profilschnitt 1 – 1', Profilschnitt 2 – 2' und Profilschnitt 3 – 3') festgelegt,

siehe auch Anlage 1.2. Im Bereich des RL 76 liegen gegenüber RL 77 günstigere morphologischen Verhältnisse vor, weshalb hier keine weiteren Profilschnitte erforderlich werden.

Zwischen dem Bearbeitungsgebiet und der Böschungsschulter ergeben sich in den Schnitten jeweils folgende Entfernungen:

- Profilschnitt 1 – 1' (Nordostböschung RL 77): 60 m,
- Profilschnitt 2 – 2' (Nordböschung RL 77): 250 m und
- Profilschnitt 3 – 3' (NW-Böschung östliche Landwirtschaftsfläche): < 2 m.

Unter Berücksichtigung des 3D-Reliefs auf der Grundlage von [D8] ergeben sich die in Anlage 2 dargestellten schematischen Profilschnitte.

Der Schichtaufbau der Schnitte orientiert sich an den Ergebnissen der vorliegenden direkten und indirekten Aufschlüsse sowie der Kenntnisse zur Entstehung der Kippenflächen. Zusätzliche Angaben zum Tagebauliegenden stammen aus dem Risswerk [D7]. Die Ist-Grundwasserstände der Schnitte basieren auf den Hydroisohypsen mit Stand 04/2023, siehe auch Anlage 1.3. Der Grundwasserstand des hydrologischen Bemessungszustandes wird durch eine Erhöhung der Grundwasserstände um 1 m definiert. Hierdurch wird eine hohe Grundwasserneubildungsrate berücksichtigt, wie sie in niederschlagsreichen Zeiten eintreten kann.

5.2.2 Berechnungsverfahren / -programm

Die Standsicherheitsuntersuchungen der Böschungen erfolgten durch konventionelle Nachweisführung mit dem Programm GGU-Stability. Dabei wurde in allen Berechnungsschnitten die Standsicherheit längs kreiszylindrischer Prüfflächen (KZP) mit dem Verfahren nach Bishop untersucht. Vorgegebene Gleitflächen im Bereich des Liegenden sind nicht relevant, weil diese in Richtung Norden – und damit nicht in Böschungsfallrichtung – einfallen.

5.2.3 Lastannahmen

Die Böschungshinterländer der drei Profilschnitte sind baumbestanden und werden forstwirtschaftlich genutzt. An der Böschungsschulter ist insofern die Last eines Forstgerätes in den Böschungsbruchuntersuchungen zu berücksichtigen. Maßgebend für den forstwirtschaftlichen Einsatz ist der in [N6] beschriebene Lastansatz des Rückezug Rottne Solid F 9 mit einer Gesamtlast von 20,7 t. Mit einer Fahrspurweite von 0,8 m und einer Fahrzeuglänge von 6,1 m resultiert eine maßgebende Ersatzflächenlast von 21 kN/m² je Fahrspur. Diese wurde in den Böschungsbruchberechnungen als gleichmäßig verteilte

Flächenlast an der GOK berücksichtigt, wobei davon ausgegangen wird, dass sich das Forstgerät in einem Abstand von 2 m von der Böschungsschulter befindet und 2,5 m breit ist.

5.2.4 Berechnungsergebnisse

Profilschnitt 1 – 1' (Nordostböschung RL 77)

Anlage 4.1 beinhaltet die Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen am Profilschnitt 1 – 1'. Der minimale Sicherheitsbeiwert nach DIN 4017 [N1] beträgt für den hydrologischen Bemessungszustand $\eta_{min} = 1,51$. Der maximale Ausnutzungsgrad nach EC 7 [N5] wurde zu $\mu_{max} = 0,82$ bestimmt. Die Standsicherheit der Nordböschung des Tagebaurestloches RL 77 ist in diesem Schnitt damit nachgewiesen.

