



Bericht

Stand sicherheitsprüfung Abbauböschung

Projekt: 2911-2018

Südliche Abbauböschung Abbaugewässer am Wattberg in Surwold

Auftraggeber: Emsländer Baustoffwerke
Rakener Straße 18
49733 Haren/Ems

H. Jansen Straßen- und Tiefbauunternehmung GmbH & Co.KG
Oldenburger Str. 35
26871 Aschendorf

Will Transport GmbH & Co. KG
Herrenholz 13
49751 Spahnharrenstätte

Verfasser: Büro für Geowissenschaften M&O GbR
Bernard-Krone-Straße 19
48480 Spelle

Bearbeiter: Dr. rer. nat. Mark Overesch
Sebastian Schlenzek, B. Sc. Geow.

Datum: 26. November 2021

Büro für Geowissenschaften M&O GbR

Büro Spelle:
Bernard-Krone-Str. 19, 48480 Spelle
Tel: 0 59 77 / 93 96 30
Fax: 0 59 77 / 93 96 36

Büro Sögel:
Zum Galgenberg 7, 49751 Sögel
Tel: 0 59 52 / 90 33 88
Fax: 0 59 52 / 90 33 91

e-mail: info@mo-bfg.de
Internet: www.mo-bfg.de

Die Vervielfältigung des vorliegenden Gutachtens in vollem oder gekürztem Wortlaut sowie die Verwendung zur Werbung ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung zulässig.

Inhalt

1	Vorbemerkungen	1
1.1	Veranlassung.....	1
1.2	Verwendete Unterlagen	1
2	Standortgegebenheiten	1
2.1	Lage.....	1
2.2	Geologie und Hydrogeologie.....	2
3	Geplanter Aufbau der Überwasser- und Unterwasserböschung	3
4	Baugrundmodell und Bodenkennwerte	4
5	Durchführung der Standsicherheitsberechnungen	6
6	Ergebnis der Standsicherheitsberechnungen	9
6.1	Standsicherheit der Böschung in der Wasserwechselzone	9
6.2	Standsicherheit der Gesamtböschung	9
7	Empfehlungen zum Abbau	10
8	Schlusswort	11

1 Vorbemerkungen

1.1 Veranlassung

Die Firmen Emsländer Baustoffwerke, Fa. Jansen und Fa. Will planen den Abbau von Sanden am Wattberg in der Gemeinde Surwold. Die Sandgewinnung soll im Trockenabbauverfahren und daran anschließend im Nassabbauverfahren unterhalb des Grundwasserspiegels erfolgen.

Das Büro für Geowissenschaften M&O GbR, Sögel und Spelle, wurde beauftragt die Standsicherheit der geplanten Abbauböschung zu prüfen. Dabei sollen die vorhandene Geländemorphologie und die geplante Herrichtung der Unterwasserböschungen entsprechend Abbauplan berücksichtigt werden.

1.2 Verwendete Unterlagen

Tabelle 1 zeigt die zur Erstellung des vorliegenden Gutachtens verwendeten Planunterlagen.

Tabelle 1: Verwendete Unterlagen

Nr.	Unterlage	Datum	Verfasser/ Herausgeber
1	Hydrogeologisches Gutachten Abbau von Sanden im Trocken- und Nassabbauverfahren am Wattberg in Surwold	17.11.2021	Büro für Geowissenschaften M&O
2	Abbauplan	10.11.2021	Bürogemeinschaft Dipl.-Ing. Thomas Honnigfort & Dipl.-Ing. Alfons Brümmer
3	Herrichtungsplan	10.11.2021	
4	Schnitt A-A'	10.11.2021	

2 Standortgegebenheiten

2.1 Lage

Die Abbaustätte befindet sich im Landkreis Emsland in der Gemeinde Surwold (Anlage 1). Sie liegt an der Straße ‚Am Wattberg‘ auf den Flurstücken 10, 11, 12/1, 12/2, 13/1, 13/2, 14/1, 14/2, 15, 16/1, 16/7, 16/8, 16/10, 16/12, 16/14, 16/16, 16/18, 16/19, 17/2, 18/5, 19/4, 19/7, 19/5, 19/6, 19/9, 25/1, 25/2, 25/3, 25/4, 25/5, 82/12 Flur 28 in der Gemarkung Surwold (Surwold). Im Bereich der Abbaustätte liegen die Geländehöhen im ungestörten Zustand zwischen 14 bis 32 mNHN.

2.2 Geologie und Hydrogeologie

Die geologische und hydrogeologische Situation im Bereich der Abbaustätte wird ausführlich im Hydrogeologischen Gutachten (s. Unterlage 1, Tab. 1) beschrieben. Die Schichtenfolge wurde u. a. durch Spülbohrungen für Grundwassermessstellen, Drucksondierungen und Trockenbohrungen abgeleitet, welche im Bereich der Abbaustätte durchgeführt worden sind. Die Lage der Bohrungen und Sondierungen ist dem Lageplan (Anlage 1) zu entnehmen, die Bohr- und Sondierprofile dem Hydrogeologischen Gutachten. Desweiteren wurde die geologische Karte 1:25.000 (NIBIS) und der geologische sowie hydrogeologische Profilschnitt ‚Mittlere Ems rechts_PS06/PS 200115‘ zur Beschreibung der Schichtenfolge herangezogen (Unterlage 1, Tab. 1, NIBIS).

