
Stand sicherheitsnachweis für den Kiessandtagebau Merseburg „An der B 91“

Auftraggeber: Mitteldeutsche Baustoffe GmbH
Köthener Straße 13
06193 Petersberg OT Sennewitz

Auftragnehmer: BIUG GmbH Freiberg
Weisbachstraße 6
09599 Freiberg

Auftragsnummer: 14657-10-22

Bearbeiterin: Dipl.-Ing. J. Deutscher

Umfang: 33 Seiten Text
8 Anlagen

Freiberg, den 24.01.2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Seiffert'.

Dipl.-Ing. J. Seiffert
Geschäftsführer

Vom Sächsischen Oberbergamt
anerkannter Sachverständiger
für Geotechnik

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Deutscher'.

Dipl.-Ing. J. Deutscher
Bearbeiterin

Dipl.-Ing. für Geotechnik

Standortsicherheitsgutachten	2
------------------------------	---

Inhaltsverzeichnis

A	Anlagenverzeichnis	3
B	Abbildungsverzeichnis	3
C	Tabellenverzeichnis	3
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Geltungsbereich des Bearbeitungsgebietes	7
3	Verwendete Unterlagen	8
4	Auswertung der Bestandsunterlagen	10
4.1	Lage des Bearbeitungsgebietes	10
4.2	Historische Entwicklung des Standortes	10
4.3	Geologische Verhältnisse	12
4.4	Hydrogeologische Verhältnisse	13
4.5	Technologische Verhältnisse	14
4.6	Zu schützende Objekte	15
5	Feld- und Laboruntersuchungen	16
5.1	Erkenntnisse aus der Befahrung vom November 2022	16
5.2	Ergebnisse der Felduntersuchungen	18
5.3	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	19
5.4	Bodenkennwerte für die Standsicherheitsberechnung	22
6	Standortsicherheitsberechnung	23
6.1	Erläuterung der Berechnungsverfahren	23
6.1.1	Berechnungsverfahren	23
6.1.2	Erforderliche Sicherheiten	24
6.2	Darstellung des Berechnungsmodells	26
6.3	Berechnungsergebnisse	28
6.3.1	Allgemeine Bemerkungen	28
6.3.2	Abbauböschung	28
6.3.3	Endböschungen	29
6.4	Bewertung der Tragfähigkeit des Verfüllbereiches	30
7	Schlussfolgerung, Empfehlungen und Zusammenfassung	31

A Anlagenverzeichnis

14657-10-22/01	Übersichtslageplan, M 1 : 50.000	
14657-10-22/02	Lageplan mit Aufschlusspunkten von 1998 und 2022, M 1 : 4.000	
14657-10-22/03.1	Sondierergebnisse der Aufschlüsse von 2022	
14657-10-22/03.2	Bohrergebnisse der Altbohrungen von 1998 (nach [U4])	
14657-10-22/04	Ergebnisse bodenmechanischen Laborversuche von 2022	
14657-10-22/05	Ergebnisse des Scherversuches	
14657-10-22/06	Schnittdarstellung der Berechnungsschnitte 1 und 2, M 1 : 100	
14657-10-22/07	Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen für die Abbauböschung, Blatt 1 bis 10	
14657-10-22/08	Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen für die Endböschung, Blatt 1 bis 8	

B Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Luftbild des Kiessandtagebaus (Quelle: geoportal Sachsen-Anhalt)	7
Abbildung 2:	Verwallung und Endböschung an der südlichen Grenze des Tagebaus zur geplanten Abbaufäche	16
Abbildung 3:	Rekultivierte Ackerfläche (Nutzfläche) des Kiessandtagebaus	17
Abbildung 4:	Aktueller Zustand der westl. Böschung und des Einschnittes	17
Abbildung 5:	Standort am Aufschlusspunkt RKS 3, Blickrichtung Nordwesten in Richtung RKS 1 und Kiessandtagebau, südlicher unverritzter Bereich	18
Abbildung 6:	Erkundungsarbeiten am Aufschlusspunkt RKS 1	19
Abbildung 7:	Stutzenprobenahme am Punkt P 1 (Westböschung)	20
Abbildung 8:	Gleitlinie, Lamellenverfahren bei einer Böschung	24

C Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ermittelte Grundwasserstände in den GW-Messstellen	13
Tabelle 2:	Ergebnisse der Laboruntersuchungen von 2022	21
Tabelle 3:	Bodenmechanische Berechnungskennzahlen	22
Tabelle 4:	Teilsicherheitsbeiwerte	25

Stand sicherheitsgutachten	4
Tabelle 5: Erforderliche Sicherheiten nach dem alten globalen Sicherheitskonzept	26
Tabelle 6: Aus den Stand sicherheitsberechnungen für die Abbauböschung abgeleitete Sicherheiten bzw. Ausnutzungsgrade	28
Tabelle 7: Aus den Stand sicherheitsberechnungen für die Endböschung abgeleitete Sicherheiten bzw. Ausnutzungsgrade	29



Beratende Ingenieure für
Umweltgeotechnik und Grundbau GmbH

Baugrund und Grundbau
Ingenieur- und Wasserbau
Umweltberatung und Sanierung
Geotechnik und Bergbau

Mitteldeutsche Baustoffe GmbH
Köthener Straße 13
06193 Petersburg OT Sennewitz

Weisbachstraße 6, D-09599 Freiberg
Tel.: (03731) 2 60 10; Fax: (03731) 2 60 123
E-Mail: info@biug-geotechnik.de
<http://www.biug-geotechnik.de>

Büro Senftenberg
Knappenstraße 1, D-01968 Senftenberg
Tel.: (03573) 14 05 31; Fax: (03573) 79 62 75
E-Mail: senftenberg@biug-geotechnik.de

Büro Zeitz
Gleinaer Straße 11, D-06712 Zeitz
Tel.: (03441) 25 03 27; Fax: (03441) 21 03 34
E-Mail: zeitz@biug-geotechnik.de

Sei/Deu 24.01.2023
Auftrag-Nr.: 14657-10-22

Standsicherheitsnachweis für den Kiessandtagebau Merseburg „An der B 91“

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Es ist von der Mitteldeutsche Baustoffe GmbH vorgesehen, den bergfreien Bodenschatz „Kiese und Kiessande zur Herstellung von Betonzuschlagsstoffen“ an der Lagerstätte Kieswerk Merseburg „An der B 91“ vollständig auszukiesen und die planfestgestellten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen auszuführen. Dazu ist eine Verlängerung des Planfeststellungsbeschlusses um 30 Jahre bis zum 31.12.2055 notwendig.

Der Nordteil ist bereits abgebaut und befindet sich noch in der Wiederverfüllung. Der weitere Abbau soll gemäß Planänderungsbeschluss von 2010 im südlichen Teil des Kiessandtagebaus erfolgen. Das mit diesem Beschluss von 2010 genehmigte Gewinnungsgerät (Eimerkettenbagger) soll aufgrund technisch-technologisch bedingter Änderungen im Abbauverfahren durch einen Tieflöffel-, Seilzug- oder Langarmbagger ersetzt werden.

In der Niederschrift zum Scoping Verfahren [U6] wird für das neue Gewinnungsgerät zur Nassauskiesung ein Nachweis der Standsicherheit gefordert.

Basierend auf den Erkenntnissen aus der Unterlagenrecherche, aus einer Vor-Ort-Befahrung und aus den Ergebnissen der Feld- und Laboruntersuchungen werden in dem zu erarbeitenden Standsicherheitsgutachten

- die geotechnischen, geologischen, hydrogeologischen und technologischen Verhältnisse beschrieben,
- maßgebende Kennwerte basierend auf den Feld- und Laborversuchen abgeleitet,

- Berechnungsmodelle für die südliche Bewilligungsfläche (südliche Teilfläche) erstellt,
- basierend auf einem Berechnungsmodell die Standsicherheit des Tieflöffel-, Seilzug- oder Langarmbagger ermittelt,
- die sich aus den Berechnungen ergebenden Ergebnisse ausgewertet und interpretiert,
- Aussagen zur Tragfähigkeit der verfüllten Bereiche (hier: vorgesehene Verfüllung der geplanten Nassauskiesung mit Lehm, Geschiebemergel und Fremdmaterial) erarbeitet,
- Vorgaben für einzuhaltende Vorländer, Böschungshöhen, Bermen oder Böschungsneigungen abgeleitet und
- eine zusammenfassende Darstellung aller Ergebnisse und Empfehlungen erstellt.