Profilschnitt 2 – 2' (Nordböschung RL 77)

Anlage 4.2 beinhaltet die Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen am Profilschnitt 2 – 2'. Der minimale Sicherheitsbeiwert beträgt für den hydrologischen Bemessungszustand ergibt sich nach DIN 4017 [N1] zu $\eta_{min} = 1,12$. Entsprechend EC 7 [N5] resultiert ein maximaler Ausnutzungsgrad von $\mu_{max} = 1,11$.

Die ausreichende Standsicherheit ist nach beiden Sicherheitskonzepten nicht nachgewiesen. Unter Berücksichtigung des Abstands der untersuchten Böschung zum Bearbeitungsgebiet (200 m) hat die nicht ausreichende Standsicherheit der Nordböschung des RL 77 keinen unmittelbaren Einfluss auf das Bearbeitungsgebiet. Jedoch ist davon auszugehen, dass im Nordböschungsbereich des RL 77 perspektiv ggf. noch Sicherungsmaßnahmen erfolgen müssen.

Profilschnitt 3 – 3' (NW-Böschung östliche Landwirtschaftsfläche)

Anlage 4.3 beinhaltet die Ergebnisse der Böschungsbruchuntersuchungen am Profilschnitt 3 – 3'. Der minimale Sicherheitsbeiwert nach DIN 4017 [N1] beträgt für den hydrologischen Bemessungszustand $\eta_{min} = 1,40$. Entsprechend EC 7 [N5] resultiert ein maximaler Ausnutzungsgrad von $\mu_{max} = 0,90$. Die Nordwestböschung der östlichen Landwirtschaftsfläche ist damit im geforderten Maße standsicher.

5.3 Sicherheit gegen Grundbruch

5.3.1 Berechnungsverfahren / -programm

Die Untersuchungen zum Nachweis ausreichender statischer Grundbruchsicherheit erfolgten mit dem Programmsystem GGU Footing.

5.3.2 Berechnungsschnitte / maßgebende Bodenschichtung

Aufgrund der unterschiedlichen Bodenschichtung wurden zur Abschätzung der Grundbruchsicherheit die östliche und westliche Landwirtschaftsfläche getrennt betrachtet. Die Bodenschichtung wird aus den Profilschnitten 1 – 1' (westliche Teilfläche) bzw. 3 – 3' (östliche Teilfläche) übernommen.

Im Bereich der östlichen Landwirtschaftsfläche liegen aktuell Grundwasserflurstände von deutlich über 10 m vor, siehe Anlage 1.3. Diese Situation ändert sich auch nicht, wenn ein Aufschlag von 1 m für hohe Grundwasserneubildung berücksichtigt wird. Bei Grundwasserflurabständen dieser Größenordnung kann der Grundwasserstand in den durchzuführenden Grundbruchuntersuchungen vernachlässigt werden. Es wird insofern lediglich der erdfeuchte Boden in den Berechnungen berücksichtigt.

Im Bereich der westlichen Landwirtschaftsfläche liegen aktuell minimale Grundwasserflurabstände von 3,0 m vor, und zwar unmittelbar in dem aus der Planung der PV-Anlage ausgesparten Abschnitt der Fläche. Unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes (aktueller Wasserstand zzgl. 1 m) wird in den Grundbruchuntersuchungen der westlichen Teilfläche ein GWFA von 2,0 m berücksichtigt.

5.3.3 Lastannahmen

Die nach der Sanierung geplante landwirtschaftliche Nutzung der Flächen des Bearbeitungsgebietes bedingt den Einsatz der in Tabelle 5.6 angegebenen Gerätetechnik. Die zugehörigen Geräte- und Achslasten orientieren sich an [N6]. Gleiches gilt für die in der Tabelle ebenfalls angegebenen Straßen- und Baufahrzeuge, wobei durch das Kraftfahrzeug mit einem Gesamtgewicht von 18 t auch brandbekämpfende Feuerlöschfahrzeuge berücksichtigt werden.