Für den Tiefenbereich bis 2,0 m unter GOK liegen überwiegend Fein- bis Mittelsande des Drenthe- Stadiums des Saaleglazials vor, welche bis etwa - 20 mNHN von rd. 40 m mächtigen glazifluviatilen kiesigen Sanden, ebenfalls aus dem Drenthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit, unterlagert werden. Darunterliegend stehen bis in eine Tiefe von - 48 mNHN glazifluviatile kiesige Sande aus der Elster-Kaltzeit an, unterlagert bis in eine Tiefe von - 180 mNHN von Sanden aus dem Pliozän. Im Liegenden lagern bis in eine unbekannte Tiefe miozäne Sande (Tertiär).

Die Spülbohrungen der Grundwassermessstellen und die im Bereich der Abbaustätte durchgeführten Rammkernsondierungen zeigen im oberen Bereich bis in eine Tiefe von rd. 12 mNHN Feinsande mit mittelsandigen und schwach schluffigen Anteilen. Darunter wurden bis in eine Tiefe von rd. -20 mNHN überwiegend Mittelsande erbohrt (Unterlage 1, Tab.1).

Die Auswertung der Drucksondierungen (DS) im Abbaugbiet zeigen, dass über die gesamte Abbautiefe überwiegend Sande mit variierenden Schluffanteilen vorzufinden sind. Einige Drucksondierungen (DS 3, 4, 6 und 9) zeigen in tieferen Bereichen vereinzelt Lagen z. T. stark schluffiger Sande an, welche eine Mächtigkeit von bis zu 1 m aufweisen. Die Drucksondierung DS 1 zeigt im oberen Bereich bis 5 m unter GOK bzw. rd. 10 mNHN lagenweise stark schluffige bis tonige Bodenmaterialien auf. Allgemein weisen die Sande gem. den gemessenen Spitzendruckwerten überwiegend eine mind. mitteldichte bis sehr dichte Lagerung auf. Locker gelagerte Sande treten vor allem an der Oberfläche bis rd. 1 m unter GOK bzw. im Bereich der Drucksondierung DS 1 bis rd. 5 m unter GOK auf. Darunter wurden stellenweise locker gelagerte (schluffige) Sande in geringmächtigen Lagen im Bereich der Sondierungen DS 3 (rd. 3,5 m unter GOK), DS 9 (rd. 9 m unter GOK) sowie DS 6 (rd. 10 m unter GOK) nachgewiesen. Aus den Messwerten der Drucksondierungen können für die vereinzelt mit geringen Mächtigkeiten auftretenden bindigen Bodenschichten mind. steife bis halb feste Konsistenzen abgeleitet werden (s. Abschn. 4). Lediglich im Bereich der Sondierung DS 1 liegen in einer Tiefe von rd. 2 m unter GOK etwa 0,4 m

mächtige, weiche Schluffe bis Tone vor.

Die hydrogeologische Karte 1:50.000 zeigt für den betrachteten Standort eine mittlere Lage der Grundwasseroberfläche zwischen etwa > 10 und $12,5$ mNHN sowie eine ungestörte Grundwasserfließrichtung Richtung Nordwest. Die Basis des oberen, überwiegend aus Sanden gebildeten Grundwasserleiterkomplexes, liegt laut hydrogeologischer Übersichtskarte 1:200.000 zwischen -100 und -200 mNHN. Anhand des hydrostratigraphischen Profilschnitts ‚Mittlere Ems rechts PS06/PS 200115‘, wird für die Lokation des geplanten Sandabbaugebietes eine Aquifermächtigkeit von bis zu 100 m angenommen.

Der Grundwasserspiegel sowie die vorherrschende Grundwasserfließrichtung wurden im Hydrogeologischen Gutachten (s. Unterlage 1, Tab. 1) für den Bereich der geplanten Abbaustätte an den errichteten Grundwassermessstellen (GWM 1 bis 6) abgeleitet. Zur Einschätzung des möglichen langjährigen Grundwasserschwankungsbereiches wurden Grundwasserpegeldaten der Messstelle ‚SP 138‘ des Trinkwasserverbands Hümmling und der NLWKN-Messstelle ‚128_Neubörger‘ einbezogen (vgl. Hydrogeologisches Gutachten).

Auf Grundlage der vorliegenden Messwerte aus den Grundwassermessstellen ergibt sich für den Hauptgrundwasserleiter ein, der hydrogeologischen Karte entsprechendes, nordwestlich gerichtetes Potenzialgefälle von $0,16$ %. Der mittlere zu erwartende Grundwasserstand wird im Hydrogeologischen Gutachten mit $10,65$ mNHN angegeben.

Aus den Kornsummenkurven der mittels Rammkernsondierung sowie Baggerschurf beprobten Sande aus der gesättigten Zone im Bereich der Abbaustätte ergeben sich nach BEYER gesättigte Wasserleitfähigkeiten (k_f) von rd. 4×10^{-5} m/s und 1×10^{-4} m/s. Hierbei handelt es sich vorwiegend um Feinsande, welche z. T. schwach mittelsandig bzw. schwach schluffig ausgeprägt sind (s. Unterlage 1, Tab. 1)

3 Geplanter Aufbau der Überwasser- und Unterwasserböschung

Anlage 1 zeigt den Lageplan des geplanten Abbaus der Emsländer Baustoffwerke GmbH & Co. KG sowie die Lage eines Querschnittes durch die geplante Böschung. Der im Folgenden beschriebene Aufbau basiert auf dem Herrichtungsplan und dem Schnitt C-C' durch die Abbauböschungen (Dipl.-Ing. Thomas Honnigfort, November 2021). Tabelle 2 gibt den Aufbau der geplanten Böschungen im hergerichteten Zustand für den gesamten Abbaubereich sowie für den für die Standsicherheitsberechnung herangezogenen Profilschnitt A wieder. Die Lage des Querschnittes wurde so gewählt, dass die hinsichtlich der Standsicherheit der Böschung gemachten Aussagen repräsentativ für die

Gesamtböschung im geprüften Bereich sind.

