



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Dipl.-Geograph Ingo-Holger Meyer  
&  
Dr. rer. nat. Mark Overesch

Beratende Geowissenschaftler BDG und Sachverständige

## Hydrogeologisches Gutachten *2. ergänzende Version*

**Projekt: 2911-2018**

### Abbau von Sanden im Trocken- und Nassabbauverfahren am Wattberg in Surwold

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

**Verfasser:** Büro für Geowissenschaften M&O GbR  
Bernard-Krone-Str. 19  
48480 Spelle

**Bearbeiter:** Dr. rer. nat. Mark Overesch  
M. Sc. Geow. Svenja van Schelve

**Datum:** 27.11.2024

---

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](mailto:info@mo-bfg.de)  
Internet: [www.mo-bfg.de](http://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.

## **INHALTSVERZEICHNIS:**

<b>1 Vorbemerkungen</b> .....	<b>1</b>
1.1 Veranlassung / Aufgabenstellung .....	1
1.2 Verwendete Unterlagen .....	1
<b>2 Lage des Abbauvorhabens</b> .....	<b>2</b>
2.1 Geographische Lage .....	2
2.2 Lage zu Schutz-, Vorrang- und Vorsorgegebieten sowie Altlastenverdachtsflächen .....	2
<b>3 Durchgeführte Untersuchungen</b> .....	<b>2</b>
<b>4 Naturräumliche Gegebenheiten</b> .....	<b>5</b>
4.1 Klima und Hydrologie .....	5
4.2 Geologie .....	5
4.3 Hydrogeologie .....	7
4.4 Böden .....	9
<b>5 Beschreibung des Abbauvorhabens</b> .....	<b>9</b>
<b>6 Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel</b> .....	<b>10</b>
6.1 Auswirkungen auf die Wasserbilanz .....	10
6.2 Auswirkungen durch horizontale Einregelung .....	18
6.3 Insgesamt zu erwartende Änderungen des Grundwasserspiegels und Reichweiten .....	19
<b>7 Prognostizierte Grundwasserflurabstände</b> .....	<b>24</b>
<b>8 Auswirkungen auf die Grundwasserqualität</b> .....	<b>25</b>
<b>9 Auswirkungen auf Oberflächengewässer</b> .....	<b>28</b>
<b>10 Auswirkungen auf Gebäude, Verkehrswege und sonstige bauliche Anlagen</b> .....	<b>28</b>
<b>11 Konzept für ein Beweissicherungsprogramm</b> .....	<b>28</b>
11.1 Monitoring des Grund- und Seewasserspiegels .....	28
11.2 Monitoring der See- und Grundwasserqualität .....	28
<b>12 Zusammenfassung</b> .....	<b>29</b>
<b>13 Schlusswort</b> .....	<b>31</b>

# 1 Vorbemerkungen

## 1.1 Veranlassung / Aufgabenstellung

Die Firma Hermann Jansen Straßen- und Tiefbauunternehmung GmbH & Co. KG, Oldenburger Str. 35, 26871 Aschendorf plant 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 aus Spelle wurde beauftragt, das vorliegende Hydrogeologische Gutachten zur Abschätzung der Folgen des Abbauvorhabens auf das Grundwasserströmungsfeld und die Grundwasserqualität zu erstellen.

## 1.2 Verwendete Unterlagen

Tabelle 1 gibt die zur Erstellung des vorliegenden Gutachtens verwendeten Planunterlagen wieder. Die verwendeten Unterlagen wurden vom Verfasser überwiegend nachrichtlich in das Gutachten übernommen und inhaltlich nicht überprüft. Sollten Abweichungen festgestellt werden, wird dies an entsprechender Stelle vermerkt.

Tabelle 1: Verwendete Unterlagen

Nr.	Unterlage	Datum	Verfasser, Quelle
1	Geologische Karte 1:25.000	-	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (Kartenserver NIBIS)
2	Bodenübersichtskarte 1:50.000	-	
3	Hydrogeologische Karte 1:50.000	-	
4	Hydrogeologische Übersichtskarte 1:200.000	-	
5	Geologischer Schnitt Mittlere Ems rechts PS06/PS 200115	25.05.2020	
6	Hydrostratigrafischer Schnitt Mittlere Ems rechts PS06/PS 200115	25.05.2020	
7	Bohrprofil Aschendorf Hümmling Börger P23	1966	
8	Bohrprofil Aschendorf Hümmling Börger P25	1966	
9	Abbauplan inkl. Geländehöhen Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Bernd Haarmann	10.11.2021	Bürogemeinschaft Dipl. –Ing. Thomas Honnigfort & Dipl. –Ing. Alfons Brümmer

## **2 Lage des Abbauvorhabens**

### **2.1 Geographische Lage**

Die Abbaustätte befindet sich im Landkreis Emsland in der Gemeinde Surwold (Anlage 1). Sie liegt an der Am Wattberg Straße auf den Flurstücken 16/1, 16/7 und 16/8 Flur 28 in der Gemarkung Surwold (Surwold). Im Bereich der Abbaustätte liegen die Geländehöhen im ungestörten Zustand zwischen 14 bis 23 mNHN.

### **2.2 Lage zu Schutz-, Vorrang- und Vorsorgegebieten sowie Altlastenverdachtsflächen**

Die Abbaustätte liegt rd. 1,5 km nördlich des Trinkwassergewinnungsgebiet (TWGG) aktiver WGA ‚Surwold‘. Das TWGG befindet sich im Grundwasseranstrom des geplanten Abbaubereiches (s.u., Anlage 12). Der geplante Bodenabbau sollte daher keinen relevanten Einfluss auf das Trinkwassergewinnungsgebiet ausüben.

Rd. 4 km östlich der betrachteten Abbaustätte befindet sich die Altablagerung ‚Börgerwald, im Timpen‘ (Standortnummer: 4544064002). Westlich der Abbaustätte liegt in rd. 4 km Entfernung die Altablagerung ‚Neubörger, am Mittelgraben‘ (Standortnummer: 4544014010). Darüber hinaus befinden sich rd. 6 km südöstlich der Abbaustätte vier weitere Altablagerungen ‚Börger, Neubörger Str‘, (Standortnummer: 4544074027), ‚Börger, Neubörger Str.I‘ (Standortnummer: 4544074028), ‚Börger, Neubörger Str.II‘ (Standortnummer: 4544074034) sowie ‚Börger, Tannenweg‘ (Bauern Tannen) (Standortnummer: 4544074001). Ebenfalls 6 km südöstlich der Abbaustätte befindet sich eine Schlammgrubenverdachtsfläche (1202). Diese Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen befinden sich im bzw. in der Nähe des ursprünglichen Einzugsgebietes der Fläche mit dem geplanten Abbaugewässer. Aufgrund der geplanten Trinkwassergewinnung im Wassergewinnungsgebiet Surwold werden diese Altlastenverdachtsflächen jedoch voraussichtlich künftig nicht mehr dem direkten Einzugsgebiet des Abbaugewässers zuzuordnen sein (s. Anlage 12, Abschnitt 6.1).

## **3 Durchgeführte Untersuchungen**

Zur Erkundung der geologischen Schichtenfolge wurden im Bereich des geplanten Bodenabbaus zunächst durch die Firma Rücken und Partner aus Meppen zwischen dem 07.08. und dem 08.08.2013 drei Rammkernsondierungen bis in eine Tiefe von 17 m unter GOK durchgeführt (Lage: s. Anlage 2). Je Rammkernsondierung wurden fünf Proben aus unterschiedlichen Tiefen entnommen. An diesen Proben wurde eine Korngrößenanalyse

mittels Trockensiebungen durchgeführt. Der  $k_f$ -Wert der Proben wurde auf Grundlage der Körnungslinie nach BEYER abgeleitet (Anlage 9).

Zur ergänzenden Prüfung der  $k_f$ -Werte der Sande im Bereich der Grundwasseroberfläche wurden durch das Büro für Geowissenschaften an dem im Lageplan markierten Standorten zwei weitere Proben aus Baggerschürfen zwischen etwa 9 und 10 m NHN entnommen. An den Proben erfolgte ebenfalls eine Trockensiebung und eine Ableitung des  $k_f$ -Wertes nach BEYER.

Zur Erkundung der (hydro)geologischen Verhältnisse wurden (Anlage 6) im Bereich der geplanten Abbaustätte am 23.11.2020 sechs Spülbohrungen ( $\varnothing$  24,4 cm) von 34 bis 41 m unter GOK bzw. 14 bis 22 m NHN niedergebracht (Lage: s. Anlage 2). Drei dieser Bohrungen liegen im Grundwasseranstrom (GWM 1, 2, 3) und drei im Grundwasserabstrom (GWM 4, 5, 6) des geplanten Abbaugewässers. Die Messstellen GWM 1, 2 und 3 wurden als tiefe Grundwassermessstelle ausgebaut und hierzu zwischen 27 bis 31 m unter GOK bzw. -9,7 bis -13,7 m NHN (GWM 1), 18 bis 22 m unter GOK bzw. -4,14 bis 8,14 m NHN (GWM 2) und 20 bis 24 m unter GOK bzw. -6,22 bis -10,22 m NHN (GWM 3) verfiltert (Anlage 6). Zudem wurden hier im Bohrloch zusätzlich flache Messstellen mit Filtern zwischen 4 und 6 m unter GOK bzw. 7,18 und 10,86 m NHN installiert, um mögliche Unterschiede in der Potenzialhöhe und der chemischen Qualität zwischen dem oberflächennahen Grundwasser und dem Grundwasser im Bereich der geplanten Gewässersohle prüfen zu können. Im Bereich der Messstellen GWM 4, 5 und 6 war allein eine Installation jeweils einer Messstelle mit einer Filtertiefe zwischen 16 bis 20 m unter GOK bzw. -1,64 bis -5,64 m NHN (GWM 4), 18 bis 22 m unter GOK bzw. -1,05 bis -5,05 m NHN (GWM 5) und 13 bis 17 m unter GOK bzw. 8,22 bis 4,22 m NHN (GWM 6) möglich. Hier konnten die Bohrlöcher auch nach Umsetzen des Bohrgerätes nicht so stabilisiert werden, dass eine Installation des Filters in einer größeren Tiefe möglich war.

Die Grundwasserspiegelhöhe wurden in den Grundwassermessstellen am 12.08.2021 durch den Unterzeichner mittels Kabellichtlot eingemessen. Vom Januar 2021 bis zum März 2024 erfolgte die Messung des Grundwasserspiegels in den Messstellen durch die Emsländer Baustoffwerke.

Zur Erkundung der Schichtenfolge sowie der Lagerungsdichte der anstehenden Bodenmaterialien wurden am 19.12.2019 im Bereich der Abbaustätte durch die Firma Sigma Bouw & Milieu aus Emmen (NL) sieben Drucksondierungen bis 30 m unter GOK und zwei Drucksondierungen bis 11 beziehungsweise 13 m unter GOK durchgeführt (Lage: s. Anl. 2). Die Sondierungen wurden mit der Sodenspitze CPT 15 gem. DIN 4094-1 durchgeführt (Spitzendurchmesser: 15 cm<sup>2</sup>, Oberfläche Reibungshülse: 22,5 cm<sup>2</sup>).

In Anlage 7 sind die Drucksondierungsdiagramme dargestellt. Der Spitzendruck der Drucksondierungen lässt Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte nichtbindiger Böden zu. Das Reibungsverhältnis ( $R_f$ ) aus der Mantelreibung ( $f_s$ ) und dem Spitzenwiderstand ( $q_c$ ), gibt wiederum Hinweise auf die Bodenart sowie bei bindigen Böden auch auf die Konsistenz. Aus dem Reibungsverhältnis wurde nach ROBERTSON (1990) die Bodenart entsprechend Abbildung 1 abgeleitet, welche in den Drucksondierungsdiagrammen ebenfalls dargestellt ist.

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \cdot 100$$

mit:

- $R_f$  Reibungsverhältnis [%]  
 $f_s$  Mantelreibung [MPa]  
 $q_c$  Spitzenwiderstand [MPa]

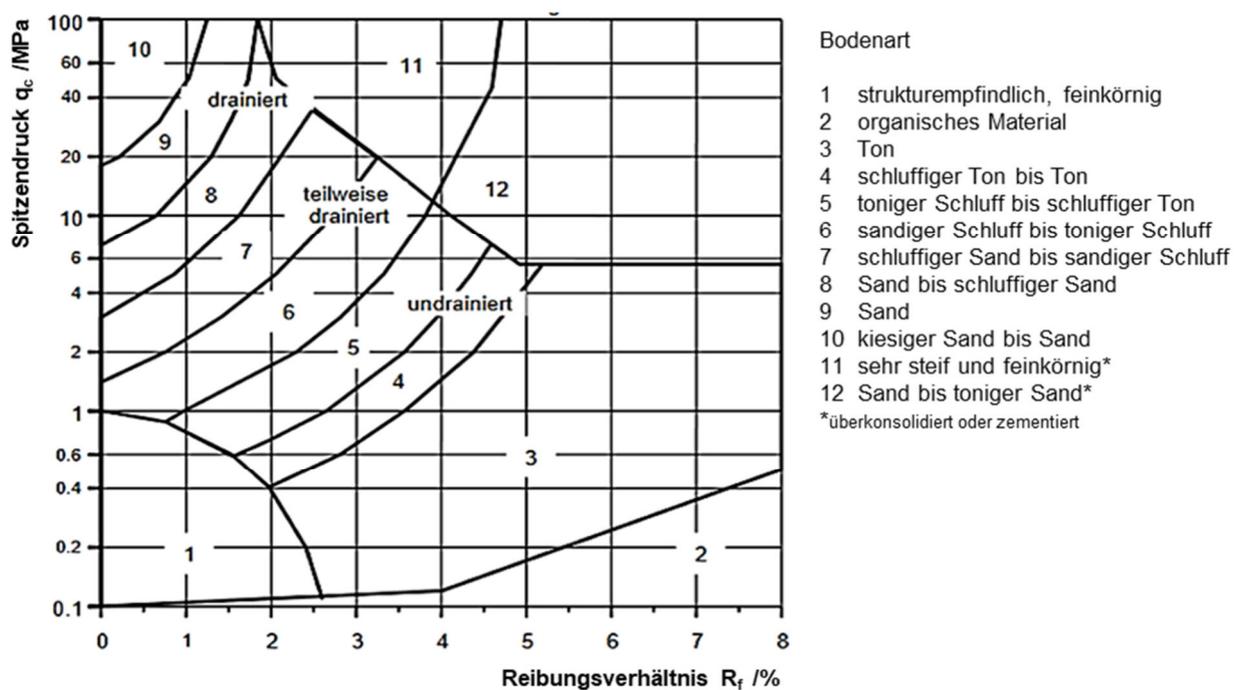


Abbildung 1 : Schema zur Bestimmung der Bodenart nach ROBERTSON (1990)

Weiterhin wurde aus dem Spitzenwiderstand entsprechend Tabelle 2 nach DIN 4094-1 die Lagerungsdichte  $D$  der erkundeten Böden abgeleitet.

Tabelle 2: Beziehung zwischen Spitzenwiderstand und Lagerungsdichte nach DIN 4094-1

Spitzenwiderstand $q_c$ [MPa]		Lagerungsdichte D [-]	Bezeichnung
Enggestufte Sande (U ≤ 3)	Sand-Kies-Gemische (U ≥ 6)		
≤4,3	≤0,9	≤0,15	sehr locker
>4,3 – 7,6	>0,9 – 2,7	>0,15 – 0,30	locker
>7,6 – 16,5	>2,7 – 10,7	>0,30 – 0,50	mitteldicht
>16,5 – 43,0	>10,7 – 61,4	>0,50 – 0,75	dicht
≥43,0	≥61,4	≥0,75	sehr dicht

Die Standorte und Pegeloberkanten der Grundwassermessstellen sowie die Standorte und Geländehöhen der Drucksondierungen wurden von der Firma Dipl.-Ing. Bernd Haarmann aus Dörpen lage- und höhengerecht eingemessen.

## 4 Naturräumliche Gegebenheiten

### 4.1 Klima und Hydrologie

Das Untersuchungsgebiet ist der Klimaregion ‚Maritim-Subkontinentale Flachlandregion‘ des niedersächsischen Flachlandes zuzuordnen. Das Klima weist maritime-subkontinentale Züge (mittelfeucht) auf, mit einem gedämpften Tages- und Jahresgang der Temperatur.

Die Grundwasserneubildungsrate, welche mittels GROWA-Methode (mGROWA22) auf Grundlage der Niederschlagsdaten von 1991 bis 2020 abgeleitet wurde, liegt im Bereich der Abbaustätte zwischen 200 bis 500 mm/a, wobei der überwiegende Bereich eine Grundwasserneubildungsrate von 300 bis 500 mm/a aufweist und nur am nördlichen Rand eine geringere Grundwasserneubildungsrate berechnet wurde (NIBIS). Im Bereich des in Anlage 12 dargestellten Grundwassereinzugsgebietes, des geplanten Abbaugewässers, liegt die Grundwasserneubildung überwiegend bei 200 bis 350 mm/a. Geringen Abweichung treten direkt südlich angrenzend an das Abbauggebiet auf, wo die Werte z.T. zwischen 100 und 150 mm/a liegen. Im Mittel kann im Einzugsgebiet des Gewässers von einer Grundwasserneubildung von mindestens 275 mm/a ausgegangen werden.

### 4.2 Geologie

Anhand der Angaben der Geologischen Karte 1:25.000 (NIBIS), dem Geologischen Profilschnitt ‚Mittlere Ems rechts\_PS06/PS 200115‘ (Anlage 5, NIBIS), welcher rd. 0,8 km östlich des geplanten Bodenabbaus verläuft, und der hydrogeologischen Aufschlussbohrungen ‚Aschendorf Hümming Börger P23‘ nordwestlich angrenzend an das

Abbaugelände Wattberg sowie ‚Aschendorf Hümmling Börger P25‘ südöstlich des Abbaugeländes (Anlage 4, Lage s. Anlage 1, NIBIS), lässt sich die prinzipielle Geologie des Untersuchungsgebietes in etwa wie folgt beschreiben:

Für den Tiefenbereich bis 2,0 m unter GOK liegen überwiegend Fein- bis Mittelsande des Drenthe- Stadiums des Saaleglazials vor, welche bis etwa – 20mNHN von rd. 40 m mächtigen glazifluviatilen kiesigen Sanden, ebenfalls aus dem Drenthe-Stadium 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 Hydrogeologische Aufschlussbohrung ‚Aschendorf Hümmling Börger P23‘, im Nordwesten des Abbaugeländes, zeigt bis in eine Tiefe von 19 m unter GOK bzw. rd.-8 mNHN Feinsande aus dem Pleistozän, unterlagert von pleistozänen Grobsanden.

Rund 0,7 km südwestlich des Abbaugeländes befindet sich die Hydrogeologische Aufschlussbohrung ‚Aschendorf Hümmling Börger P25‘. Diese zeigt bis 6,8 m unter GOK bzw. 11 mNHN Feinsande mit schwach mittelsandigen Anteilen aus dem Pleistozän auf. Bis zur Endteufe von 20 m unter GOK bzw. -2,2 m NHN folgen Feinsande mit geringem Glimmeranteil, ebenfalls aus dem Pleistozän.

Die im Bereich der Abbaustätte durchgeführten Spülbohrungen der Grundwassermessstellen (GWM 1 bis 6), die Drucksondierungen (DS 1 bis 9) sowie die Rammkernsondierungen (RKS 1 bis 3) ergeben hinsichtlich der geologischen Schichtenfolge folgendes Bild:

Die Auswertung der Drucksondierungen im Abbaugelände zeigen, dass über die gesamte Abbautiefe überwiegend Sande mit variierenden Schluffanteilen vorzufinden sind (s. Anlage 7). Die Drucksondierung DS1 zeigt dagegen im oberen Bereich bis 5 m unter GOK bzw. rd. 10 mNHN stark schluffige bis tonige Bodenmaterialien auf. Zudem werden an den Standorten einiger Drucksondierungen auch in tieferen Bereichen Lagen aus stark schluffigen Sanden bis Schluffen angezeigt, welche hier eine Mächtigkeit von <0,5 m aufweisen.

Die Sande weisen gem. den gemessenen Spitzendruckwerten überwiegend eine mitteldichte bis sehr dichte Lagerung auf (s. Anlage 7). Lockere Schichten treten vor allem an der Oberfläche, im Bereich der Drucksondierung DS 6 jedoch auch noch bis in 20 m Tiefe und hier in Kombination mit erhöhten Schluffanteilen auf.

Die Spülbohrungen der Grundwassermessstellen zeigen im oberen Bereich bis in eine Tiefe von rd. 10 m unter GOK Feinsande mit mittelsandigen und schwach schluffigen Anteilen. Darunter wurden bis in eine Tiefe von  $\geq 21,6$  mNHN überwiegend Mittelsande erbohrt (s. Anlage 6).

In den drei Rammkernsondierungen RKS 1 bis 3 wurden bis 17 m unter GOK vor allem Fein- und Mittelsande angetroffen, z.T. mit Schlufflinsen. Die an den Proben aus dem Bohrgut der Rammkernsondierungen durchgeführten Körnungsanalysen zeigen, dass es sich bei den erkundeten Sanden überwiegend um Feinsande handelt, welche z.T. schwach mittelsandig bzw. schwach schluffig ausgeprägt sind (s. Tab. 3, Anlage 8). Nur bei einer der 14 Proben handelt es sich um einen Fein- bis Mittelsand.

### 4.3 Hydrogeologie

Der Nassabbau wird den Grundwasserkörper ‚Mittlere Ems Lockergestein rechts 2‘ erfassen. Die Basis des oberen, überwiegend aus Sanden gebildeten, Grundwasserleiterkomplexes, liegt hier laut Hydrogeologischer Übersichtskarte 1:200.000 zwischen -100 und -200 mNHN, die Aquifermächtigkeit bei 50 bis 100 m. Anhand des rd. 0,8 km entfernten hydrostratigraphischen Profilschnitts ‚Mittlere Ems rechts PS06/PS 200115‘ (siehe Anlage 5, Lage s. Anlage 1), wird für die Lokation des geplanten Sandabbaugebietes eine Aquifermächtigkeit von bis zu 100 m angenommen.

Die Hydrogeologische Karte 1:50.000 zeigt für den betrachteten Standort eine mittlere Lage der Grundwasseroberfläche zwischen etwa >10 und 12,5 m NHN sowie eine ungestörte Grundwasserfließrichtung Richtung Nordwest.

Die zwischen Januar 2021 und März 2024 monatlich in den Grundwassermessstellen GWM 1 bis 6 gemessenen Grundwasserspiegelhöhen sind in Anlage 10 dargestellt. Die Beschreibung der Grundwasserverhältnisse im Bereich der Abbaustätte erfolgte überwiegend anhand der Mittelwerte für den Zeitraum August 2021 bis März 2023 sowie ausgewählte Stichtage. Im Falle der Doppelmessstellen GWM 1 bis 3 wurden jeweils die Werte der tieferen Messstelle herangezogen.

In den Anstrommessstellen GWM 1, 2 und 3 lag der Grundwasserspiegel in diesem Zeitraum zwischen 10,76 und 12,09 m NHN. Die mittlere Differenz zwischen tiefen und flachen Messstellen lag bei maximal 0,05 m (Messstelle GWM 3). Bei den Abstrommessstellen GWM 4 bis 6 lag der Grundwasserspiegel zwischen 9,99 und 11,26 m NHN.

Auf Grundlage der Messwerte der Stichtagsmessungen der Grundwassermessstellen GWM 1 bis 6 wurden Grundwassergleichenpläne erstellt. Hierzu wurden zunächst die Stichtage im September 2021 und März 2024 ausgewählt, an welchen die Grundwassertiefststände bzw.

-höchststände im Beobachtungszeitraum vorlagen. Die Gleichenpläne zeigen jeweils ein nordwestlich gerichtetes Potenzialgefälle von rd. 0,16 %, welches etwa den Angaben der Hydrogeologischen Karte entspricht (Anlage 11).

Anlage 11 zeigt den Grundwassergleichenplan mit den mittleren Grundwasserspiegelhöhen. Die Werte liegen im Bereich des Abbaugewässers zwischen rd. 10,8 mNHN im Süden und 10,4 mNHN im Norden. Im Gewässerzentrum beträgt der Wert etwa 10,6 mNHN. Es ist zu erwarten, dass der zukünftige Seewasserspiegel etwa diese Höhe aufweisen wird.

Die maximale Grundwasseramplitude in der Messstelle im Bereich des Abbaugewässers betrug im Zeitraum zwischen Januar 2021 und März 2024 maximal 1,10 m (GWM 3t, Mittelwert: 11,11 m NHN, Maximum: 11,86 m NHN, Minimum: 10,76 m NHN, s. Anlage 10). Es ist daher damit zu rechnen, dass der ungestörte Seewasserspiegel in einem Bereich von mindestens 0,55 m über und unter dem Mittelwert schwanken kann.

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.  $4 \times 10^{-5}$  m/s und  $1 \times 10^{-4}$  m/s (s. Anl. 9, Tab. 3).

Für die im Folgenden erläuterten Berechnungen der Auswirkungen des Bodenabbaus auf das Grundwasser wird für den gesamten Einflussbereich ein  $k_f$ -Wert von  $1 \times 10^{-4}$  m/s angenommen.

Der durchflusswirksame Hohlraumanteil ( $n_f$ ) des sandigen Untergrundes kann näherungsweise mit 20 % angesetzt werden. Aus der Durchlässigkeit ( $k_f$ ), dem Grundwassergefälle ( $I$ ) und dem durchflusswirksamen Hohlraumanteil ( $n_f$ ) kann die Grundwasserfließgeschwindigkeit (Abstandsgeschwindigkeit,  $v_a$ ) wie folgt berechnet werden:

$$v_a = \frac{k_f \cdot I}{n_f}$$

Für den Hauptgrundwasserleiter ergibt sich eine mittlere Abstandsgeschwindigkeit ( $v_a$ ) im ungestörten Zustand von 25 m/a ( $I = 0,16$  %,  $k_f = 1 \times 10^{-4}$  m/s,  $n_f = 20$ ).

Tabelle 3: Zusammenfassung Bodenart und der Durchlässigkeitsbeiwerte nach BEYER, Proben Rammkernsondierungen und Schurfe

Rammkern-sondierung / Schurf	Tiefe [ m u. GOK ]	Bodenart	$k_f$ [m/s]
RKS 1	2	fS, ms'	$5,7 \times 10^{-5}$
	4	fS	$6,6 \times 10^{-5}$
	6	fS, u'	$3,8 \times 10^{-5}$
	8 bis 11	fS	$7,0 \times 10^{-5}$
	14 bis 17	fS	$5,4 \times 10^{-5}$

Rammkern-sondierung / Schurf	Tiefe [ m u. GOK]	Bodenart	$k_f$ [m/s]
RKS 2	2	fS	$6,8 \times 10^{-5}$
	4	fS, ms'	$7,3 \times 10^{-5}$
	6	fS, ms'	$7,7 \times 10^{-5}$
	11 bis 14	fS, mS	$9,7 \times 10^{-5}$
RKS 3	2	fS	$6,6 \times 10^{-5}$
	5	fS, ms'	$6,3 \times 10^{-5}$
	7	fS, ms'	$7,0 \times 10^{-5}$
	6,8 bis 11	fS, ms'	$6,9 \times 10^{-5}$
	14 bis 17	fS, ms	$7,4 \times 10^{-5}$
Schurf 1	ca. 1-2	fS, ms'	$1,6 \times 10^{-4}$
Schurf 2	ca. 1-2	fS, ms*	$1,9 \times 10^{-4}$

#### 4.4 Böden

In der Bodenübersichtskarte 1:50.000 (NIBIS) ist im Bereich der Abbaustätte als Bodentyp Mittlerer Podsol ausgewiesen. Die Böden sind jedoch in dem betrachteten Bereich schon zu großen Teilen durch den durchgeführten Trockenabbau beseitigt worden.

Im ungestörten Zustand lagen im Untersuchungsgebiet Grundwasserflurabstände von näherungsweise  $\geq 3$  bis 7 m im Anstrom und mit 5 bis 13 m im Abstrom des Abbaubereiches zu erwarten, so dass davon ausgegangen werden kann, dass keine grundwasserbeeinflussten Böden vorliegen bzw. vorlagen.