2 Geltungsbereich des Bearbeitungsgebietes

Die räumliche Begrenzung des Geltungsbereiches der vorliegenden Bearbeitung ist im Lageplan (Anlage 14657-10-22/02) und in Abbildung 1 dargestellt. Sie kann durch die folgenden Rechts- und Hochwerte (ETRS 89 – Gauß-Krüger Koordinate) der Eckpunkte näher beschrieben werden:

I Rechtswert 44 98521,30 II Rechtswert 44 99310,76
Hochwert 56 86965,10 Hochwert 56 86880,30

III Rechtswert 44 99200,00 IV Rechtswert 44 98790,00
Hochwert 56 86010,10 Hochwert 56 86000,00



Abbildung 1: Luftbild des Kiessandtagebaus (Quelle: geoportal Sachsen-Anhalt)

3 Verwendete Unterlagen

Die Erarbeitung des vorliegenden geotechnischen Gutachtens erfolgt auf der Grundlage folgender Unterlagen:

- [U1] Leistungsbeschreibung für die Ingenieurleistungen den Standsicherheitsnachweis des Gewinnungsgerätes, aufgestellt von Terra Montan Gesellschaft für angewandte Geologie mbH
- [U2] Leistungs- und Kostennennung zur Leistungsbeschreibung [U1], BIUG GmbH, 13.10.2022 (BIUG - Bearbeitungsnr. 14657-10-22)
- [U3] Kieserkundung Merseburg an der B91, Ergebnisbericht, Harres Pickel Consult, 03.04.1991
- [U4] Dokumentation Nacherkundung Kieslagerstätte Merseburg (B91), iboTech industrielle Bohr- und Schneidetechnik GmbH, September 1998
- [U5] Tischvorlage zum Scopingtermin, Verlängerung der Planfeststellungsbeschlüsse bis einschließlich 31.12.2055, Weiterführung der bergbaulichen Arbeiten im Kieswerk Merseburg „An der B91“ bis zur vollständigen Auskiesung, erarbeitet: Terra Montan Gesellschaft für angewandte Geologie GmbH, 31.10.2021
- [U6] Niederschrift zum Scopingverfahren PFV An der B91 - Merseburg, Planänderung Verlängerung der Vorhabenslaufzeit, Landesamt für Geologie und Bergwesen, 03.05.2022
- [U7] Auszug aus dem Rahmenbetriebsplan Südfeld und Norderweiterung für Kiessandtagebau Merseburg „An der B91“, erarbeitet: Unternehmensberatung Umweltschutz Dr. Werner Wohlfarth von 2001
- [U8] Entwurf Rahmenbetriebsplan gemäß § 52 Abs. 2a Bundes-Berggesetz (BBergG), Kiessandtagebau Merseburg „An der B 91“, Verlängerung der Vorhabenszeit bis zum 31.12.2050, Mitteldeutsche Baustoff GmbH, Stand 04.05.2022 (intern)
- [U9] Datenblatt ZAXIS- 7 Serie, HITACHI, ZAXIS 250/300/350
- [U10] Übersichtsriss des Kiessandtagebaus mit Abbauflächen und Aufschlusspunkten, Mitteldeutsche Baustoffe GmbH, M 1 : 2.000, 06.12.2022
- [U11] DIN 4149, Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, April 2005
- [U12] DIN 1054, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, Dezember 2010
- [U13] DIN 1054, Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, November 1976

- [U14] DIN 4084, Gelände und Böschungsbruchberechnungen, Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, Juli 1981
- [U15] GGU-Stability, Version 12.02, Berechnungsprogramm zur Berechnung der Böschungsstandsicherheit
- [U16] DIN EN 1997-1:2009-09 Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln mit Nationalem Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010-12
- [U17] Grundbau – Taschenbuch, Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 8. Auflage, Karl Josef Witt (Hrsg.)
- [U18] DIN EN ISO 14688-2 Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen

4 Auswertung der Bestandsunterlagen

4.1 Lage des Bearbeitungsgebietes

Der Kiessandtagebau Merseburg liegt außerhalb einer Ortslage und befindet sich südlich der Ortschaft Merseburg im Landkreis Saalekreis, Gemarkung Merseburg (Flur 88, 89 und 9).

Wie bereits in [U5] dargestellt ist der Kiessandtagebau Merseburg – „An der B91“ über das Gewerbegebiet Merseburg-Süd an die B91 und somit auch an die A38 angebunden.

Zur nächsten Ortschaft Kötzschen im Norden beträgt die Entfernung ca. 800m. Etwa 2,5 km südlich beginnt die Bergbaufolgelandschaft Geiseltal mit den Tagebaurestseen Runstedter See, Großkaynaer See und Geiseltalsee.

Östlich des Kiessandtagbaues befindet sich die stillgelegte und vollständig rekultivierte Hochhalde Leuna, welche bis etwa 2000 als Deponie genutzt wurde.

4.2 Historische Entwicklung des Standortes

Auf Grundlage der zur Verfügung gestellten Unterlagen konnten folgende Informationen zur Standortentwicklung des Kiessandtagebaus Merseburg zusammengestellt werden:

Nach den Entwurfsunterlagen des Rahmenbetriebsplans zur Verlängerung der Vorhabenslaufzeit [U8] für den Standort erteilte „...das Bergamt Halle (BA Halle) [...] der Mitteldeutsche Beton- und Kieswerke GmbH mit [der] Urkunde vom 13.09.1991 die Bewilligung zur Gewinnung für den bergfreien Bodenschatz „Kiese und Kiessanden zur Herstellung von Betonzuschlagsstoffen“ im Bewilligungsfeld (BF) „An der B91-Merseburg“ mit einer Flächengröße von 117,06 ha. ...“

Im Verlauf der Jahre erfolgten mehrere Übertragungen der Bewilligung zur Gewinnung des bergfreien Bodenschatzes. So stimmte das BA Halle am 22.06.1992 der Übertragung der o.g. Bewilligung an die H & T Tiefbau Merseburg GmbH & Co. KG zu. Die Zustimmung des BA Halle zur Übertragung der Bewilligung auf die ROBA Kieswerk Merseburg GmbH erfolgte am 17.07.1999.

Auf Antrag der ROBA Kieswerk Merseburg GmbH vom 28.05.2001 wurde die Begrenzung des Bewilligungsfeldes mit Bescheid vom 18.10.2001 geändert, teilweise aufgehoben und durch die Eckpunkte neu beschrieben. Damit verbunden war eine Reduzierung der Flächengröße des Bewilligungsfeldes auf 54,74 ha.

Mit der Zustimmungsurkunde des Bergamtes Halle vom 26.10.2001 erfolgte die Übertragung der Bergbauberechtigung Nr. II-B-f-8/91-4637 für das Bewilligungsfeld „An der B91 – Merseburg“ auf die Hanson Germany GmbH & Co. KG.

Die Bewilligungsübertragung auf die Mitteldeutsche Baustoffe GmbH (MDB) erfolgte durch das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) mit Urkunde vom 11.03.2011.

In der Tischvorlage zum Scopingtermin [U5] wurde zur geschichtlichen Entwicklung des Kieswerkes folgendes ausgeführt:

„...Die Mitteldeutsche Baustoffe GmbH (MDB) betreibt südlich der Stadt Merseburg das Kieswerk Merseburg „An der B91“. Für den Aufschluss und den Betrieb des Kieswerkes wurde ein bergrechtliches Planfeststellungsverfahren durchgeführt. Mit Planfeststellungsbeschluss vom 30.10.2001 ist das Vorhaben bis zum 31.12.2025 befristet. Die Abbauarbeiten beziehen sich dabei auf eine Gewinnungsfläche von 33,50 ha sowie die Flächen für Aufbereitungs- und Tagesanlagen.

Zur optimalen Lagerstättenausnutzung erließ das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) am 29.03.2010 einen Planänderungsbeschluss für die Erweiterung der Gewinnungsfläche um 20,15 ha. Außerdem wurden 3,35 ha als Betriebsflächen genehmigt. Die Gesamtabbaufläche umfasst somit eine Fläche von insgesamt 53,65 ha zzgl. der Betriebsfläche.

Mit dem Planergänzungsbeschluss von 2010 ist der Landschaftspflegerische Begleitplan an die Flächenerweiterung für das gesamte Kieswerk angepasst worden. Neben der Zulassung der Ergänzung des obligatorischen Rahmenbetriebsplanes enthält dieser die naturschutzrechtliche Eingriffsgenehmigung für die zusätzlich in Anspruch zu nehmende Fläche, die Befreiung von den Verboten des § 42 BNatSchG nach § 62 BNatSchG, für die Entfernung von Niststätten (Artenschutz) sowie Genehmigungen nach § 14 (1) und (2) Denkmalschutzgesetz (DSchG) Landesamt Sachsen-Anhalt (LSA). Als Rekultivierung ist eine abbaubegleitende Verfüllung der entstehenden, offenen Wasserflächen vorgesehen. Dabei soll ein kleiner Bereich im Norden als Sukzessionsflächen für temporäre Feuchtbrachen und -biotope entstehen und im Süden wieder landwirtschaftliche Fläche hergestellt werden.

Im Jahr 2012 wurde die Nassaufbereitung im Kieswerk Merseburg eingestellt, die mobilen Aufbereitungsanlagen demontiert und abtransportiert. Daraufhin wurde mit Schreiben vom 18.09.2013 die vom Bergamt (BA) Halle zugelassene Wasserrechtliche Erlaubnis zur Entnahme von Wasser vom 21.05.1997 und deren Änderung (14.06.2000) widerrufen.

Die MDB beabsichtigt die Wiederaufnahme der Gewinnungsarbeiten im Regelbetrieb am Standort Merseburg bis zur vollständigen Auskiesung der Lagerstätte und die Realisierung der planfestgestellten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Dazu ist eine Laufzeitverlängerung um 30 Jahre bis zum 31.12.2055 über die Befristung des obligatorischen Rahmenbetriebsplans hinaus geplant. ...“

4.3 Geologische Verhältnisse

In den früheren Bearbeitungen für den Standort des Kiessandtagebaus Merseburg wurden die anstehenden geologischen Verhältnisse bereits ausführlich beschrieben und erläutert.

Es ist der Dokumentation zur Nacherkundung der Kieslagerstätte Merseburg [U4] zu entnehmen, dass *„... der geologische Untergrund des betrachteten Raumes in seiner natürlichen ungestörten Ausbildung aus känozoischen Lockersedimenten (hauptsächlich quartäre/untergeordnet tertiäre) sowie Gesteine der Paläozoikums besteht. [...] Das Territorium befindet sich in der nördlichen Einheit (sog. Merseburger Bundsandsteinplatte) innerhalb der sog. Thüringischen Senke, wo die Basis der Lockersedimente durch die Gesteine des Trias (hier vorrangig verwitterte Sand-, Schluff- und Tonsteine des mittleren Bundsandsteins) gebildet wird.*

Nach [U3] befindet sich die Lagerstätte im Bereich der Merseburger Bundsandsteinplatte im Ausstrichbereich der Tertiärschichten des Geiseltals. Die Quartärbasis wird von feinsandigen, kaolinhaltigen Schluffen und Tonen gebildet, in denen Braunkohlelinsen eingelagert sind. Die Liegendsedimente sind stratigraphisch dem Tertiär zuzuordnen. Die Quartärbasis und damit die Lagerstättenbasis steigt von Norden (Grenzen Betonwerk) nach Süden von +95 m ü. NN auf +100 m ü. NN an.