Der mittlere Seewasserspiegel wird gem. der im Hydrogeologischen Gutachten (s. Unterlage 1, Tab. 1) erläuterten Prognose bei etwa 10,65 mNHN liegen. Die Wasserwechselzone, welche den möglichen Schwankungsbereich des Seewasserspiegels umfasst, wird sich auf 9,65 bis 11,65 mNHN erstrecken.

Die Überwasserböschung oberhalb von 11,65 mNHN soll mit einer Böschungsneigung von 1:≥3 ausgebildet werden, die Wasserwechselzone zwischen 9,65 bis 11,65 mNHN mit einer Neigung von 1:5 und die Unterwasserböschung unterhalb zwischen -30,35 und 9,65 mNHN mit einer Neigung von 1:4 (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Geplanter Verlauf der Abbauböschungen

Betrachtungsbereich		Abbaubereich gesamt	Profil A
Höhe GOK Überwasserböschung [mNHN]		rd. 14 bis 32	14,5
Mittl. Höhe Seewasserspiegel [mNHN]		10,65	
Böschungs- neigung [1:]	Überwasserböschung (>11,65 mNHN)	≥ 5	ca. 5
	Wasserwechselzone (10,65 bis 11,65 mNHN)	5	5
	Wasserwechselzone (9,65 bis 10,65 mNHN)	10	10
	Unterwasserböschung (-30,35 bis 9,65 mNHN)	4	4

4 Baugrundmodell und Bodenkennwerte

Entsprechend der in Abschnitt 2.2 erläuterten geologischen Ausgangssituation wird der Bodenabbau die überwiegend am betrachteten Standort anstehenden Feinsande von der Geländeoberkante bis in eine Tiefe von -19,5 mNHN erfassen. Diese werden gem. DIN 18196 hinsichtlich der Standsicherheitsberechnung als eng gestufter Sand (SE) angesetzt.

Die Bodenkennwerte für den Standsicherheitsnachweis wurden gem. DIN 1055 abgeleitet. Aus den im Rahmen der Drucksondierungen gemessenen Spitzenwiderständen kann für die im Bereich der geplanten Böschung anstehenden, nicht umgelagerten Sande eine lockere bis überwiegend dichte Lagerung abgeleitet werden. Auf der sicheren Seite liegend wurde für die Sande eine lockere Lagerung angesetzt.

Entsprechend DIN 4094 kann aus der Drucksondierung mit der unten angeführten Formel näherungsweise die undrainierte Scherfestigkeit (c_u) für bindige Böden abgeleitet werden.

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{N_k} \quad (\text{Formel 1})$$

mit:

- c_u undrainierte Scherfestigkeit [kN/m²]
- q_c Spitzenwiderstand [MN/m²]
- σ_{vo} gesamter Überlagerungsdruck [MN/m²]
- N_k Konusfaktor [-]

Der Zähler gibt dabei den Netto-Spitzenwiderstand an, der Nenner mit N_k einen empirisch bestimmten Konusfaktor. In Abhängigkeit von der anstehenden bindigen Bodenart kann N_k Werte zwischen 11 und 19 annehmen (MELZER UND BERGDAHL, 2001) und wird hier auf der sicheren Seite liegend für den im Hinblick auf die Standsicherheitsberechnung ungünstigeren Fall mit 19 angenommen. Entsprechend ergeben sich für die Schluffe undrainierte Scherfestigkeiten c_u von > 60 kN/m². Allein im Bereich der DS 1 ergibt sich für die Schluffe bis Tone in einer Tiefe von rd. 2 m unter GOK eine undrainierte Scherfestigkeiten von > 30 kN/m².

Die Konsistenz der angetroffenen bindigen Böden wurde aus den undrainierten Scherfestigkeiten anhand der Orientierungswerte nach EAP (2007) abgeleitet. Hiernach liegen bei einer undrainierten Scherfestigkeit zwischen 10 und 50 kN/m² weichkonsistente, zwischen 10 und 100 kN/m² steifkonsistente und > 100 kN/m² halbfeste Böden vor. Entsprechend ergibt sich für die geringmächtigen bindigen Böden eine mindestens steife Konsistenz. Allein die Schluffe/Tone am Standort der Drucksondierung DS 1 bei 2 m unter GOK weisen hiernach eine weiche Konsistenz auf.

Bindige Bodenmaterialien (v. a. schluffigen Sande bis vereinzelt Schluffe) wurden gem. den Ergebnissen der Drucksondierungen lediglich in geringen Schichtmächtigkeiten erkundet. Weiterhin liegen sie überwiegend in mind. steifer Konsistenz vor. Aufgrund der zu erwartenden Kohäsion weisen diese bindigen Böden keine Eigenschaften auf, welche hinsichtlich der Standsicherheit der geplanten Abbauböschungen im Vergleich zu locker gelagerten Sanden als ungünstiger zu bewerten sind. Die nur oberflächennah stellenweise auftretenden dünnen Lagen weichkonsistenter Schichten haben zudem auf das Ergebnis der Standsicherheitsberechnung keinen signifikanten Einfluss. Vereinfachend wurden daher für den gesamten zu untersuchenden Bereich ein Baugrund aus eng gestuften und locker lagernden Sanden (SE) angesetzt.

Für die Sande oberhalb des gem. Hydrogeologischen Gutachten (s. Unterlage 1, Tab. 1) zu erwartenden ungestörten Grundwasserstandes wurde eine Wichte von erdfeuchtem Boden angenommen, für die Sande darunter eine Wichte für wassergesättigten Boden.