Tabelle 5.6 Lastannahmen der Gerätetechnik

	Eingesetztes Gerät	Geräte- gesamtlast [t]	max. Achslast [t]	lotrechte Radlast P [kN]	Bereifung
Agrartechnik	Mähdrescher	19,1	14,0	70,0	650/75 R 32
Straßen- und Baufahrzeuge	Kraftfahrzeug	18,0	11,5	57,5	315/80 R 22,5
	Sattelkraftfahrzeug	40,0	8,0	40,0	385/65 R 22,5

5.3.4 Berechnungsergebnisse

Grundbruchsicherheit der Transformatorenstation

Aufgrund der auf 12,15 m² flächig verteilten Last von 194,5 kN sind in den statischen Grundbruchuntersuchungen keine Probleme erkennbar. Es ergeben sich folgende Grundbruchsicherheiten η_{min} nach DIN 4017 [N1] bzw. Ausnutzungsgrade μ_{max} nach EC 7 [N5]:

- westliche Teilfläche bei mind. 2,0 m GWFA: $\eta_{min} = 12,62$ bzw. $\mu_{max} = 0,15$ und
- östliche Teilfläche bei mind. 10,0 m GWFA: $\eta_{min} = 20,28$ bzw. $\mu_{max} = 0,09$.

Die Standsicherheit ist damit erbracht. Die Berechnungsausdrucke enthält Anlage 5.1.

Grundbruchsicherheit der Solarmoduln

Die Solarmoduln tragen ihre Lasten über Rammpfähle in den Untergrund ab. Für die Pfähle sind Probelastungen zum Nachweis der ordnungsgemäßen Übertragung der Beanspruchungen in den Baugrund durchzuführen. Geotechnische Berechnungen zur Grundbruchsicherheit erübrigen sich damit.

Grundbruchsicherheit der Agrartechnik

Die Nachnutzung der Flächen ist durch den Einsatz von landwirtschaftlichen Geräten bis max. 25 t Gesamtmasse vorgesehen. Für diese Technik ergibt sich nach DIN 4017 [N1] bzw. EC 7 [N5] folgende minimalen Sicherheitsniveaus η_{min} bzw. Ausnutzungsgrade μ_{max} :

- westliche Teilfläche bei mind. 2,0 m GWFA: $\eta_{min} = 3,98$ bzw. $\mu_{max} = 0,53$ und
- östliche Teilfläche bei mind. 10,0 m GWFA: $\eta_{min} = 4,46$ bzw. $\mu_{max} = 0,47$.

Die für den permanenten Zustand geforderte Grundbruchsicherheit ist damit gegeben. Die Berechnungsausdrucke enthält Anlage 5.2.

Grundbruchsicherheit gummibereifter Baugeräte

Gummibereifte Baugeräte auf der direkten Kippenoberfläche wurden mit einer Radlast von maximal 5,75 t in den statischen Grundbruchuntersuchungen berücksichtigt. Durch diesen Ansatz werden LKW mit einer Gesamtmasse von bis zu 18 t erfasst. Für den LKW ergeben sich für die temporäre Bemesungssituation folgende minimalen Sicherheitsniveaus η_{min} nach DIN 4017 [N1] bzw. maximale Ausnutzungsgrade μ_{max} nach EC 7 [N5]:

- westliche Teilfläche bei mind. 2,0 m GWFA: $\eta_{min} = 1,61$ bzw. $\mu_{max} = 1,05$ und
- östliche Teilfläche bei mind. 10,0 m GWFA: $\eta_{min} = 1,84$ bzw. $\mu_{max} = 0,92$.

Die Grundbruchsicherheit der Kippenflächen ist damit für gummibereitete Baugeräte bis 18 t Gesamtmasse nachgewiesen. Die geringfügige Überschreitung des Ausnutzungsgrades im Bereich der westlichen Teilfläche kann – unter Berücksichtigung der auf den Kippenflächen vorhandenen Durchwurzelung – toleriert werden. Die Berechnungsausdrucke enthält Anlage 5.3.