Bei den Kiessanden handelt es sich um frühsaalekaltzeitlichen Schotter der Saalehauptterrasse. Sie verzahnen sich nördlich des Erkundungsgebietes mit den Schottern der Unstrut. Die Unstrutschotter sind extrem reich an Muschelkalkgeröllen. Schluffige Einlagerungen in Form von Linsen sind im Schotterkörper zu erwarten. Die Mächtigkeit des Schotters liegt im Mittel bei 5,5 m bis 6,0 m.

Den Abraum über der Lagerstätte bilden 0,3 m bis 3,0 m mächtige saalezeitliche Geschiebemergel. [...] Darüber und im nördlichen Bereich auch direkt über dem Kieskörper lagert weichselkaltzeitlicher gelbbrauner Löß mit schwankender Mächtigkeit von 1,0 – 4,0 m. Überwiegend ist der Löß verlehmt und in diesem Bereich aufgrund humoser Beimengungen graubraun gefärbt.

Die pleistozänen Schichten werden von einer ca. 0,5 m mächtigen Mutterbodenschicht bedeckt.

Aus der Dokumentation [U4] ist folgendes Normalprofil [in m u. GOK] für den Kiessandtagebau zu entnehmen:

- 0,0 m bis 4,0 m Löß (Pleistozän-Weichselkaltzeit), hellgelbe bis ockerfarben
- 4,0 m bis 6,0 m Geschiebemergel (Pleistozän-Saalekaltzeit)
- 6,0 m bis 8,9 m Schmelzwassersande, bräunlichgrau bis hellgelb
- 8,9 m bis 9,7 m Schluffe/Feinsande (mittlerer Bundsandstein)
- 9,7 m bis 11,0 m Braunkohle
- darunter Schluffstein/ Tonstein des mittleren Bundsandsteins.

Dieses Normalprofil des anstehenden Untergrundes konnte mit den ausgeführten Erkundungsmaßnahmen bestätigt werden (siehe Kapitel 5).

4.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Für die Grundwasserdynamik im Bereich des Lockergesteinsstockwerkes im betrachteten Gebiet sind im Nordosten die Saale als Vorfluter und Entlastungsraum sowie die Tagebaurestlöcher im Südwesten (Großkayna) als Entlastungsgebiet bestimmend.

Der hier relevante Hauptgrundwasserleiter wird durch die quartäre Schmelzwasserkiese und -sande vertreten und führt mehr oder weniger gespannte Wässer. Die Grundwasserfließrichtung verläuft nach Norden.

In [U5] wird hinsichtlich der vorliegenden Grundwassersituation folgendes dargestellt: *„...In der Geisel-Niederung steht der Grundwasserspiegel im Allgemeinen oberflächennah zwischen 0,0 m und 2,0 m unter Geländeoberkante (GOK) an. Im nördlichen Areal liegt der Wasserspiegel im Bereich von + 97,0 m NHN. In südliche Richtung, zu Abbaufeld hin, verändert sich der Grundwasserstand mit dem Geländeprofil und ist zwischen 2,6 m – 9,0 m unter GOK im südlichen Teil der Rahmenbetriebsplangrenze anzutreffen. Bei einem durchschnittlichen Abstand von 6,0 m unter GOK befindet sich die Grundwasseroberfläche im südlichen Feld voraussichtlich bei +103,0 m NHN. ... „*

Einmal im Monat werden von der MDB die Grundwasserstände in den nördlich und westlich des Kiessandtagebaus gelegenen GW-Messstellen sowie der Wasserstand des Kieseesees gemessen. In der nachfolgenden Tabelle 1 wurde die Entwicklung der gemessenen Grundwasserstände aus dem Jahr 2022 dargestellt.

Tabelle 1: Ermittelte Grundwasserstände in den GW-Messstellen

Datum	OFM 14 (Kieseese)	GWM 5419 (nördl. Pegel)	GWM 2406 (westl. Pegel)
	101,27 m POK [NHN]	103,56 m POK [NHN]	106,35 m POK [NHN]
11.01.2022	98,48	98,26	98,32
21.02.2022	98,47	98,24	98,3
15.03.2022	98,44	98,21	98,3
04.04.2022	98,39	98,18	98,31
11.05.2022	98,37	98,16	98,3
10.06.2022	98,38	98,15	98,27
25.07.2022	98,36	98,13	98,27
24.08.2022	98,32	98,08	98,25
19.09.2022	98,29	98,06	98,23
10.10.2022	98,27	98,05	98,23
02.11.2022	98,3	98,06	98,22
05.12.2022	98,31	98,09	98,23

Es ist festzustellen, dass im Bereich des Tagebaus nur ein geringer hydraulischer Gradient vorhanden ist und die Grundwasserfläche homogen ausgebildet ist. Die

jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserstandes sind kaum ausgebildet. Es ist eine kontinuierliche Verringerung des Grundwasserstandes festzustellen.

Basierend auf den gemessenen Grundwasserständen im Jahr 2022 kann für den nördlichen Teil des Kiessandtagebaus ein mittlerer Grundwasserstand von rund + 98,3 m NHN ermittelt werden.

In den im südlichen Areal abgeteufte Sondierungen konnte nur in der RKS 1 in ca. 9,3 m unter GOK (+ 98,7 m NHN) Grundwasser im Sondierloch festgestellt werden. Bei den anderen Sondierungen war das Sondierloch oberhalb der + 98,7 m NHN bereits zugefallen. Die nur geringe Differenz zwischen der Messung im Sondierloch und den weiter entfernten Grundwassermessstellen kann auf eine Messung im Kapillarsaumbereich in der Deckschicht des Kieshorizontes oder auf leicht gespannte Grundwasserverhältnisse zurückgeführt werden.

Für die auszuführenden Standsicherheitsberechnungen wird von einem Bemessungswasserstand im südlichen Erweiterungsbereich des Kiessandtagebaus von + 98,7 m NHN ausgegangen.

Dem Gutachter lagen keine Informationen über einen prognostizierten Hochwasserstand vor. Für die Berechnungen wird, auf Grundlage von Erfahrungswerten ein 1,0 m höheren Wasserstand für die Hochwassersituation (+ 99,7 m NHN) als der Bemessungswasserstand angenommen.

4.5 Technologische Verhältnisse

Aufgrund des in den letzten Jahren diskontinuierlichen Betriebes in Verbindung mit dem Rückbau der Anlage muss für die regelmäßigen Gewinnungsarbeiten die Tagebauinfrastruktur mit Aufbereitungstechnik sowie Tagesanlagen wieder errichtet werden. Der AG sieht vor, das mit dem Planfeststellungsbeschluss genehmigte Gewinnungsgerät (Eimerkettenbagger) aufgrund technisch-technologischer bedingter Änderung im Abbauverfahren durch einen Tieflöffelbagger, Seilzugbagger oder Langarmbagger zu ersetzen.

In der Unterlage [U8] wird beschrieben, dass der geplante Abbau von Mutterboden (Mächtigkeit ca. 0,5 m), Abraum (Mächtigkeit ca. 6,0 m) und des Nutzhorizontes (ab ca. 6,0 m u. GOK) bis 1 m über den Grundwasseranschnitt im Trockenschnitt mittels mobiler Technik (Radlader und Hydraulikbagger) erfolgt. Anschließend wird der Kies im Nassschnittverfahren unterhalb des Grundwasserspiegels durch einen Tieflöffelbagger des TYP ZX350 HITACHI oder einem vergleichbaren Gerät gewonnen.

Für die Standsicherheitsbetrachtungen wird ein Tieflöffelbagger ZAXIS 350 (Monoblockausleger mit einer Stiellänge von 3,2 m) mit einem Gesamtbetriebsgewicht von 35.300 kg (basierend auf [U9]) zugrunde gelegt. Der zu erwartende Bodendruck (Bodenpressung) des Baggers wird in dieser Unterlage ([U9]) mit 66,0 kPa angegeben,

was umgerechnet 66,0 kN/m² ergibt. Basierend auf der gewählten Stiellänge sind bei diesem Baggertyp Grabtiefen von bis zu 7,38 m möglich.

Das geplante Höhenniveau (Arbeitsebene) für den Tieflöffelbagger soll bei 1,0 m über dem Grundwasserstand liegen. Basierend auf den ausgeführten Erkundungsarbeiten und den Wasserstandsmessungen in den Sondierungen (RKS 1) wird das Höhenniveau der Arbeitsebene für die Nassgewinnung bei ca. + 99,7 m NHN angesetzt und somit 1,0 m über dem gemessenen Wasserstand in der RKS 1 (bei + 98,7 m NHN).

In [U8] wird zur geplanten Nassgewinnung und der notwendigen Verfüllung folgendes beschrieben:

„...Im Nassschnitt kommt es durch eine Massenentnahme zu einer ständigen Störung des Gleichgewichtszustand an den entstehenden Böschungen und somit zu einem provozierten und spontanen Nachbrechen in den See, bis das Gleichgewicht wiederhergestellt ist (bei einem Böschungswinkel von $\beta \leq 30..35^\circ$). Das neu hereingebrochene Material wird nun auf gleiche Weise gewonnen, bis sich erneut eine übersteile Böschung ausbildet, die wiederum selbstständig nachbricht.