Für die Simulation der Grundwasserströmung im Bereich der geprüften Böschung wurde für die überwiegend anstehenden Feinsande ein Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k_f) im Mittel von 1×10^{-4} m/s angesetzt.

Die in Tabelle 3 dargestellten Bodenkennwerte wurden gem. DIN 1055 aus den oben genannten Bodenarten und der angesetzten Lagerungsdichte abgeleitet. Auf den Ansatz einer Kohäsion c' wurde verzichtet.

Tabelle 3: Ableitung von Bodenkennwerten für die Standsicherheitsberechnungen, angesetzte Werte

Boden-schicht	Bodenart	Tiefe Unterkante Schicht [mNHN]	Lagerungs-dichte / Konsistenz	Reibungs-winkel, φ' [°] ^a	Kohäsion, c' [kN/m ²] ^a	Wichte, γ [kN/m ³] ^a	Gesättigte Wasserleit-fähigkeit, k_f [m/s] ^b
1	Sand, erdfeucht (SE)	10,4 – 10,7	locker	30	0	16,0	1×10^{-4}
2	Sand, wassergesättigt (SE)	> -40		30	0	18,5	

^aaus DIN 1055, ^bErfahrungswerte

5 Durchführung der Standsicherheitsberechnungen

Die Berechnung der Standsicherheit erfolgte gemäß EC 7 in Verbindung mit der DIN 1054 und DIN 4084 im Lamellenverfahren mit Kreisgleitkörpern nach BISHOP mit dem Programm GGU Stability (Civilsolve, Version 11.26). Für den Nachweis der Standsicherheit wurde der Böschungsverlauf im Bereich des Querschnittes A gewählt. Die Lage des Querschnittes ist dabei für die im Folgenden hinsichtlich der Standsicherheit der Böschung gemachten Aussagen repräsentativ für die gesamten Böschungen des geplanten Bodenabbaus. Abweichend von den in Tabelle 2 aufgeführten, geplanten Böschungsneigungen sind die Berechnungen zur Standsicherheit mit einer Neigung der Überwasserböschung (>11,65 mNHN) von 1:3 und einer Neigung der Böschung in der unteren Wasserwechselzone (9,65 bis 10,65 mNHN) von 1:5 durchgeführt worden. Hierbei handelt es sich um die maximal in den genannten Bereichen zu empfehlenden Böschungsneigungen. Eine Ausführung der Böschungen mit den in Tabelle 2 aufgeführten Neigungen resultiert in einer höheren Sicherheit im Vergleich zu dem geprüften Schnitt.

Die Berechnungen wurden für den Grenzzustand GEO-3 für den Verlust der Gesamtstandsicherheit der Böschung durchgeführt. Dabei wurde eine ständige Bemessungssituation (BS-P) gemäß DIN 1054 angesetzt, welche die übliche dauerhafte Nutzung unter Berücksichtigung ständiger und während der Funktionszeit des Bauwerks regelmäßig auftretender veränderlicher Einwirkungen umfasst. Es wurde die Standsicherheit der Gesamtböschung geprüft. Diese beinhaltet auch die Prüfung auf alle potentiell möglichen Böschungsbrüche.

Die Sicherheit auf der Widerstandsseite, welche sich aus innerer Reibung und Kohäsion ergibt, geht bei dieser Methode nach einer Abminderung der Scherparameter mittels der in DIN 1054:2010 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte in die Berechnung ein:

$$\tan \varphi_d = \frac{\tan \varphi'}{\gamma_\varphi} \quad (\text{Formel 2})$$

und

$$c_d = \frac{c'}{\gamma_c} \quad (\text{Formel 3})$$

mit:

φ_d = Bemessungswert des Reibungswinkels [°]

c_d = Bemessungswert der Kohäsion [kN/m²]

φ' = charakteristischer Bodenwert des Reibungswinkels [°]

c' = charakteristischer Bodenwert der Kohäsion [kN/m²]

γ_φ = Teilsicherheitsbeiwert des Reibungswinkels, hier = 1,25

γ_c = Teilsicherheitsbeiwert der Kohäsion, hier = 1,25

Zur Bemessung der Standsicherheit wird der Ausnutzungsgrad der Bemessungswiderstände (μ) entsprechend DIN 4084:2009 iterativ ermittelt. Der Ausnutzungsgrad μ beschreibt, wie der Bemessungswiderstand am Grenzgleichgewicht zwischen den auf den Böschungskörper einwirkenden Kräften, den widerstehenden Kräften und den Normalkräften in den Gleitlinien ausgenutzt wird. Er wird als Quotient aus der Summe der einwirkenden Kräfte (E_D) und der Summe der Widerstandskräfte (R_D) berechnet:

$$\mu = \frac{E_D}{R_D} \quad (\text{Formel 4})$$

Ein Ausnutzungsgrad $\mu < 1,0$ bedeutet, dass zum Erreichen des Gleichgewichts nicht die gesamte zur Verfügung stehende Scherfestigkeit aktiviert werden muss. Der Wall wäre somit standsicher.

Für die Berechnungen der Standsicherheit von Böschungen in Nassabbauten ist das hydraulische Gefälle zwischen Grund- und Seewasserspiegel von Bedeutung, welches die Durchströmung der Böschung bestimmt. Dabei verringert sich die Standsicherheit der Böschungen im Falle effluenter Verhältnisse, bei denen Grundwasser durch die Böschung in das Abbaugewässer strömt. Diese treten gem. Hydrogeologischen Gutachten (s.

Unterlage 1, Tab. 1) aufgrund der Grundwasserfließrichtung im südlichen Bereich des geplanten Bodenabbaus auf.