### 5 Beschreibung des Abbauvorhabens

Der geplante Sandabbau in Surwold wird zunächst in einem mindestens 5.000 m<sup>2</sup> großem Gewässer begonnen und in seinem Endzustand inkl. der Flachwasserzonen eine Wasserfläche von rd. 3,3 ha und eine Wassertiefe von rd. 13,4 m aufweisen.

Tabelle 4 zeigt die Kenngrößen des geplanten Abbauvorhabens im Endzustand. Anlage 2 zeigt einen Lageplan, Anlage 3 den Querschnitt der Abbaustätte mit dem geplanten Abbaugewässer.

Der mittlere Seewasserspiegel wird gem. der in Abschnitt 6.2 erläuterten Prognose bei etwa 10,6 mNHN liegen. Die Wasserwechselzone, welche den Schwankungsbereich des Seewasserspiegels und den Bereich des Einflusses des Wellenschlages auf die Abbauböschung umfasst, wird sich näherungsweise bis 1 m über und unter dieser Seewasserspiegelhöhe erstrecken und damit zwischen 9,6 und 11,6 m NHN liegen.

Die Überwasserböschung oberhalb von 11,6 m NHN wird mit einer Böschungsneigung von ca. 1:5 ausgebildet, der Bereich der Wasserwechselzone von 9,6 bis 11,6 m NHN wird mit einer Böschungsneigung von 1:5 ausgebildet und die Unterwasserböschung unterhalb von 9,9 mNHN mit einer Neigung von 1:4.

Tabelle 4: Kenndaten des Abbauvorhabens

Größe Wasserfläche bei mittlerer Wasserspiegelhöhe		[ha]	rd. 3,3
Höhe GOK Bereich Abbaustätte		[mNHN]	14 bis 32
maximale Abbautiefe		[mNHN]	-2,8
zu erwartende mittlere Höhe Seewasserspiegel		[mNHN]	10,6 <sup>a</sup>
maximale Gewässertiefe bei mittlerer Seewasserspiegelhöhe		[m]	13,4 <sup>b</sup>
Böschungsneigung	Überwasserböschung (>11,6 mNHN)	[1: ]	ca. 5
	Wasserwechselzone (9,6 bis 11,6 mNHN)		5
	Unterwasserböschung (<9,6 mNHN)		4

<sup>a</sup> s. Abschn. 6.2 Schwankungsbereich etwa +/- 1 m

<sup>b</sup> maximalen Abbautiefe entsprechend Vorgaben der unteren Wasserbehörde (Landkreis Emsland)

Die Sandgewinnung oberhalb von 9,6 m NHN soll mittels Löffelbagger, die Sandgewinnung unterhalb von 9,6 m NHN und damit unterhalb der Wasserwechselzone soll im Nassabbauverfahren mittels Saugbagger erfolgen. Das entnommene Sand-Wasser-Gemisch soll mit dem Saugbagger durch die Fa. Hermann Jansen Straßen- und Tiefbauunternehmung GmbH & Co. KG in ein Spülfeld gespült werden. Hier wird der Sand entwässert und das überschüssige Wasser in das Abbaugewässer zurückgeführt.

## 6 Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel

Im Folgenden werden die möglichen Einflüsse des geplanten Abbauvorhabens auf den Grundwasserspiegel erläutert. Die berechneten Auswirkungen beziehen sich auf den aktuellen Zustand der Fläche vor dem Nassabbaubeginn sowie auf die mittleren Grundwasserspiegelhöhen.

### 6.1 Auswirkungen auf die Wasserbilanz

#### Boden- und Wasserverluste während des Abbaubetriebes

Während des Sandabbaus mittels Saugbagger wird See- und Grundwasser entnommen. Der Abbau erfolgt im Kreislaufverfahren, d.h. das zum Spülen verwendete Wasser gelangt in den Abbau zurück, während der Sand im Spülfeld entwässert wird. Im Spülverfahren können u.a. durch Verdunstung und Versickerung Spülverluste auftreten, so dass nicht die gesamte entnommene Wassermenge zurück in das Abbaugewässer gelangt.

Weiterhin muss der unter dem Grundwasserspiegel entnommene Sand durch einen Zufluss von Grundwasser ersetzt werden. Dieser sog. Matrixverlust ist einem Grundwasserverlust gleichzusetzen. Mit dem Sand wird auch das Grundwasser aus den Porenräumen des Sandes entnommen. Während der Wasseranteil in den entwässerbaren Poren im Zuge der Entwässerung im Spülfeld wieder in das Abbaugewässer zurückgeführt wird (s.o.), geht der Wasseranteil in den nicht entwässerbaren Poren verloren. Dieser Wasserverlust wird dem Matrixverlust zugerechnet.

Bei der Betrachtung möglicher Auswirkungen der mit dem Abbau verbundenen Boden- und Wasserentnahme muss zwischen einer kurzfristigen Wasserspiegelabsenkung im See bei Saugbaggerbetrieb und einer länger anhaltenden Absenkung durch den Eingriff in die Wasserbilanz des Sees (s.u.) unterschieden werden.

Bei Betrieb des Saugbaggers kommt es durch die Sand- und Wasserentnahme zu einer Absenkung des Seewasserspiegels, die stark von der Größe der bereits geschaffenen Wasserfläche abhängt. Sie ist zu Beginn des Abbaus maximal und nimmt mit der Größe der geschaffenen Wasserfläche ab. Zu Beginn des Saugbaggereinsatzes können sehr hohe Grundwasserabsenkungen verursacht werden, die bei einem Einsatz in einem kleinen Gewässer am Rand der Abbaustätte deutlich über die Abbaugrenzen hinaus reichen können. Daher wird empfohlen, den Saugbagger zu Beginn des Nassabbaus unterhalb des Grundwasserspiegels in einem mindestens 5.000 m<sup>2</sup> großen, mittels Löffelbagger hergestellten Gewässer im Zentrum der Abbaustätte einzusetzen.

Tabelle 5 zeigt die potenzielle verfahrensbedingte Absenkung des Grundwasserspiegels durch den Saugbaggerbetrieb. Die Absenkung wurde mit der theoretisch möglichen, maximalen täglichen Sandentnahmemenge durch einen Saugbagger von 1.500 m<sup>3</sup> (Feststoff), dem hieraus resultierenden Matrixverlust sowie der mit der Sandentnahme verbundenen Wasserentnahmemenge berechnet.

Der Matrixverlust wurde als Sandentnahmevolumen abzüglich des entwässerbaren Porenvolumens berechnet, welches mit 20 Vol.-% angesetzt worden ist. Der abbaubedingte Wasserverlust wurde aus dem Sandentnahmevolumen mit einem Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:3 berechnet. Dieser Ansatz basiert auf der Annahme, dass während des Sandabbaus über einen Abbautag kein Rückfluss in das Gewässer und kein Ausgleich des Volumenverlustes durch Grundwasserzustrom stattfinden. Weiterhin wird angenommen, dass die Absenkung am nächsten Abbautag durch Rückfluss des Wassers aus dem Spülfeld und durch Grundwasserzufluss in das Abbaugewässer wieder größtenteils ausgeglichen ist.

Tabelle 5: Potenzielle kurzfristige Grundwasserabsenkung durch Wasserentnahme während des Spülvorganges

	<b>Beginn Abbau</b>	<b>bei vollständiger Wasserfläche</b>
<b>Sandentnahme</b>		
maximale Spüleistung Feststoff [m <sup>3</sup> /d]	1.500	1.500
<b>Wasserverlust durch Wasserentnahme</b>		
Feststoff-Wasser Verhältnis [1:]	3	3
Wasserbedarf bei voller Leistung [m <sup>3</sup> /d]	4.500	4.500
<b>Wasserverlust durch Matrixverlust</b>		
entwässerbarer Porenanteil Boden [Vol.-%]	20	20
Wasserverlust durch Matrixverlust [m <sup>3</sup> ]	1.200	1.200
<b>Wasserverlust gesamt</b>		
pot. täglicher Wasserverlust gesamt [m <sup>3</sup> ]	5.700	5.700
<b>Grundwasserabsenkung während Abbaubetrieb</b>		
Wasserfläche [m <sup>2</sup> ]	5.000 <sup>a</sup>	33.000
max. mögliche Absenkung durch Wasserentnahme [m]	1,14	0,17

<sup>a</sup> Vorgabe für die mittels Löffelbagger vor dem ersten Saugbaggereinsatz zu schaffende Wasserfläche

Die berechnete entnahmebedingte Grundwasserabsenkung nimmt mit zunehmender Wasserfläche ab. Entsprechend beträgt sie 1,14 m für den Einsatz des Saugbaggers im Bereich des mind. 5.000 m<sup>2</sup> großen Gewässers zu Abbaubeginn und 0,17 m für das Abbaugewässer bei Erreichen der Gesamtwasserfläche von rd. 3,3 ha.

Die beschriebenen pot. starken kurzfristigen entnahmebedingten Auswirkungen, werden durch den Rückfluss des Wassers aus dem Spülfeld und den Grundwasserzufluss rel. schnell wieder ausgeglichen, jedoch verbleibt während des Abbaueiterraums in Abhängig der Wasserbilanz des Abbaugewässers eine gewisse Restabsenkung durch Spül- und Matrixverluste.

Die jährliche Sandentnahmemenge wird voraussichtlich einen Wert von 100.000 m<sup>3</sup> nicht überschreiten. Bei einem Feststoff-Wasser-Verhältnis von 1:3 entspricht dies einer Wasserentnahme von 300.000 m<sup>3</sup>/a. Der v.a. durch Verdunstung und Versickerung hervorgerufene Spülverlust wird mit etwa 10 % angesetzt. Die Spülverluste führen so bei aktivem Sandabbaubetrieb zu einer Abnahme der Wasserbilanzsumme des Abbaugewässers von maximal etwa 30.000 m<sup>3</sup>/a (s. Tab. 6.1 und 6.2). Hinzu kommen die jährlichen, durch einen Grundwasserzufluss zu ersetzenden Matrixverluste. Diese betragen bei der genannten jährlichen Sandentnahmemenge abzüglich des entwässerbaren Porenanteils von 20 % etwa 80.000 m<sup>3</sup>/a.

## Verdunstung und Grundwasserneubildung

Durch die Offenlegung des Grundwassers im Zuge des Sandabbaus ist eine Beeinflussung des Grundwasserhaushaltes zu erwarten. Zu vermuten ist, dass die Grundwasserneubildung aufgrund einer im Vergleich zum Ausgangszustand erhöhten Verdunstung von der Seeoberfläche zumindest temporär abnehmen wird.

Anlage 13 zeigt die Berechnung der Verdunstung ( $ET_a$ ) für den Ausgangszustand mit einer ackerbaulichen Nutzung der Fläche und für die Seeoberfläche. Die Berechnungen wurden gem. ATV-DVWK (2002) durchgeführt. Die Bodenparameter im effektiven Wurzelraum wurden für die überwiegend an der Oberfläche auftretenden Fein- bis Mittelsande nach BUG et al. (2020) abgeleitet. Als Klimadaten wurden dabei zum einen langjährige monatliche Mittelwerte des Niederschlages, der Lufttemperatur und der Sonnenscheindauer der Stationen des Deutschen Wetterdienstes Dörpen herangezogen (1991-2020). Zum anderen wurden die jährlichen Daten der z.T. sehr trockenen und warmen Jahre 2018 bis 2022 für die Berechnung herangezogen, um den Einfluss der Mehrverdunstung von der Seeoberfläche auf die Grundwasserneubildung in Trockenjahren zu prüfen.

Bei der Abschätzung des kapillaren Aufstiegs aus dem Grundwasser wurde entsprechend der in Abschnitt 8 erläuterten Werte für den Hauptgrundwasserleiter von einem Grundwasserflurabstand von  $\leq 4,0$  m ausgegangen. Da die Grundwasserflurabstände damit nach BUG et al. (2020) für alle Vegetationsarten auf feinsandigen Böden den Grenzflurabstand überschreiten, wurde bei der Verdunstungsberechnung kein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser berücksichtigt.

Für die vorliegende Nutzung als Ackerfläche ergibt sich so auf Grundlage der mittleren Wetterdaten der vergangenen Jahrzehnte eine Verdunstungsrate von 462 mm/a. Bei einer Niederschlagsmenge von 782 mm/a beträgt die Grundwasserneubildungsrate entsprechend 99 mm/a. Dieser Wert liegt geringfügig unterhalb des Bereiches, der für das Untersuchungsgebiet flächenhaft mittels mGROWA22-Methode (1991 bis 2020) ermittelten Werte von rd.  $>100$  bis 500 mm/a (NIBIS).

Die Verdunstung von einer offenen Wasserfläche beträgt auf Grundlage der mittleren Wetterdaten an dem betrachteten Standort nach ATV-DVWK (2002) 683 mm/a. Die Offenlegung des Grundwassers im Zuge des Bodenabbaus resultiert somit rechnerisch in einer Mehrverdunstungsrate von 221 mm/a (Anlage 13.1). Die Grundwasserneubildungsrate sinkt entsprechend im Mittel von 320 mm/a auf 99 mm/a. Die mittlere Mehrverdunstung von der 3,3 ha großen Wasserfläche des geplanten Abbaugewässers beträgt somit rd. 7.300 m<sup>3</sup>/a.

Zur Prüfung, welchen Einfluss warme und trockene Extremjahre auf die Mehrverdunstung haben können, wurden die Verdunstungsraten vom Abbaugewässer und von den angrenzenden Landflächen separat für die Jahre 2018 bis 2022 berechnet (Anlage 13.2 bis

13.6). Die Berechnungen ergeben, dass die Mehrverdunstung von der Wasserfläche rechnerisch im Jahr 2018 maximal war. Die Verdunstung von der ackerbaulich genutzten Landoberfläche betrug hier 308 mm/a. Die Verdunstung von der Seeoberfläche lag hier dagegen bei 785 mm/a und damit 477 mm/a über der Verdunstung von der Landoberfläche im Ausgangszustand der Fläche (s. Anlage 13.2). Rechnerisch lag damit im Jahr 2018 eine Grundwasserzehrung von -250 mm/a vor. Die Mehrverdunstung von der 3,3 ha großen Wasserfläche des geplanten Abbaugewässers lag in 2018 bei rd. 15.700 m<sup>3</sup>/a.

Die berechnete Mehrverdunstung von der Seeoberfläche war im Monat Juli 2018 mit 150 mm maximal. Dies entspricht etwa Messwerten der Mehrverdunstung, welche durch die BTU Cottbus-Senftenberg für Lausitzer Tagebaugewässer im besonders heißen Juli 2006 ermittelt worden ist (140 mm). Weiter wurde für Lausitzer Tagebaugewässer ermittelt, dass die Verdunstung von der Wasseroberfläche im Mittel etwa 50 % der Verdunstung von der Landoberfläche beträgt, in extrem trockenen Sommermonaten jedoch bis zu 400 % (WILL, 2021).

Die Berechnungen für den Bereich des Abbaugewässers und die oben aufgeführten Untersuchungen an den Lausitzer Tagebauseen zeigen, dass die Offenlegung des Grundwassers im Bereich des geplanten Nassabbaus zu einer Mehrverdunstung führen wird, welche bereits für die aktuell im Mittel herrschenden klimatischen Bedingungen nachweisbar sein wird und in heißen Trockenjahren besonders hoch ausfallen wird. Es ist möglich, dass das Ausmaß dieser Mehrverdunstung im Zuge des Klimawandels zukünftig höher ausfallen wird als unter den aktuell herrschenden Bedingungen.

Bei der Prognose der Auswirkungen dieser Mehrverdunstung auf die an das Abbaugewässer angrenzenden Flächen ist jedoch zu beachten, dass sich mit hoher Wahrscheinlichkeit im Zuge des Klimawandels in der betrachteten Region trockene Perioden mit sehr niederschlagsreichen Perioden abwechseln werden. Mit zunehmendem Abstand vom Abbaugewässer werden sich aber relevante Grundwasserabsenkungen nur aus dauerhaften Absenkungen des Seewasserspiegels durch die Mehrverdunstung ergeben. Weiterhin ist zu beachten, dass in den Niederungsgebieten, welche an das Sandabbaugebiet am Wattberg angrenzen, ein großer Teil der Grundwasserneubildung im Zuge der Drainierung der Flächen durch Entwässerungsgräben abgeführt wird. Eine Verringerung der Grundwasserneubildung am Wattberg führt hier daher nicht zwangsläufig im Mittel zu einer Grundwasserabsenkung.

Daten aus dem Grundwassermonitoring an den vorhandenen Abbaugewässern in der betrachteten Region zeigen, dass selbst die sehr hohe Mehrverdunstung in den Trockenjahren nach 2018 nicht zu einem nachhaltigen oder gar anhaltenden Absinken der Seewasserspiegellhöhen und der Grundwasserspiegellhöhen an den Gewässern geführt hat. Dies ist auf einen Ausgleich der Mehrverdunstung im Abbaugewässer durch Niederschläge in

den Wintermonaten und durch einen Grundwasserzufluss bei immer noch vorhandener Grundwasserneubildung in den Einzugsgebieten der Gewässer zu erklären. Zudem hat die Mehrverdunstung hier vermutlich vor allem den Wasserüberschuss reduziert, welcher ansonsten im Winterhalbjahr durch die Entwässerungssysteme abgeführt worden wäre.

Eine Prognose der im Zuge des Klimawandels zu erwartende Entwicklung der Grundwasserneubildung kann im NIBIS-Kartenserver des LBEG eingesehen werden. Hier wird für die betrachtete Region im Zuge des Klimawandels („Kein Klimaschutz“-Szenario (RCP8.5)) im Vergleich zum Zeitraum 1971-2000 eine mittlere jährliche Verringerung der klimatischen Wasserbilanz um -15 mm (Bandbreite: -115 bis +22 mm, Zeitraum 2021-2050) bzw. -36 mm (Bandbreite: -125 bis +55 mm, Zeitraum 2071-2100) angegeben. Entsprechend würde die klimatische Wasserbilanz im Mittel hier jährlich immer noch einen Überschuss von +219 mm (Bandbreite: +120 bis +256 mm, Zeitraum 2021-2050) bzw. +198 mm (Bandbreite: +109 bis +290 mm, Zeitraum 2071-2100) aufweisen. Diese Prognosedaten legen nahe, dass auch in Zukunft im Mittel die Grundwasserneubildung die Mehrverdunstung im Abbaugewässer ausgleichen wird.

Auf der sicheren Seite liegend wird dennoch im Folgenden aufgrund des Klimawandels davon ausgegangen, dass die Mehrverdunstung zu einer nachhaltigen Absenkung des Grundwasserspiegels am Abbaugewässer führen wird. Diese wird vereinfachend entsprechend der für das heiße Trockenjahr 2018 berechneten Mehrverdunstung mit 477 mm bzw. 47,7 cm angesetzt (s. Abschnitt 6.3). Weiterhin wird im Hinblick auf mögliche Einflüsse des Abbaugewässers auf den Grundwasserspiegel im Bereich der hier vorliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen mittels flacher Messstellen in den Niederungsgebieten am Fuß des Wattberges ein Grundwassermonitoring durchgeführt (s. Abschnitt 3). Mittels dieser Messstellen sollen Aussagen über mögliche Auswirkungen abbaubedingter Grundwasserspiegelabsenkungen in Trockenjahren auf den Ertrag der Flächen getroffen werden.

### **Grundwasserzustrom**

Das ursprüngliche Grundwassereinzugsgebiet der geplanten Abbaufäche, welches sich gem. der ungestörten Grundwasserfließrichtung nach Südosten erstreckt, wird zu großen Teilen vom Einzugsgebiet der Grundwasserentnahme zur Trinkwassergewinnung im Wassergewinnungsgebiet Surwold erfasst, welches durch das Ingenieurbüro H.-H. Meyer für die angestrebte Entnahme von 6,8 Mio. m<sup>3</sup>/a abgeleitet worden ist (s. Anlage 12). Das Einzugsgebiet des Abbaugewässers wird sich entsprechend auf den etwas über 1 km langen Bereich zwischen Abbaugewässer und Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnung beschränken. Dieses weist etwa eine Größe von etwa 0,9 km<sup>2</sup> auf.

Aus der mindestens zu erwartenden Grundwasserneubildungsrate von 275 mm/a (s. Abschn. 4.1) ergibt sich eine dem Abbaugewässer zuströmende Grundwasserneubildung von rd. 270.000 m<sup>3</sup>/a. Im Zuge des Klimawandels könnte sich dieser Wert noch um etwa rd. 35.600 m<sup>3</sup>/a auf rd. 23.440m<sup>3</sup>/a verringern (Abnahme Wasserbilanz: -36 mm/a, s.o.).

## **Wasserbilanz**

Tabelle 6 fasst die Wasserbilanzverluste durch den Sandabbau zusammen. Dargestellt sind die Verluste durch die Mehrverdunstung von der Seeoberfläche und die Wasserverluste aufgrund der Sandentnahme. Angesetzt bei den Betrachtungen wurden die Wasserfläche des geplanten Sees von rd. 32.450 m<sup>2</sup>.

Bei einer angenommenen Sandentnahme von 100.000 m<sup>3</sup>/a und einer mittleren Mehrverdunstung entsprechend der aktuellen Wetterdaten (1991-2020) beträgt der durch die Abbaumaßnahme verursachte maximale Wasserverlust rd. 18.171 m<sup>3</sup>/a (s. Tab. 6.1). Bei einer auf Grundlage der Wetterdaten des Trockenjahres 2018 berechneten Mehrverdunstung erhöht sich der Wasserverlust auf rd. 125.479 m<sup>3</sup>/a. Nach Beendigung der Abbautätigkeiten verbleibt die mittlere Mehrverdunstung von 7.171 m<sup>3</sup>/a (Wetterdaten 1991-2020), welche in Trockenjahren auf etwa 15.479 m<sup>3</sup>/a ansteigen kann (Wetterdaten 2018).

Die Summe der Wasserverluste während der Abbautätigkeit liegt unterhalb bzw. im Bereich der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet von etwa 560.000 m<sup>3</sup>/a (aktuelle mittlere Wetterdaten) bzw. 480.000 m<sup>3</sup>/a (Prognose 2071-2100). Der nach Beendigung der Abbautätigkeit verbleibenden Wasserverlust durch Mehrverdunstung von rd. 7.000 m<sup>3</sup>/a (Wetterdaten 1991-2020) bzw. 15.500 m<sup>3</sup>/a (Wetterdaten 2018) liegt voraussichtlich bei etwa 1 bis 3 % der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet.

Insgesamt ist auf Grundlage der Berechnungen davon auszugehen, dass auch unter Berücksichtigung der auf Grundlage aktueller Prognosen zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels in der betrachteten Region die abbaubedingten Wasserverluste im Mittel durch die Grundwasserneubildung wieder ausgeglichen werden. Nachhaltige oder gar anhaltende Grundwasserspiegelabsenkungen aufgrund der Mehrverdunstung sind daher als unwahrscheinlich zu bewerten. In extremen Trockenjahren kann es möglicherweise dennoch temporär zu einer Abnahme des Seewasserspiegels und des Grundwasserspiegels im direkten Umfeld des Abbaugewässers kommen. Diese werden durch den Ansatz der Mehrverdunstung des Trockenjahres 2018 als Grundwasserabsenkung berücksichtigt (s.o. und Abschnitt 6.3).

Tabelle 6.1: Zusammenfassung Wasserbilanzverluste (Wetterdaten 1991-2020)

	aktiver Abbau, max. Abbaufäche	nach Beendigung Abbau
<b>Wasserverlust durch Mehrverdunstung</b>		
Wasserfläche [m <sup>2</sup> ]	32.450	32.450
Mehrverdunstung [mm/a]	221	221
Grundwasserneubildung [m <sup>3</sup> /a]	-7.171	-7.171
<b>Wasserverlust durch Sand- und Wasserentnahme</b>		
maximale Entnahme Sand Feststoff [m <sup>3</sup> /a]	-10.000	-
<b>Wasserverlust durch Wasserentnahme</b>		
Feststoff-Wasser Verhältnis [1:]	3	-
maximale Wasserentnahme [m <sup>3</sup> /a]	-30.00	-
Spülverluste	[%]	10
	[m <sup>3</sup> /a]	-3.000
<b>Wasserverlust durch Matrixverlust</b>		
entwässerbarer Porenanteil Boden [Vol.-%]	20	-
Wasserverlust durch Matrixverlust [m <sup>3</sup> ]	-8.000	-
<b>Summe Verluste [m<sup>3</sup>/a]</b>		
	<b>-18.171</b>	<b>-7.171</b>

Tabelle 6.2: Zusammenfassung Wasserbilanzverluste (Wetterdaten 2018)

	aktiver Abbau, max. Abbaufäche	nach Beendigung Abbau
<b>Wasserverlust durch Mehrverdunstung</b>		
Wasserfläche [m <sup>2</sup> ]	32.450	32.450
Mehrverdunstung [mm/a]	477	477
Grundwasserneubildung [m <sup>3</sup> /a]	-15.479	-15.479
<b>Wasserverlust durch Sand- und Wasserentnahme</b>		
maximale Entnahme Sand Feststoff [m <sup>3</sup> /a]	-100.000	-
<b>Wasserverlust durch Wasserentnahme</b>		
Feststoff-Wasser Verhältnis [1:]	3	-
maximale Wasserentnahme [m <sup>3</sup> /a]	-300.000	-
Spülverluste	[%]	10
	[m <sup>3</sup> /a]	-30.000
<b>Wasserverlust durch Matrixverlust</b>		
entwässerbarer Porenanteil Boden [Vol.-%]	20	-
Wasserverlust durch Matrixverlust [m <sup>3</sup> ]	-80.000	-



Seewasserspiegelhöhe und der mittleren Grundwasserspiegelhöhe des betrachteten Bereiches im ungestörten Zustand berechnet.

Die kippungsbedingte Grundwasserabsenkung im Anstrom des Abbaugewässers beträgt 0,2 m, die Aufhöhung im Abstrom liegt bei 0,2 m.

Das Grundwassergefälle in unmittelbarer Seenähe im Anstrombereich kann sich rechnerisch näherungsweise auf 1,05 % erhöhen, sofern man zusätzlich zum ungestörten Grundwassergefälle (0,16 %) die durch die horizontale Einregelung im Abbaugewässer hervorgerufene Absenkung und die berechnete Reichweite dieser Absenkung nach WROBEL (1980) an (s. Abschn. 6.3).

Im Zuge der Alterung des Abbaugewässers werden sich die Böschung und die Sohle bevorzugt im Abstrombereich durch die sog. Kolmation abdichten. Der Austausch zwischen Seewasser und Grundwasser wird hierdurch eingeschränkt und die Kippungslinie bzw. der Seewasserspiegel steigt an. Im Folgenden wird angenommen, dass sich die mittlere Seewasserspiegelhöhe maximal bis zum ungestörten mittleren Grundwasserstand im Grundwasseranstrom des Gewässers von 10,8 m NHN aufhöhen kann. Eine relevante Grundwasserabsenkung im Anstrom entfällt. Die Grundwasseraufhöhung im Abstrom des Gewässers liegt bei 0,4 m.

Tabelle 7: Aufgrund horizontaler Einregelung prognostizierte Seewasserspiegelhöhe und korrespondierende Änderung des Grundwasserspiegels im An- und Abstrombereich des Hauptgrundwasserleiters

Variante	Bereich	ungestörte mittlere Höhe Grundwasserspiegel [mNHN] <sup>a</sup>	prognostizierte mittlere Höhe Seewasserspiegel [mNHN]	Änderung Grundwasserspiegel [m]
keine Kolmation	Anstrom	10,8	10,6	-0,20
	Abstrom	10,4		+0,20
Kolmation des abstromseitigen Ufers	Anstrom	10,8	10,8	+/- 0
	Abstrom	10,4		+0,40

<sup>a</sup>Anstrom: maximaler Wert, Abstrom: minimaler Wert

### 6.3 Insgesamt zu erwartende Änderungen des Grundwasserspiegels und Reichweiten

Tabelle 8 zeigt die zu erwartenden Änderungen des Grundwasserspiegels und ihre berechneten Reichweiten für den geplanten Endzustand des Abbaugewässers.