Die Abbaugrenze wird in Endböschungsbereichen dabei nur so weit an die Böschungsunterkante des aus dem Wasser ragenden Böschungsabschnittes herangeführt, dass ein ausreichender Zehrstreifen erhalten bleibt. Dieser ermöglicht eine natürliche Abflachung der Böschung und eine ausreichende Standfestigkeit bis zur Verfüllung der ausgekiesten Bereiche.

Abbaubegleitend erfolgt zuerst die Verfüllung der im Nordwesten freigelegten Wasserflächen. Anschließend werden die neu aufgeschlossenen Wasserflächen in analoger Reihenfolge zum Abbauvorgang Richtung Süden bzw. Norden sukzessive verfüllt. [...] Um die Ziele der Rekultivierung umzusetzen ist eine Verfüllung während der gesamten Laufzeit zwingend notwendig. Dafür werden neben eigenem Abraumaterial auch fremde, unbelastete Erdstoffe (Z 0) unter- und oberhalb des Grundwasserspiegels eingebaut. Dabei muss die Verfüllung mindestens bis 1 m über den höchsten zu erwartenden Grundwasserspiegel reichen. Die Verteilung der Erdstoffe und des Abraumaterials wird mittels Planierraupe erfolgen. Anschließend wird die oberste Bodenschicht mit einer Mächtigkeit von mindestens 0,5 m bis maximal zwei Meter aufgetragen. ...“

4.6 Zu schützende Objekte

Der Kiessandtagebau Merseburg grenzt entlang der nördlichen Tagebaugrenze an das Gewerbegebiet Merseburg Süd an. Die vorhandenen Bauwerke (Gebäude oder technische Anlagen) weisen einen Sicherheitsabstand zwischen 25 m bis 70 m zur nächstgelegenen Böschung auf. Dem Gutachter sind keine einzuhaltenden Mindestabstände zur Nachbarbebauung des Gewerbegebiets bekannt.

Die zu schützenden Objekte im Bearbeitungsgebiet bilden die Hochspannungsmasten entlang der westlichen Tagebaugrenzen, zu denen ein Abstand von mind. 20,0 m zu belassen ist (basierend auf den Informationen des Auftraggebers).

Der Abstand zur östlich des Tagebaues verlaufenden Bundesstraße B 91 beträgt an der „engsten“ Stelle ca. 30,0 m. In den gesichteten Unterlagen lag keine Vorgabe über einen einzuhaltenen Sicherheitsabstand vor.

Östlich des Tagebaus verläuft parallel zur Bundesstraße eine Trinkwasserleitung. Zu dieser Leitung ist nach Auskunft des AG´s ein Mindestabstand von 4,0 m einzuhalten.

Einem Zutritt für Unbefugte in den aktuell nicht betriebenen Tagebau wurde mittels der vorhandenen Oberbodenmieten (Verwallungen) und der verschlossenen Absperrung (Zaunsegmenten) in den Zufahrtsbereichen vorgebeugt.

5 Feld- und Laboruntersuchungen

5.1 Erkenntnisse aus der Befahrung vom November 2022

Im Verlauf des durchgeführten Ortstermins im Kiessandtagebau Merseburg am 30.11.2022 wurde neben der Ausführung der technischen Leistungen (Beschreibung dazu siehe Kapitel 5.2) auch eine Befahrung der rekultivierten Ackerfläche und der westlichen Bereiche des Kiessandtagebaus ausgeführt.

Die südliche Außenböschung (Endböschung - hin zur südlichen Abbaufäche, siehe Abbildung 2) weist Höhen (nach [U10]) zwischen ca. 6,0 m bis 9,0 m auf. Gegenüberliegend befindet sich die bereits rekultivierte Ackerfläche (siehe Abbildung 3).

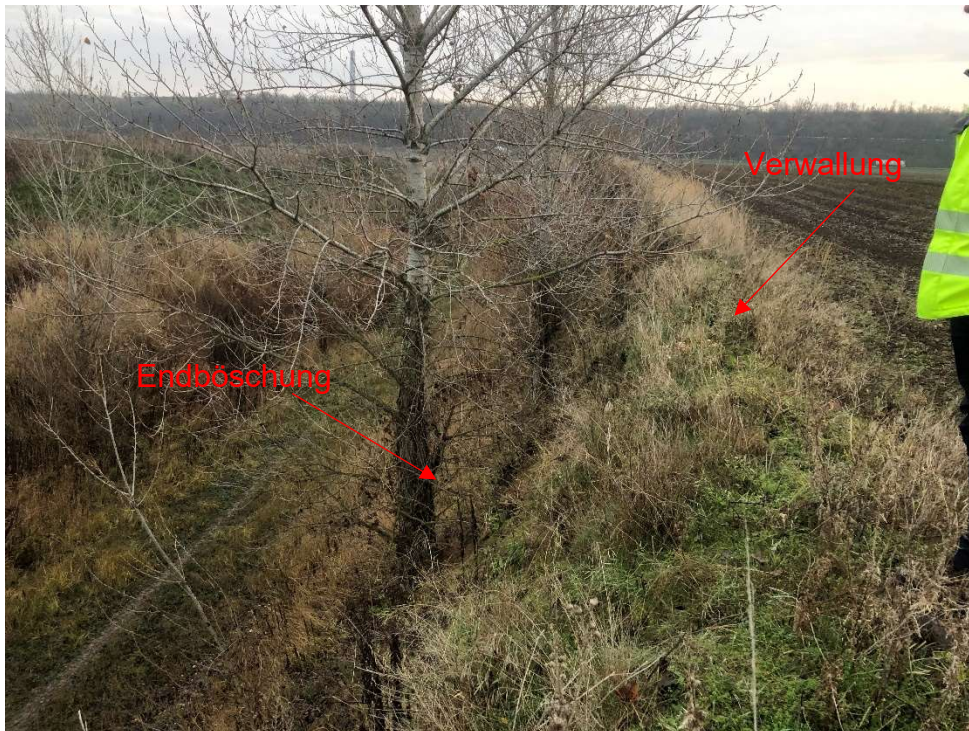


Abbildung 2: Verwallung und Endböschung an der südlichen Grenze des Tagebaus zur geplanten Abbaufäche



Abbildung 3: Rekultivierte Ackerfläche (Nutzfläche) des Kiessandtagebaus

Die rekultivierte Fläche grenzt entlang der westlichen Verlaufsgrenze an den belassenen Einschnitt (siehe Lageplan 14657-10-22/02 und Abbildung 4).



Abbildung 4: Aktueller Zustand der westl. Böschung und des Einschnittes

Es ist festzustellen, dass auf Grund der aktuellen Stilllegung des Kiessandtagebaus sich eine ausgeprägte Vegetation im Einschnittbereich sowie an der Böschung zum

rekultivierten Bereich ausgebildet hat (siehe Abbildung 4). Die gewachsene Endböschung in diesem Einschnittbereich steht sehr steil und bricht stellenweise nach. Weiterhin haben sich, nach Auskunft des AG's an der bestehenden steilen Westböschung des Nordteils Bienenfresser angesiedelt. Diese sind nach [U6], Stellungnahme des NABU, eine streng geschützte Vogelart mit einem Brutkoloniestandort an der besagten Böschung.

5.2 Ergebnisse der Felduntersuchungen

Im Rahmen des Befahrungstermins wurden im südlichen, unverritzten Bereich insgesamt 4 Rammkernsondierungen bis in Tiefen zwischen 7,4 m und 11,0 m und eine schwere Rammsondierung (DPH) bis in 6,5 m Tiefe niedergemacht. Zum Zeitpunkt der Sondierarbeiten war die Landwirtschaftsfläche abgeerntet und die geplanten Sondierpunkte waren bereits ausgepflockt (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Standort am Aufschlusspunkt RKS 3, Blickrichtung Nordwesten in Richtung RKS 1 und Kiessandtagebau, südlicher unverritzter Bereich



Abbildung 6: Erkundungsarbeiten am Aufschlusspunkt RKS 1

Basierend auf den ausgeführten Rammkernsondierungen lässt sich feststellen, dass unter einer zwischen 0,5 m und 0,6 m dicken Mutterbodenschicht der Lößlehm bis in Tiefen zwischen 0,8 m und 0,9 m ansteht. Darunter bildet der Geschiebelehm bis in Tiefen zwischen 5,7 m und 6,5 m die untere Lage des gewachsenen Abraumphorizontes.

Der Nutzhorizont aus sandigem Kies beginnt im erkundeten südlichen Erweiterungsbereich des Kiessandtagebaus in einer Teufenlage zwischen +101,96 m NHN und +102,69 m NHN. Ein Durchteufen des Nutzhorizontes mit den Rammkernsondierungen und mit der Rammsondierung war nicht möglich. Die Sondierungen wurden jeweils abgebrochen, wenn kein weiterer Sondierfortschritt mehr festzustellen war bzw. als bei der schweren Rammsondierung das Abbruchkriterium ($N_{10} > 80$) erreicht war.

Mit der ausgeführten schweren Rammsondierung wurde die anstehende Lagerungsdichte des Bodens ermittelt. Es konnte festgestellt werden, dass der gesamte Abraumphorizont in einer Lagerungsdichte ansteht, die eher der lockeren Lagerung zuzuordnen ist. Der Nutzhorizont aus sandigem Kies weist im erkundeten Abschnitt im obersten Meter des Horizontes eine mitteldichte Lagerung auf. Darunter nimmt die Lagerungsdichte mit der Teufe immer weiter zu.

5.3 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Im Rahmen der Teilbefahrung des Kiessandtagebaus wurden neben einer Eimerprobe an den Entnahmestellen P 1 ebenfalls ein Stutzen entnommen. Die Eimerprobe E 1 sowie der Stutzen S 1 wurden an der steilen Westböschung (siehe Abbildung 7) entnommen. Bei diesem Material handelt es sich um das anstehende Lockergestein des Abraumphorizontes.