Neben dem ungestörten Grundwassergefälle ist bei der Betrachtung der Grundwasserströmung im Bereich der hergerichteten Böschungen auch die horizontale Einregelung des Wasserspiegels aufgrund der abbaubedingten Offenlegung des Grundwassers zu berücksichtigen (WROBEL, 1980). Die Auswirkung durch die horizontale Einregelung wird ausführlich im Hydrogeologischen Gutachten (s. Unterlage 1, Tab. 1) beschrieben. Hiernach beträgt die horizontale Einregelung des Wasserspiegels im Abbaugewässer nach Abbauende im Abstrombereich rechnerisch 0,25 m. Die Reichweite, bis zu der diese Absenkung wieder bis auf 90 % vom Ausgangsgrundwasserstand abgeklungen ist (R_{90}), beträgt nach WROBEL (1980) im Oberstrom 5 m.

Die Grundwasserpotenziale im stationären Zustand wurden über das Finite-Elemente-Verfahren mit dem Programm GGU SS-Flow 2D (Civilserve) simuliert und im Standsicherheitsmodell implementiert.

Im Abbaugewässer und im Bereich der Unterwasserböschung wurde entsprechend dem Hydrogeologischen Gutachten (s. Unterlage 1, Tab. 1) eine Seewasser-/Grundwasserspiegelhöhe von 10,65 mNN als Randbedingung angesetzt. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des ungestörten Grundwassergefälles im Hauptgrundwasserleiter (0,16 %, s. o.) ist anzunehmen, dass in einer Entfernung von 5 m (R_{90} , s. o.) von der anstromseitig gelegenen Abbauböschung entsprechend oben erläuteter horizontaler Einregelung der ungestörte Grundwasserstand bei ca. 10,89 mNN liegt. Dieser Wert wurde hier in der Simulation der Grundwasserströmung als Randbedingung angesetzt. Hieraus resultiert im unmittelbaren Anstrombereich hinter der Abbauböschung rechnerisch ein erhöhtes Potenzialgefälle von ca. 4,6 %.

Diese als im Hinblick für die Standsicherheit der Abbauböschungen ungünstigste Grundwasserströmung aus dem Grundwasserleiter in das Abbaugewässer (effluente Verhältnisse) ist aufgrund der vorherrschenden, nach Norden gerichteten Grundwasserfließrichtung im südlichen Bereich der geplanten Abbaustätte und damit auch im Bereich des geprüften Profilschnittes A zu erwarten.

Im Grundwasserströmungsmodell wurde entsprechend den unter Abschnitt 2.2 geschilderten Verhältnissen ein Grundwasserkörper aus feinkornarmen Sanden mit einem im Mittel einheitlichen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k_f) von 1×10^{-4} m/s angesetzt. Die Basis des Aquifers wurde entsprechend Hydrogeologischer Übersichtskarte 1:200.000 im Bereich der geprüften Böschung bei -100 mNHN festgelegt.

6 Ergebnis der Standsicherheitsberechnungen

6.1 Standsicherheit der Böschung in der Wasserwechselzone

Die Wasserwechselzone befindet sich in dem geplanten Abbaugewässer unter Berücksichtigung einer maximal zu erwartenden Seewasseramplitude von 2,0 m zwischen 9,65 und 11,65 mNN (s. Abschn. 3 und Unterlage 1, Tab. 1). Induziert durch die Grundwasserströmung und durch den Wellenschlag stellen sich in diesem Bereich von Sandabbauten durch Bodenverlagerung Böschungsneigungen zwischen 1:5 und 1:8 ein (u. a. MEYER & FRITZ, 2001). Wird hier eine steilere Böschung hergestellt, kommt es zu einer Böschungsabflachung und einer rückschreitenden Erosion. Diese kann zu steilen Überwasserböschungen führen, deren Standsicherheit nicht gegeben ist.

ENTENMANN & BOLEY (2001) empfehlen bei starker Grund- bzw. Seewasseramplitude für die Wasserwechselzone eine Böschungsneigung von 1:5. Im Abbauplan wird in der Wasserwechselzone eine Böschungsneigung von 1:5 berücksichtigt.

6.2 Standsicherheit der Gesamtböschung

Anlage 3 und Tabelle 4 zeigen die Ergebnisse der Berechnung der Standsicherheit der Böschung für den Profilschnitt A im Lamellenverfahren nach BISHOP entsprechend DIN 4084 für die im Süden gelegene Böschung. Dargestellt ist der Gleitkreis mit den höchsten Ausnutzungsgraden.

Der maximale Ausnutzungsgrad μ liegt im Fall des Profilschnittes A bei 0,71 und damit unter dem geforderten Soll von $\leq 1,00$ (Anlage 3). Die Abbauböschung ist damit als standsicher zu bewerten. Voraussetzung ist die Einhaltung der Vorgaben zum Abbau (vgl. Tab. 2).

Tabelle 4: Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen für die geprüfte Böschung des Schnittes A gemäß EC 7

Profilschnitt	Berechnung	Maximaler Ausnutzungsgrad (ungünstigster Gleitkreis), μ	Geforderter Sollwert für μ	Stand-sicherheit
A	Böschung Südseite	0,71	$\leq 1,00$	gegeben

7 Empfehlungen zum Abbau

Entsprechend den Angaben des Hydrogeologischen Gutachtens (s. Unterlage 1, Tab. 1) ist zu Beginn der Abbautätigkeit unterhalb des Grundwasserspiegels der Saugbagger im zentralen Bereich der Abbaustätte einzusetzen. Auf diese Weise werden Potenzialunterschiede zwischen dem Seewasserspiegel und dem angrenzenden Grundwasserspiegel im Bereich der Böschungen vermieden, die signifikant über das in Abschnitt 5 beschriebene Maß hinaus gehen und ggf. zu einer Gefährdung der Standsicherheit der Böschungen führen.