Die Reichweite der Grundwasserstandsänderungen wird mit folgenden Formeln berechnet:

**a) SICHARDT (1928) (Reichweitenbestimmung von Vertikalbrunnen):**

$$R = 3000 \cdot h \cdot \sqrt{k_f}$$

**b) KUSAKIN (1977) (zitiert in HÖLTING, 1996):**

$$R = 575 \cdot h \cdot \sqrt{k_f \cdot M}$$

**c) LÜBBE (1977)**

$$R = 10000 \cdot h \cdot \sqrt{k_f}$$

**d) WROBEL (1980):**

$$R = 1500 \cdot h \cdot \sqrt{k_f \cdot \log B}$$

**e) SICHARDT, modifiziert nach WROBEL (1980) für Abbaugewässer,  $R_{90}$ :**

$$R_{90} = 650 \cdot h \cdot \sqrt{k_f \cdot \log B}$$

mit:

R	Reichweite [m]
$R_{90}$	Reichweite, in der 90 % der Grundwasserstandsänderung abgeklungen sind [m]
h	Absenkung bzw. Aufhöhung des Grundwasserspiegels [m]
$k_f$	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
B	Breite des Gewässers am oberstromigen Ufer [m]
M	Grundwassermächtigkeit [m]

Zunächst wurde die Reichweite der in Tabelle 8 gezeigten Grundwasserabsenkung in dem initialen Abbaugewässer zu Beginn des Abbaus mit einer Fläche von 5.000 m<sup>2</sup> (71 x 71 m) berechnet. Neben der abbaubedingten Absenkung um 1,14 m wurde hierbei zudem die mögliche Absenkung durch die horizontale Einregelung im Initialgewässer von 0,06 m angesetzt. Die höchste Reichweite dieser Absenkung um 1,2 m ergibt sich bei der Berechnung nach LÜBBE (Formal c) mit 120 m. Es ist zu empfehlen, mit dem Sandabbau jeweils im Zentrum der Abbaustätten in einem Abstand von mind. 120 m zur Grenze der Abbaustätte zu beginnen. So kann vermieden werden, dass die initiale abbaubedingte Grundwasserabsenkung über die Grenze der Entnahmebereiche hinaus reicht.

Bei der Berechnung der Reichweiten der langfristigen Grundwasserstandsänderungen wurde neben den Änderungen durch die horizontale Einregelung des Seewasserspiegels und der pot. Kolmation des abstromseitigen Ufers auch die temporär mögliche Grundwasserabsenkung durch die Mehrverdunstung von der Seeoberfläche berücksichtigt.

Letztere wurde bei der Berechnung der maximalen Grundwasserabsenkung im Anstrom des Abbaugewässers mit der Mehrverdunstung im Trockenjahr 2018 von 477 mm bzw. rd. 48 cm angesetzt (s. Abschnitt 6.1). Bei der Berechnung der möglichen Grundwasseraufhöhung im Abstrom des Abbaugewässers blieb die Mehrverdunstung dagegen auf der sicheren Seite liegend unberücksichtigt.

Maximale Absenkungen und Absenkungsreichweiten ergeben sich während des aktiven Sandabbaus bei annähernd vollständig hergestelltem Abbaugewässer. Hier kumulieren sich die Grundwasserabsenkung aufgrund der Mehrverdunstung und der horizontalen Einregelung sowie die Absenkung des Seewasserspiegels durch die Sandentnahme (s. Tab. 8). Die maximale Reichweite ergibt sich in diesem Stadium bei der Berechnung nach LÜBBE (Formel c) mit 85 m bei einer Absenkung von insgesamt 0,85 m. Die Reichweite nach der optimierten Formel von WROBEL (Formel d) beträgt dagegen nur 28 m, die Reichweite, bis zu der die Absenkung nach WROBEL wieder auf 90 % und damit auf  $\leq 0,09$  m abgeklungen ist (Formel e), 12 m.

Maximale Aufhöhungen des Grundwasserspiegels im Abstrom ergeben sich bei einer Kolmation der abstromseitigen Böschung und Sohle des Abbaugewässers. Hierbei ist eine maximale Aufhöhung des Grundwasserspiegels um 0,4 m zu erwarten. Diese hat nach LÜBBE eine Reichweite von 40 m. Nach WROBEL ergibt sich dagegen eine Reichweite von 13 m sowie eine Reichweite, bis zu der die Absenkung wieder auf 90 % und damit auf  $\leq 0,04$  m abgeklungen ist, von 6 m.

Die Reichweiten der prognostizierten maximalen Absenkungen bzw. Aufhöhungen des Grundwasserspiegels sind im Lageplan in Anlage 2 dargestellt. Ausgewählt wurden die nach der Methode von LÜBBE ermittelten maximalen Reichweiten. Die dargestellten Reichweiten der maximal zu erwartenden Grundwasserabsenkung im Nordwesten reichen über das Grundstück der Abbaustätte hinaus. Die Auswirkungen der maximal zu erwartenden Grundwasseraufhöhung im Grundwasserabstrom verbleiben dagegen im Bereich der Abbaustätte bzw. reichen allenfalls marginal über die Grundstücksgrenze hinaus.

Tabelle 8: Berechnete Reichweite der Grundwasserspiegeländerungen

Situation	Bereich	Länge des Gewässers in Richtung des Grundwassergefälles [m]	Breite des Gewässers am oberstromigen Ufer [m]	$k_f$ [m/s]	Grundwasser-mächtigkeit [m]	Änderung Grundwasserspiegelhöhe [m]				Methode	Reichweite [m]
						durch horizontale Einregelung	durch Mehrverdunstung	durch Sandentnahme	gesamt		
<b>Initialgewässer</b>											
während Abbau	Anstrom	71	71	$1 \times 10^{-4}$	100	-0,06	-	-1,14	-1,20	a)	36
										b)	69
										c)	120
										d)	33
										e)	14
<b>Abbaugewässer, maximale Größe</b>											
während Abbau	Anstrom	$(\emptyset \times m)^a$	160	$1 \times 10^{-4}$	100	-0,20	-0,48	-0,17	-0,85	a)	25
										b)	49
										c)	85
										d)	28
										e)	12
nach Abbau, ohne Kolmation	Anstrom	$(\emptyset \times m)^a$	160	$1 \times 10^{-4}$	100	-0,20	-0,48	-	-0,68	a)	20
										b)	39
										c)	68
										d)	22
										e)	10
	Abstrom		160	$1 \times 10^{-4}$	100	0,20	-	-	0,20	a)	6
										b)	12
										c)	20
										d)	7
										e)	3

Situation	Bereich	Länge des Gewässers in Richtung des Grundwassergefälles [m]	Breite des Gewässers am oberstromigen Ufer [m]	k <sub>f</sub> [m/s]	Grundwassermächtigkeit [m]	Änderung Grundwasserspiegelhöhe [m]				Methode	Reichweite [m]
						durch horizontale Einregelung	durch Mehrverdunstung	durch Sandentnahme	gesamt		
nach Abbau, mit Kolmation	Abstrom	(Ø x m) <sup>a</sup>	160	1 x 10 <sup>-4</sup>	100	0,40	-	-	0,40	a)	12
										b)	23
										c)	40
										d)	13
										e)	6

<sup>a</sup> Berechnung Grundwasserspiegeländerung erfolgte anhand prognostizierter Seewasserspiegelhöhe, nicht der Gewässerlänge

## 7 Prognostizierte Grundwasserflurabstände

Tabelle 9 zeigt die aktuellen und die auf Grundlage der prognostizierten mittleren Seewasserspiegelhöhe nach Beendigung der Abbautätigkeiten abgeleiteten mittleren Grundwasserflurabstände in Ufernähe des Abbaugewässers. Bei den angegebenen Werten ist zu beachten, dass mit einer Amplitude des Seewasser- bzw. Grundwasserspiegels von bis etwa +/- 1 m gerechnet werden muss (vgl. Abschn. 4.3). Weiterhin kann der Grundwasserflurabstand bei aktivem Abbau mittels Saugbagger kurzzeitig höher ausfallen (s. Abschn. 6.1, 6.3).

Die aktuellen mittleren Grundwasserflurabstände liegen im Bereich des Hauptgrundwasserleiters im Abstrom des geplanten Abbaugewässers zwischen 4,6 und 12,6 m. Durch die Abbaumaßnahmen werden sich die Werte auf 4,4 bis 12,4 m verringern. Bei einer Kolmation des abstromseitigen Ufers und der Sohle des Abbaugewässers würde eine weitere Verringerung auf 4,2 bis 12,2 m auftreten. Die Grundwasserflurabstände sind aber auch dann noch hoch genug, um Auswirkungen auf die Vegetation oder eine Vernässung der Flächen sicher ausschließen zu können.

Im Anstrom des Abbaugewässers liegen aktuell mittlere Grundwasserflurabstände zwischen 3,2 und 7,2 m vor. Die Werte können sich durch die Abbaumaßnahme auf in Normaljahren auf etwa 3,4 bis 7,4 m erhöhen. In Trockenjahren sind temporär auch noch höhere Grundwasserflurabstände möglich (s.o.). Bei einer Kolmation des abstromseitigen Ufers und der Sohle des Abbaugewässers würde diese Erhöhung der Grundwasserflurabstände wieder teilweise aufgehoben.

In den von einer Grundwasserabsenkung im Anstrom des Abbaugewässers betroffenen Bereichen könnte es theoretisch durch eine Verringerung des kapillaren Aufstiegs aus dem Grundwasser in die effektive Durchwurzelungszone zu Ertragsverlusten in land- und fortwirtschaftlichen Vegetationsbeständen kommen. In dem betrachteten Gebiet ist die maximale effektive Durchwurzelungstiefe bei alten Baumbeständen (> 45-100 Jahre) zu erwarten. Sie beträgt in Gebieten mit einem Niederschlag von >750 mm/a in sandigen Böden nach BUG et al. (2020) 1,5 m. Von den aufgrund der vorliegenden Daten zu erwartenden Bodenarten (vgl. Abschn. 4.2) ist die maximale kapillare Aufstiegshöhe im Feinsand zu erwarten. Hier beträgt sie bei einer kapillaren Aufstiegsrate von 0,3 mm/d nach BUG et al. (2020) 1,4 m. Der zu erwartende maximale Grenzflurabstand, bis zu dem das Grundwasser noch zur Wasserversorgung beiträgt, beträgt bei alten Baumbeständen am betrachteten Standort somit 2,9 m. Für landwirtschaftliche Kulturen ergeben sich deutlich geringere Grenzflurabstände. Daher ist im Bereich der prognostizierten Reichweite der Grundwasserspiegelabsenkung im Nordwesten des Abbaugewässers keine bzw. nur sehr geringe Ertragsverluste auf landwirtschaftlich genutzten Flächen zu erwarten. Dies ist jedoch

ggf. im Zuge der Beweissicherung genauer zu betrachten.

Tabelle 9: Grundwasserflurabstand – aktuelle Werte und prognostizierte Werte nach Herstellung des Abbaugewässers

	Variante 1: ohne Kolmation	Variante 2: Kolmation des abstromseitigen Ufers
<b>Abstrom, Bereich Grundwasseraufhöhung</b>		
Geländehöhe [mNHN]	15 bis 23	
Höhe Grundwasserspiegel [mNHN]		
Ausgangszustand	10,4	
nach Herstellung Abbaugewässer <sup>a</sup>	10,6 <sup>a</sup>	10,8
Grundwasserflurabstand [m]		
Ausgangszustand	4,6 bis 12,6	
nach Herstellung Abbaugewässer	4,4 bis 12,4	4,2 bis 12,2
<b>Anstrom, Bereich Grundwasserabsenkung</b>		
Geländehöhe [mNHN]	14 bis 18	
Höhe Grundwasserspiegel [mNHN]		
Ausgangszustand	10,8	
nach Herstellung Abbaugewässer <sup>a</sup>	10,6	10,8
Grundwasserflurabstand [m]		
Ausgangszustand	3,2 bis 7,2	
nach Herstellung Abbaugewässer	3,4 bis 7,4	3,2 bis 7,2

<sup>a</sup> prognostizierter mittlerer Seewasserspiegel

## 8 Auswirkungen auf die Grundwasserqualität

Eine Beeinflussung der Grundwasserbeschaffenheit ist zum einen aufgrund des direkten Eintrages von Nähr- und Schadstoffen in den offengelegten Bereichen möglich. Zum anderen können biologische und chemische Prozesse im Laufe der Gewässerentwicklung einen Einfluss auf die Grundwasserbeschaffenheit haben. Verringert werden kann eine wechselseitige Beeinflussung von Abbaugewässer und Grundwasser durch den Prozess der Selbstabdichtung (Kolmation), der verstärkt am abstromseitigen Ufer und an der Gewässersohle auftritt.

Die chemische und ökologische Entwicklung in einem neu angelegten Stillgewässer ist verschiedentlich beschrieben worden (BANOUB 1980, HAMM 1975, 1998, SCHMITZ 1980, WACHS 1975, ZIMMERMANN 1991) und verläuft im Wesentlichen in folgenden Schritten:

In dem neu entstandenen Gewässer breiten sich schwebende Algen aus, welche Biomasse aus anorganischen Stoffen unter Ausnutzung der Lichtenergie produzieren (Photosynthese). Auf dieser Nahrungsgrundlage bilden sich langfristig aquatische Lebensgemeinschaften (Zooplankton, am Grund lebende Pflanzen, Kleinkrebse, später Fische und Wasservögel). Diese verbrauchen die produzierte Biomasse; ihre Ausscheidungen werden von Pilzen und Bakterien abgebaut (mineralisiert).

Typisch für die Entwicklung eines Stillgewässers ist eine jahreszeitlich wechselnde Schichtung hinsichtlich Temperatur, Sauerstoffsättigung und Leitfähigkeit. Die Schichtung ist im Sommer stark ausgeprägt, wenn sich die sauerstoffreiche, 4 bis 10 m starke Oberflächenschicht (Nährschicht/Epilimnion) erwärmt. Diese wird durch eine Zwischenschicht (Sprungschicht/Metalimnion) von der sauerstoffarmen, kühleren Tiefenschicht (Zehrschicht/Hypolimnion) getrennt. Im Herbst kühlt die Schichtung durch Absinken des erkaltenden Oberflächenwassers ab, im Winter verliert sie vollständig ihre Wirksamkeit. In Abhängigkeit der Gewässermorphologie kann es zur Ausbildung von Tiefenbereichen kommen, die nicht von dieser Durchmischung erfasst werden. Man spricht von einer Meromixis (s.u.).

Unabhängig von der Schichtung kommt es langfristig zu einer Nährstoffanreicherung im Wasserkörper durch Zufuhr u.a. von Stickstoff (N), Phosphor (P) und organischer Substanz (Eutrophierung). Die Zufuhr erfolgt durch Oberflächenwasser-Eintrag sowie die trockene und nasse, luftbürtige Deposition. Die Eutrophierung ist mit verstärkter Entwicklung von pflanzlichen Schwebeteilchen (Phytoplankton, Wasserblüten) und höheren Wasserpflanzen (Verkrautung) sowie mit Anstieg des chemischen und biochemischen Sauerstoffbedarfs (CSB, BSB) verbunden. Dabei werden langfristig mehrere Trophiestufen (‚nährstoffarm‘ bis ‚nährstoffüberfrachtet‘) durchlaufen.

Im Zuge der Eutrophierung sinkt der Sauerstoffgehalt und es kann zur Ausbildung anaerober (sauerstofffreier) Zonen kommen. Dieses gilt vor allem für durchmischungsfreie Perioden oder durchmischungsfreie Tiefenbereiche. Bei ehemals nitratbelasteten Grundwässern kann es dabei mit abnehmendem Sauerstoffgehalt und steigender Verfügbarkeit von organischer Substanz zum Nitratabbau durch Reduktion (Denitrifikation) kommen. Gleichzeitig tritt Ammonium als vorwiegende Stickstoffform auf. Phosphor wird durch reduktive Prozesse am Gewässergrund in Lösung gebracht.

Bei großer Tiefe des Baggersees kann es zur Ausbildung durchmischungsfreier Zonen, der sogenannten Meromixis, kommen. Tiefere Bereiche des Baggersees werden dabei nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt, so dass es zu negativen Auswirkungen auf die chemische Qualität des Oberflächen-, aber auch des Grundwassers durch anaerobe Prozesse kommen kann.

Die Gefahr einer Meromixis kann durch die ‚Reduzierte Tiefe‘ beschrieben werden. Die Formel nach BERGER (1955, zitiert in Schönborn 2003) beschreibt das Verhältnis der maximalen Tiefe eines Sees zur 4. Wurzel der Seefläche:

$$\text{Reduzierte Tiefe} = \frac{T_{\max}}{\sqrt[4]{A_0}}$$

mit:

$T_{\max}$  = maximale Wassertiefe des Sees [m]

$A_0$  = Seeoberfläche [m<sup>2</sup>]

Die Einstufung der Meromixisgefahr erfolgt nach der ‚Reduzierten Tiefe‘ differenziert in gering (<1,5), mittel (1,5 – 2,0) und hoch (>2,0) (LUBW 2005). Hohe Werte treten häufig bei kleinflächigen, tiefen Baggerseen auf.

Das Merkblatt DWA-M 615 bezieht sich bei der Abschätzung der maximalen Durchmischungstiefe ebenfalls auf die Formel nach BERGER (1955, zitiert in SCHÖNBORN 2003). Bei der Einstufung der Meromixisgefahr wird für die ‚Reduzierte Tiefe‘ jedoch der Sollwert 1 angesetzt. Die anzunehmende maximale Durchmischungstiefe wird hier entsprechend gleich der vierten Wurzel der Seefläche gesetzt.

Nach Vorgaben der zuständigen Unteren Wasserbehörde wird die maximale Wassertiefe des Gewässers gem. der nach DWA-M 615 ermittelten maximalen Durchmischungstiefe festgelegt. Die maximale Wassertiefe des geplanten Abbaugewässers soll bei der Oberfläche des Abbaugewässers von rd. 3,3 ha entsprechend 13,4 m betragen.

Um einen Direkteintrag von Schadstoffen in das Abbaugewässer bzw. das Grundwasser zu verhindern, sind bei der Organisation der Betriebsabläufe im Bereich der technischen Anlagen betriebliche und technische Maßnahmen zu berücksichtigen:

- Einkapselung oder Abdichtung von Behältern und Lagerplätzen für wassergefährdende Stoffe gegen den Untergrund
- Bevorratung wassergefährdender Stoffe nur nach Bedarf für einen begrenzten Zeitraum
- Geräte für Sofortmaßnahmen bei Unfällen mit wassergefährdenden Stoffen vorhalten (Pumpen, Absaugvorrichtungen, Ölbinder).

## **9 Auswirkungen auf Oberflächengewässer**

Im maximal zu erwartenden Bereich einer abbaubedingten Absenkung oder Aufhöhung des Grundwassers befinden sich keine Oberflächengewässer (s. Abschn. 6.3, Lageplan Anlage 2).

## **10 Auswirkungen auf Gebäude, Verkehrswege und sonstige bauliche Anlagen**

Im maximal zu erwartenden Bereich einer abbaubedingten Absenkung oder Aufhöhung des Grundwassers befinden sich keine Gebäude, Verkehrswege oder sonstige bauliche Anlagen vor (s. Abschn. 6.3, Lageplan Anlage 2).

## **11 Konzept für ein Beweissicherungsprogramm**

### **11.1 Monitoring des Grund- und Seewasserspiegels**

Für eine Beweissicherung im Hinblick auf die Änderung des Grundwasserspiegels im Bereich der an die Abbaufäche angrenzenden Flächen wird empfohlen, die Wasserstände in den Grundwassermessstellen GWM 1 bis GWM 13 aufzuzeichnen. Bei den Doppelmessstellen sind jeweils der flache und der tiefe Pegel in die Messung einzubeziehen.

Sollten sich im Zuge des Monitorings zeigen, dass Grundwasserspiegelabsenkungen bis auf die im Nordwesten angrenzende landwirtschaftliche Nutzfläche auftreten, sind im Rahmen eines landwirtschaftlichen Beweissicherungsverfahrens pot. Ertragsverluste zu ermitteln und auszugleichen.

Während der Abbautätigkeiten sollten der Seewasserspiegel über eine Pegellatte arbeitstäglich dokumentiert werden. Die im Rahmen des Grundwassermonitorings erhobenen Daten sind gutachterlich auszuwerten und regelmäßig der Genehmigungsbehörde vorzulegen.

### **11.2 Monitoring der See- und Grundwasserqualität**

Für das Monitoring der Grundwasserqualität wird vorgeschlagen, aus den drei Grundwassermessstellen GWM 4 bis 6 im Abstrom des Abbaugewässers, aus der Messstelle GWM 2 (flach und tief) sowie aus dem Abbaugewässer selbst alle 1 bis 2 Jahre gemäß DIN 38402 eine Wasserprobe zu entnehmen. Die Wasserproben sollten mindestens auf die in Tabelle 10 angeführten Parameter untersucht werden. Zeigen die gemessenen Werte der ausgewählten Parameter Auffälligkeiten, ist nach Rücksprache mit einem Sachverständigen

ggf. der Untersuchungsumfang zu erhöhen.

Es ist zu empfehlen, vor Beginn der Abbautätigkeiten unterhalb des Grundwasserspiegels durch eine Untersuchung des Grundwassers aus allen Grundwassermessstellen (GWM 1 bis 6) den Ist-Zustand der Grundwasserqualität zu klären. Im Zuge dieser Untersuchung kann auch ein möglicher Einfluss der in Abschnitt 2.2 beschriebenen Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen im Einzugsgebiet bzw. seitlich des Einzugsgebietes des Abbaugewässers geklärt werden. Der Analysenumfang im Zuge dieser Voruntersuchung sollte die in Tabelle 10 aufgeführten Parameter umfassen. Zudem sollten die Parameter PAK, BTEX und Phenole gemessen werden.

Besteht aufgrund der chemischen Qualität der entnommenen Grundwasserproben der Verdacht, dass sich am Grund des Abbaugewässers sauerstofffreie, reduzierende Verhältnisse ausgebildet haben, sollten zur Klärung Tiefenprofile der Temperatur und des Sauerstoffgehaltes aufgenommen werden.

Die Durchführung, der Umfang und die Zeitdauer der Grundwasserbeweissicherung sind mit der Unteren Wasserbehörde des Landkreises Emsland anzustimmen. Die erhobenen Daten sind auszuwerten und der zuständigen Genehmigungsbehörde vorzulegen.

Tabelle 10: Empfohlener Mindestparameterumfang für die Beweissicherung der Grund- und Seewasserqualität

<i>Vor-Ort:</i> Farbe, Trübung, Geruch, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH, Sauerstoff, Redoxpotenzial
<i>Labor:</i> TOC, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Gesamtphosphor, AOX, Mineralölkohlenwasserstoffe, Schwermetalle

## 12 Zusammenfassung

Im vorliegenden Gutachten werden die möglichen Auswirkungen des geplanten Sandabbau ‚Am Wattberg ‘ in Surwold, welcher im Trocken- und Nassabbauverfahren betrieben werden soll, auf das Grundwasserströmungsfeld und die Grundwasserqualität erläutert.

Mit dem Abbau werden überwiegend glazifluviale Sande (v.a. Fein- bis Mittelsande) entnommen. Im Nassabbau werden diese Sande in Spülfelder neben dem Abbaugewässer gespült. Das überschüssige Wasser wird zurück in das Abbaugewässer geführt. Der

Nassabbau wird den örtlichen sandigen Hauptgrundwasserleiter betreffen.

Auf Grundlage von Messungen in den sechs an der Abbaustätte installierten Grundwassermessstellen GWM 1 bis GWM 6 für den Zeitraum Januar 2021 bis März 2024 wurde für das geplante Abbaugewässer eine mittlere Seewasserspiegelhöhe von 10,6 m NHN prognostiziert. Durch eine spätere Kolmation der Gewässersohle und des abstromseitigen Ufers kann sich der Wasserspiegel ggf. auf etwa 10,8 m NHN erhöhen.

Die durchgeführten Berechnungen zeigen, dass das geplante Abbaugewässer v.a. aufgrund des geringen vorliegenden Potenzialgefälles im örtlichen Grundwasserleiter und der Gewässermorphologie nach Beendigung der Abbautätigkeit voraussichtlich im Mittel nicht zu relevanten Grundwasserstandsänderungen außerhalb der Abbaustätte führen wird. In Trockenjahren sind dagegen aufgrund der Mehrverdunstung von der Oberfläche des geschaffenen Sees Grundwasserabsenkungen bis auf nordwestlich an die Abbaustätte angrenzende Fläche nicht sicher auszuschließen.

Während des aktiven Sandabbaus unterhalb des Grundwasserspiegels können vor allem zu Beginn der Abbautätigkeit rel. hohe Grundwasserabsenkungen auftreten. Diese reichen jedoch nicht über die Grenze der Abbaustätte hinaus, wenn mit dem Nassabbau im Zentrum des Abbaubereiches begonnen wird.

Die Ausbildung durchmischungsfreier Zonen am Grund des Abbaugewässers kann aufgrund der gewählten Tiefe des Abbaugewässers ausgeschlossen werden.

Ein als problematisch zu bewertender Einfluss des Bodenabbaus auf Oberflächengewässer ist nicht zu besorgen.

Der Einfluss des Abbaugewässers auf das Grundwasserströmungsfeld und auf die Grundwasserqualität soll durch ein Beweissicherungsprogramm dokumentiert werden. Die hierbei erhobenen Daten werden in ausgewerteter Form der Genehmigungsbehörde vorgelegt.

### 13 Schlusswort

Sollten sich hinsichtlich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen und der zur Betrachtung zugrunde gelegten Angaben Änderungen ergeben, ist der Verfasser zu informieren.

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

Spelle, 27.11.2024



Dr. rer. nat. Mark Overesch



M. Sc. Geow. Svenja van Schelve

## Literatur

- ATV-DVWK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. Merkblatt ATV-DVWK-M 504. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef.
- BANOUB, M. (1980): Über hydrochemische Veränderungen des oberen Grundwassers in der Umgebung von Baggerseen. Bayer. Akad. Naturschutz Landschaftspf., Tagungsber., 6 („Baggerseen und Naturschutz“): 61-82. Laufen.
- BUG, J., HEUMANN, S., MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2020): Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
- DWA-M 615 (2017): Gestaltung und Nutzung von Baggerseen. – Merkblatt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V..
- ECKL, H. (2007): Hydrogeologische Anforderungen an Anträge auf obertägigen Abbau von Rohstoffen. Geofakten 10, überarbeitete Fassung. Hannover (LBEG).
- HAMM, A. (1975): Chemisch-biologische Gewässeruntersuchungen an Kleinseen und Baggerseen im Großraum von München im Hinblick auf die Bade- und Erholungsfunktion. Münchener Beitr. Abwass. Fischerei Flussbiol., 26 („Wasser für die Erholungslandschaft“): 75-109. Oldenburg, München.
- HAMM, A. (1998): Veränderungen der Wasserbeschaffenheit. In: DINGETHAL, F. J. & JÜRGING, P. & KAULE, G. & WEINZIERL, W. [Hrsg.]: Kiesgrube und Landschaft. 3.Aufl.: 95-99. Auer, Donauwörth.
- HÖLTING, B. (1996): Hydrogeologie - Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 5., überarbeitete Aufl. Enke, Stuttgart.
- KOHM, J. (1980): Die hydraulischen Auswirkungen von Baggerseen auf das umliegende Grundwasser. Bayer. Akad. Naturschutz Landschaftspf., Tagungsber., 6 („Baggerseen und Naturschutz“): 17-29. Laufen.
- LFU (2004): Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft. Empfehlungen für die Planung und Genehmigung des Abbaus von Kies und Sand. Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie 88. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- LUBW (2005): Methodenband Bestandsaufnahme der WRRL in Baden-Württemberg. Herausgegeben von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 2. überarbeitete Auflage, Karlsruhe.
- LÜBBE, E. (1977): Baggerseen – Bestandsaufnahme, Hydrologie und planerische Konsequenzen. – 2. Aufl., 255 S., 59 Abb., 25 Tab.; Hamburg, Berlin (Parey)
- ROBERTSON (1990): Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 27. S. 151-158.
- SCHMITZ, W. (1980): Das limnische System der Baggerseen. Bayer. Akad. Naturschutz Landschaftspf., Tagungsber., 6 („Baggerseen und Naturschutz“): 139-162. Laufen.
- SICHARDT, W. (1928): Das Fassungsvermögen von Rohrbrunnen und seine Bedeutung für die Grundwasserabsenkung, insbesondere für größere Absenkungstiefen. Springer, Berlin.
- SCHÖNBORN, W. (2003): Lehrbuch der Limnologie. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele & Obermiller), Stuttgart, 588 S

- WACHS, B. (1975): Bakteriologische Wasserbeschaffenheit von Baggerseen und kleinen natürlichen Badeseen im Großraum München. Münchener Beitr. Abwass. Fischerei Flussbiol., 26 („Wasser für die Erholungslandschaft“): 113-142, 55 Abb., 23. Tab.; München (Oldenburg).
- WILL, A. (2021): Potenziale von floating solar auf Lausitzer Bergbauseen. Zusammenfassung des Fachgespräches vom 26. April 2021. Grüne Liga, Netzwerk Ökologischer Bewegungen, Umweltgruppe Cottbus e.V.
- WROBEL, J.-P. (1980a): Wechselbeziehungen zwischen Baggerseen und Grundwasser in gut durchlässigen Schottern. gwf Wasser-Abwasser, 121 (4): 165-173. München.
- WROBEL, J.-P. (1980b): Beeinflussung des Grundwassers durch Baggerseen. Bayer. Akad. Naturschutz Landschaftspfl., Tagungsber., 6 („Baggerseen und Naturschutz“): 30-47. Laufen.
- ZIMMERMANN, U. (1991): Können Badegäste das „Umkippen“ eines Baggeersees verursachen? gwf Wasser-Abwasser, 132 (12): 696-700; München.