Abbildung 7: Stutzenprobenahme am Punkt P 1 (Westböschung)

Eine Probennahme im größeren Maße (für Eimer- und Stutzenproben) für den Nutzhorizont z.B. für die Ausführung eines Scherversuches war ohne sehr großen technischen Aufwand nicht möglich, so dass darauf verzichtet wurde.

Für den anstehenden Abraumphorizont sowie für den Nutzhorizont (sandiger Kies) wurden folgende bodenmechanische Untersuchungen an den genommenen Proben durchgeführt:

- | | | |
|-----------------|--------------------|--|
| Abrumphorizont: | - Stutzen S 1: | Bestimmung der Einbaudichte nach DIN 18125 |
| | - Eimerprobe E 1: | Scherversuch nach DIN 18137 |
| | - Probe aus RKS 2: | Körnungslinien nach DIN 18123 |
| Nutzhorizont: | - Probe aus RKS 1: | Körnungslinien nach DIN 18123 |

Die Ergebnisse der Ermittlung der Korngrößenverteilung für aus RKS 1 und RKS 2 sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Ergebnisse der Laboruntersuchungen von 2022

Probe	Tiefe [m]	Bodenansprache nach DIN 18196	Zuordnung Horizonte	Bodenart	Kieskorn [%]	Sandkorn [%]	Feinkornanteil [%]	Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]
RKS 1 B5	9,3 – 11,0	S, G	Nutz- horizont	S, G	42	45	13	- (kein 10% durchgang, somit keine Bestimmung möglich)
RKS 2 B2	0,8 – 3,7	U, fs', ms	Abraum- horizont	-	1	20	79	$1,4 \cdot 10^{-7}$

Die in der Tabelle 2 dargestellten Ergebnisse der Siebanalyse zeigen, dass es sich beim Abraumhorizont um ein bindiges, feinkörniges Lockergestein (Schluff) mit sandigen Anteilen handelt. Im Gegensatz dazu besteht der Nutzhorizont aus 42 % Kies und ca. 45 % Sand und kann als Sand-Kies Gemisch angesprochen werden. Die Körnungslinien des Nutz- und Abraumhorizontes liegen außerhalb des verflüssigungsgefährdeten Kornbandbereiches (siehe Anlage 14657-10-22/04, Blatt 01 und Blatt 02).

Neben den ermittelten Korngrößenverteilungen kann zusätzlich auch das Ergebnis eines an einer gestörten Probe aus dem Abraumhorizont durchgeführten (Probenahme im Rahmen der Befahrung) Scherversuches in dieser Bearbeitung berücksichtigt werden. Die Versuchsergebnisse sind in Anlage 14657-10-22/05 enthalten.

Bei der notwendigen Probenherstellung für den Rahmenscherversuch wurde versucht, mit Hilfe vorheriger Bestimmung der Einbaudichte und des Wassergehaltes der Stutzenprobe S 1 (entnommen beim Entnahmepunkt P 1) eine annähernd ähnliche Einbaudichte nach dem Probeneinbau zu erreichen. Es wurden für die gestörte Probe E 1 folgende Kennwerte für die Restscherfestigkeit für den Abraumhorizont ermittelt:

$$\begin{aligned} \text{Serie 1:} \quad & \text{Reibungswinkel} \quad \varphi'_R = 29,7^\circ \\ & \text{Kohäsion} \quad c'_R = 21,8 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

In der Versuchsauswertung des Scherversuches nach DIN EN ISO 17892-10 (2018) wird neben den oben genannten Kennwerten für den bindigen Abraumhorizont noch der Reibungswinkel ($\varphi'_f = 31,3^\circ$) und die Kohäsion ($c'_f = 32,7 \text{ kN/m}^2$) aus dem Bruchzustand angegeben. Für einen sandigen Schluff (angenommen: mittelplastischer Schluff) werden in der Literatur [U17] Werte von $\varphi' = 25^\circ \dots 33^\circ$ bei einer Kohäsion von $c' = 7 \text{ kN/m}^2 \dots 20 \text{ kN/m}^2$ angegeben. Die Versuchsergebnisse des Scherversuches für die ansetzbare Kohäsion liegen leicht oberhalb des erwarteten Parameterbereiches und sollten als zu hoch bewertet werden.

Bei der Wertung dieser Ergebnisse ist zu beachten, dass die angegebenen Kohäsionswerte nur die scheinbare Kohäsion darstellen und diese über lange

Standzeiten einer Böschung im Material verloren gehen kann. Andererseits kann in diesen Kohäsionswerten auch eine nicht bestimmbare Verkittung/ Verbackung der einzelnen Körner stecken, die sich meist nur unter mechanischer Einwirkung lösen lassen. Hinweise darauf geben die über eine lange Standzeit relativ stabil stehende Westböschung des Einschnittes.

Berücksichtigt man die Ergebnisse für den Reibungswinkel, so liegt dieser unter Zugrundelegung der üblichen Rundungsregeln im mittlern Bereich des Parameterspektrums.

5.4 Bodenkennwerte für die Standsicherheitsberechnung

Ausgehend von den Ergebnissen der an den Materialien des gewachsenen Abraum- und Nutzhorizontes durchgeführten bodenmechanischen Laborversuche, anhand von Erfahrungswerten sowie basierend auf einschlägiger Fachliteratur wurden folgende Bodenkennwerte abgeleitet und in den Berechnungen zur Standsicherheit angesetzt.

Tabelle 3: Bodenmechanische Berechnungskennzahlen

Schicht	Scherparameter		Wichte γ [kN/m ³]
	Reibungswinkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	
Abraumhorizont (gewachsen)	29,7	7,5	19,0
gewachsener Nutzhorizont (sandiger Kies)	35,0	3,5	20,0

Für den vorhandenen gewachsenen Abraumhorizont (bestehend aus sandigem Schluff), kann im Ergebnis der Feld- und Laboruntersuchungen eine überwiegend homogene Zusammensetzung (Hauptbestandteil Schluffkorn mit geringen Bestandteilen an Fein- und Mittelsand) ausgewiesen werden, so dass für den gesamten Horizont ein einheitlichen Festigkeitsansatz von $\varphi' = 29,7^\circ$ und $c' = 7,5 \text{ kN/m}^2$ gewählt werden kann. Der Wert von $c' = 7,5 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt die bei feinkörnigen Materialien vorhandene Festigkeit infolge kohäsiver Kräfte. Mit der angesetzten Kohäsion wird ein Betrag angesetzt, der an der unteren Grenze in der Fachliteratur [U17] ausgewiesenen Parametervariation liegt und gleichzeitig nur etwa 1/3 des laborativ ermittelten kohäsiven Festigkeitsanteil beträgt. Mit den angesetzten Kennwerten für den Abraumhorizont liegt man unter Berücksichtigung der angegebenen Parametervariation auf der sicheren Seite.

Für das gewachsene Material des Nutzhorizontes (sandiger Kies) werden in der Literatur [U17] Werte von $\varphi' = 35^\circ \dots 42^\circ$ bei $c' = 0 \text{ kN/m}^2$ angegeben. Bei dem Ansatz eines Reibungswinkels von $\varphi' = 35^\circ$ liegt man somit am unteren Bereich der Variation. Für die Standsicherheitsberechnungen wurde ein geringer kohäsiver Festigkeitsanteil von $c' = 3,5 \text{ kN/m}^2$ berücksichtigt, der erfahrungsgemäß für Böschungen mit sehr

geringer Standzeit angesetzt werden kann und der sich aus den bereits erwähnten Verkittungen an den Kontaktflächen der Körner ergibt.

Es ist zu beachten, dass die angegebenen Kohäsionswerte nur die scheinbare Kohäsion darstellen und diese über lange Standzeiten der Böschungen im Material verloren gehen können. Andererseits kann in diesen Kohäsionswerten auch eine nicht bestimmbare Verkittung der einzelnen Körner stecken, die sich meist nur unter mechanischer Einwirkung lösen lassen. In diesem Fall wäre der kohäsive Festigkeitsanteil deutlich höher. Mit einem kohäsiven Festigkeitsanteil von $c' = 3,5 \text{ kN/m}^2$ bei dem gewachsenen sandigen Kies liegt man bei Ansatz von $\varphi' = 35^\circ$ im unteren Wertebereich und damit auch hier auf der sicheren Seite.

6 Standsicherheitsberechnung

6.1 Erläuterung der Berechnungsverfahren

6.1.1 Berechnungsverfahren

Die Auswahl des Berechnungsverfahrens wird in hohem Maß durch die Form der Ausbildung des Bruchkörpers bestimmt. Für das vorliegende Böschungsproblem ist ein Bruch auf kreisförmiger Gleitfläche maßgebend. Diese Form der Bruchflächenbildung ist vor allem bei homogener Materialzusammensetzung, sowie auf Teilböschungen eines Böschungssystems zu erwarten.

Auf die Untersuchung des Versagens der Böschung entlang von vorgegebenen Gleitflächen kann verzichtet werden, da es hier zu keinen maßgebenden Materialunterschieden (Festigkeitsansätze nur mit relativ geringen Unterschieden) im anstehenden Material kommt und die Aufstandsfläche als nahezu eben betrachtet werden kann.

Die Berechnung der Sicherheiten erfolgt mit dem Berechnungsprogramm GGU-Stability nach [U15] mit dem Verfahren nach BISHOP (kreisförmige Gleitfläche).

Hierbei handelt es sich um ein Lamellenverfahren. Das Softwareprogramm berechnet innerhalb eines benutzerdefinierten Rasters von Gleitkreismittelpunkten den minimalen Standsicherheitskoeffizienten bei Variation unterschiedlich tief liegender Gleitflächen mit unterschiedlichen Gleitkreisdurchmessern.