Die im Bereich der Abbaustätte vorliegenden Böden sind aufgrund ihres zumeist rel. hohen Feinsandanteiles, des stellenweise hohen Schluffanteiles und der geringen Ungleichkörnigkeit nach KTA 2201.2 (1981) als stark verflüssigungsgefährdet einzustufen. Bei einem ‚nicht-schonenden‘ Abbau durch unkontrollierte Baggerung können Schubbeanspruchungen zu einer Ausbildung von Porenwasserüberdrücken im Boden führen. Der Boden verliert dabei seine Scherfestigkeit und verflüssigt sich, so dass es zu Fließrutschungen kommt, bei denen Bodenmaterial lawinenartigen verlagert wird. Der in Abschnitt 6 erläuterte Nachweis der Standsicherheit der Abbauböschungen gilt daher nur für den Fall, dass abbaubedingte Fließrutschungen in den anstehenden Sanden durch einen sog. ‚schonenden Abbau‘ verhindert werden. Ein entsprechendes Abbauverfahren wird in dem Abbaukonzept für den vorliegenden Abbau erläutert (Büro für Geowissenschaften M&O, 2021).

8 Schlusswort

Die gezeigte Bewertung gilt für den Zustand der geplanten Unterwasserböschung und Überwasserböschung nach Beendigung der Abbauarbeiten. Einflüsse, die während des Abbauprozesses zu einer pot. möglichen Gefährdung der Standsicherheit der Böschungen führen, wie z. B. der Einsatz eines Saugbaggers, bleiben bei dieser Betrachtung ungeachtet.

Sollten sich hinsichtlich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen und der zur Betrachtung zugrunde gelegten Angaben Änderungen ergeben, ist der Verfasser zu informieren. Der Verfasser ist ebenfalls zu informieren, wenn während der Abbautätigkeiten von den beschriebenen geologischen Verhältnissen abweichende Schichten angetroffen werden. Dies gilt insbesondere für Schichten aus bindigem Bodenmaterial oder Kiesen.

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Bericht nicht oder nur abweichend erörtert wurden, ist der Verfasser zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Spelle, 26. November 2021



Dr. rer. nat Mark Overesch



Sebastian Schlenzek, B.Sc. Geow.

Literatur

EAP (2007): Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, EA-Pfähle. Ernst & Sohn 2007.

EC 7 (2011): Handbuch Eurocode 7, Band 1: Handbuch Eurocode 7 - Geotechnische Bemessung, Band 1: Allgemeine Regeln & Band 2: Erkundung und Untersuchung. 1. Auflage, Beuth Verlag, Berlin, 2011.

ECKL, H. (2007): Hydrogeologische Anforderungen an Anträge auf obertägigen Abbau von Rohstoffen. Geofakten 10, Überarbeitete Fassung. Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover.

ENTENMANN, W., BOLEY, C. (2001): Abbau von Ton und Sand unterhalb des Grundwasserspiegels – Aktuelle geotechnische und hydrogeologische Aspekte dargestellt an Fallbeispielen aus Niedersachsen. Zeitschrift für angewandte Geologie, 47/1.

KTA 2201.2 (1981): Sicherheitstechnische Regel des KTA (Korntechnischer Ausschuß) Nr. 2201.2, Teil 2: Baugrund, Fassung 11/82.

MELZER, K.-J., BERGDAHL, U. (2001): Baugrunduntersuchungen im Feld, Grundbautaschenbuch, 6. Auflage, Teil 1, Abschnitt 1.3, Verlag W. Ernst u. Sohn, Berlin, München.

MEYER, H., FRITZ, L. (2001): Unterwasserböschungen aus Sicht der Bodenmechanik. Zeitschrift für angewandte Geologie, 47/1.

WROBEL, J.-P. (1980): Wechselbeziehungen zwischen Baggerseen und Grundwasser in gutdurchlässigen Schottern. GWF Wasser-Abwasser, 121 (4): 165-173.