## Anlagen

Anlage 1: Übersichtskarte

Anlage 2: Lageplan Abbaustätte mit Reichweiten der Grundwasserstandsänderungen

Anlage 3: Querschnitt Abbaugewässer (Dipl.-Ing- Honnigfort)

Anlage 4: Bohrprofile hydrogeologischen Aufschlussbohrungen ‚Aschendorf Hümmling Börger P23‘ und ‚Aschendorf Hümmling Börger P25‘

Anlage 5: (Hydro-)Geologischer Profilschnitt ‚Mittlere Ems rechts\_PS06/PS 200115‘

Anlage 6: Bohrprofile und Ausbauzeichnungen Grundwassermessstellen

Anlage 7: Profile Drucksondierungen

Anlage 8: Profile Rammkernsondierungen

Anlage 9: Ergebnisse Korngrößenanalysen

Anlage 10: Messwerte Grundwassermessstellen

Anlage 11: Grundwassergleichenpläne

Anlage 12: Plan Grundwassereinzugsgebiet Abbaugewässer

Anlage 13: Berechnung der Verdunstung und Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504

Anlage 13.1: Berechnung der Verdunstung und Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504 (1991-2020)

Anlage 13.2: Berechnung der Verdunstung und Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504 (2018)

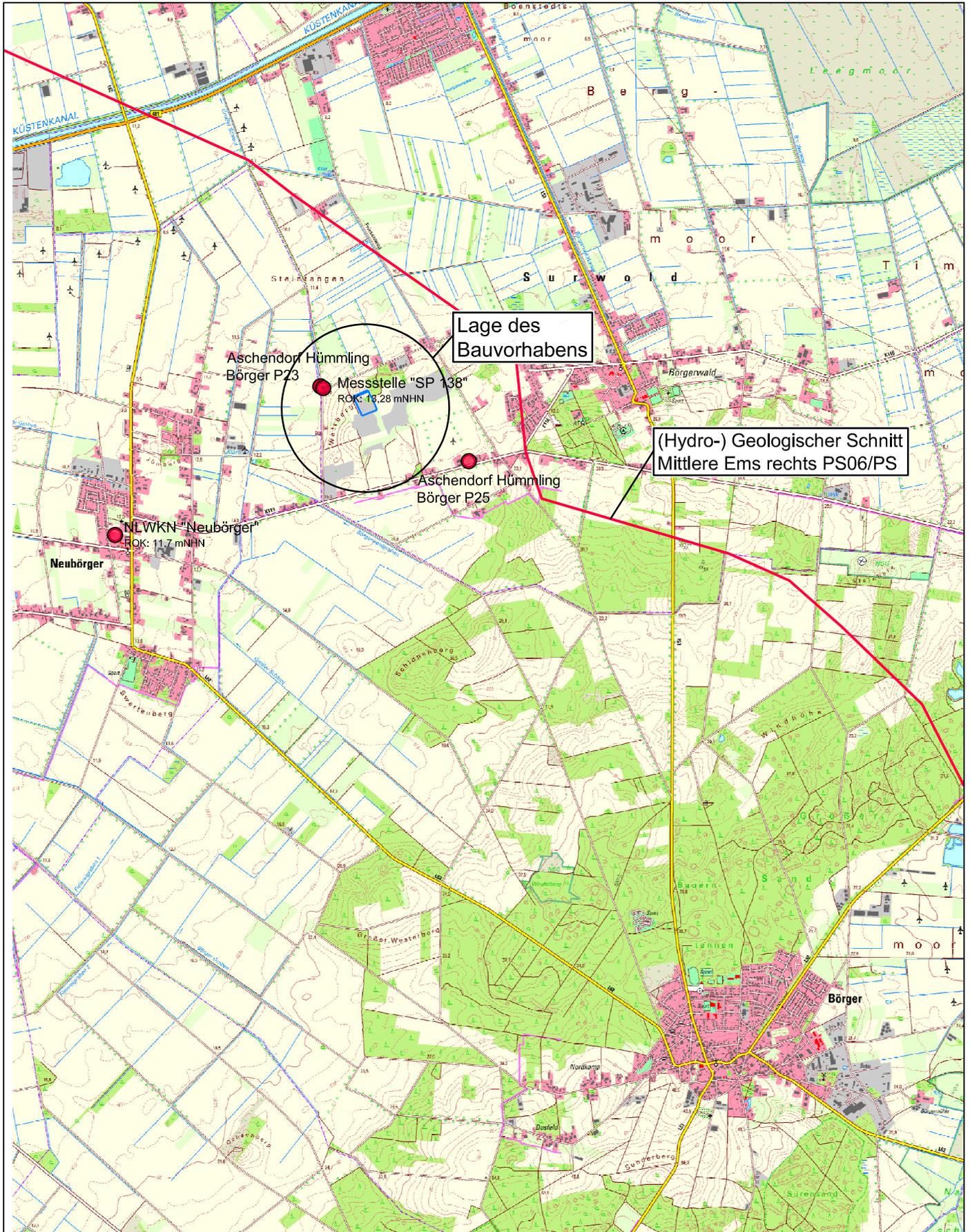
Anlage 13.3: Berechnung der Verdunstung und Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504 (2019)

Anlage 13.4: Berechnung der Verdunstung und Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504 (2020)

Anlage 13.5: Berechnung der Verdunstung und Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504 (2021)

Anlage 13.6: Berechnung der Verdunstung und Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504 (2022)

## **Anlage 1: Übersichtskarte**



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

**Projekt: 2911 - 2018 HYG - Wattberg - Surwold**

**Anlage 1: Übersichtskarte**

Quelle: Umweltkarten Niedersachsen, LGLN 2021

Maßstab: 1:50.000 (DIN A4)

Datum: 06.10.2021

Bearbeiter: van Schelvel

## **Anlage 2:** Lageplan Abbaustätte mit Reichweiten der Grundwasserstandsänderungen



max. berechnete Gesamtschwaite Grundwasseranhebung während der Kolmation (Lübbe)

Wasserlinie bei mitt. Seewasserspiegel 10,6 mNHN

Wasserwechselzone 4,6 bis 11,6 mNHN

max. berechnete Gesamtschwaite Grundwasseranhebung während der Abbaufähigkeit (Lübbe)

Gewässerssole -2,2 mNHN



Büro Spelle: Bernard-Krone-Strasse 19, 48480 Spelle, Tel.: 05977-939630, email: info@mco-bfg.de  
 Büro Sögel: Zum Galgenberg 7, 49751 Sögel, Tel.: 05962-903388, email: info@mco-bfg.de

Projekt: 2011-2018  
 HYG-Sandentnahmen-Wattberg-Surwold  
 Anlage 2: Lageplan Abbaustätte  
 mit Reichweiten der prognostizierten Grundwasserstandsänderungen

Auftraggeber:  
 Firma Hermann Jansen  
 Straßen- und Tiefbauunternehmung GmbH & Co. KG  
 Oldenburger Str. 35  
 26871 Aschendorf

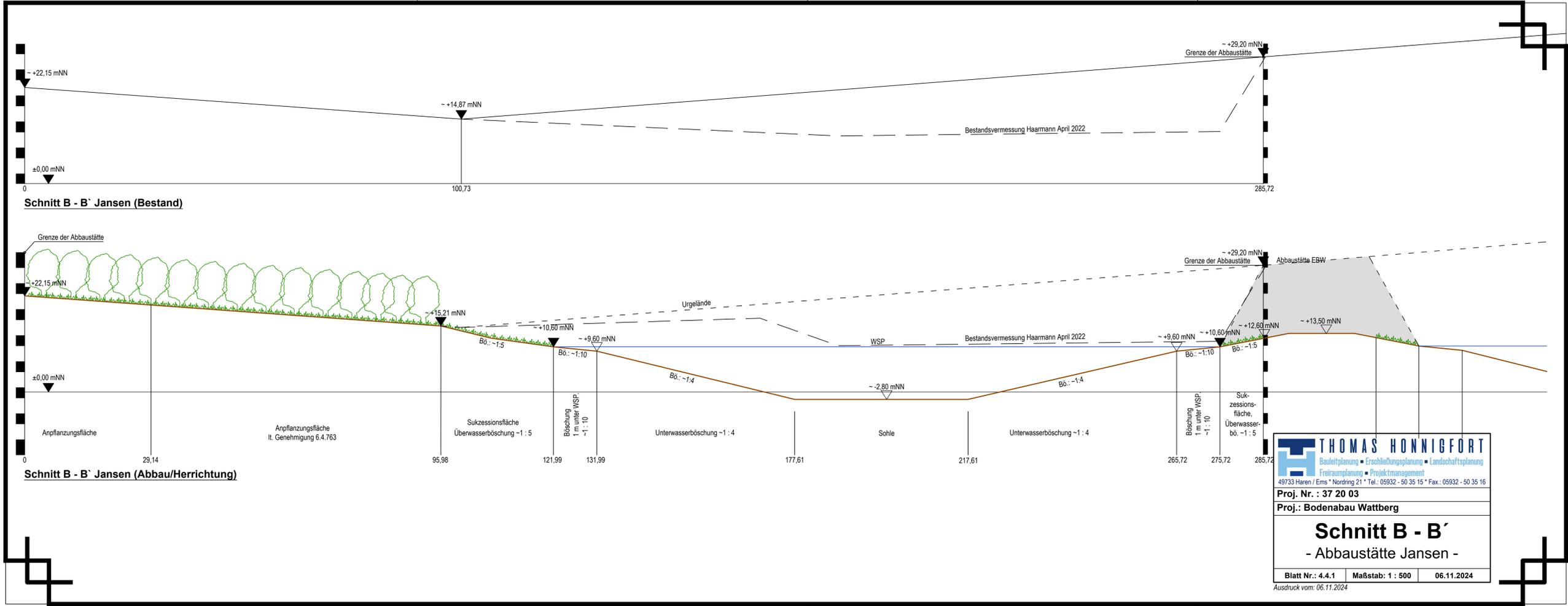
Vorhaben:  
 Hydrogeologisches Gutachten  
 Bodenabbau in Surwold am Wattberg

Planungsgrundlage:  
 Bürogemeinschaft Dipl.-Ing. Thomas Honnigfort & Dipl.-Ing. Alfons Brümmer  
 01.10.2024

Maßstab: 1:2.000  
 Datum: 20.11.2024  
 Bearbeiter: van Schelwe  
 Bildgröße: DIN A0 (840x1189mm)

- Legende:**
- **GWM 1** Grundwassermsstelle (Tiefe: 34 - 41 m u. GOK)
  - **GWM** empfohlene Grundwassermsstelle
  - **RKS 1** Rammkernsondierung (Tiefe: 17 m u. GOK)
  - **DS 1** Drucksondierung (Tiefe: bis zu 30 m u. GOK)
  - **KA 1** Probenentnahme Korngrößenanalyse
  - **8.96** Geländeöhe [m NHN]

## **Anlage 3: Querschnitt Abbaugewässer (Dipl.-Ing- Honnigfort)**



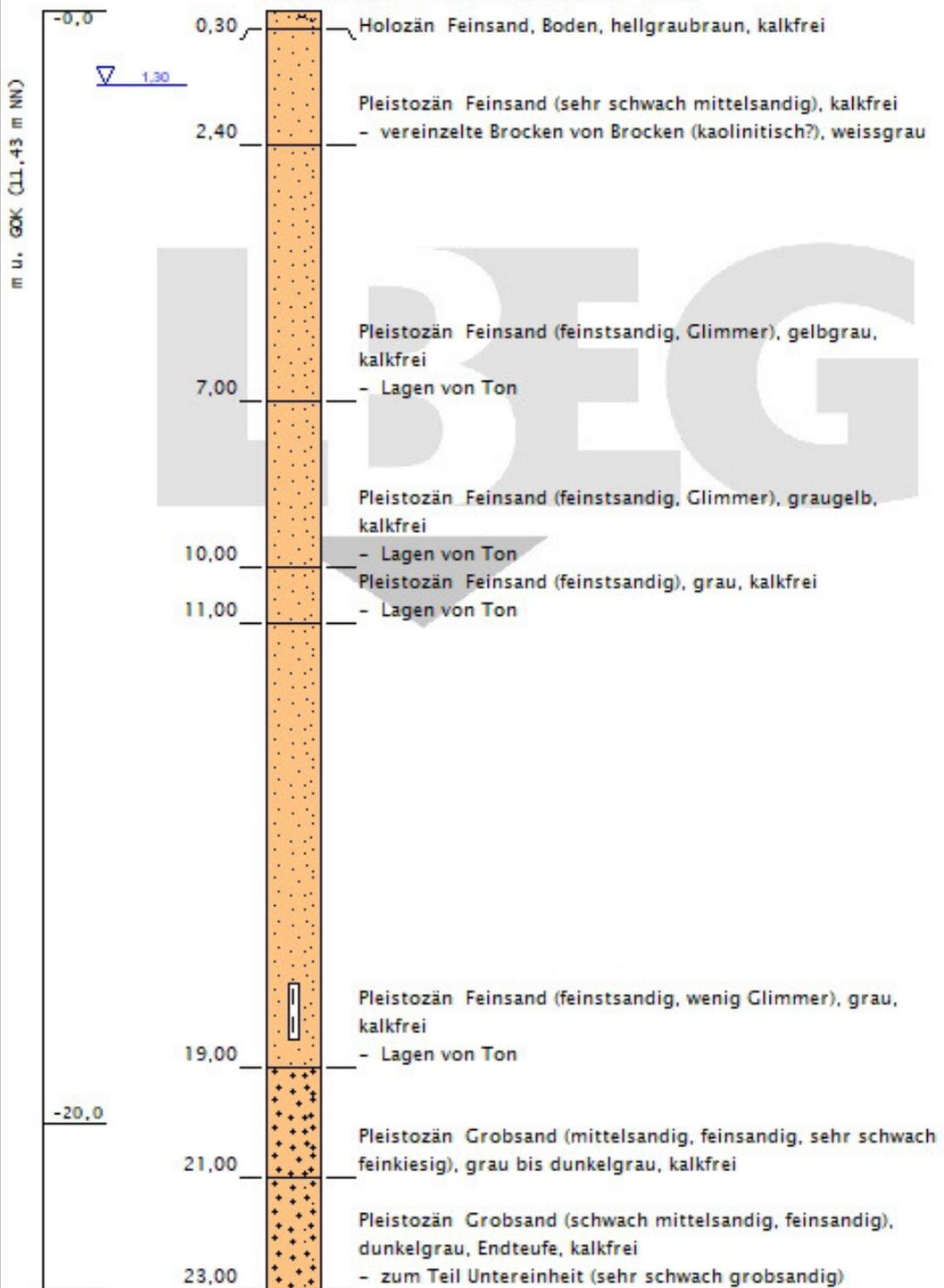
**Schnitt B - B' Jansen (Bestand)**

**Schnitt B - B' Jansen (Abbau/Herrichtung)**

**THOMAS HONNIGFORT**  
 Bauleitplanung • Erschließungsplanung • Landschaftsplanung  
 Freiraumplanung • Projektmanagement  
 49733 Haren / Ems • Nordring 21 • Tel.: 05932 - 50 35 15 • Fax.: 05932 - 50 35 16  
**Proj. Nr. : 37 20 03**  
**Proj.: Bodenabbau Wattberg**  
**Schnitt B - B'**  
**- Abbaustätte Jansen -**  
 Blatt Nr.: 4.4.1 | Maßstab: 1 : 500 | 06.11.2024  
 Ausdruck vom: 06.11.2024

**Anlage 4:** Bohrprofile hydrogeologischen Aufschlussbohrungen  
„Aschendorf Hümmling Börger P23“ und „Aschendorf  
Hümmling Börger P25“

**Aschendorf-Hümmling Börger P 23**



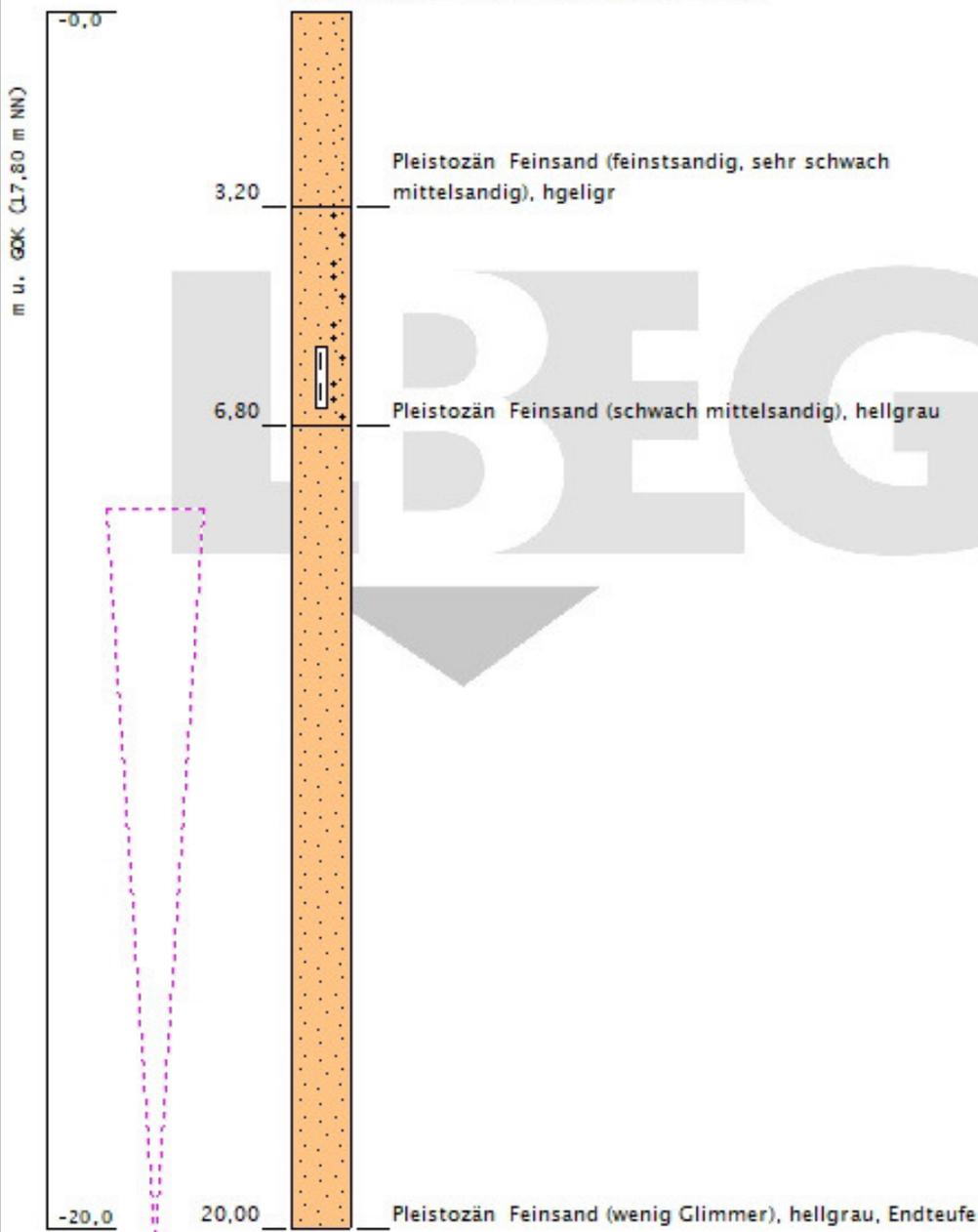
Das LBEG ist als Bergbehörde nicht nur für Niedersachsen, sondern für alle Bohrungen in der Nordsee sowie für die Bohrungen ab 100 m Bohrstrecke in den Ländern Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen zuständig. Alle anderen Bearbeitungen erfolgen in den jeweiligen geologischen Landesämtern. Für bergrechtliche Aufgaben stellen sie dem LBEG ihre Daten zur Verfügung.

Höhenmaßstab: 1:100

Erstellt mit GeoDin am 06.10.2021 15:44:42

Ost: 32397675,24	Nord: 5870007,06	Höhe: 11,43 m zu NN
Bohrungszweck: Hydrogeologische Aufschlussbohrung		
Bohrfirma: August Göttker Erben, Bohrgesellschaft mbH		
Endteufe der Bohrung in m u. Ansatzpunkt: 23,00		
Autor: Knesebeck		Bohrzeit: 14.03.1966 bis 14.03.1966
TK25: 3010	Archivfachbereich: HY	Archivnummer: 45
Archiv-Nr.:		Aufschlusskurzbez.: H 45 - 23b
Ortsbezeichnung: Neubörger		
Landkreis: Emsland		Gemeinde: Neubörger

**Aschendorf-Hümmling Börger P 25**



Das LBEG ist als Bergbehörde nicht nur für Niedersachsen, sondern für alle Bohrungen in der Nordsee sowie für die Bohrungen ab 100 m Bohrstrecke in den Ländern Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen zuständig. Alle anderen Bearbeitungen erfolgen in den jeweiligen geologischen Landesämtern. Für bergrechtliche Aufgaben stellen sie dem LBEG ihre Daten zur Verfügung.

Höhennaßstab: 1:100

Ost: 32399105,66	Nord: 5869286,33	Höhe: 17,80 m zu NN
Bohrungszweck: Hydrogeologische Aufschlussbohrung		
Bohrfirma: August Göttker Erben, Bohrgesellschaft mbH		
Endteufe der Bohrung in m u. Ansatzpunkt: 20,00		
Autor: Reisch		Bohrzeit: 11.03.1966 bis 11.03.1966
TK25: 3010	Archivfachbereich: HY	Archivnummer: 47
Archiv-Nr.:		Aufschlusskurzbez.: H 47 - 25
Ortsbezeichnung:		
Landkreis: Emsland		Gemeinde: Surwold

**Anlage 5:** (Hydro-)Geologischer Profilschnitt ,Mittlere Ems  
rechts\_PS06/PS 200115‘



# Geologischer Profilschnitt in Niedersachsen

Länge 1 : 50 000 / Höhe 1 : 1 000

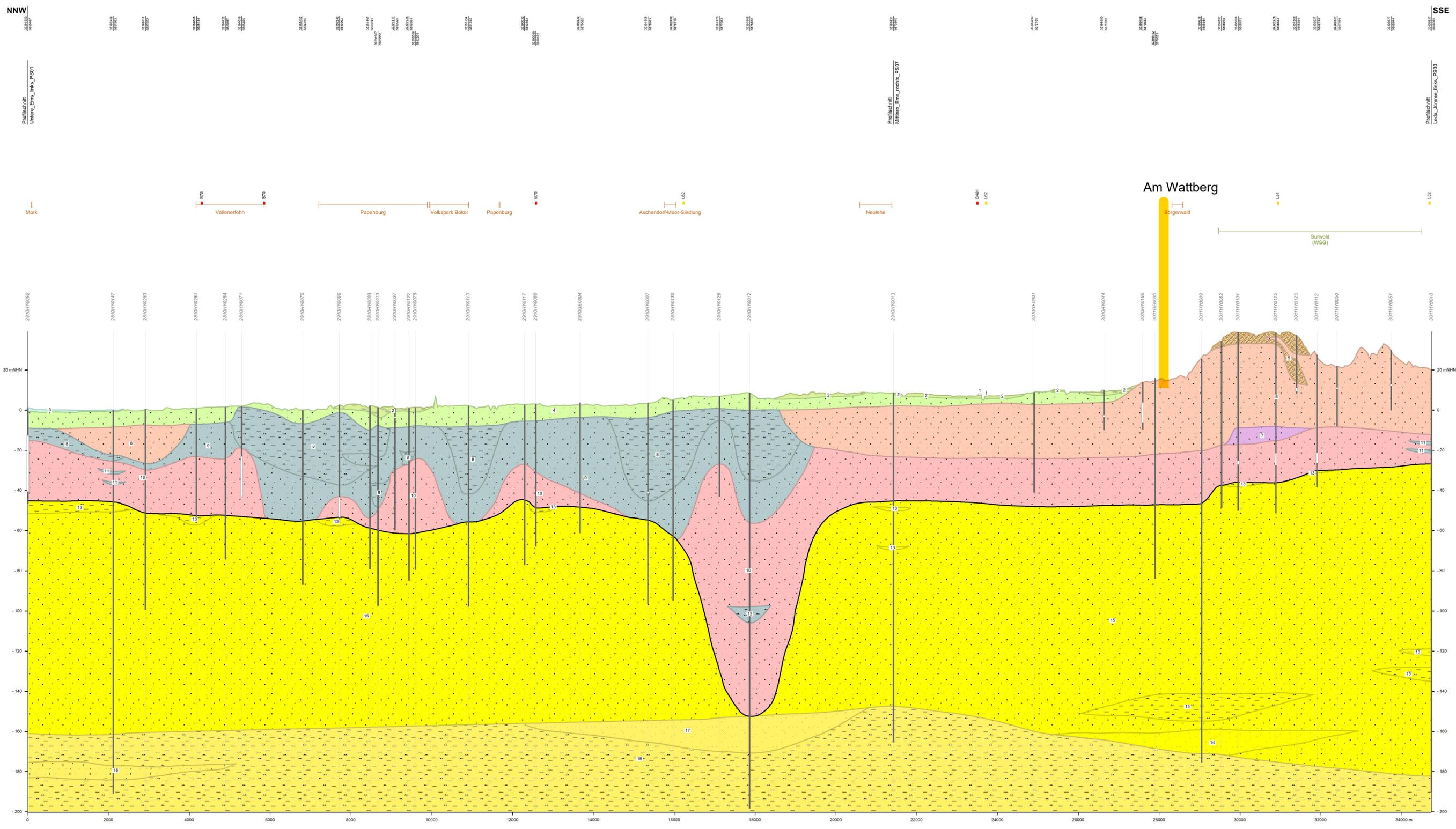
Mittlere\_Ems\_rechts\_PS06 / PS\_200115



Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie  
LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER  
LBEG

Niedersachsen  
Ausgabe vom 25.05.2020

## Mittlere\_Ems\_rechts\_PS06 / PS\_200115 - Geologischer Profilschnitt -



### Generallegende

- Topographie**
- Bundesautobahn
  - Bundesstraße
  - Landstraße
  - Fluss, Kanal
  - See
  - Ortstlage
  - Wasserwerk, Abfalldeponie
  - Wasserschutzgebiet
  - Trinkwassergewinnungsgebiet
  - Heilquellenschutzgebiet
- Thematik**
- Bohrung mit BID
  - Filterstrecke
  - Geologische Schicht
  - Schuppe
  - Quartärbasis
  - Störung
  - Untere Profilgrenze

### Legende der geologischen Einheiten

#### Stratigraphie / Petrographie / Genese

- 1 Holozän, künstlicher Auftrag / Auffüllung
- 2 Holozän / Torf / Moor
- 3 Holozän / Schluff (tonig, feinsandig) / fluviatile Gezeitenablagerung
- 4 Weichsel-Kaltzeit / Sand / fluviatil
- 5 Drenthe-Stadium // Geschiebelehm, Geschiebemergel
- 6 Drenthe-Stadium / Sand (kiesig) / glazifluviatil
- 7 Holstein-Warmzeit / Sand, Torf / Beckenablagerung
- 8 Lauenburg-Schichten / Ton-Schluff / Beckenablagerung
- 9 Lauenburg-Schichten / Sand / Beckenablagerung
- 10 Elster-Kaltzeit / Sand (kiesig) / glazifluviatil
- 11 Elster-Kaltzeit / Ton, Schluff / Beckenablagerung
- 12 Elster-Kaltzeit / Schluff, Feinsand / Beckenablagerung
- 13 Pliozän / Ton, Schluff / terrestrisch
- 14 Pliozän / Feinsand (schluffig) / terrestrisch
- 15 Pliozän / Sand /
- 16 Miozän / Ton, Schluff /
- 17 Miozän / Feinsand (schluffig) /
- 18 Miozän / Sand /

**Erläuterungstext**  
Geologische Profilschnitte vermitteln eine räumliche Vorstellung vom Aufbau des Untergrundes. Zur Erstellung der Schnitte wurden alle verfügbaren Informationen (z.B. Bohrungen, Geologische Karten, geophysikalische Daten) zusammengetragen, ausgewertet und unter Berücksichtigung der geologischen Entwicklung des Gebietes zu einem geologischen Gesamtmodell zusammengefügt. Im Lockergesteinsbereich sind Bohrungen aus der 'Bohrdatenbank Niedersachsen' (NBIS-BDN) die wichtigsten Eingangsdaten für die Konstruktion der Schnitte. Im Festgesteinsbereich liefern Lagerungs- und Mächtigkeitsangaben der Festgesteinschichten zusätzliche Angaben zum Aufbau des Untergrundes.  
Der Maßstab der geologischen Profilschnitte ist 1 : 50 000. Daher konnten Lockergesteinschnitte erst ab einer Mächtigkeit von mehr als 1 m und Festgesteinschnitte ab einer Mächtigkeit von mehr als 10 m dargestellt werden. Um die Lesbarkeit der Profilschnitte zu verbessern, mussten sie überhöht dargestellt werden, wobei für Lockergesteinschnitte eine 50fache, für Festgesteinschnitte eine 5-fache Überhöhung gewählt wurde. Dabei ist zu beachten, dass sich die Überhöhung auch auf die Darstellung der Lagerungssituation auswirkt. Sie verursacht ein scheinbares Einfallen, was bei der Beurteilung von z.B. sehr steilen Rinnenflanken oder sehr steil einfallenden Schichten zu berücksichtigen ist.  
Die Schichten wurden anhand der wichtigsten stratigraphischen, petrographischen und genetischen Eigenschaften zusammengefasst. Auf Grund der maßstabbedingten Generalisierung wurden dabei nur dominierende Eigenschaften dargestellt. Nur lokal vorkommende, geringmächtige Einschaltungen oder kleinräumig verbreitete Sonderfazies konnten nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus sind weitere geologische Elemente wie tektonische Störungen, die Basis quartärzeitlich entstandener Sedimente sowie, häufig in idealisierter Form, glazitektonische Schuppen und Schollen verzeichnet.  
Zusätzlich enthalten die Profilschnitte Angaben zu den wichtigsten topographischen Elementen (Ortschaften, Gewässer, Straßen) sowie zu Wasserschutzgebieten. Die im Profilschnitt verwendeten Bohrungen sind ebenfalls eingezeichnet. Während die Linien der Lockergesteinschnitte direkt durch die Bohrpunkte verlaufen, werden die Bohrungen für die Festgesteinschnitte auf eine gerade Schnittlinie projiziert. Für Bohrungen ist die Lage der Filterstrecken angegeben. Für Bohrungen gibt es zusätzlich Angaben zur Lage der Filterstrecken.