Für den Bereich des südlich des Bearbeitungsgebietes verlaufenden Forstweges wurde die Deckschicht – auf Basis der Erkundungsergebnisse aus dem Jahr 2015 (Anlage 3.2) – mit einer Dicke von 0,25 m angenommen. Der restliche Bodenaufbau bleibt unverändert. Auf dem Weg ist grundsätzlich schwerere Gerätetechnik einsetzbar als auf den Kippenflächen. Für den Sattelschlepper mit einer Gesamtmasse von 40 t ergeben sich folgende minimalen Sicherheitsniveaus η_{min} nach DIN 4017 [N1] bzw. maximale Ausnutzungsgrade μ_{max} nach EC 7 [N5], wobei ebenfalls der temporäre Zustand angesetzt wurde:

- westliche Teilfläche bei mind. 2,0 m GWFA: $\eta_{min} = 3,00$ bzw. $\mu_{max} = 0,56$ und
- östliche Teilfläche bei mind. 10,0 m GWFA: $\eta_{min} = 3,32$ bzw. $\mu_{max} = 0,51$.

Die für den temporären Zustand geforderte Grundbruchsicherheit ist damit im Bereich des Forstweges für gummibereitete Baugeräte bis 40 t Gesamtmasse gegeben. Die Berechnungsausdrucke enthält Anlage 5.4.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN / BEWERTUNG DER GEPLANTEN FLÄCHENNUTZUNG

Das Bearbeitungsgebiet befindet sich innerhalb der Grenze der Landinanspruchnahme des früheren Tagebaus Grünewalde. Der anstehende Baugrund wird durch Kippenböden gebildet, die im Zusammenhang mit dem Versturz von Abraummassen hier abgelagert wurden. Im Bereich der westlichen Teilfläche stehen oberflächennah Massen aus der Verkippung mittels Abraumförderbrücke (s.g. AFB-Kippe) an. Im Bereich der östlichen Teilfläche werden diese Massen durch weitere im Trockenversturz abgelagerte Kippenböden überlagert (s.g. Trockenkippe).

Die Kippenböden sind im Rahmen mehrerer Erkundungskampagnen aufgeschlossen und hinsichtlich ihrer bodenmechanischen Eigenschaften untersucht worden, siehe Abschnitt 4. Im Ergebnis ist festzustellen, dass die AFB-Kippe aufgrund ihrer gemischtkörnigen Materialzusammensetzung grundsätzlich als nicht verflüssigungsempfindlich einzustufen ist. Aufgrund der äußerst inhomogenen Zusammensetzung der AFB-Kippenmassen kann die lokal begrenzte Verbreitung verflüssigungsempfindlicher Kippenmassen jedoch nicht ausgeschlossen werden. Von diesen gehen keine geotechnische Gefährdungen aus. Jedoch sind – bei entsprechend geringer erdfeuchter Überdeckung – lokale Verflüssigungsgrundbrüche mit Einsenkungen der Geländeoberfläche von mehreren Dezimetern möglich.

Die im Bereich der östlichen Teilfläche überlagernde Trockenkippe besteht aus verflüssigungsempfindlichen locker gelagerten Massen. Aufgrund fehlender Wassersättigung sind Verflüssigungsvorgänge hier ausgeschlossen. Dies gilt auch unter Berücksichtigung einer erhöhten Grundwasserneubildungsrate.

Die Grundbruchuntersuchungen (Abschnitt 5.3) belegen, dass der Einsatz landwirtschaftlicher Geräte bis 25 t Gesamtmasse auf den landwirtschaftlich genutzten Kippenflächen des Bearbeitungsgebietes bei den vorliegenden GWFA standsicher möglich ist. Dies gilt auch für den – aktuell aus der Planung der PV-Fläche ausgesparten Teil an der nördlichen Begrenzung der westlichen Teilfläche. Die größeren Peripheriegeräte der PV-Anlage (Transformatoren und Batteriespeicher) sind aufgrund ihrer großen Aufstellfläche ebenfalls grundbruchsicher auf den Kippenflächen aufstellbar. Für die PV-Module sind Tragfähigkeitsnachweise der Pfahlgründung durch Probelastungen zu erbringen.