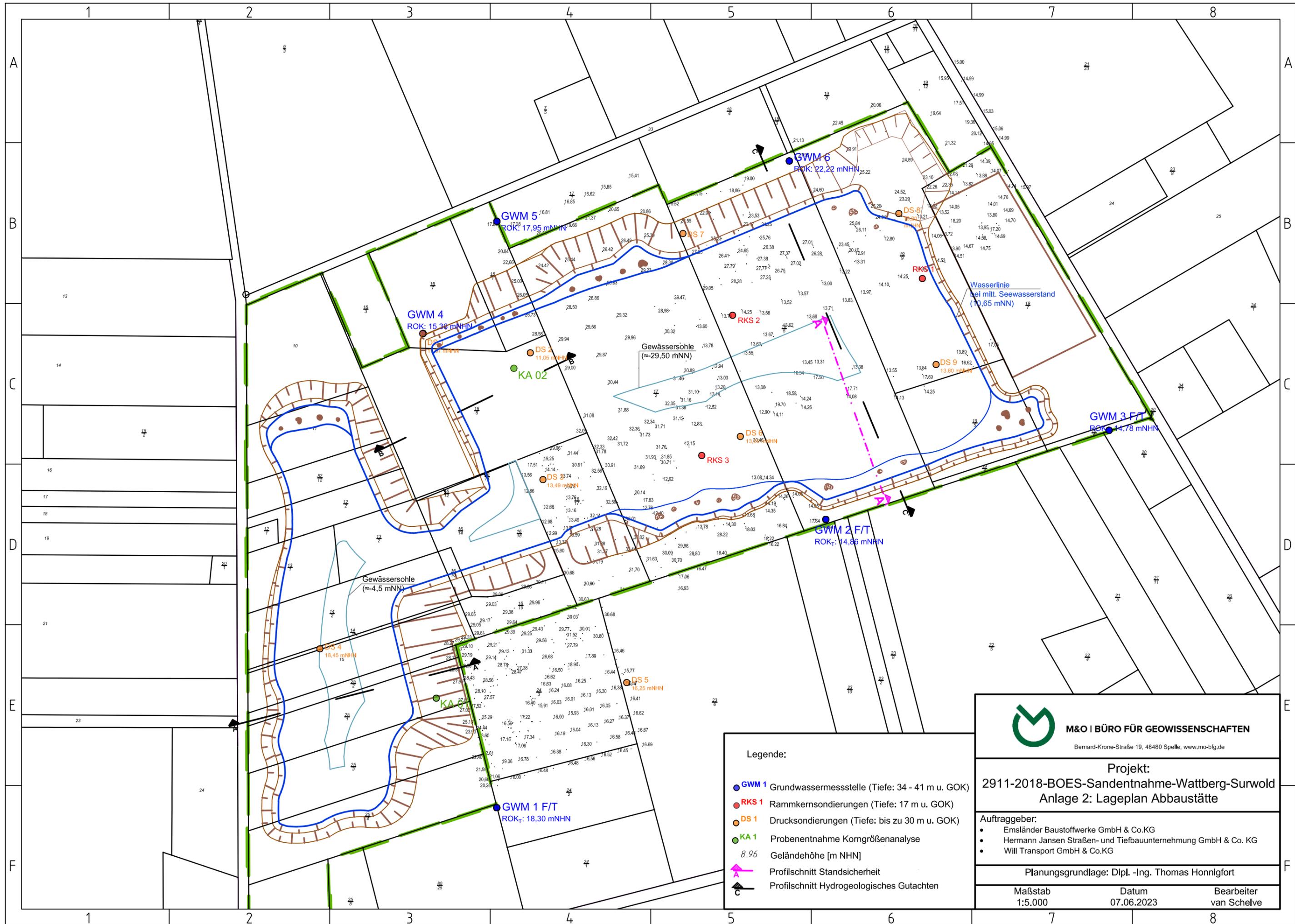
Anlagen

Anlage 1: Lageplan Abbaustätte

Anlage 2: Querschnitt Abbaugewässer (Bürogemeinschaft Honnigfort & Brümmer)

Anlage 3: Standsicherheitsberechnungen – Schnitt A-A' – Böschung Südseite

Anlage 1: Lageplan Abbaustätte



- Legende:**
- **GWM 1** Grundwassermessstelle (Tiefe: 34 - 41 m u. GOK)
 - **RKS 1** Rammkernsondierungen (Tiefe: 17 m u. GOK)
 - **DS 1** Drucksondierungen (Tiefe: bis zu 30 m u. GOK)
 - **KA 1** Probenentnahme Korngrößenanalyse
 - 8.96 Geländehöhe [m NHN]
 - Profilschnitt Standsicherheit
 - Profilschnitt Hydrogeologisches Gutachten



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN
 Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de

Projekt:
 2911-2018-BOES-Sandentnahme-Wattberg-Surwold
 Anlage 2: Lageplan Abbaustätte

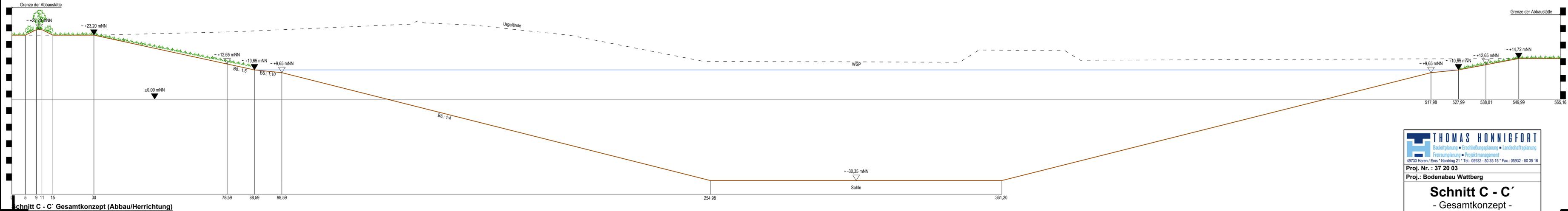
Auftraggeber:

- Emsländer Baustoffwerke GmbH & Co.KG
- Hermann Jansen Straßen- und Tiefbauunternehmung GmbH & Co. KG
- Will Transport GmbH & Co.KG

Planungsgrundlage: Dipl.-Ing. Thomas Honnigfort

Maßstab 1:5.000	Datum 07.06.2023	Bearbeiter van Schelvel
--------------------	---------------------	----------------------------

Anlage 2: Querschnitt Abbaugewässer (Bürogemeinschaft Honnigfort & Brümmer)



THOMAS HONNIGFORT
 Bauleitplanung • Erschließungsplanung • Landschaftsplanung
 Freisitzplanung • Projektmanagement
 49733 Haren / Ems • Nording 21 • Tel.: 05932 - 50 35 15 • Fax: 05932 - 50 35 16
 Proj. Nr.: 37 20 03
 Proj.: Bodenabbau Wattberg
Schnitt C - C'
 - Gesamtkonzept -
 Blatt Nr.: 3.0.3 Maßstab: 1 : 500 16.02.2022
 Ausdruck vom: 16.02.2022

Anlage 3: Standsicherheitsberechnungen

– Schnitt A-A' – Böschung Südseite



Büro für Geowissenschaften M&O GbR
 Projekt: 2911-2018
 Standsicherheit Böschung
 Abbau Gesamtgewässer, Surwold