**Thematische Grundlage**  
ROHM et al. (2009): Grundwasser-Monitoring - Erstellung Geologischer und Hydrostratigraphischer Schnitte zur Umsetzung der EG-WRRL 2007/2009  
Röhm, H. & Witthöft, M.: Projektdokumentation, Übersichtskarte, 142 Profilschnitte; Hannover (unveröff. Archivbt. LBEG).

**Topographische Grundlage**  
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, www.gli.niedersachsen.de, www.lgn.niedersachsen.de © 2005

**Ansprechpartner**  
Abteilung "Bergbauliche und geologische Grundlagen"  
- Referat Hydrogeologische Grundlagen -  
Dr. Jörg Eibracht  
Fon: +49 511 643-3613  
Fax: +49 511 643-533613  
Joerg.Eibracht@lbeg.niedersachsen.de



# Hydrostratigraphischer Profilschnitt in Niedersachsen

Länge 1 : 50 000 / Höhe 1 : 1 000

Mittlere\_Ems\_rechts\_PS06 / PS\_200115

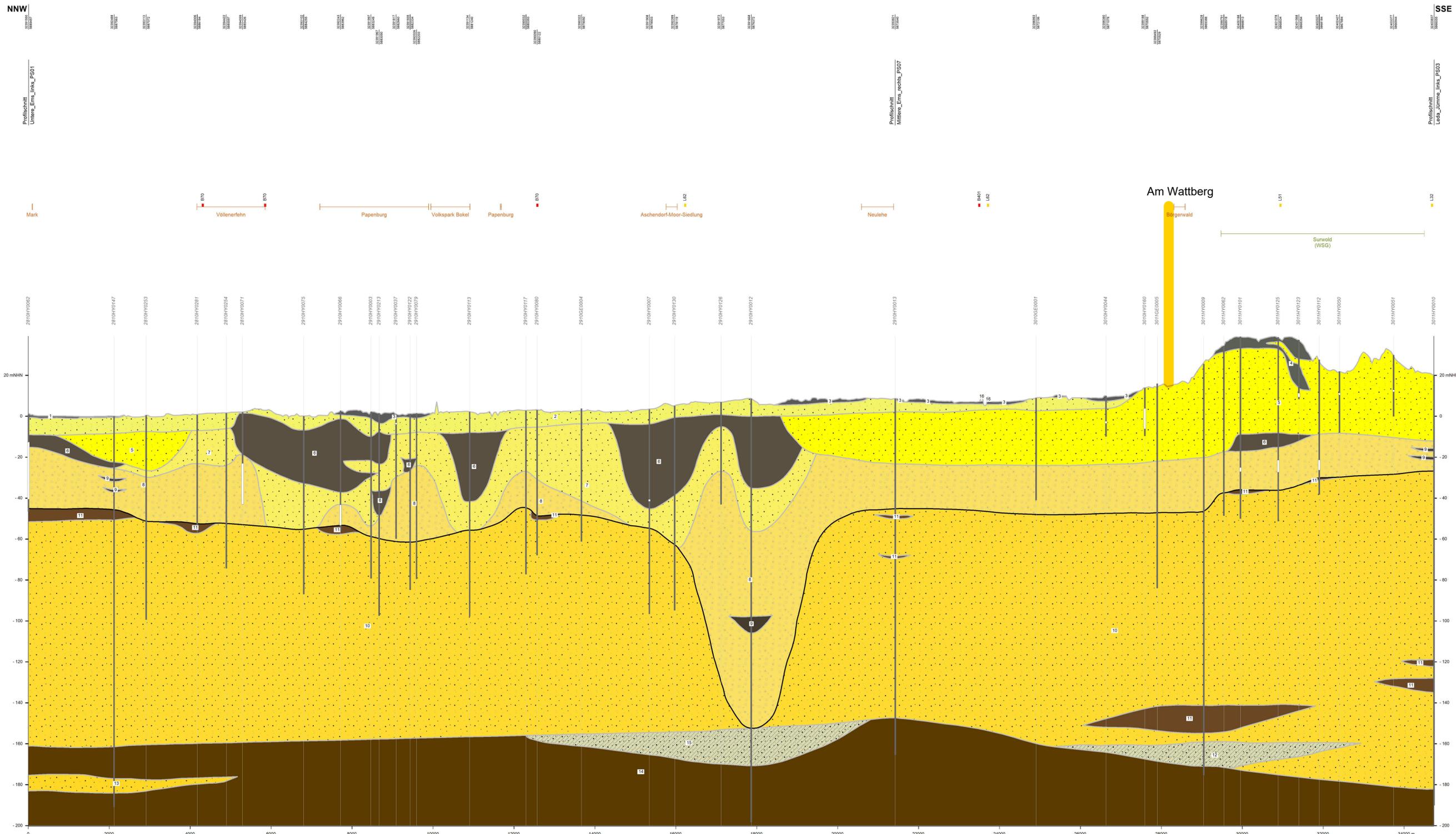


Niedersachsen

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie  
GEozentrum MANNOVER  
Ausgabe vom 25.05.2020

## Mittlere\_Ems\_rechts\_PS06 / PS\_200115

- Hydrostratigraphischer Profilschnitt -



### Generallegende

- | Topographie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Thematik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> Bundesautobahn</li> <li><span style="color: red;">■</span> Bundesstraße</li> <li><span style="color: orange;">■</span> Landstraße</li> <li><span style="color: blue;">—</span> Fluss, Kanal</li> <li><span style="color: blue;">—</span> See</li> <li><span style="color: orange;">—</span> Ortslage</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: black;"> </span> Bohrung mit BID</li> <li><span style="color: black;"> </span> Filterstrecke</li> <li><span style="color: black;"> </span> Grundwasserleiter</li> <li><span style="color: black;"> </span> Grundwasserhemmer</li> <li><span style="color: black;"> </span> Schuppe</li> <li><span style="color: black;"> </span> Quartärbasis</li> <li><span style="color: black;"> </span> Störung</li> <li><span style="color: black;"> </span> Untere Profiligenze</li> </ul> |

**Durchlässigkeit (Kf-Wert in m/s)**

sehr hoch (>1E-2)	äußerst gering (>1E-9)
hoch (>1E-3 - 1E-2)	sehr hoch bis hoch (>1E-5 - <1E-3)
mittel (>1E-4 - 1E-3)	mittel bis mäßig (>1E-5 - 1E-4)
mäßig (>1E-5 - 1E-4)	gering bis äußerst gering (<1E-5)
gering (>1E-7 - 1E-5)	stark variabel (oben Kf-Wert)
sehr gering (>1E-9 - 1E-7)	mäßig bis gering (>1E-6 - 1E-4)

### Legende der hydrostratigraphischen Einheiten

#### Hydrostratigraphie / Lithologie / Durchlässigkeit

- |           |                                                                                                          |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>  | H1.2 / Ton, Schluff / gering bis äußerst gering                                                          |
| <b>2</b>  | L1.2 / Sand, Kies, Muschelschill, Travertin / mittel bis mäßig                                           |
| <b>3</b>  | H1.3 / Torf / gering bis äußerst gering                                                                  |
| <b>4</b>  | H3 / Geschiebemergel-/lehm, Schluff, Ton / gering                                                        |
| <b>5</b>  | L3 / Sand, Kies / mittel                                                                                 |
| <b>6</b>  | H4.1 / Schluff, Ton, Torf / gering                                                                       |
| <b>7</b>  | L4.1 / Sand, Feinsand, schluffig / mittel bis mäßig                                                      |
| <b>8</b>  | L4.2 / Kies, Sand / hoch                                                                                 |
| <b>9</b>  | H4.3 / Ton, Schluff / gering                                                                             |
| <b>10</b> | L4.3 / Sand / mittel                                                                                     |
| <b>11</b> | H4.4 / Ton, Schluff / gering bis äußerst gering                                                          |
| <b>12</b> | H4.4-L1.2 / Ton, Schluff, Sand, Kies, Muschelschill, Travertin / gering bis äußerst gering               |
| <b>13</b> | L6 / Sand, Braunkohle führend / mittel                                                                   |
| <b>14</b> | H7 / Ton, Schluff, Braunkohlenschluffe und -tone / gering bis äußerst gering                             |
| <b>15</b> | H7-L5 / Ton, Schluff, Braunkohlenschluffe und -tone, Sand, Braunkohle führend / äußerst gering bis mäßig |
| <b>16</b> | L/H0 / Abraum, Bauschutt, Müll, Hafenschlick, Spülsand / stark variabel                                  |

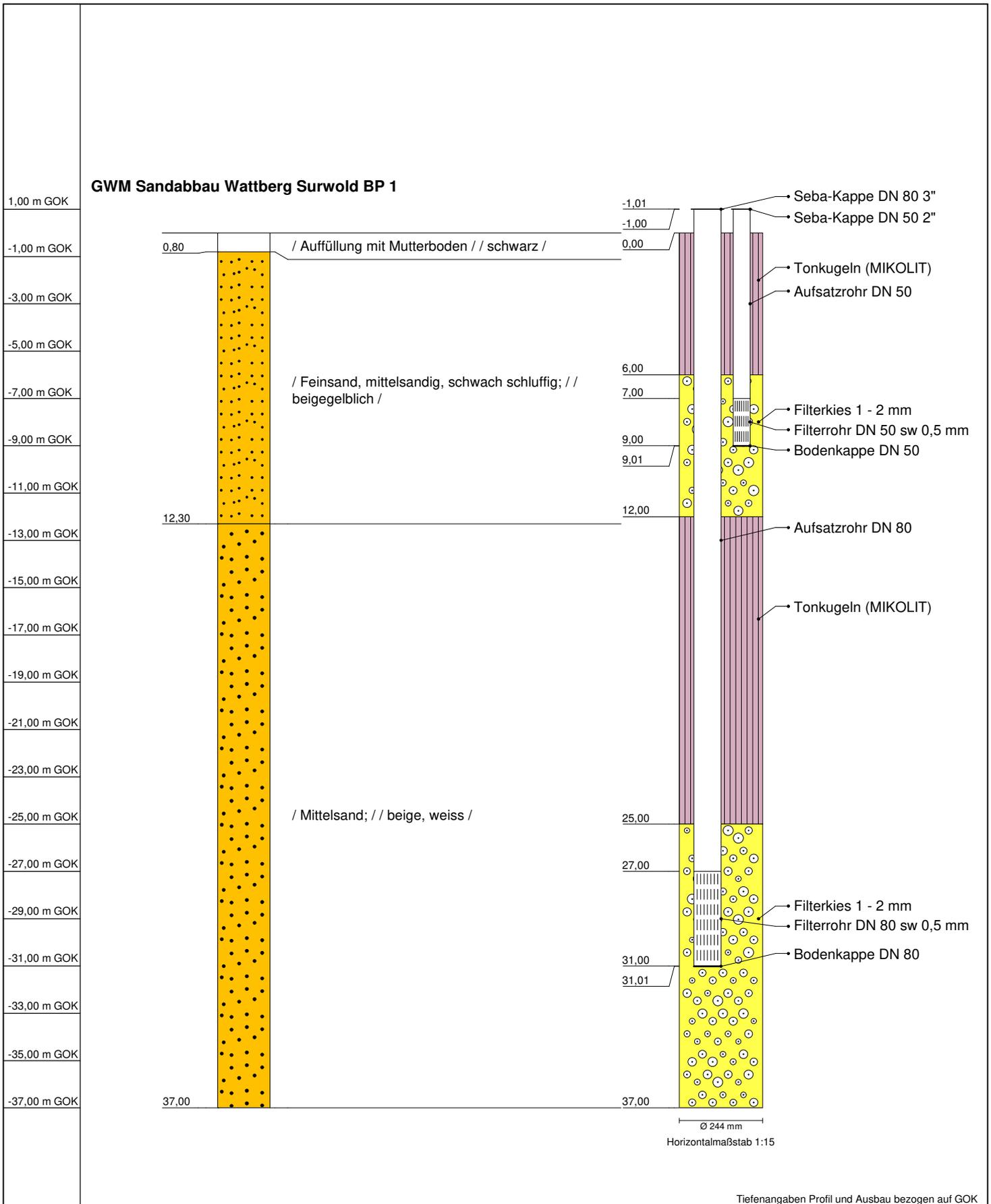
**Erläuterungstext**  
Hydrostratigraphische Profilschnitte vermitteln eine räumliche Vorstellung von der Lage, Mächtigkeit und Ausdehnung der Grundwasserleiter (L) und Grundwassergeringleiter, -hemmer (H) im Untergrund. Damit können z.B. eine Abschätzung der Verbreitung trennender Schichten und die Beurteilung der Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung vorgenommen werden.  
Den Schichten aus den geologischen Profilschnitten wurden hydrostratigraphische Einheiten (REUTTER 2011) anhand der Stratigraphie, Lithologie, Genese und hydrogeologischer Parameter wie Gesteinsdurchlässigkeit, Gebirgsdurchlässigkeit und Anteil der Hohlräume zugeordnet und zu einem hydrostratigraphischen Gesamtbild zusammengefügt. Die hydrostratigraphischen Einheiten werden von oben nach unten durchnummeriert, was jedoch keine Aussage über die Lage im Untergrund gibt. Aus den Profilschnitten sind die hydrostratigraphischen Einheiten mit Beispielen zur möglichen Lithologie (Gesteinszusammensetzung) und Durchlässigkeit nach REUTTER (2011) abzulesen.  
Der Maßstab der hydrostratigraphischen Profilschnitte ist 1:50 000. Daher werden die hydrostratigraphischen Einheiten im Lockergestein erst ab einer Mächtigkeit von mehr als 1 m und im Festgestein ab einer Mächtigkeit von mehr als 10 m dargestellt. Um die Lesbarkeit der Profilschnitte zu verbessern, mussten sie überhöht dargestellt werden, wobei für die hydrostratigraphischen Schnitte im Lockergestein eine 5-fache, im Festgestein eine 5-fache Überhöhung gewählt wurde. Dabei ist zu beachten, dass sich die Überhöhung auch auf die Darstellung der Lagerungssituation auswirkt. Sie verursacht ein scheinbares Einfallen, was bei der Beurteilung von z.B. sehr steilen Rinneflanken oder sehr steil einfallenden Schichten zu berücksichtigen ist.  
Zusätzlich enthalten die Profilschnitte Angaben zu den wichtigsten topographischen Elementen (Ortschaften, Gewässer, Straßen) sowie zu Wasserschutzgebieten. Die im Profilschnitt verwendeten Bohrungen sind ebenfalls eingezeichnet. Während die Linien der Lockergesteinschnitte direkt durch die Bohrpunkte verlaufen, werden die Bohrungen für die Festgesteinschnitte auf eine gerade Schnittlinie projiziert. Für Bohrungen die zu Grundwasserstellen oder Brunnen ausgebaut wurden gibt es zusätzlich Angaben zur Lage der Filterstrecken.

**Thematische Grundlage**  
LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (2019): Geologische Profilschnitte in Niedersachsen. – Kartenserver des Niedersächsischen Bodeninformationssystemsystems NIBIS®, <http://nibis.lbeg.de/cardomap3?>; Hannover.  
REUTTER, E. (2011): Hydrostratigraphische Gliederung Niedersachsen – Geofakten 21: 11 S.; Hannover (LBEG).

**Topographische Grundlage**  
Auszug aus den Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, www.glniedersachsen.de, www.ign.niedersachsen.de © 2005  
Auszug aus Daten des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, www.nlwkn.niedersachsen.de, Aktualisierungsstand: Juli 2009

**Ansprechpartner**  
Abteilung "Bergbäuliche und geologische Grundlagen"  
- Referat Hydrogeologische Grundlagen -  
Dr. Jörg Elbracht  
Fon: +49 511 843-3613  
Fax: +49 511 843-533613  
Joerg.Elbracht@lbeg.niedersachsen.de

## **Anlage 6:** Bohrprofile und Ausbauzeichnungen Grundwassermessstellen

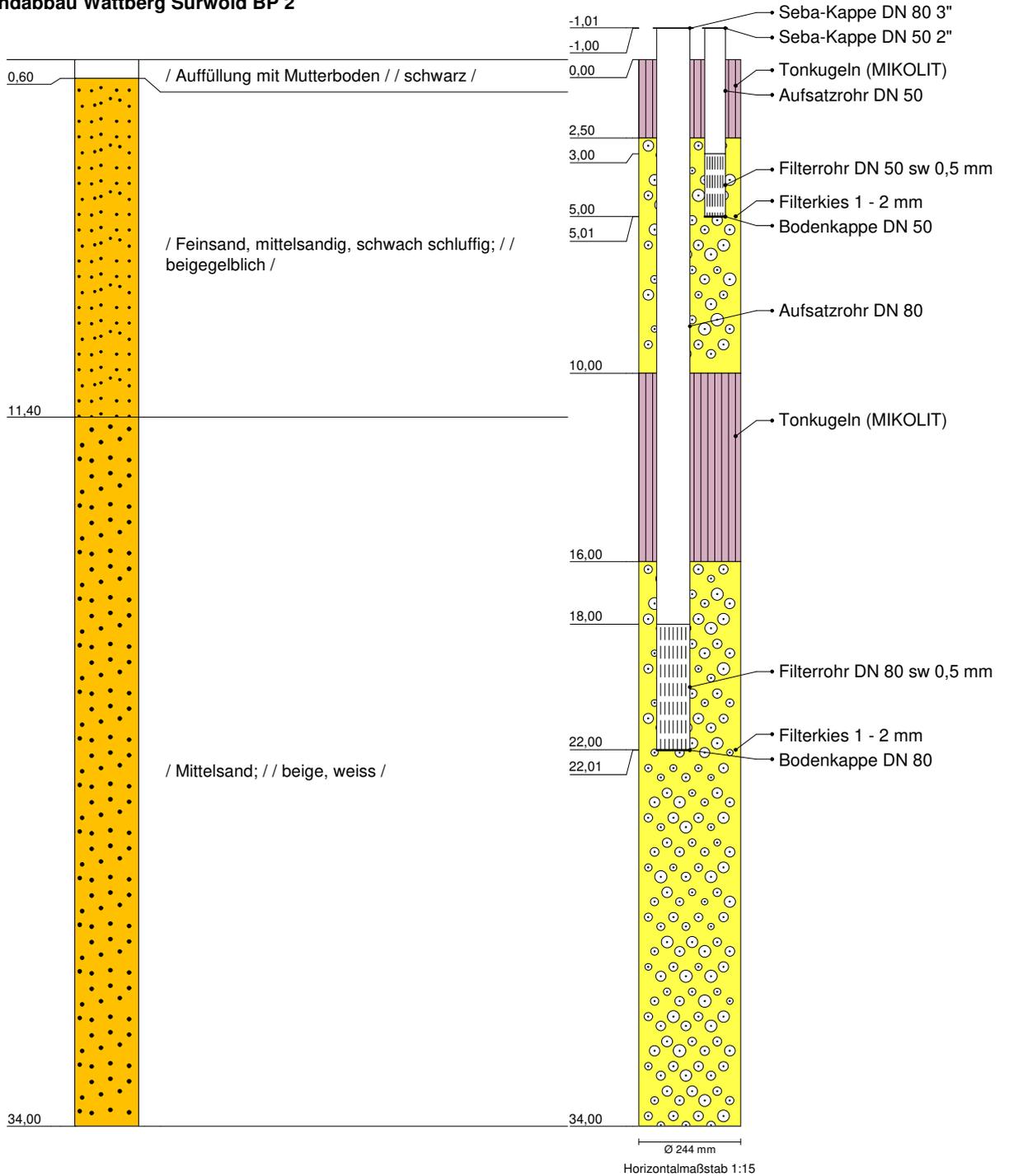


Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrng.	GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 1		 Forst- und Brunnenbau GmbH & Co KG <a href="http://www.fendesack.com">www.fendesack.com</a>
Bhrng. Id	6750		
Autor	Marius Neyer		
Bearbeiter		Datum: 23.11.2020	
Bohrfirma	Fendesack Geotechnik GmbH & Co KG	Maßstab : 1:215	

### GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 2

1,00 m GOK
-1,00 m GOK
-3,00 m GOK
-5,00 m GOK
-7,00 m GOK
-9,00 m GOK
-11,00 m GOK
-13,00 m GOK
-15,00 m GOK
-17,00 m GOK
-19,00 m GOK
-21,00 m GOK
-23,00 m GOK
-25,00 m GOK
-27,00 m GOK
-29,00 m GOK
-31,00 m GOK
-33,00 m GOK
-35,00 m GOK



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

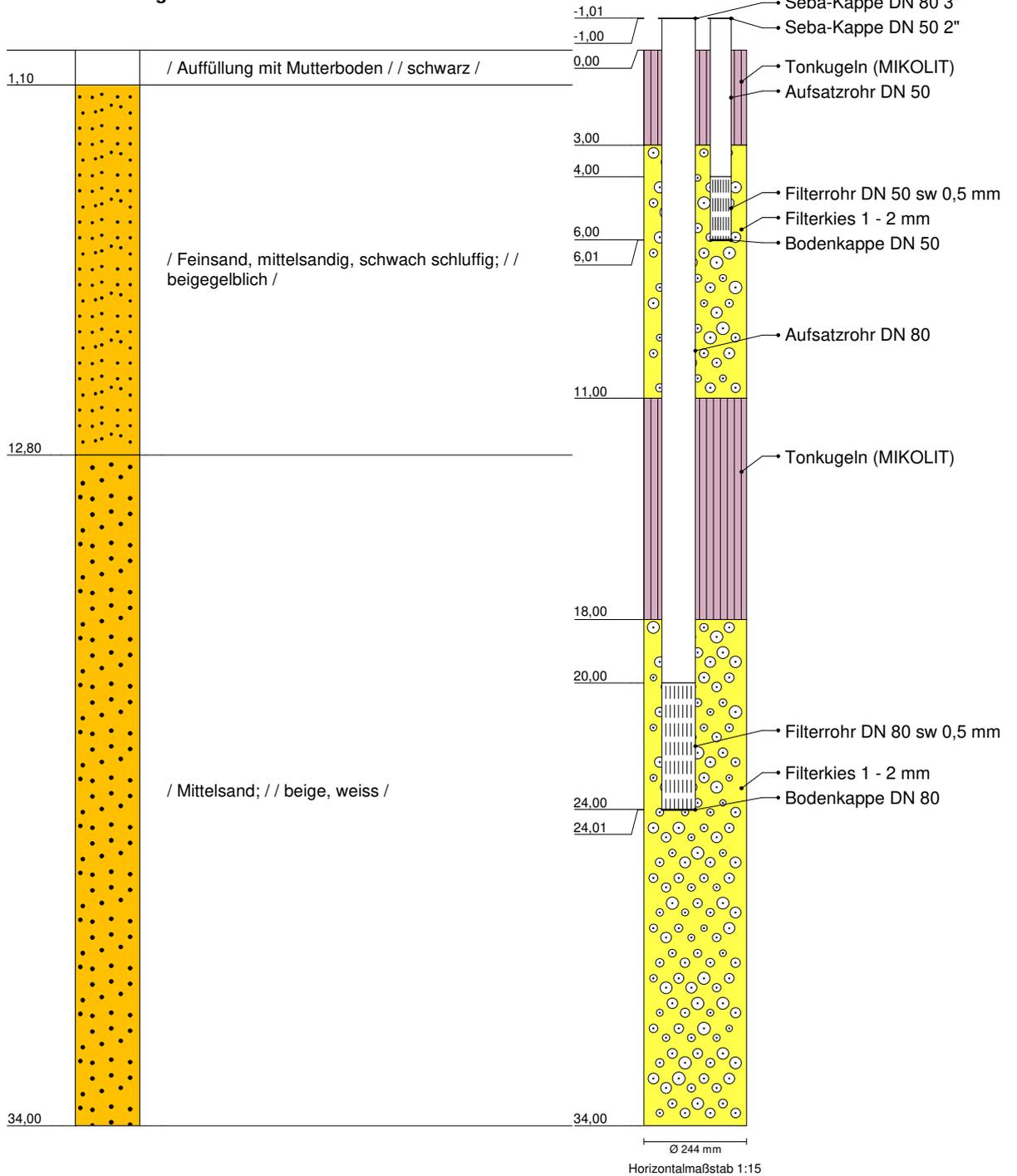
Name d. Bhrng.	GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 2	
Bhrng. Id	6749	
Autor	Marius Neyer	
Bearbeiter		Datum: 25.11.2020
Bohrfirma	Fendesack Geotechnik GmbH & Co KG	Maßstab : 1:198

**FENDESACK**  
Forst- und Brunnenbau GmbH & Co KG

www.fendesack.com

### GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 3

- 1,00 m GOK
- 1,00 m GOK
- 3,00 m GOK
- 5,00 m GOK
- 7,00 m GOK
- 9,00 m GOK
- 11,00 m GOK
- 13,00 m GOK
- 15,00 m GOK
- 17,00 m GOK
- 19,00 m GOK
- 21,00 m GOK
- 23,00 m GOK
- 25,00 m GOK
- 27,00 m GOK
- 29,00 m GOK
- 31,00 m GOK
- 33,00 m GOK
- 35,00 m GOK