Gummibereifte Baufahrzeuge (z.B. LKW, Rammen) bis 18 t Gesamtmasse sind auf den Kippenflächen grundbruchsicher einsetzbar. Für den Einsatz schwererer Baufahrzeuge bis 40 t Gesamtmasse ist das Anlegen bauzeitlicher Zufahrtswege / Arbeitsebenen erforderlich. Die im Umfeld des Bearbeitungsgebietes vorhandenen Wege mit ungebundenem Oberbau – insbesondere der Forstweg südlich des Bearbeitungsgebietes – erfüllen diese Forderung bereits. Sie sind für eine Benutzung durch Baufahrzeuge bis 40 t Gesamtmasse geeignet.

Im unmittelbaren Bearbeitungsgebiet ist lediglich im Bereich der westlichen Begrenzung der östlichen Teilfläche eine Böschung mit größerer Höhe vorhanden. Der Bereich wird durch Profilschnitt 3 – 3' erfasst. Eine ausreichende Böschungsstandsicherheit konnte in den Standsicherheitsberechnungen nachgewiesen werden (Abschnitt 5.2).

Die Standsicherheit der Flächen des Bearbeitungsgebietes ist damit im erforderlichen Maß nachgewiesen. Die in Anlage 1.4 abgegrenzten Landwirtschaftsflächen können damit aus der Bergaufsicht entlassen werden. Die geplante Errichtung der PV-Anlagen ist im gesamten in Anlage 1.4 dargestellten Flächenbereich standsicher möglich.

Südlich des Bearbeitungsgebietes verbleiben entlang der RL 76 und RL 77 Kippenböschungen, für die zum Teil keine ausreichende Standsicherheit nachweisbar ist und die zudem bereits im aktuellen Zustand durch größere Erosionsrinnen umgebildet sind, siehe Anlage 1.4. Des Weiteren befindet sich westlich des Bearbeitungsgebietes eine Kippenfläche (s.g. westlicher Randschlauch), auf der noch ergänzende Erkundungen und nachfolgende Bewertungen erforderlich werden. Die Fläche ist ebenfalls in Anlage 1.4 dargestellt. Insgesamt ist damit nicht auszuschließen, dass im Umfeld des Bearbeitungsgebietes künftig noch Sanierungsmaßnahmen erforderlich werden. Ausgehend von der Entfernung der potenziellen Sanierungsflächen zum Bearbeitungsgebiet wird eingeschätzt, dass ggf. erforderliche Sanierungen keinen Einfluss auf das Bearbeitungsgebiet haben.

7 EMPFEHLUNGEN

Aufgrund der Heterogenität der Kippenmaterialien werden sich Setzungen und aus Grundwasserstandsschwankungen resultierende Sackungen nicht gleichmäßig ausbilden. Setzungsunterschiede zwischen den einzelnen Fundamenten der PV-Module können zur Schädigung der Module führen. Es wird daher im Fundamentbereich ein entsprechender Setzungsausgleich notwendig.

Da sich Sackungen in der Regel plötzlich einstellen können, ist die regelmäßige Kontrolle (Monitoring) des Bearbeitungsgebietes zu empfehlen. Das Monitoring hat sich vordergründig auf die Stützenfüße zu konzentrieren und sämtliche Unregelmäßigkeiten der Geländeoberfläche einzubeziehen.

Für die Rammpfähle sind Probelastungen zum Nachweis der ordnungsgemäßen Übertragung der Beanspruchungen in den Baugrund durchzuführen.

Bei der Gründung der Transformatorenstation einschl. der angegliederten Batteriespeicher ist auf eine Gründungstiefe zu achten, die ausreichende Frostsicherheit gewährt.

CDM Smith SE
28.03.2025

erstellt:



Dipl.-Ing. Sabine Metzker
vom Sächsischen Oberbergamt anerkannte
Sachverständige für Geotechnik



M.Sc. Josefine Lorenz



M.Sc. Wiebke Sievers