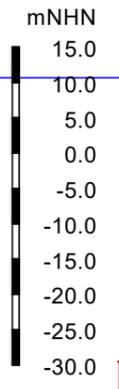
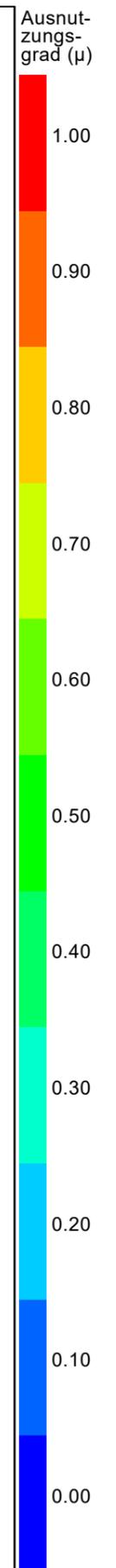
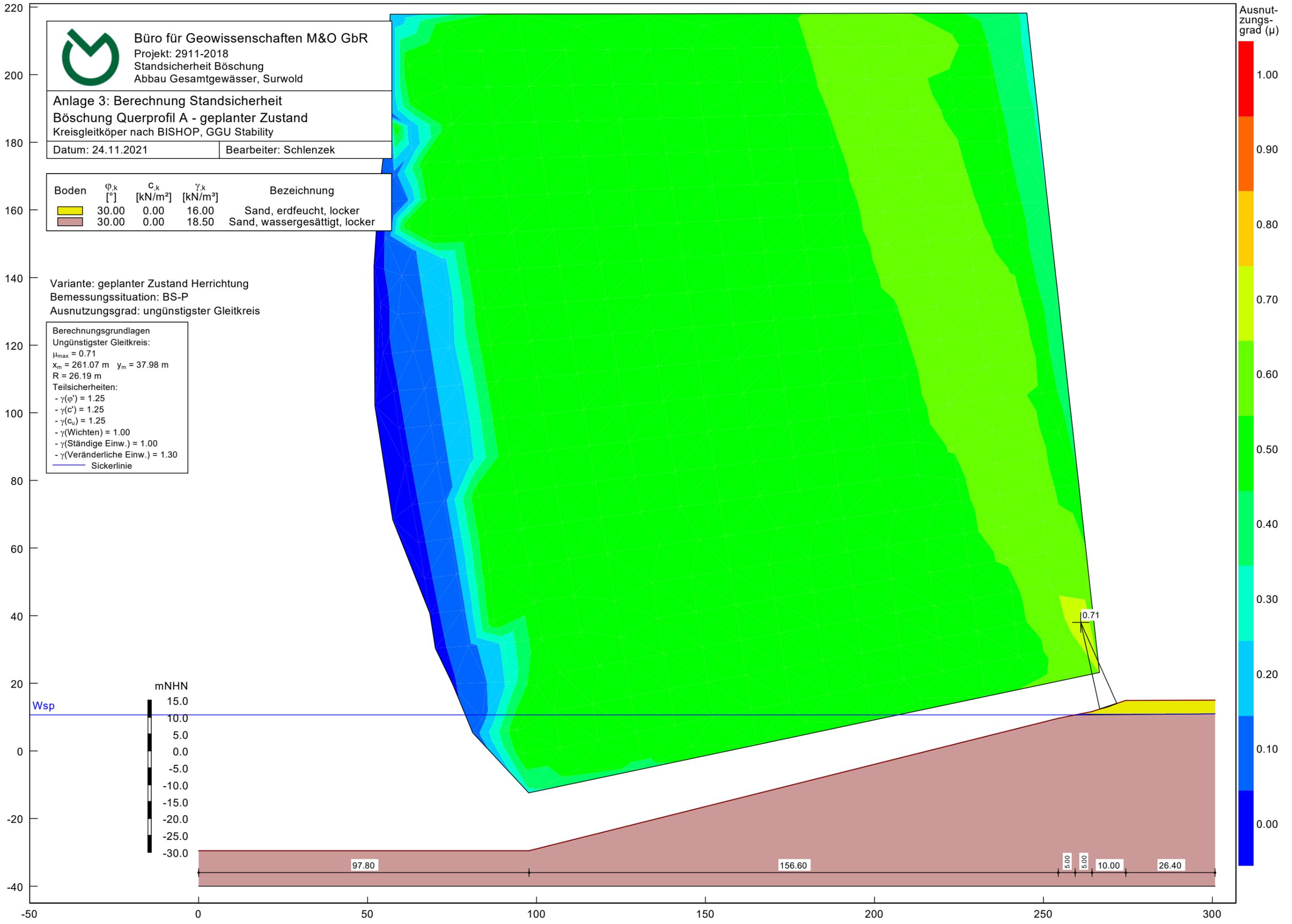
Anlage 3: Berechnung Standsicherheit
 Böschung Querprofil A - geplanter Zustand
 Kreisgleitkörper nach BISHOP, GGU Stability

Datum: 24.11.2021 Bearbeiter: Schlenzek

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	30.00	0.00	16.00	Sand, erdfeucht, locker
	30.00	0.00	18.50	Sand, wassergesättigt, locker

Variante: geplanter Zustand Herrichtung
 Bemessungssituation: BS-P
 Ausnutzungsgrad: ungünstigster Gleitkreis

Berechnungsgrundlagen
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.71$
 $x_m = 261.07 \text{ m}$ $y_m = 37.98 \text{ m}$
 $R = 26.19 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 — Sickerlinie



Wsp

0.71

97.80

156.60

5.00

5.00

10.00

26.40