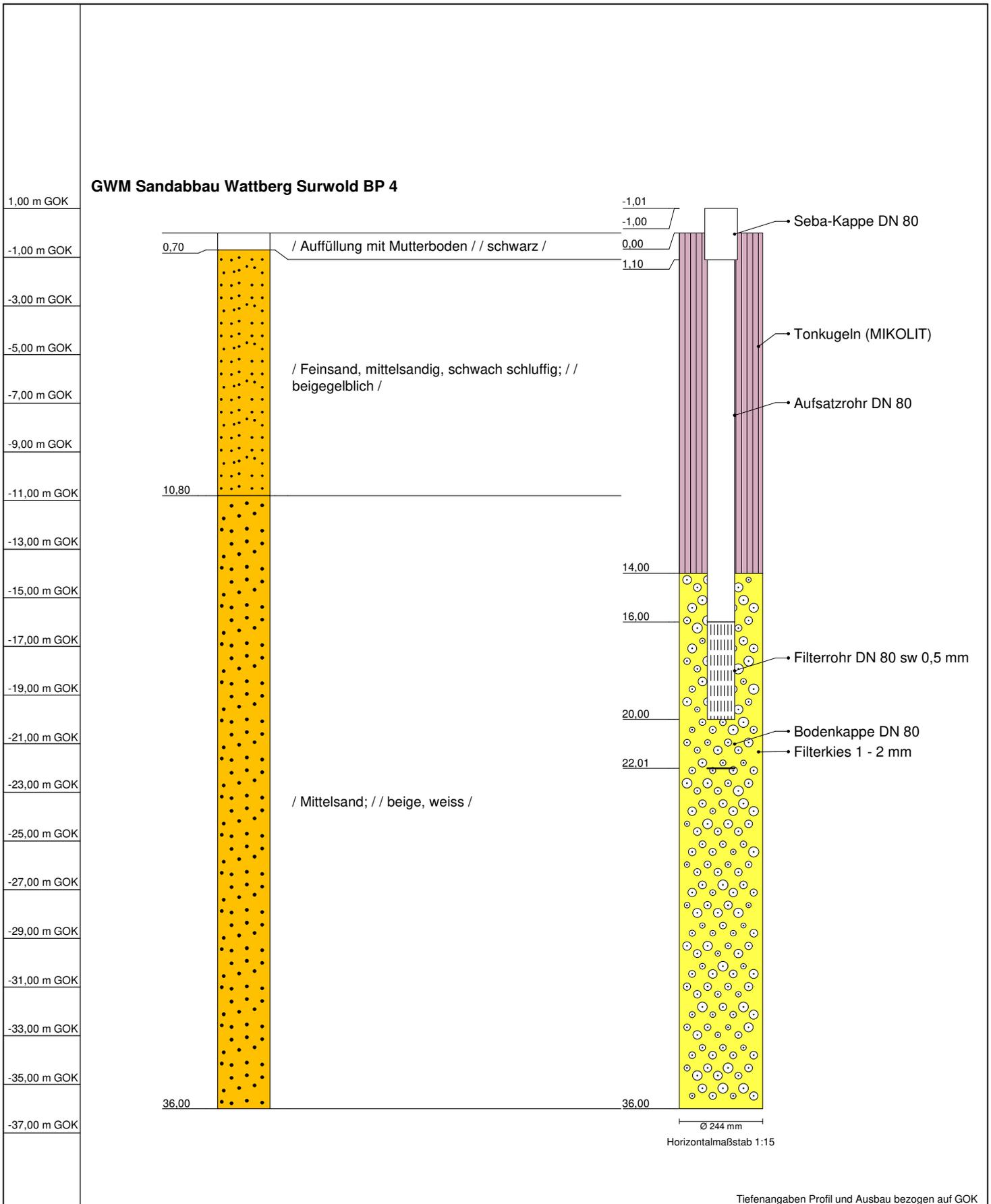


Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrng.	GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 3	
Bhrng. Id	6748	
Autor	Marius Neyer	
Bearbeiter		Datum: 03.11.2020
Bohrfirma	Fendesack Geotechnik GmbH & Co KG	Maßstab : 1:198

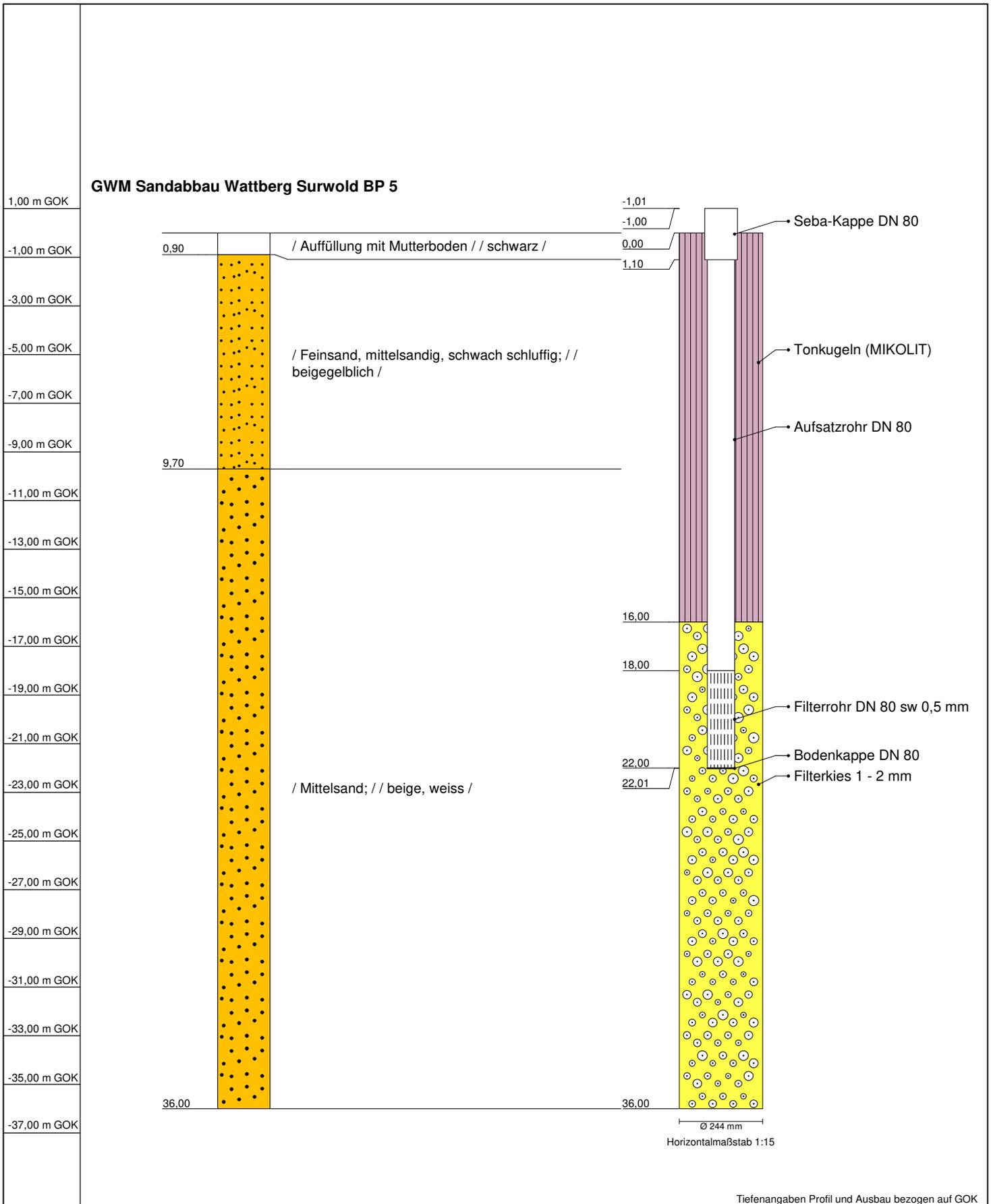
**FENDESACK**  
Forst- und Brunnenbau GmbH & Co KG

www.fendesack.com



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

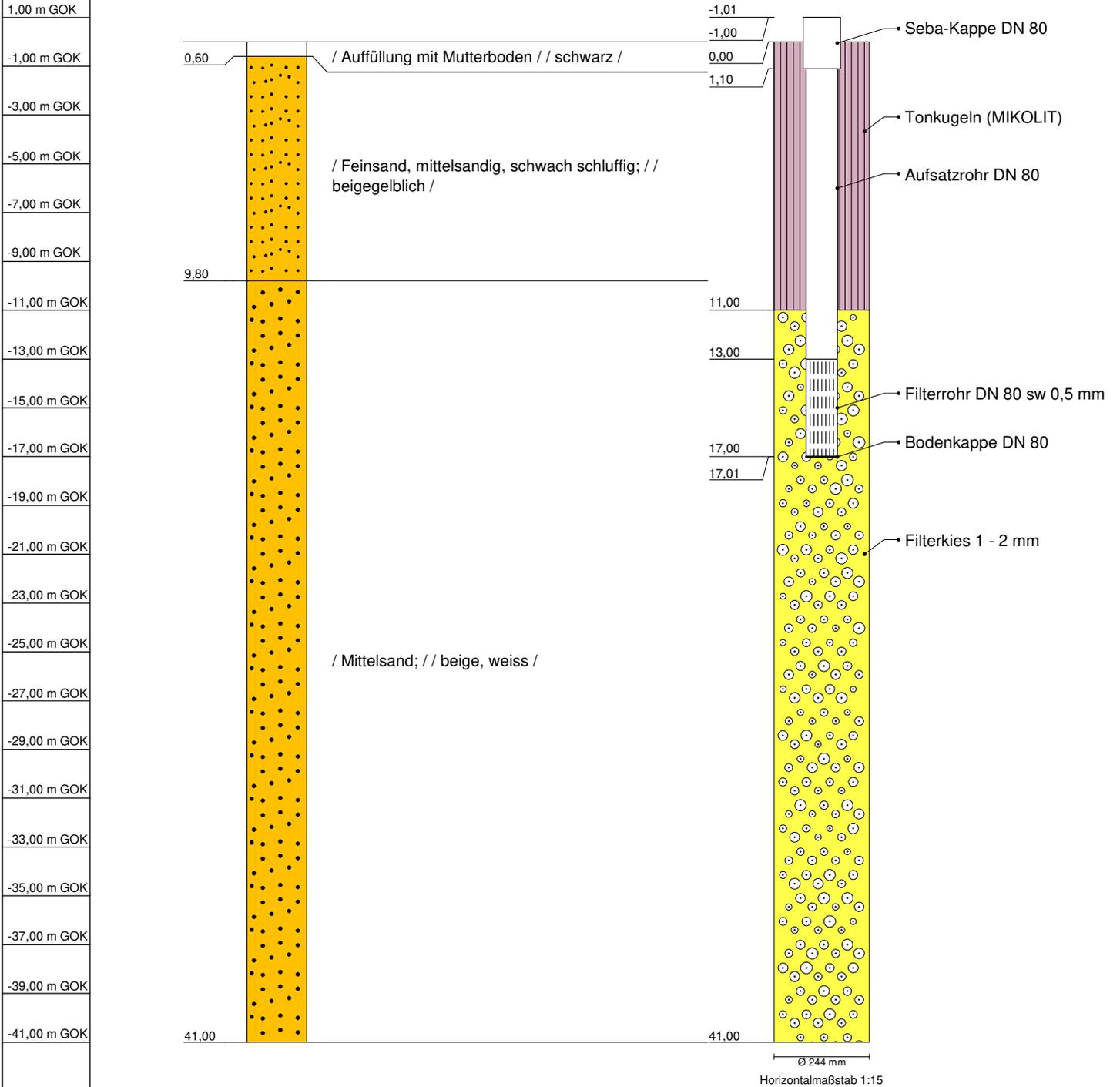
Name d. Bhrng.	GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 4		 Forst- und Brunnenbau GmbH & Co KG <a href="http://www.fendesack.com">www.fendesack.com</a>
Bhrng. Id	6747		
Autor	Marius Neyer		
Bearbeiter		Datum: 16.11.2020	
Bohrfirma	Fendesack Geotechnik GmbH & Co KG	Maßstab : 1:209	



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrng.	GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 5		 <b>FENDESACK</b> Forst- und Brunnenbau GmbH & Co KG <a href="http://www.fendesack.com">www.fendesack.com</a>
Bhrng. Id	6745		
Autor	Marius Neyer		
Bearbeiter		Datum: 19.11.2020	
Bohrfirma	Fendesack Geotechnik GmbH & Co KG	Maßstab : 1:209	

### GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 6



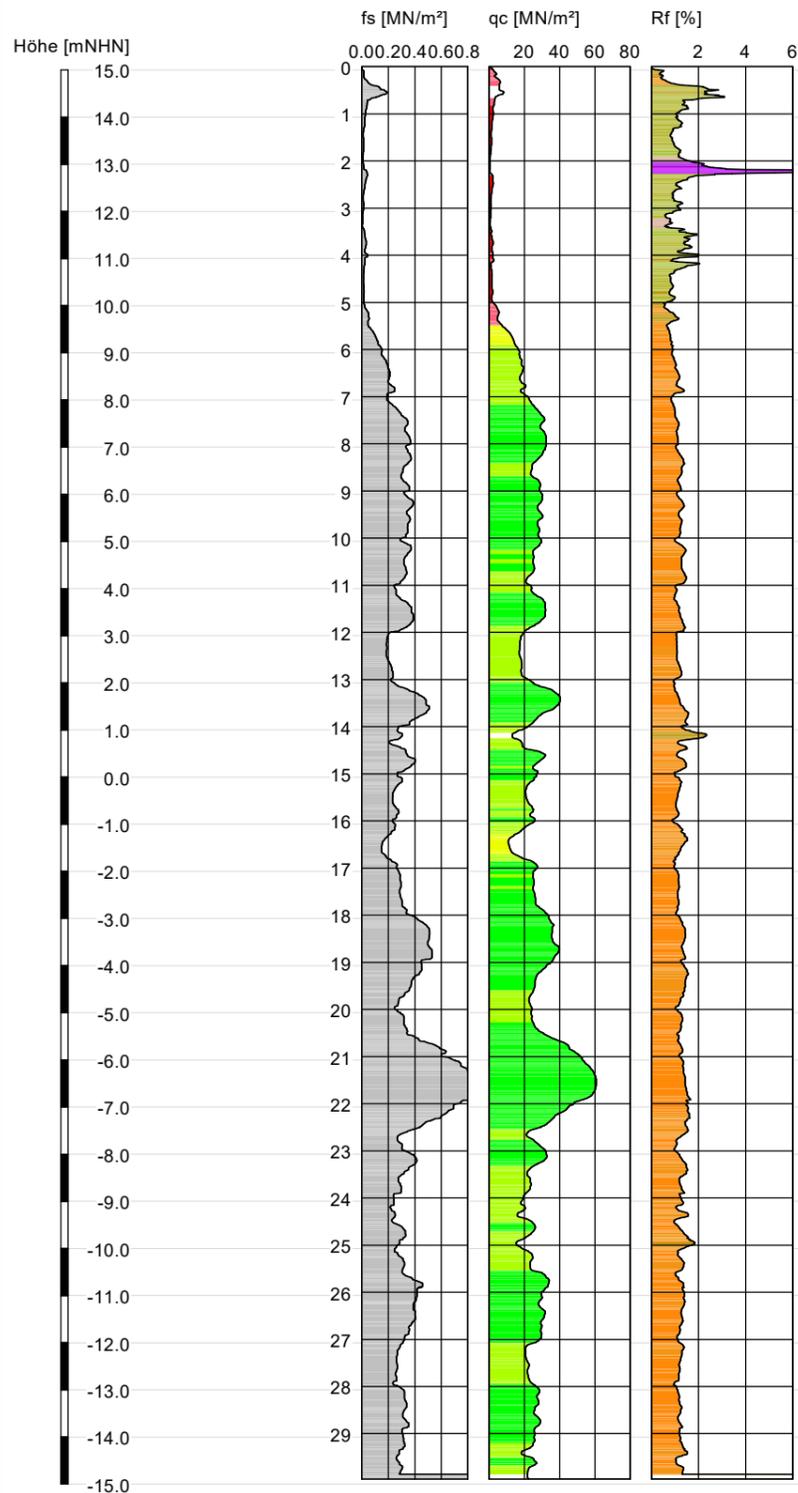
Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrng.	GWM Sandabbau Wattberg Surwold BP 6		 Forst- und Brunnenbau GmbH & Co KG <a href="http://www.fendesack.com">www.fendesack.com</a>
Bhrng. Id	6744		
Autor	Marius Neyer		
Bearbeiter		Datum: 30.11.2020	
Bohrfirma	Fendesack Geotechnik GmbH & Co KG	Maßstab : 1:238	

## **Anlage 7: Profile Drucksondierungen**

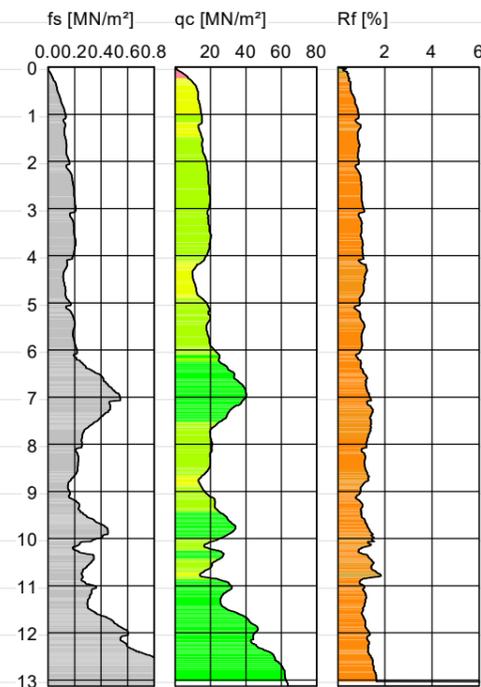
### DS 1

15,07 mNHN

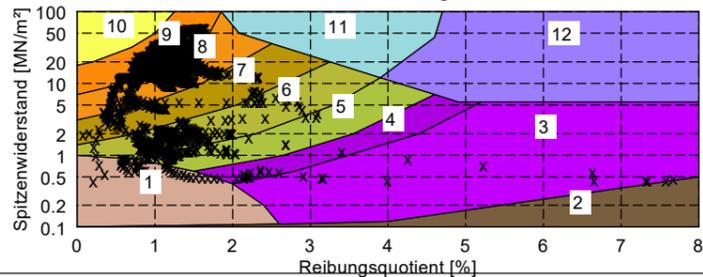


### DS 2

11,05 mNHN



#### Bodenidentifikations-Diagramm



#### Schema zur Bestimmung der Bodenart nach ROBERTSON (1990)

- 1: Boden, feinkörnig, strukturempfindlich
  - 2: organisches Material
  - 3: Ton
  - 4: schluffiger Ton bis Ton
  - 5: toniger Schluff bis schluffiger Ton
  - 6: sandiger bis toniger Schluff
  - 7: schluffiger Sand bis sandiger Schluff
  - 8: Sand bis schluffiger Sand
  - 9: Sand
  - 10: kiesiger Sand bis Sand
  - 11: Boden, feinkörnig, (sehr) steif \*
  - 12: Sand bis toniger Sand \*
- \* überkonsolidiert oder zemtiert

#### Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

#### Legende:

- fs: Mantelreibung
- qc: Spitzendruck
- Rf: Reibungsverhältnis



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

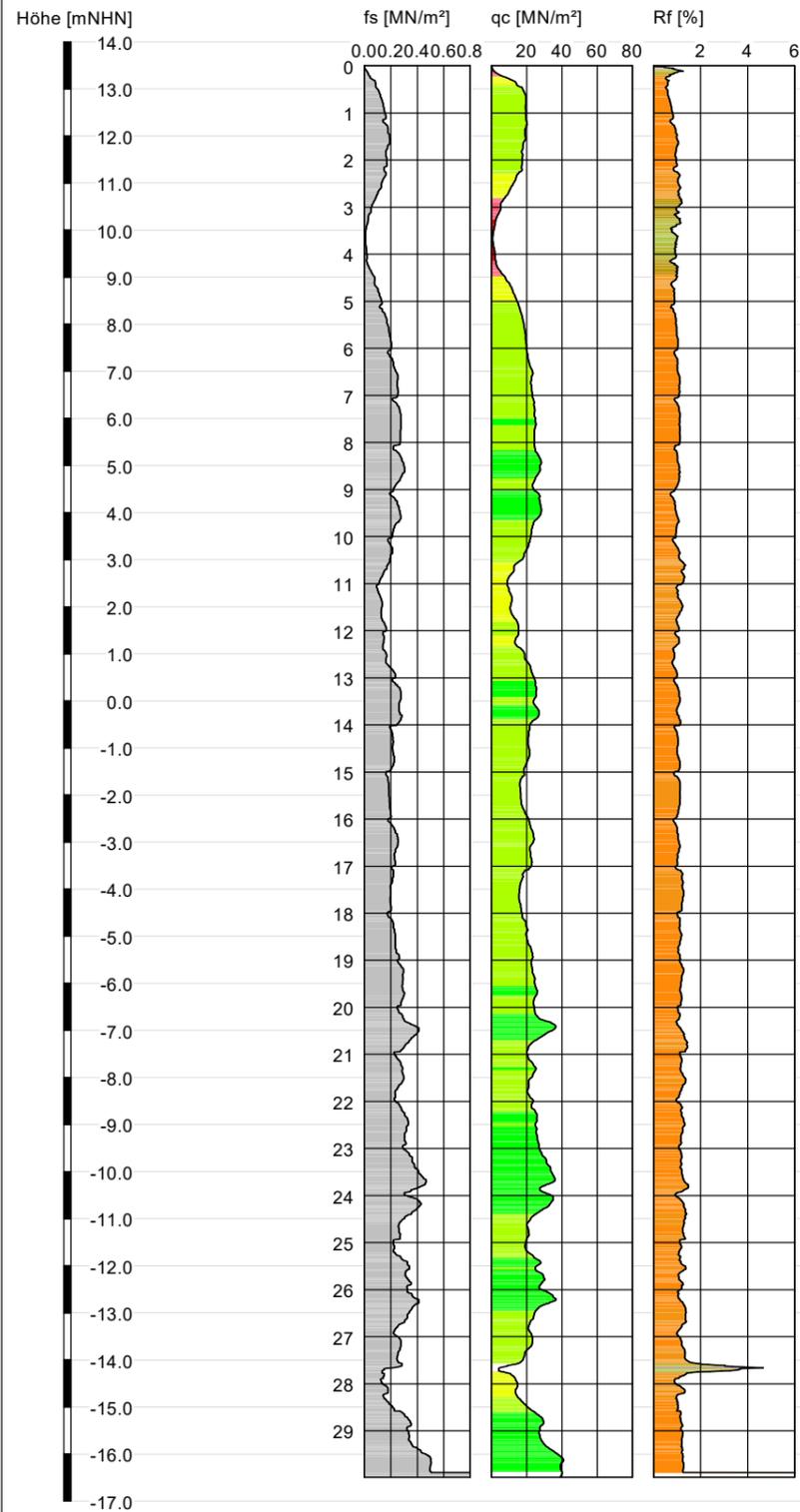
Projekt: 2911-2018  
Nassabbau Wattberg Surwold

Anlage:  
Drucksondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:150 (DIN A3)  
Datum: 13.01.2020      Bearbeiter: Schlenzek

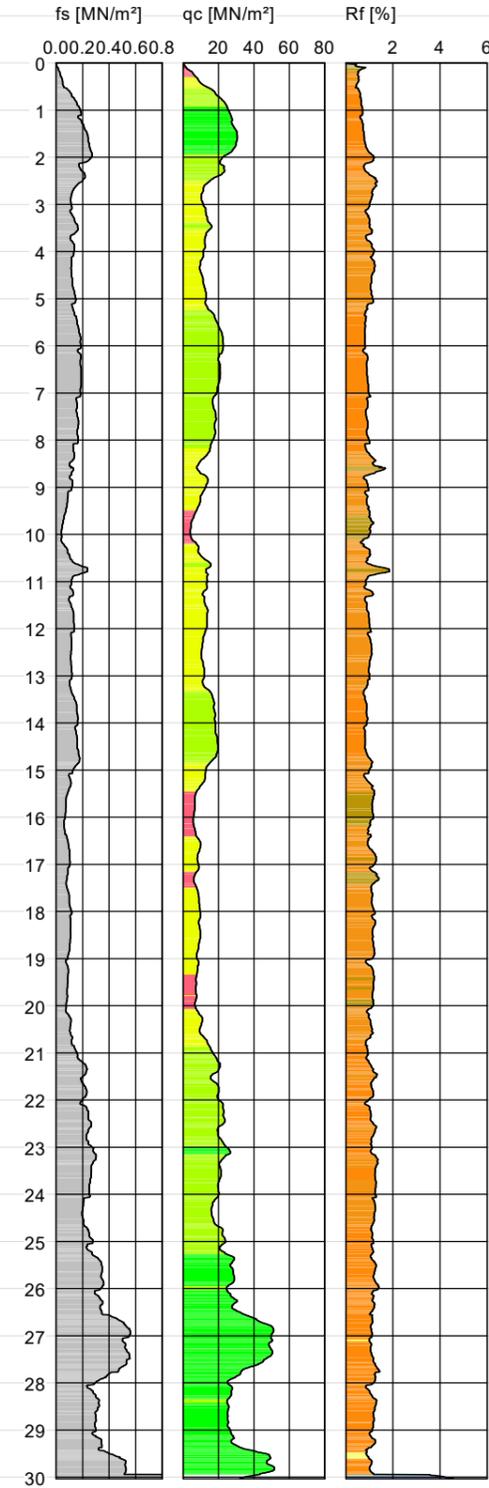
### DS 3

13,49 mNHN

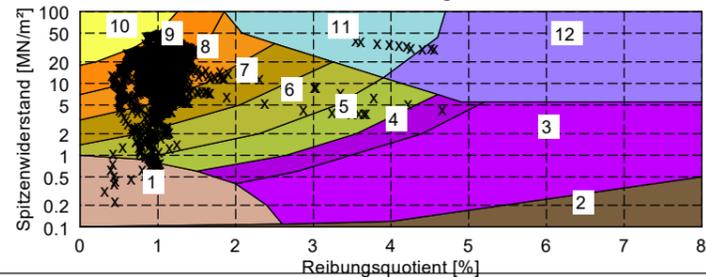


### DS 6

13,00 mNHN



#### Bodenidentifikations-Diagramm



#### Schema zur Bestimmung der Bodenart nach ROBERTSON (1990)

- 1: Boden, feinkörnig, strukturempfindlich
  - 2: organisches Material
  - 3: Ton
  - 4: schluffiger Ton bis Ton
  - 5: toniger Schluff bis schluffiger Ton
  - 6: sandiger bis toniger Schluff
  - 7: schluffiger Sand bis sandiger Schluff
  - 8: Sand bis schluffiger Sand
  - 9: Sand
  - 10: kiesiger Sand bis Sand
  - 11: Boden, feinkörnig, (sehr) steif \*
  - 12: Sand bis toniger Sand \*
- \* überkonsolidiert oder zemtiert

#### Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

#### Legende:

- fs: Mantelreibung
- qc: Spitzendruck
- Rf: Reibungsverhältnis



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

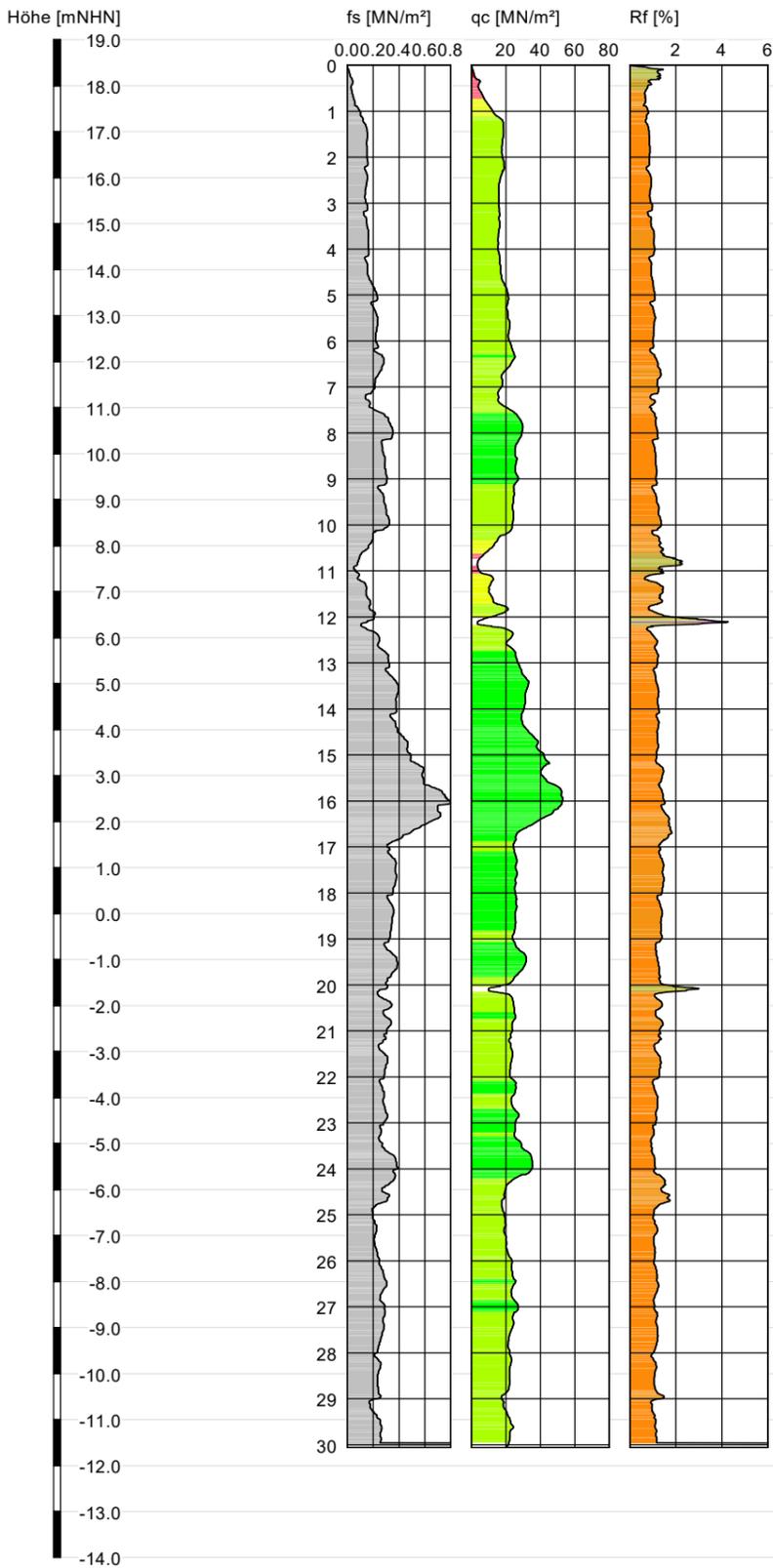
Projekt: 2911-2018  
Nassabbau Wattberg Surwold

Anlage:  
Drucksondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:150 (DIN A3)  
Datum: 13.01.2020      Bearbeiter: Schlenzek

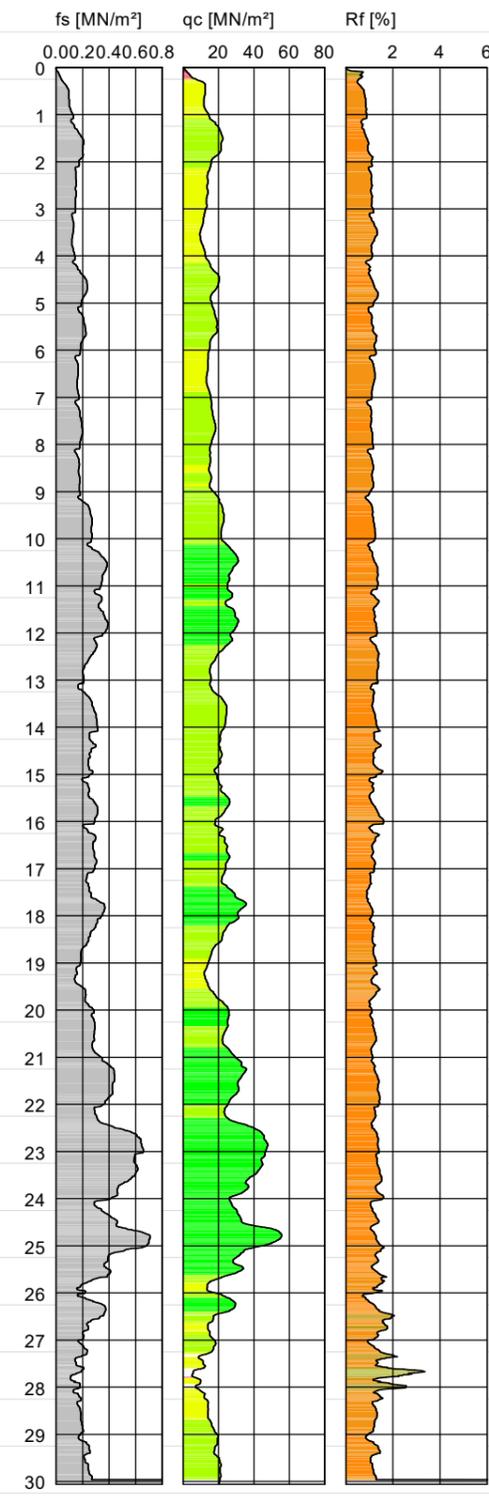
### DS 4

18,45 mNHN

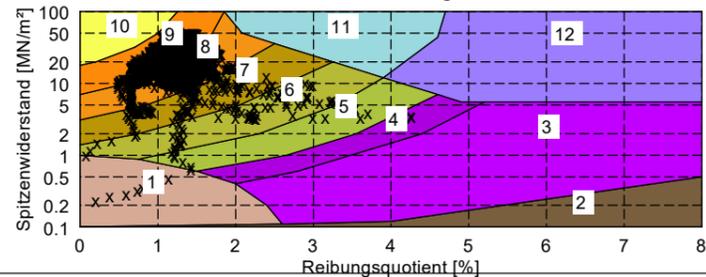


### DS 5

16,25 mNHN



#### Bodenidentifikations-Diagramm



#### Schema zur Bestimmung der Bodenart nach ROBERTSON (1990)

- 1: Boden, feinkörnig, strukturempfindlich
  - 2: organisches Material
  - 3: Ton
  - 4: schluffiger Ton bis Ton
  - 5: toniger Schluff bis schluffiger Ton
  - 6: sandiger bis toniger Schluff
  - 7: schluffiger Sand bis sandiger Schluff
  - 8: Sand bis schluffiger Sand
  - 9: Sand
  - 10: kiesiger Sand bis Sand
  - 11: Boden, feinkörnig, (sehr) steif \*
  - 12: Sand bis toniger Sand \*
- \* überkonsolidiert oder zemtiert

#### Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

#### Legende:

- fs: Mantelreibung
- qc: Spitzenwiderstand
- Rf: Reibungsverhältnis



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

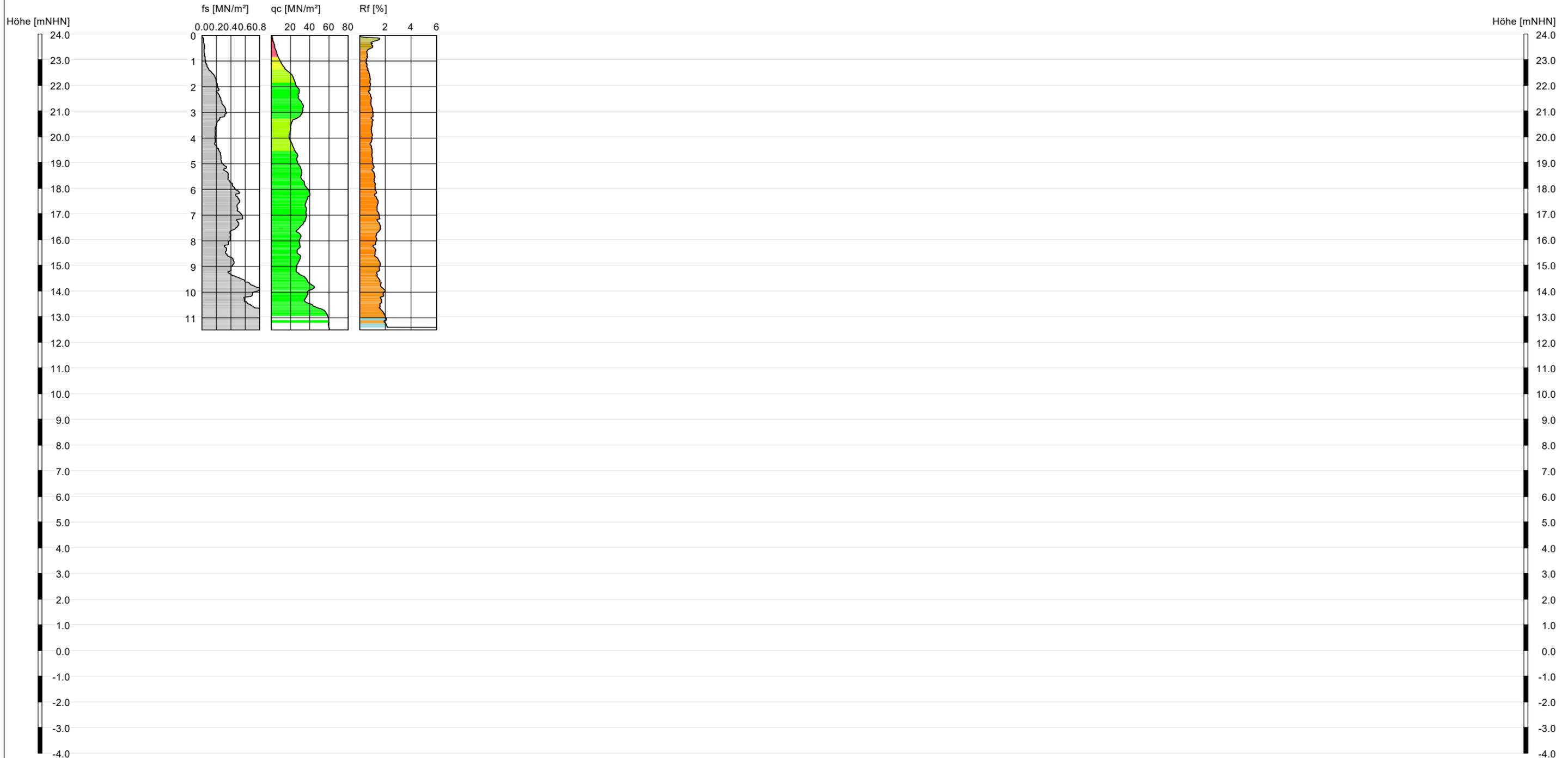
Projekt: 2911-2018  
Nassabbau Wattberg Surwold

Anlage:  
Drucksondierdiagramme

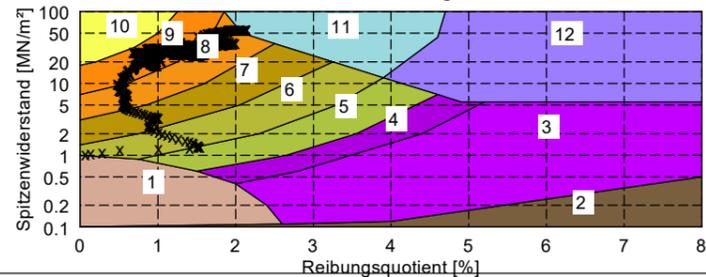
Maßstab: Höhe: 1:150 (DIN A3)  
Datum: 13.01.2020      Bearbeiter: Schlenzek

# DS 7

23,95 mNHN



## Bodenidentifikations-Diagramm



## Schema zur Bestimmung der Bodenart nach ROBERTSON (1990)

- 1: Boden, feinkörnig, strukturempfindlich
  - 2: organisches Material
  - 3: Ton
  - 4: schluffiger Ton bis Ton
  - 5: toniger Schluff bis schluffiger Ton
  - 6: sandiger bis toniger Schluff
  - 7: schluffiger Sand bis sandiger Schluff
  - 8: Sand bis schluffiger Sand
  - 9: Sand
  - 10: kiesiger Sand bis Sand
  - 11: Boden, feinkörnig, (sehr) steif \*
  - 12: Sand bis toniger Sand \*
- \* überkonsolidiert oder zementiert

## Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

## Legende:

- fs: Mantelreibung
- qc: Spitzenwiderstand
- Rf: Reibungsverhältnis



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

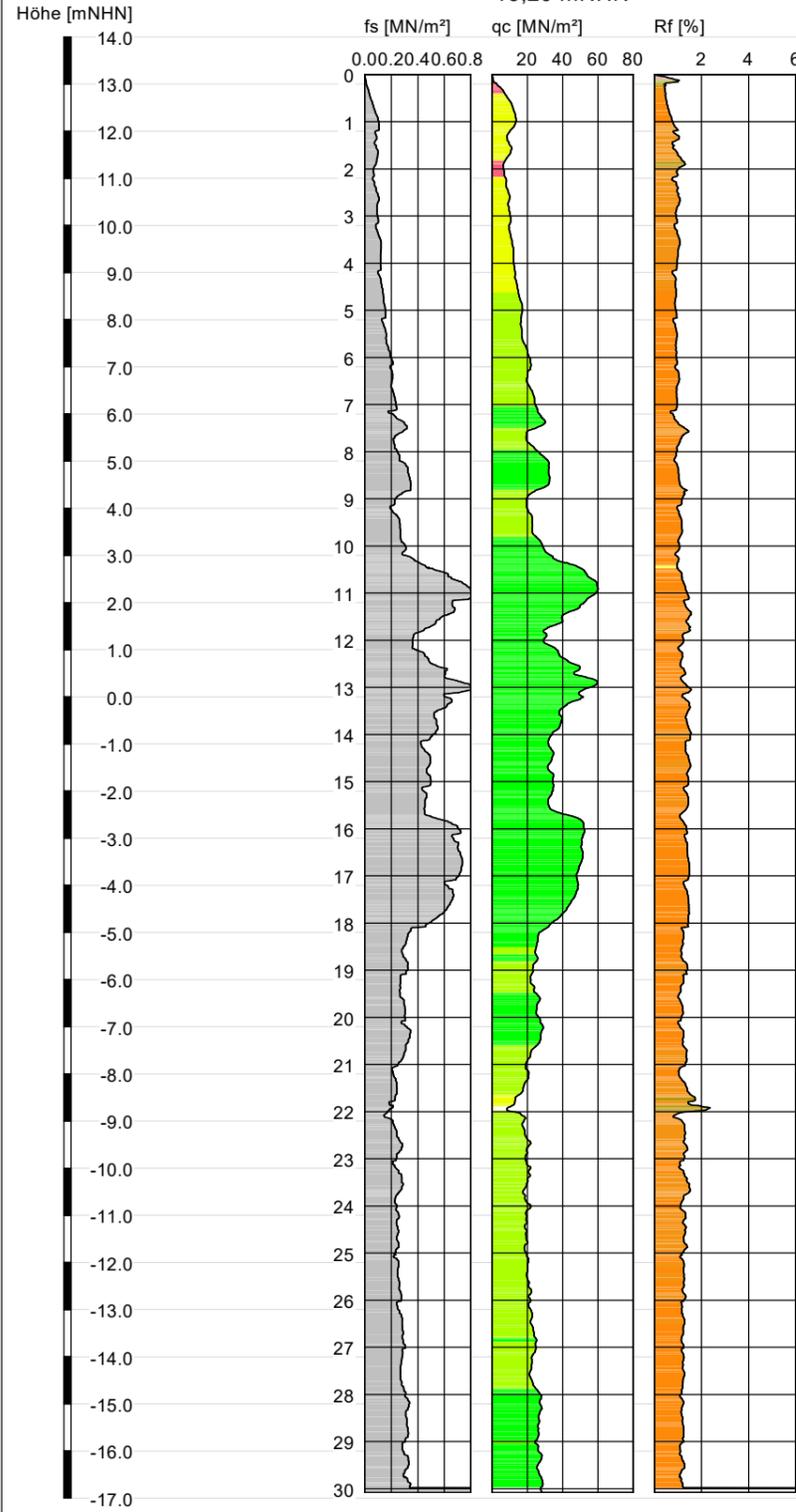
Projekt: 2911-2018  
Nassabbau Wattberg Surwold

Anlage:  
Drucksondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:150 (DIN A3)  
Datum: 13.01.2020      Bearbeiter: Schlenzek

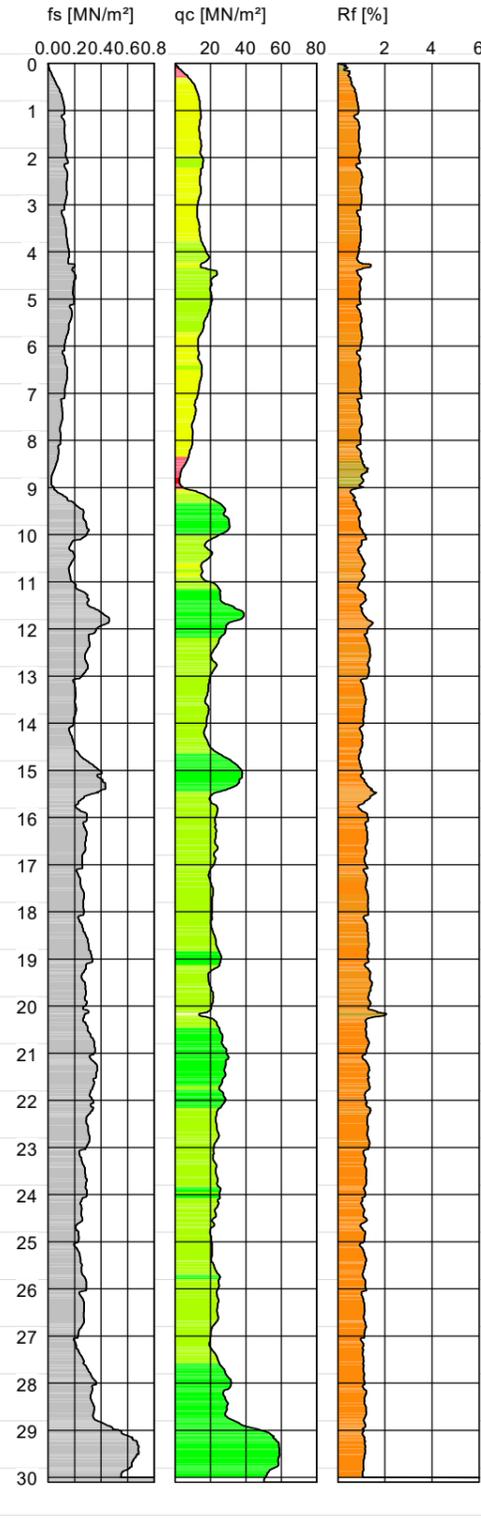
### DS 8

13,20 mNHN

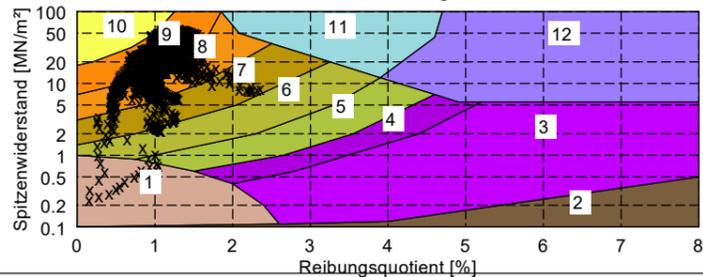


### DS 9

13,80 mNHN



#### Bodenidentifikations-Diagramm



#### Schema zur Bestimmung der Bodenart nach ROBERTSON (1990)

- 1: Boden, feinkörnig, strukturempfindlich
  - 2: organisches Material
  - 3: Ton
  - 4: schluffiger Ton bis Ton
  - 5: toniger Schluff bis schluffiger Ton
  - 6: sandiger bis toniger Schluff
  - 7: schluffiger Sand bis sandiger Schluff
  - 8: Sand bis schluffiger Sand
  - 9: Sand
  - 10: kiesiger Sand bis Sand
  - 11: Boden, feinkörnig, (sehr) steif \*
  - 12: Sand bis toniger Sand \*
- \* überkonsolidiert oder zemtiert

#### Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

#### Legende:

- fs: Mantelreibung
- qc: Spitzendruck
- Rf: Reibungsverhältnis



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Projekt: 2911-2018  
Nassabbau Wattberg Surwold

Anlage:  
Drucksondierdiagramme

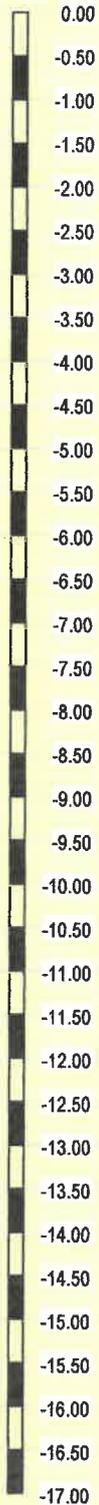
Maßstab: Höhe: 1:150 (DIN A3)  
Datum: 13.01.2020      Bearbeiter: Schlenzek

## **Anlage 8: Profile Rammkernsondierungen**

**R K S 1**

OK Gelände: 0.00 m

rel. Höhe:



Probe 1 (0.80 m - 2.00 m) □

Probe 2 (2.00 m - 5.00 m) □

3.50 (-3.50) ▽  
(07.08.13)

Probe 3 (5.00 m - 8.00 m) □

Probe 4 (8.00 m - 11.00 m) □

Probe 5 (11.00 m - 14.00 m) □

Probe 6 (14.00 m - 17.00 m) □

0.10 (-0.10)

Feinsand, humos, dunkelbraun

0.80 (-0.80)

Feinsand - Mittelsand, schwach humos, braun

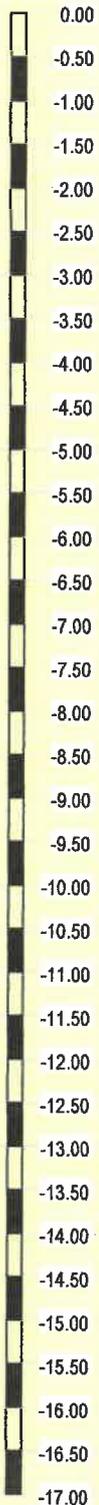
Feinsand - Mittelsand, hellbraun

17.00 (-17.00)

**R K S 2**

OK Gelände: 0.00 m

rel. Höhe:



Probe 1 (0.90 m - 2.00 m) □

Probe 2 (2.00 m - 5.00 m) □

3.70 (-3.70) ▽  
(07.08.13)

Probe 3 (5.00 m - 8.00 m) □

Probe 4 (8.00 m - 11.00 m) □

Probe 5 (11.00 m - 14.00 m) □

Probe 6 (14.00 m - 17.00 m) □

0.90 (-0.90)

5.00 (-5.00)

17.00 (-17.00)

Feinsand, braun

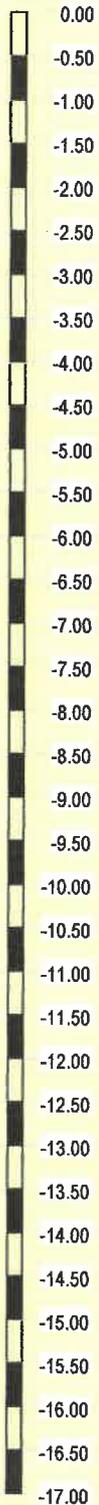
Feinsand - Mittelsand, grau

Feinsand - Mittelsand, hellbraun

**R K S 3**

OK Gelände: 0.00 m

rel. Höhe:



Probe 1 (0.00 m - 2.00 m) □

1.50 (-1.50) ∇  
(08.08.13)

2.00 (-2.00)

Feinsand - Mittelsand, hellbraun

Probe 2 (2.00 m - 5.00 m) □

Feinsand - Mittelsand, grau

Probe 3 (5.00 m - 6.10 m) □

6.10 (-6.10)

Probe 4 (6.10 m - 6.80 m) □

6.80 (-6.80)

Feinsand - Mittelsand, Schluffinsen, hellbraun

Probe 5 (6.80 m - 11.00 m) □

Feinsand - Mittelsand, grau

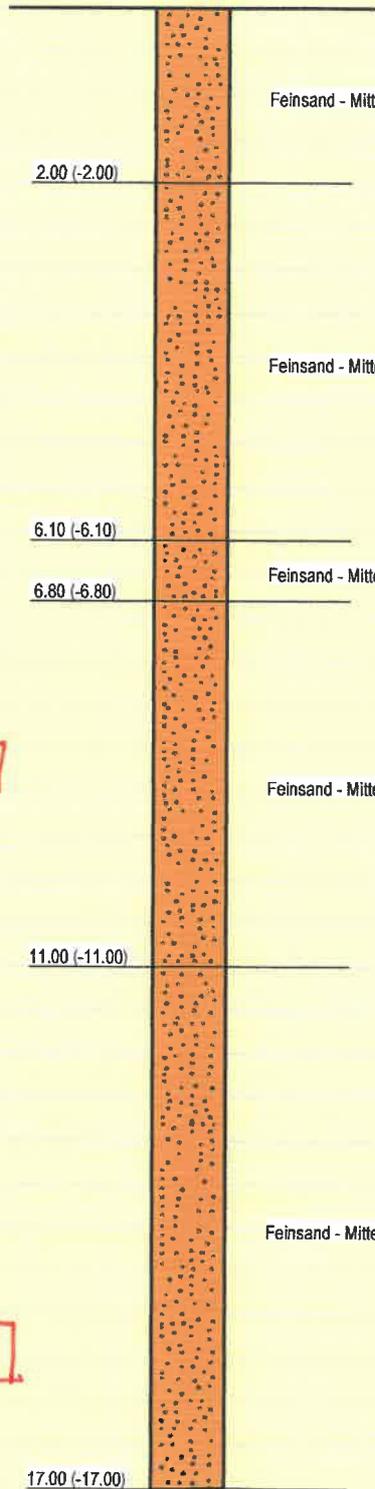
11.00 (-11.00)

Probe 6 (11.00 m - 14.00 m) □

Feinsand - Mittelsand, hellbraun

Probe 7 (14.00 m - 17.00 m) □

17.00 (-17.00)



Legende:

Rammkernsondierung gemäß DIN 4021, D= 50 - 40 mm

	klüftig		Schluff		Mittelsand
	fest		Feinsand		Humus / Torf
	halbfest				
	steif - halbfest				
	steif				
	weich - steif				
	weich				
	breiig				
	naß				

## **Anlage 9:** Ergebnisse Korngrößenanalysen



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 27.08.2021

# Körnungslinie

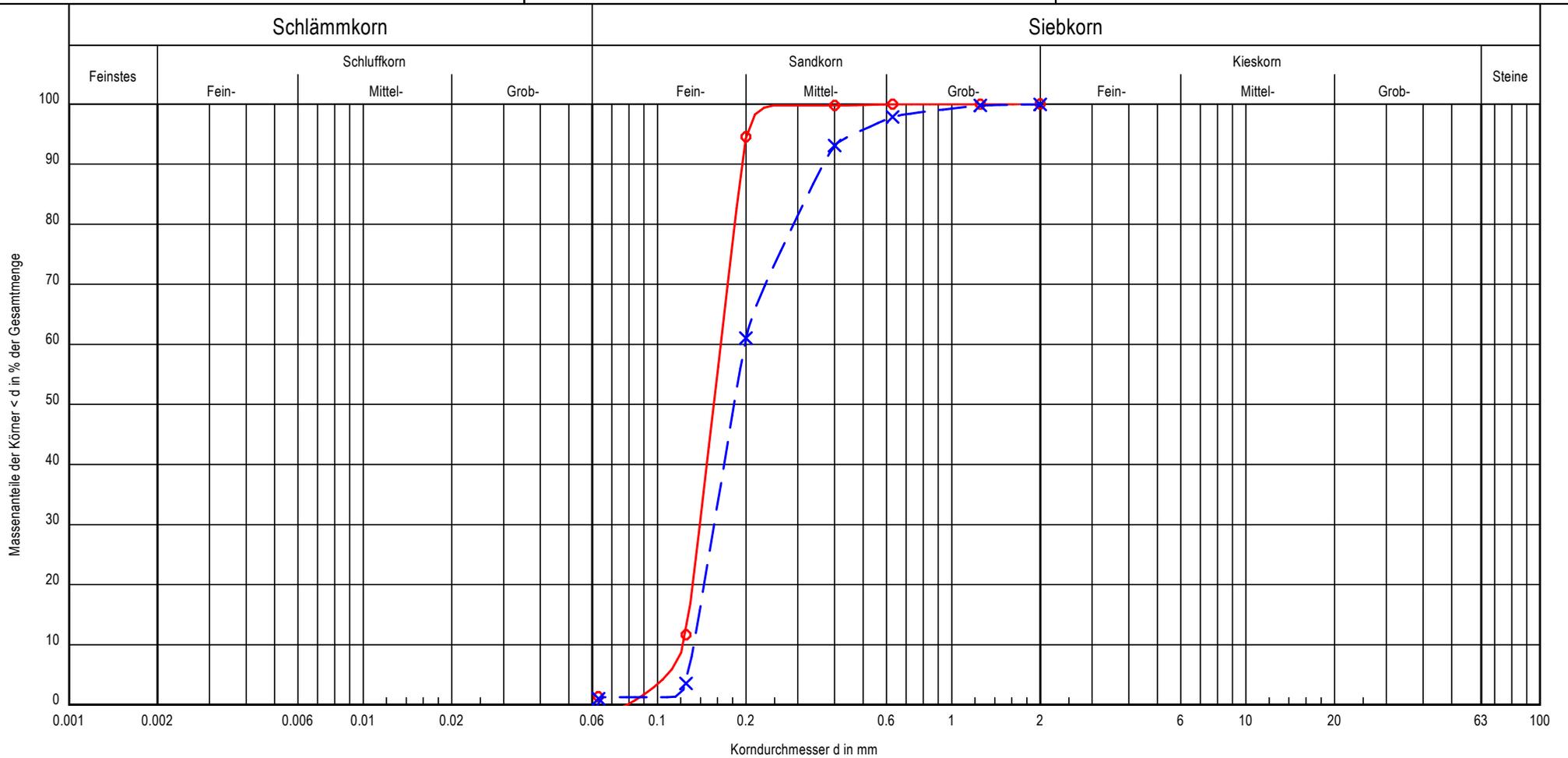
DIN 18123

Prüfungsnummer: 2911-2018

Probe entnommen am: 12.08.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Trockensiebung