Das Berechnungsverfahren berücksichtigt die Ausbildung von kreisförmigen Gleitlinien. Der Gleitkörper wird in möglichst gleichbreite Lamellen unterteilt. Die Gelände- bzw. Böschungsbruchsicherheit η wird wie folgt berechnet:

$$\eta = \frac{r \cdot \sum_i T_i + \sum M_s}{r \cdot \sum_i G_i \cdot \sin \vartheta_i + \sum M} \quad (1)$$

mit

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i}{\cos \vartheta_i + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \sin \vartheta_i} \quad (2)$$

Tabelle 4: Teilsicherheitsbeiwerte

Teilsicherheitsbeiwerte für Beanspruchungen				
Einwirkung/ Beanspruchung	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
Ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände von Bauteilen und Boden				
Bodenkenngröße	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
Reibungsbeiwert $\tan \phi'$ des dränierten Bodens und $\tan \phi_u$ des undränierten Bodens	$\gamma_{\phi'}, \gamma_{\phi_u}$	1,25	1,15	1,10
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	$\gamma_{c'}, \gamma_{c_u}$	1,25	1,15	1,10

Die Bemessungssituationen werden folgendermaßen charakterisiert:

BS-P: Ständige Situation (Persistent situations) mit üblichen Nutzungsbedingungen wie z.B. Eigengewicht der Abdichtung und der Überlagerung inkl. eines tolerierbaren Überprofil, Einstau der Dränage, Schneelast, Windlast

BS-T: Vorübergehende Situationen (Transient situations), die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen (Bauzustände) wie z.B. Adhäsion in den Gleitfugen, Verkehrslasten aus Baustellenverkehr

BS-A: Außergewöhnliche Situationen (Accidental situations) durch außergewöhnliche Bedingungen wie z.B. extremes Hochwasser, Anprall, Explosion, Brand, Zusatzlasten, standortspezifische Schneelast

BS-E: Erdbebenbelastung

Nach DIN 4149 befindet sich das Untersuchungsgebiet außerhalb von Erdbebenzonen. Der Bemessungsfall BS-E wird demnach nicht berücksichtigt. Für die Bemessungssituation BS-A wird das Auftreten von Hochwasser und eine Belastung an der Abbauböschung durch ein Tieflöffelbagger modelliert.

Für Vergleichszwecke wurde die Standsticherheit auch nach dem globalen Sicherheitskonzept der alten Norm DIN 1054 [U13], ermittelt. Nach DIN 4084 [U14],

Abschnitt 12, waren für die Lastfälle 1 bis 3 nach DIN 1054 [U13], Abschnitt 2.2., folgende in Tabelle 5 genannten Sicherheiten für den Gebrauchszustand nachzuweisen:

Tabelle 5: Erforderliche Sicherheiten nach dem alten globalen Sicherheitskonzept

Lastfälle nach DIN 1054		η	η_r
1	Ständige Lasten und regelmäßig auftretende Verkehrslasten (auch Wind)	1,40	1,30
2	Außerdem den Lasten des Lastfalls 1 gleichzeitig, aber nicht regelmäßig auftretende große Verkehrslasten; Belastungen, die nur während der Bauzeit auftreten	1,30	1,20
3	Außer den Lasten des Lastfalles 2 mögliche außerplanmäßige Lasten (z. B. durch Ausfall von Betriebs- und Sicherungsvorrichtungen oder bei Belastungen infolge von Unfällen)	1,20	1,10

Aufgrund der Wahl der Kennwerte auf der unteren Parametergrenze, der laborativ ermittelten Kennwerte und dem geringen kohäsiven Festigkeitsanteil des Abraumphorizontes und des Nutzhorizontes ergeben sich Sicherheitsreserven, sodass beim globalen Sicherheitskonzept für die fortschreitenden Abbauböschungen ein $\eta_{\text{erf}} \geq 1,1$ und für die bleibenden Böschungen (Endzustand) ein $\eta_{\text{erf}} \geq 1,3$ als ausreichend zu bewerten ist.

Die Werte η gelten für Lamellenverfahren (z. B. BISHOP, JANBU, MORGENSTERN-PRICE), die Werte η_r für lamellenfreie Verfahren (z. B. FRÖHLICH). In diesem Fall wird für die Berechnungen das Lamellenverfahren verwendet, so dass die Werte η relevant sind.

6.2 Darstellung des Berechnungsmodells

Abbauböschung bei der Nassgewinnung

Die Standsicherheit der Abbauböschung für den Nassabbau wird an einem repräsentativen Böschungsschnitt geprüft. Die möglicherweise entstehende Böschungsgeometrie im Nutzhorizont, welche bei der Nassauskiesung mittels Tieflöffelbagger entstehen kann, wurde anhand von Erfahrungswerten erstellt und im Berechnungsprogramm Stability [U15] modelliert. In Anlage 14657-10-22/06 und /07 ist der so entstandene Berechnungsschnitt für die Abbauböschung dargestellt.

Im Rahmen dieser Bearbeitung soll die Standsicherheit des Gewinnungsgerätes (Tieflöffelbagger) während der Gewinnung (hier: Nassgewinnung) geprüft werden. Die notwendigen Technikdaten für den zum Einsatz kommenden Tieflöffelbagger wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt ([U9]).

Unter Berücksichtigung des gemessenen Grundwasserstandes im Sondierloch RKS 1 wird der Bemessungswasserstand bei ca. + 98,7 m NHN festgelegt.

Basierend auf Kap. 4.2 wird für die außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A) ein Hochwasser mit einer Bezugshöhe von + 99,7 m NHN (entspricht 1,0 m über dem angesetzten Bemessungswasserstand) angenommen.

Für die Berechnung der Standsicherheit der Abbauböschung wird von einem Böschungswinkel von $\beta = 40^\circ$ ausgegangen.

Um eine temporäre Belastung (Bemessungszustand BS-T) der fortschreitenden Abbauböschung zu modellieren, wurden unterschiedliche Mindestabstände des Tieflöffelbaggers zur Böschungsschulter geprüft. Im Ergebnis soll ein einzuhaltender Mindestabstand ausgewiesen werden. Zusätzlich zur Variation der Mindestabstände des Gewinnungsgerätes wurden auch verschiedene, steilere Böschungsneigungen für die Abbauböschung (bis zu $\beta = 60^\circ$) untersucht. Nach Abschluss der Voruntersuchungen wurde ein Mindestabstand des Baggers zur Böschungsschulter von 2,0 m für die Berechnungen angesetzt.

Für den angesetzten Tieflöffelbagger wurde eine Ersatzflächenlast von $p' = 66,0 \text{ kN/m}^2$ auf einer Breite von ca. 5,0 m berücksichtigt.

Endböschung

Die Böschungsgeometrie für die geplante Endböschung wurde dem Übersichtsriss mit Abbaufächen und Aufschlusspunkte [U10] vom 06.12.2022 entnommen und in Anlage 14657-10-22/06 und /08 der Berechnungsschnitt mit der angenommenen Bodenschichtung für die Endböschung dargestellt. Die angenommene Schichtung basiert dabei auf die durchgeführte Unterlagenrecherche und auf den Ergebnissen der durchgeführten Sondierungen im südlichen Erweiterungsbereich.

Für die Berechnung der Endböschung wurde mit einer Mächtigkeit des gewachsenen Abraumphorizontes von ca. 6,0 m (siehe dazu Sondierergebnis der RKS 1) und einem Böschungswinkel von $\beta = 37,5^\circ$ (Böschungsneigung 1: 1,3) gearbeitet. In der Teufenlage des Übergangs zwischen gewachsenem Abraumphorizont und Nutzhorizont wurde, basierend auf [U10] eine etwa 2,5 m breite Berme im Berechnungsmodell angesetzt. Für den darunter anstehenden Nutzhorizont wurde zu Beginn der Berechnungen ebenfalls ein Böschungswinkel mit $\beta = 37,5^\circ$ (Böschungsneigung 1: 1,3) angesetzt. Im Verlauf der Berechnungen wurden für den Nutzhorizont auch steilere Böschungswinkel geprüft, um so den Vorratsverlust so gering wie möglich zu halten. Mit dem so ermittelten Böschungswinkel ($\beta = 40,0^\circ$) wurden die weiteren möglichen Bemessungssituationen (hier nur BS-A) berechnet.

Im Rahmen dieser Bearbeitung wurde für die Berechnung der jeweils ungünstigste Fall

6.3 Berechnungsergebnisse

6.3.1 Allgemeine Bemerkungen

Unter Berücksichtigung der in den vorangegangenen Kapiteln genannten Randbedingungen werden bei den Standsticherheitsberechnungen folgende Bruchfiguren untersucht:

- Böschungsbruch entlang kreiszylindrischer Prüfflächen (KZP) für die Einzelböschungen,
- Böschungsbruch entlang kreiszylindrischer Prüfflächen (KZP) für das Böschungssystem.

6.3.2 Abbauböschung

Die Standsticherheit der Abbauböschung wurde anhand des repräsentativen Berechnungsschnittes 1 untersucht. Die kleinsten Sicherheiten bzw. die Ausnutzungsgrade sind in den nachfolgenden Tabellen 6 angegeben.

Tabelle 6: Aus den Standsticherheitsberechnungen für die Abbauböschung abgeleitete Sicherheiten bzw. Ausnutzungsgrade

Bruchkörper	Teilsicherheitskonzept nach [U12]		globales Sicherheitskonzept nach [U13]	
	μ	Forderung	η	Forderung
Berechnungsschnitt 1				
Abbauböschung ($\beta = 40^\circ$)	0,80 (Anlage /07 Bl. 01)	<1	1,55 (Anlage /07 Bl. 02)	>1,1
Abbauböschung ($\beta = 40^\circ$), Belastung mit Tieföffelbagger	0,74 (0,86) (Anlage /07 Bl. 03)	<1	1,56 (1,33) (Anlage /07 Bl. 04)	>1,1
Abbauböschung ($\beta = 55^\circ$), Belastung mit Tieföffelbagger	0,97 (1,09) (Anlage /07 Bl. 05)	<1	1,21 (1,06) (Anlage /07 Bl. 06)	>1,1
Abbauböschung ($\beta = 60^\circ$), Belastung mit Tieföffelbagger	1,17 (Anlage /07 Bl. 07)	<1	0,98 (Anlage /07 Bl. 08)	>1,1
Abbauböschung ($\beta = 55^\circ$), Belastung mit Tieföffelbagger und Ansatz von Hochwasser	1,00 (Anlage /07 Bl. 09)	<1	1,10 (Anlage /07 Bl. 10)	>1,1

Die in der Tabelle 6 kursiv (Klammerwerte) hervorgehobenen Berechnungsergebnisse spiegeln den ungünstigsten ermittelten Gleitkreis wider. Dieser ist jedoch für die Standsticherheitsbetrachtung der Böschung nicht maßgebend (schalenartige Bruchfigur an der Böschungsoberfläche). Ausschlaggebend für die Sicherheit der Böschung ist ein ermittelter Gleitkreis, welcher vom Böschungsfuß bis zur Böschungsschulter reicht und ein Versagen der Böschung darstellt.

Die Berechnungsergebnisse mit den für die ermittelten Sicherheiten zutreffenden Bruchfiguren für die Abbauböschung sind in Anlage 14657-10-22/07 dargestellt.

Die durchgeführten Standsticherheitsberechnungen für die Abbauböschung zeigen, dass die Bedingung

$$\eta_{ber} \geq \eta_{erf} \geq 1,1$$

für die Bemessungssituationen bis zu einem Böschungswinkel von max. $\beta = 55^\circ$ erfüllt wird. Jedoch bei einem Böschungswinkel von 60° wird der Ausnutzungsgrad von $\mu = 1,0$ überschritten bzw. der erforderliche Standsticherheitskoeffizient von $\eta_{erf} \geq 1,1$ unterschritten. Für den Hochwasserfall (1,0 m höherer Grundwasserstand) ergibt sich für den Bagger ein Grenzfall, bei dem der rechnerisch ermittelte Ausnutzungsgrad $\mu = 1,0$ bzw. der ermittelte Standsticherheitskoeffizient $\eta_{erf} = 1,1$ beträgt. Dabei greifen die oberen Austrittspunkte der Gleitkreise bereits in den Standortbereich des Baggers ein.

6.3.3 Endböschungen

Ausgehend von den in Kapitel 5.4 angesetzten Kennwerten wurde die Standsticherheit der Endböschung berechnet. Die geplante Endböschung weist dabei im Bereich des gewachsenen Abraumphorizontes einen Böschungswinkel von $\beta = 37,5^\circ$ (1 : 1,3) und im Teufenbereich des Nutzungshorizontes einen Böschungswinkel $\beta = 40^\circ$ auf. Die kleinsten berechneten Sicherheiten bzw. die Ausnutzungsgrade sind in der nachfolgenden Tabelle 7 enthalten.

Tabelle 7: Aus den Standsticherheitsberechnungen für die Endböschung abgeleitete Sicherheiten bzw. Ausnutzungsgrade

Bruchkörper	Teilsicherheitskonzept nach [U12]		globales Sicherheitskonzept nach [U13]	
	μ		η	
Berechnungsschnitt 2		Forderung		Forderung
Endböschung (Abraumhorizont $\beta = 37,5^\circ$, Nutzhorizont $\beta = 40^\circ$), obere Teilböschung	0,88 (0,90) (Anlage /08 BI 01)	<1	1,41 (1,39) (Anlage /08 BI. 02)	>1,3
Endböschung (Abraumhorizont $\beta = 37,5^\circ$, Nutzhorizont $\beta = 40^\circ$), untere Teilböschung	0,95 (1,00) (Anlage /08 BI 03)	<1	1,31 (1,25) (Anlage /08 BI 04)	>1,3
Endböschung (Abraumhorizont $\beta = 37,5^\circ$, Nutzhorizont $\beta = 40^\circ$), Gesamtsystem	0,9 (0,99) (Anlage /08 BI 05)	<1	1,39 (1,27) (Anlage /08 BI 06)	>1,3
Endböschung (Abraumhorizont $\beta = 37,5^\circ$, Nutzhorizont $\beta = 40^\circ$), obere Teilböschung mit Hochwasser	entfällt, Hochwasser keinen Einfluss auf obere Teilböschung			
Endböschung (Abraumhorizont $\beta = 37,5^\circ$, Nutzhorizont $\beta = 40^\circ$), untere Teilböschung mit Hochwasser	0,80 (0,84) (Anlage /08 BI 07)	<1	1,37 (1,32) (Anlage /08 BI 08)	>1,3
Endböschung (Abraumhorizont $\beta = 37,5^\circ$, Nutzhorizont $\beta = 40^\circ$), Gesamtsystem mit Hochwasser	0,80 (0,84) (Anlage /08 BI 09)	<1	1,37 (1,32) (Anlage /08 BI 10)	>1,3

Die in der Tabelle 7 kursiv (Klammerwerte) hervorgehobenen Berechnungsergebnisse spiegeln den ungünstigsten ermittelten Gleitkreis wieder. Dieser ist jedoch für die Standsicherheitsbetrachtung der Böschung nicht maßgebend (schalenartige Bruchfigur an der Böschungsoberfläche). Ausschlaggebend für die Sicherheit der Böschung ist ein ermittelter Gleitkreis, welcher vom Böschungsfuß bis zur Böschungsschulter reicht und ein Versagen der Böschung darstellt.

Die Berechnungsergebnisse mit den für die ermittelten Sicherheiten zutreffenden Bruchfiguren für die geplante Endböschung sind in der Anlage 14657-10-22/08 enthalten. Die durchgeführten Standsicherheitsberechnungen zeigen, dass die Bedingung $\eta_{ber} \geq \eta_{erf} \geq 1,3$ erfüllt wird. Es konnte für die angesetzten Böschungsneigungen von 37,5° (Abraumhorizont) bzw. 40° (Nutzhorizont) sowohl für den Normalwasserspiegel von 98,7 m NHN als auch für einen Hochwasserfall mit 99,7 m NHN ausreichende Sicherheiten nachgewiesen werden.

Die Berechnungsergebnisse für die untere Teilböschung zeigen, dass mit $\eta_{ber} = 1,3 > \eta_{erf} = 1,3$ bzw. $\mu_{ber} = 0,95 < \mu_{erf} = 1,0$ die Grenzbedingung nahezu erreicht sind. Eine steilere Gestaltung der Endböschung ist nicht empfohlen.

6.4 Bewertung der Tragfähigkeit des Verfüllbereiches

Wie bereits im Kapitel 4.5 beschrieben, ist eine abbaubegleitende Wiederverfüllung der entstandenen Wasserflächen im Kiessandtagebau vorgesehen. Dabei erfolgt die Verfüllung mit den Abraummassen aus der neu zu erschließenden südlichen Abbaufäche und mit Fremdmaterial zuerst im nördlichen Tagebaubereich und im Anschluss in analoger Richtung zum Abbaufortschritt im südlichen Tagebaubereich.

In der Unterlage [U8] wird beschrieben, dass der Einbau und die Verteilung des Verfüllmaterials mittels Planierraupe „vor Kopf“ erfolgen soll und bis mindestens 1,0 m über den höchsten zu erwartenden Grundwasserspiegel reichen muss.

Mit Hilfe des Berechnungsprogramms Stability [U15] wurde die Standsicherheit der Einbauböschung/ Verfüllböschung (angesetzter Böschungswinkel $\beta = 35^\circ$) unter Belastung der Böschungsschulter mit einer ca. 40 t schweren Raupe (Ersatzflächenlast 25 kN/m²) und einer 1,0 m mächtigen Überdeckung aus Abraummaterial und Fremdbodenmaterial) zum Grundwasserspiegel geprüft. Es wurde ein Böschungswinkel unter Wasser von 35° angesetzt, da das Abraummaterial im gebrochenen Zustand abgelagert wird. Hier ist somit nicht der innere Reibungswinkel maßgebend sondern der sich an den „Pseudokorn“ des gelösten Materials ergebenden Schüttwinkel (Einbau des Materials durch Einschieben) des Abraummaterials.

Für das Material der Trockenüberdeckung wurden die Kennwerte $\varphi = 29,7^\circ$ und eine Kohäsion von 7,5 kN/m² angesetzt. Für das locker eingeschobene Abraummaterial, welches sich unter Wasser befindet wurde der Reibungswinkel ebenfalls mit 29,7°

angesetzt und der kohäsive Festigkeitsanteil auf $c = 0 \text{ kN/m}^2$ gesetzt. Damit wird der Festigkeitsverlust des bindigen Materials bei Verkipfung ins Wasser (Kohäsion zwischen den Körnern kann sich aufheben) berücksichtigt.

Es ist festzustellen, dass für die Einbauböschung (Verfüllböschung) mit der Belastung an der Böschungsschulter durch die Raupe mit einem Abstand des Fahrwerkes der Raupe zur Böschungsschulter von $b_v = 0 \text{ m}$ bis 3 m und einer Trockenüberdeckung von $1,0 \text{ m}$ keine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden konnte. Im Verlauf weiterer Berechnungen wurde die Trockenüberdeckung schrittweise erhöht und die Planierraupe mit unterschiedlichen Abständen b_v (Vorderkante Raupenfahrwerk zur Böschungsschulter) angesetzt.

Erst bei einer Trockenüberdeckung (aus Abraum) von $2,0 \text{ m}$ und einem Abstand des Raupenfahrwerkes zur Böschungsschulter von $h = 2,0 \text{ m}$ kann rechnerisch ein Grenzgleichgewicht für die Einbauböschung (Verfüllböschung) mit den o.g. Kennwerten festgestellt werden. Der steil gewählten Böschungswinkels von 35° und des kohäsiver Festigkeitsanteil für die Materialien unter Wasser von $c = 0 \text{ kN/m}^2$ stellt hier eine Sicherheitsreserve dar. Auf Grund der kurzen Standzeit der Einbauböschung und der Sicherheitsreserve ist die Standsicherheit im Grenzgleichgewicht als ausreichend zu betrachten.

Die in [U8] geplante Mindestüberdeckung von $1,0 \text{ m}$ ist, basierend auf den Berechnungsergebnissen als nicht ausreichend für die Standsicherheit der Einbauböschung zu bewerten.

Es ist zu empfehlen, dass die Trockenüberdeckung im Verfüllbereich auf mindestens $2,0 \text{ m}$ Mächtigkeit erhöht wird und beim Einbau ein Mindestabstand des Raupenfahrwerkes zur Böschungsschulter von $h = 2,0 \text{ m}$ eingehalten wird (bei Einbau mittels Schild-vor Schild ist dieser Abstand gegeben).

Durch die regelmäßigen Überfahrten der Planierraupe werden der Boden (Abraum) und die Fremdmaterialien in einem begrenzten Umfang verdichtet. Durch den weiteren Aufbau auf den verfüllten Bereich wird es zu einer Konsolidierung des Untergrundes kommen, auf Grund dessen sich die Lagerungsdichte erhöhen wird.

7 Schlussfolgerung, Empfehlungen und Zusammenfassung

Es ist von der Mitteldeutsche Baustoffe GmbH vorgesehen, den bergfreien Bodenschatz „Kiese und Kiessande zur Herstellung von Betonzuschlagsstoffen“ an der Lagerstätte Kieswerk Merseburg „An der B 91“ vollständig auszukiesen und die planfestgestellten Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen auszuführen.

Der Nordteil ist bereits abgebaut und befindet sich noch in der Wiederverfüllung. Der weitere Abbau soll gemäß Planänderungsbeschluss von 2010 im südlichen Teil des Kiessandtagebaus erfolgen. Das mit diesem Beschluss von 2010 genehmigte Gewinnungsgerät (Eimerkettenbagger) soll aufgrund technisch-technologischer bedingter Änderungen im Abbaufahren durch einen Tieflöffel-, Seilzug- oder

Langarmbagger ersetzt werden. Für dieses neue Gewinnungsgerät für die Nassauskiesung sollte ein Standortsicherheitsgutachten erarbeitet werden.

Während einer Befahrung im November 2022 wurden im südlichen, unverritzten Bereich des Kiessandtagebaus insgesamt 4 Rammkernsondierungen bis in Tiefen zwischen 7,4 m und 11,0 m und eine schwere Rammsondierung (DPH) bis in 6,5 m Tiefe niedergemacht. Neben den ausgeführten Sondierungen wurde eine Eimer- und Stutzenprobenahme an der westlichen Böschung im Abraumphorizont entnommen.

In Kapitel 4 wurden die geologischen sowie technologischen Verhältnisse beschrieben. Für die Standortsicherheitsberechnungen wurde von einem Bemessungswasserstand im südlichen Teil des Kiessandtagebaus von +98,7 m NHN ausgegangen. Es lagen keine Informationen bzgl. eines prognostizierten Hochwassers vor. Für die BS-A (außergewöhnliche Bemessungssituation) wurde von einem Hochwasserstand von + 99,7 m NHN ausgegangen.

Die Auswertungen der Labor- und Felduntersuchungen für den Kiessandtagebau sind in den Kapiteln 5.2 und 5.3 enthalten. Im Ergebnis dieser Auswertung wurde eine Kennwertdiskussion im Kapitel 5.4 durchgeführt. Für den gewachsenen Abraumphorizont (Löß und Geschiebemergel) wurden die bodenmechanischen Berechnungskennzahlen mit $\varphi' = 29,7^\circ$ und $c' = 7,5 \text{ kN/m}^2$ und für den Nutzhorizont mit $\varphi' = 35,0^\circ$ und $c' = 3,5 \text{ kN/m}^2$ festgelegt.

Im Ergebnis der Auswertung der vorliegenden Arbeitsunterlagen, der Befahrung und der Laboruntersuchen wurden für die Ermittlung der Standortsicherheit insgesamt zwei repräsentativen Berechnungsschnitte für die Abbauböschung (Schnitt 1) und für die Endböschung (Schnitt 2) erarbeitet und anhand dieser mittels dem Computerprogramm GGU-Stability die Standortsicherheit untersucht.

Die durchgeführten Standortsicherheitsberechnungen für die Abbauböschung zeigen, dass die Bedingung

$$\eta_{\text{ber}} \geq \eta_{\text{erf}} \geq 1,1$$

für Böschungswinkel an der Abbauböschung von $\beta < 55^\circ$ bei Normalwasserstand (+ 98,7 m NHN) eingehalten wird. Auch der nach dem Teilsicherheitskonzept ermittelte Ausnutzungsgrad weist mit $\mu < 1,0$ einen ausreichenden Ausnutzungsgrad aus. Dabei ist ein Abstand von $b_v \geq 2,0 \text{ m}$ zwischen Vorderkante Fahrwerk des Baggers und der Oberkante der Abbauböschung einzuhalten. Sind Risse im Bereich der Schulter der Abbauböschung sichtbar, ist der genannte Abstand von $b_v \geq 2,0 \text{ m}$ zum äußeren Riss einzuhalten. Vor jedem Arbeitsbeginn ist daher der Arbeitsbereich vor dem Bagger zu prüfen. Der Bagger selbst ist zum Schichtende 10,0 m hinterlandseitig der Böschungsschulter abzustellen.

Es wird jedoch darauf verwiesen, dass diese Vorgaben nur für die Abbauböschung mit einer geringen Standzeit (ca. 1 Monat) gelten, da der kohäsive Festigkeitsanteil im Material des Nutzhorizontes abnehmen kann.

Wird der Abbau für längere Zeit (> 1 Monat) unterbrochen, ist bei der Wiederaufnahme der Arbeiten zunächst ein Abstand zwischen Vorderkante Fahrwerk und der Böschungsschulter (bzw. äußeren Riss) von $b_v \geq 5,0 \text{ m}$ einzuhalten. Mit

fortschreitenden Anschnitt der neuen Abbauböschung kann die Vorlandbreite dann bis auf $b_v \geq 2,0$ m verringert werden. Zur weiteren Erhöhung der Sicherheit des Baggers beim Abbau wird empfohlen, bei Bekanntwerden von längeren Unterbrechungen der Abbautätigkeit den Böschungswinkel der Abbauböschung von 35° zu verringern. Da bei den Standsicherheitsberechnungen mit einem um 1,0 m erhöhten Grundwasserstand (+ 99,7 m NHN – „Hochwasser“) und mit $b_v \geq 2,0$ m und $\beta = 55^\circ$ der Ausnutzungsgrad von $\mu = 1,0$ bzw. der Standsicherheitskoeffizient $\eta_{ber} = 1,1 = \eta_{eff} = 1,1$ erreicht ist, sollte in diesem Fall ebenfalls die Vorlandbreite zwischen Vorderkante Fahrwerk und Böschungsschulter (bzw. äußerer riss) auf $b_v \geq 3,0$ m vergrößert werden. Da monatlich die Pegelstände an den Grundwassermessstellen ermittelt werden, kann eine rechtzeitige Einflussnahme gewährleistet werden.

Weitere mobile Erdbautechnik wie z.B. LKW zum Transport der gewonnen Materialien haben sich immer im Hinterland des Baggers aufzuhalten. Ein Heranfahren an die Böschung ist nicht zulässig. Über die hier getroffenen Festlegungen ist jeder Baggerfahrer nachweislich zu belehren. Er hat auch dafür Sorge zu tragen, dass diese Bestimmungen vor Ort (z.B. Einweisung LKW –Fahrer) eingehalten werden.

Die für die Endböschung durchgeführten Standsicherheitsberechnungen ergaben standsichere Verhältnisse, wenn die Böschungswinkel im Nutzhorizont $\beta \leq 40^\circ$ und im Abraumhorizont $\beta = 37,5^\circ$ betragen. Zwischen diesen wurde entsprechend [U10] eine 2,5 m breite Berme berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass wie in [U8] vorgesehen der größte Bereich des Nutzhorizontes wieder verfüllt wird. Damit verringert sich die Böschungshöhe, sodass das Sicherheitsniveau steigt.

Wie im Kapitel 6.4 dargestellt, ist die in [U8] geplante Mindestüberdeckung für die Verfüllung von 1,0 m als nicht ausreichend für die Standsicherheit der Einbauböschung (Verfüllböschung) zu bewerten ist.

Es ist zu empfehlen, dass die Trockenüberdeckung im Verfüllbereich bis auf 2,0 m erhöht wird und die Planierraupe einen Abstand (Vorderkante Raupenfahrwerk) zur Böschungsschulter von mind. 2,0 m einhalten muss. Die Einbauarbeiten mit der Planierraupe dürfen nur mittels „Schild vor Schild“ Technik vorgenommen werden. Ein Befahren des Böschungsbereiches mit LKW (rückwärtiges Abkippen) ist nicht zugelassen. Das Abladen des Einbaumaterials hat im Hinterland der Einbauböschung zu erfolgen.