Bezeichnung:	2911-2018-KA-01	2911-2018-KA-02	Bemerkungen:	Bericht: 2911-2018 Anlage: 9
Bodenart:	fS, ms'	fS, m $\bar{s}$		
Bodengruppe:	SE	SE		
k [m/s] (Beyer):	$1.6 \cdot 10^{-4}$	$1.9 \cdot 10^{-4}$		
Entnahmestelle:	Probe 1	Probe 2		
Cu/Cc	1.3/1.0	1.5/0.9		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 27.08.2021

# Körnungslinie

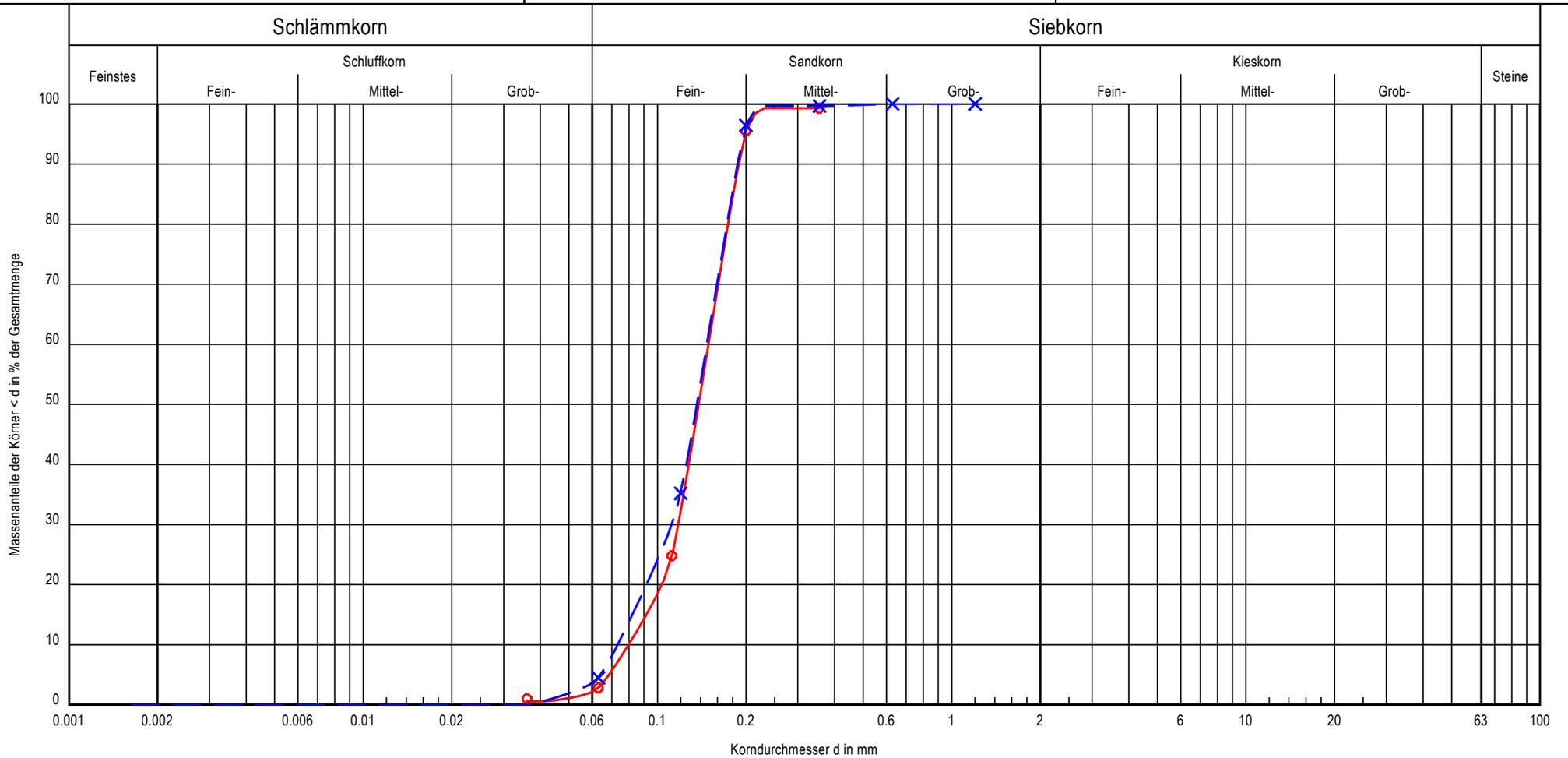
## DIN 18123

Prüfungsnummer: 2911-2018

Probe entnommen am: 11.09.2013

Art der Entnahme: Rammkernsondierung

Arbeitsweise:



Bezeichnung:	2911-2018-RKS 1	2911-2018-RKS 1	Bemerkungen:	Bericht: 2911-2018 Anlage: 9
Bodenart:	fS	fS		
Bodengruppe:	SE	SE		
k [m/s] (Beyer):	$7.0 \cdot 10^{-5}$	$5.4 \cdot 10^{-5}$		
Entnahmestelle:	RKS1_8_11	RKS1_14_17		
Cu/Cc	1.9/1.2	2.0/1.2		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 27.08.2021

# Körnungslinie

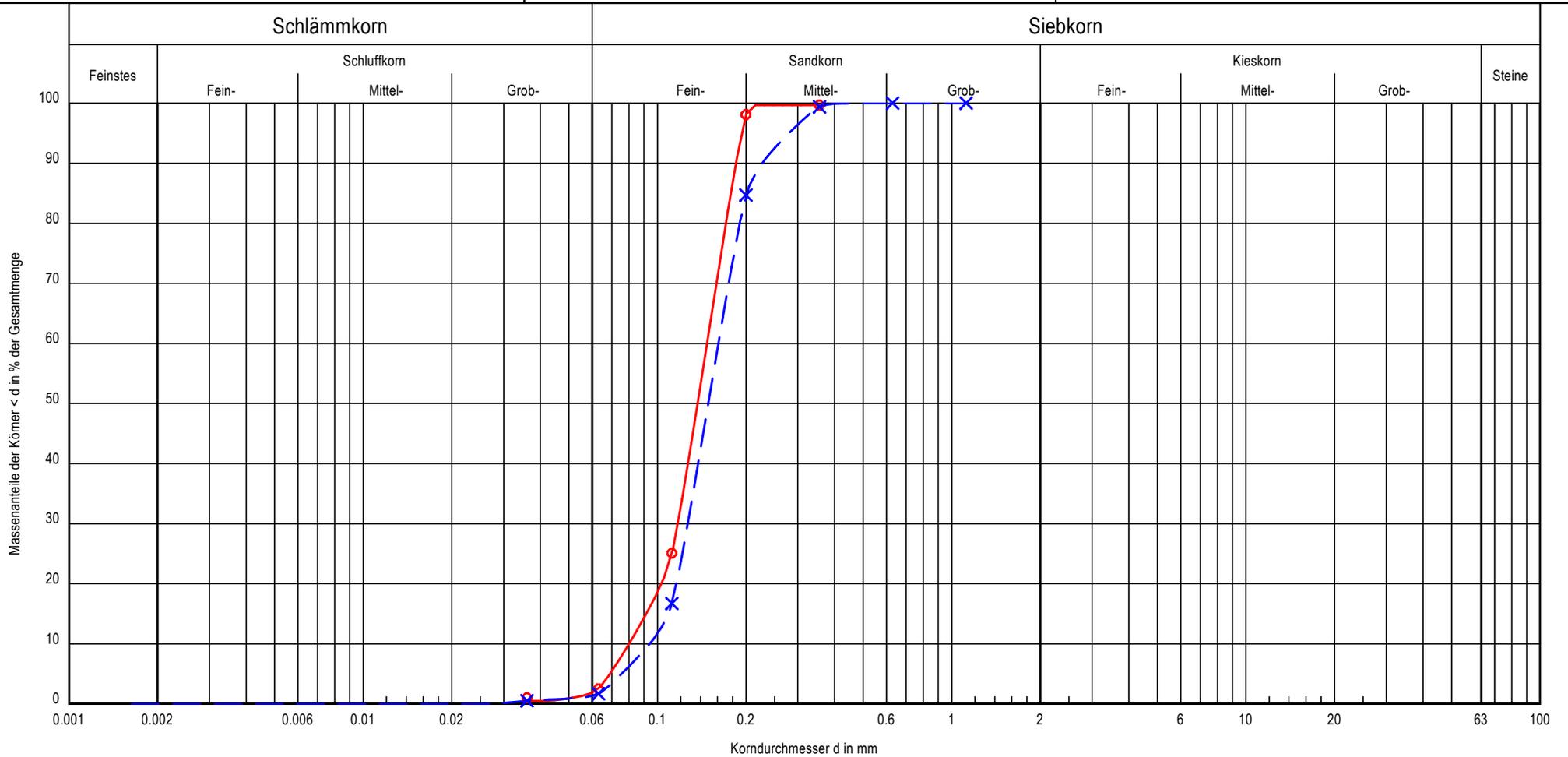
## DIN 18123

Prüfungsnummer: 2911-2018

Probe entnommen am: 11.09.2013

Art der Entnahme: Rammkernsondierung

Arbeitsweise:



Bezeichnung:	2911-2018-RKS 2	2911-2018-RKS 2	Bemerkungen:	Bericht: 2911-2018 Anlage: 9
Bodenart:	fS	fS, ms		
Bodengruppe:	SE	SE		
k [m/s] (Beyer):	$7.0 \cdot 10^{-5}$	$9.7 \cdot 10^{-5}$		
Entnahmestelle:	RKS2_2_5	RKS2_11_14		
Cu/Cc	1.8/1.2	1.7/1.1		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 27.08.2021

# Körnungslinie

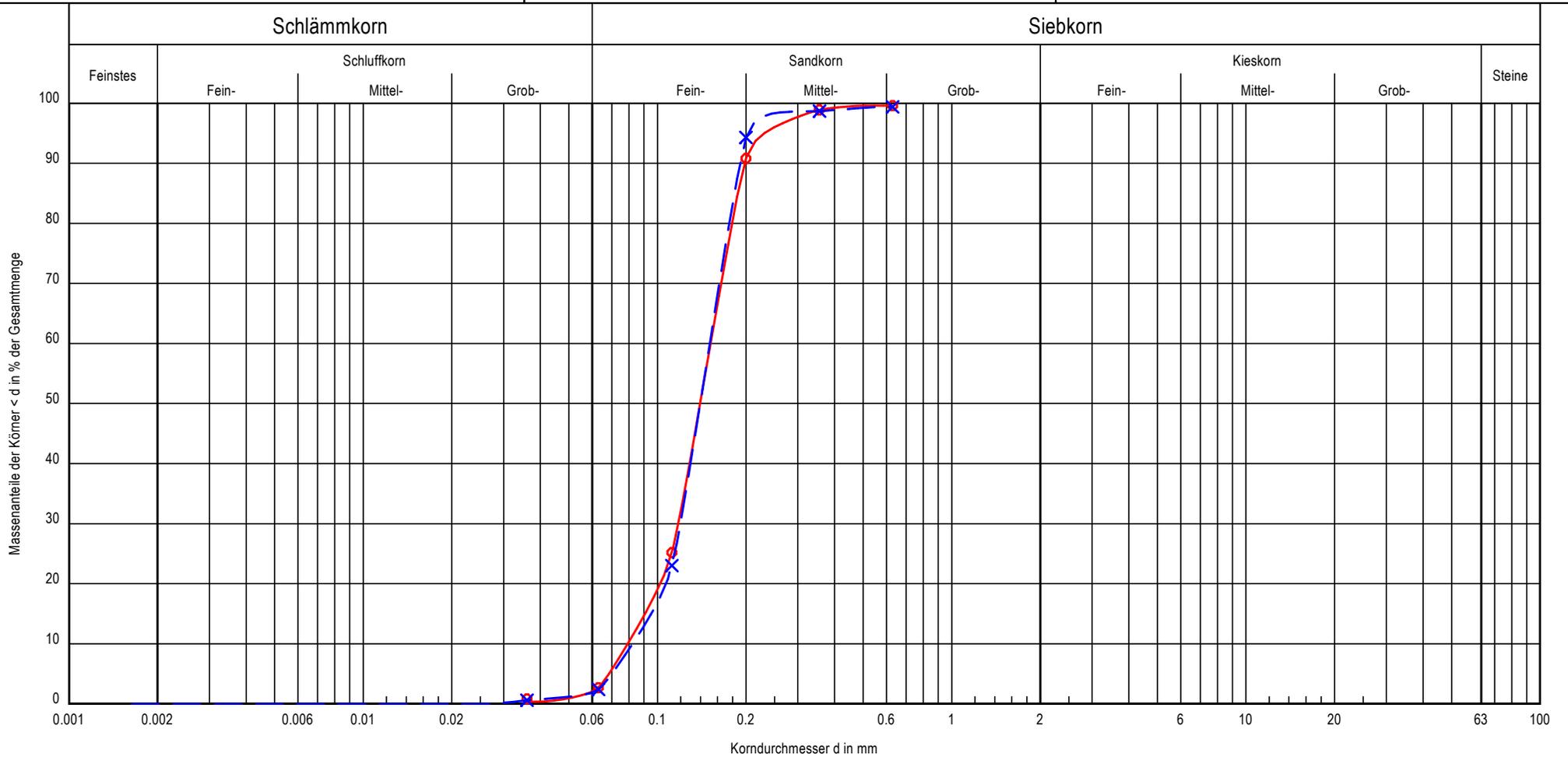
## DIN 18123

Prüfungsnummer: 2911-2018

Probe entnommen am: 11.09.2013

Art der Entnahme: Rammkernsondierung

Arbeitsweise:



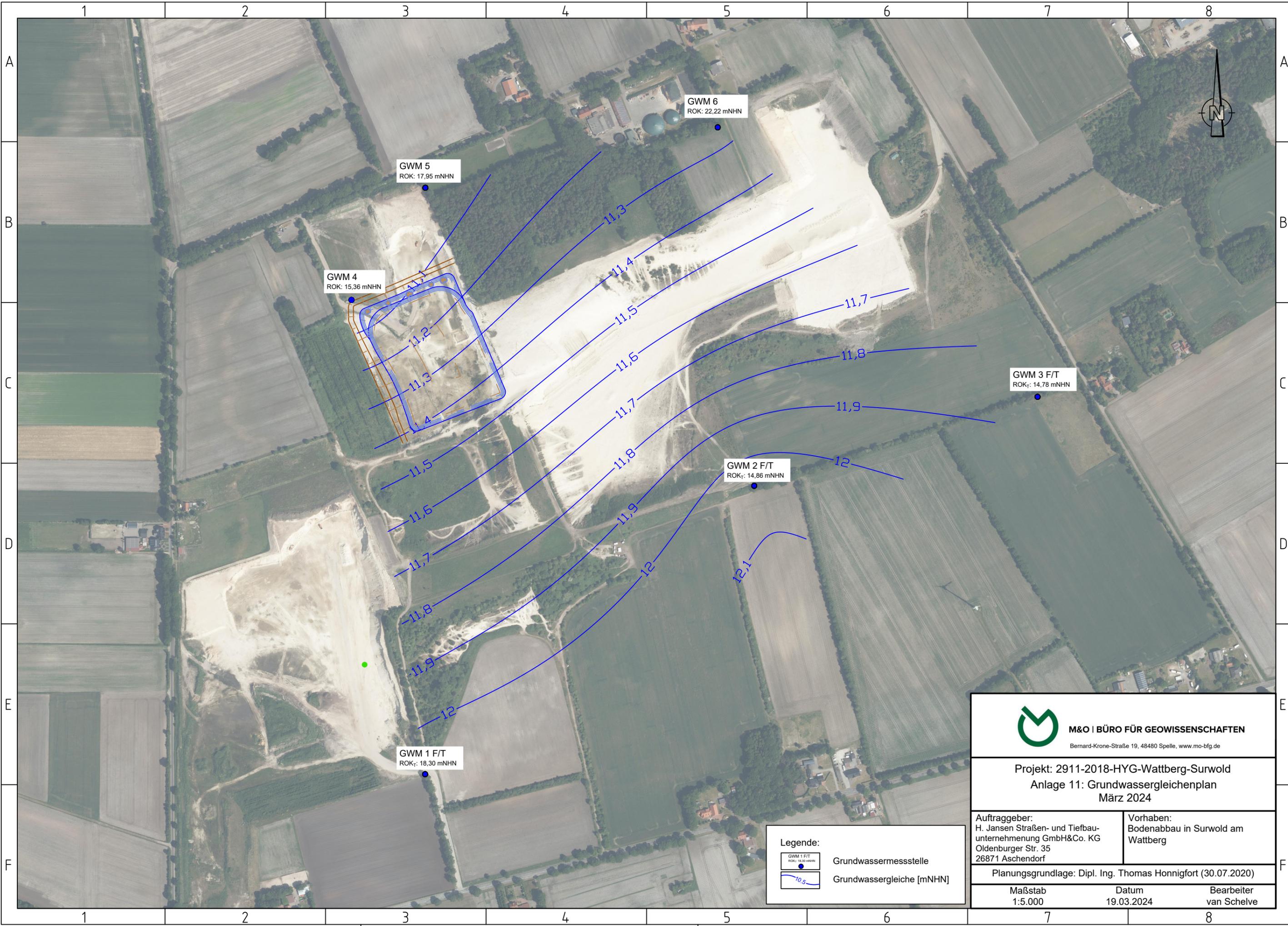
Bezeichnung:	2911-2018-RKS 3	2911-2018-RKS 2	Bemerkungen:	Bericht: 2911-2018 Anlage: 9
Bodenart:	fS, ms'	fS, ms		
Bodengruppe:	SE	SE		
k [m/s] (Beyer):	$6.9 \cdot 10^{-5}$	$7.4 \cdot 10^{-5}$		
Entnahmestelle:	RKS3_6.8_11	RKS3_14_17		
Cu/Cc	1.9/1.2	1.8/1.2		

## **Anlage 10: Messwerte Grundwassermessstellen**

**Anlage 9:**  
**2911-2018-HYG\_Wattberg- Surwold**  
**Grundwasserstände**

Messstelle:	GWM 1, flach		GWM 1, tief		GWM 2, flach		GWM 2, tief		GWM 3, flach		GWM 3, tief		GWM 4		GWM 5		GWM 6	
ROK [mNHN]	18,31		18,30		14,85		14,86		14,79		14,78		15,36		17,95		22,22	
RW / HW	398.094,4	5.869.190,3	398.094,4	5.869.190,3	398.606,9	5.869.638,9	398.606,9	5.869.638,9	399.048,2	5.869.777,4	399.048,2	5.869.777,4	397.979,8	5.869.928,1	398.094,8	5.870.102,7	398.550,1	5.870.196,6
Datum	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]	Abstich [m]	Höhe [mNHN]
05.01.2021	6,81	11,50	6,80	11,50	3,64	11,21	3,64	11,22	3,70	11,09	3,83	10,95	4,92	10,44	7,60	10,35	11,78	10,44
04.02.2021	6,61	11,70	6,61	11,69	3,56	11,29	3,69	11,17	3,49	11,30			4,84	10,52	7,45	10,50	11,65	10,57
15.03.2021	6,57	11,74	6,57	11,73	3,39	11,46	3,40	11,46	3,45	11,34	3,58	11,20	4,83	10,53	7,45	10,50	11,58	10,64
16.04.2021	6,65	11,66	6,65	11,65	3,42	11,43	3,42	11,44	3,49	11,30	3,57	11,21	4,93	10,43	7,49	10,46	11,62	10,60
26.05.2021	6,59	11,72	6,59	11,71	3,41	11,44	3,40	11,46	3,47	11,32	3,55	11,23	4,85	10,51	7,46	10,49	11,60	10,62
24.06.2021	6,82	11,49	6,83	11,47	3,61	11,24	3,61	11,25	3,71	11,08	3,76	11,02	5,09	10,27	7,46	10,49	11,78	10,44
23.07.2021	6,93	11,38	6,94	11,36	3,68	11,17	3,69	11,17	3,80	10,99	3,85	10,93	5,20	10,16	-	-	11,84	10,38
Jan. 22	6,81	11,50	6,79	11,51	3,66	11,19	3,66	11,20	3,71	11,08	3,81	10,97	4,89	10,47	7,58	10,37	11,88	10,34
Feb. 22	6,57	11,74	6,58	11,72	3,46	11,39	3,47	11,39	3,55	11,24	3,56	11,22	4,78	10,58	7,45	10,50	11,67	10,55
Mrz. 22	6,45	11,86	6,45	11,85	3,24	11,61	3,24	11,62	3,39	11,40	3,41	11,37	4,79	10,57	7,34	10,61	11,48	10,74
Apr. 22	6,60	11,71	6,61	11,69	3,39	11,46	3,38	11,48	3,49	11,30	3,51	11,27	4,91	10,45	7,49	10,46	11,58	10,64
Mai. 22	6,63	11,68	6,62	11,68	3,45	11,40	3,46	11,40	3,56	11,23	3,55	11,23	4,81	10,55	7,52	10,43	11,65	10,57
Jun. 22	6,88	11,43	6,88	11,42	3,58	11,27	3,58	11,28	3,69	11,10	3,71	11,07	5,01	10,35	7,68	10,27	11,71	10,51
Jul. 22	7,01	11,30	6,99	11,31	3,62	11,23	3,61	11,25	3,81	10,98	3,82	10,96	5,26	10,10	7,78	10,17	11,91	10,31
Aug. 22	7,08	11,23	7,08	11,22	3,72	11,13	3,71	11,15	3,93	10,86	3,95	10,83	5,37	9,99	7,92	10,03	12,05	10,17
Sep. 22	7,28	11,03	7,32	10,98	3,78	11,07	3,80	11,06	3,95	10,84	3,97	10,81	5,32	10,04	7,88	10,07	11,99	10,23
Okt. 22	7,25	11,06	7,29	11,01	3,72	11,13	3,71	11,15	3,91	10,88	3,95	10,83	5,28	10,08	7,85	10,10	11,85	10,37
Nov. 22	7,12	11,19	7,15	11,15	3,62	11,23	3,61	11,25	3,81	10,98	3,82	10,96	5,26	10,10	7,78	10,17	11,91	10,31
Dez. 22	7,08	11,23	7,08	11,22	3,55	11,30	3,59	11,27	3,85	10,94	3,88	10,90	5,22	10,14	7,62	10,33	11,88	10,34
Jan. 23	6,79	11,52	6,77	11,53	3,62	11,23	3,62	11,24	3,68	11,11	3,72	11,06	4,81	10,55	7,49	10,46	11,72	10,50
Feb. 23	6,75	11,56	6,78	11,52	3,57	11,28	3,59	11,27	3,49	11,30	3,52	11,26	4,65	10,71	7,39	10,56	11,57	10,65
Mrz. 23	6,52	11,79	6,55	11,75	3,42	11,43	3,45	11,41	3,45	11,34	3,48	11,30	4,72	10,64	7,42	10,53	11,52	10,70
Apr. 23	6,62	11,69	6,64	11,66	3,51	11,34	3,54	11,32	3,49	11,30	3,51	11,27	4,88	10,48	7,51	10,44	11,61	10,61
Mai. 23	6,59	11,72	6,59	11,71	3,47	11,38	3,49	11,37	3,59	11,20	3,55	11,23	4,86	10,50	7,56	10,39	11,68	10,54
Jun. 23	6,85	11,46	6,82	11,48	3,60	11,25	3,62	11,24	3,72	11,07	3,73	11,05	4,97	10,39	7,68	10,27	11,75	10,47
Jul. 23	6,95	11,36	6,94	11,36	3,62	11,23	3,61	11,25	3,79	11,00	3,75	11,03	5,18	10,18	7,82	10,13	11,85	10,37
Aug. 23	7,18	11,13	7,18	11,12	3,78	11,07	3,81	11,05	3,88	10,91	3,92	10,86	5,32	10,04	7,92	10,03	12,01	10,21
Sep. 23	7,28	11,03	7,32	10,98	3,75	11,10	3,78	11,08	3,85	10,94	3,88	10,90	5,20	10,16	7,76	10,19	11,90	10,32
Okt. 23	7,12	11,19	7,14	11,16	3,65	11,20	3,66	11,20	3,72	11,07	3,74	11,04	5,12	10,24	7,56	10,39	11,72	10,50
Nov. 23	6,98	11,33	6,96	11,34	3,41	11,44	3,42	11,44	3,52	11,27	3,54	11,24	5,01	10,35	7,35	10,60	11,52	10,70
Dez. 23	6,72	11,59	6,72	11,58	3,26	11,59	3,27	11,59	3,38	11,41	3,37	11,41	4,88	10,48	7,25	10,70	11,00	11,22
Jan. 24	6,55	11,76	6,55	11,75	3,05	11,80	3,05	11,81	3,14	11,65	3,15	11,63	4,62	10,74	7,11	10,84	11,25	10,97
Feb. 24	6,31	12,00	6,32	11,98	2,92	11,93	2,93	11,93	3,06	11,73	3,07	11,71	4,52	10,84	7,03	10,92	11,12	11,10
Mrz. 24	6,22	12,09	6,22	12,08	2,78	12,07	2,78	12,08	2,92	11,87	2,92	11,86	4,35	11,01	6,92	11,03	10,96	11,26
<b>Mittelwert</b>	<b>6,80</b>	<b>11,51</b>	<b>6,80</b>	<b>11,50</b>	<b>3,50</b>	<b>11,35</b>	<b>3,51</b>	<b>11,35</b>	<b>3,60</b>	<b>11,19</b>	<b>3,63</b>	<b>11,15</b>	<b>4,96</b>	<b>10,40</b>	<b>7,53</b>	<b>10,42</b>	<b>11,66</b>	<b>10,56</b>
<b>Maximum</b>	<b>7,28</b>	<b>12,09</b>	<b>7,32</b>	<b>12,08</b>	<b>3,78</b>	<b>12,07</b>	<b>3,81</b>	<b>12,08</b>	<b>3,95</b>	<b>11,87</b>	<b>3,97</b>	<b>11,86</b>	<b>5,37</b>	<b>11,01</b>	<b>7,92</b>	<b>11,03</b>	<b>12,05</b>	<b>11,26</b>
<b>Minimum</b>	<b>6,22</b>	<b>11,03</b>	<b>6,22</b>	<b>10,98</b>	<b>2,78</b>	<b>11,07</b>	<b>2,78</b>	<b>11,05</b>	<b>2,92</b>	<b>10,84</b>	<b>2,92</b>	<b>10,81</b>	<b>4,35</b>	<b>9,99</b>	<b>6,92</b>	<b>10,03</b>	<b>10,96</b>	<b>10,17</b>

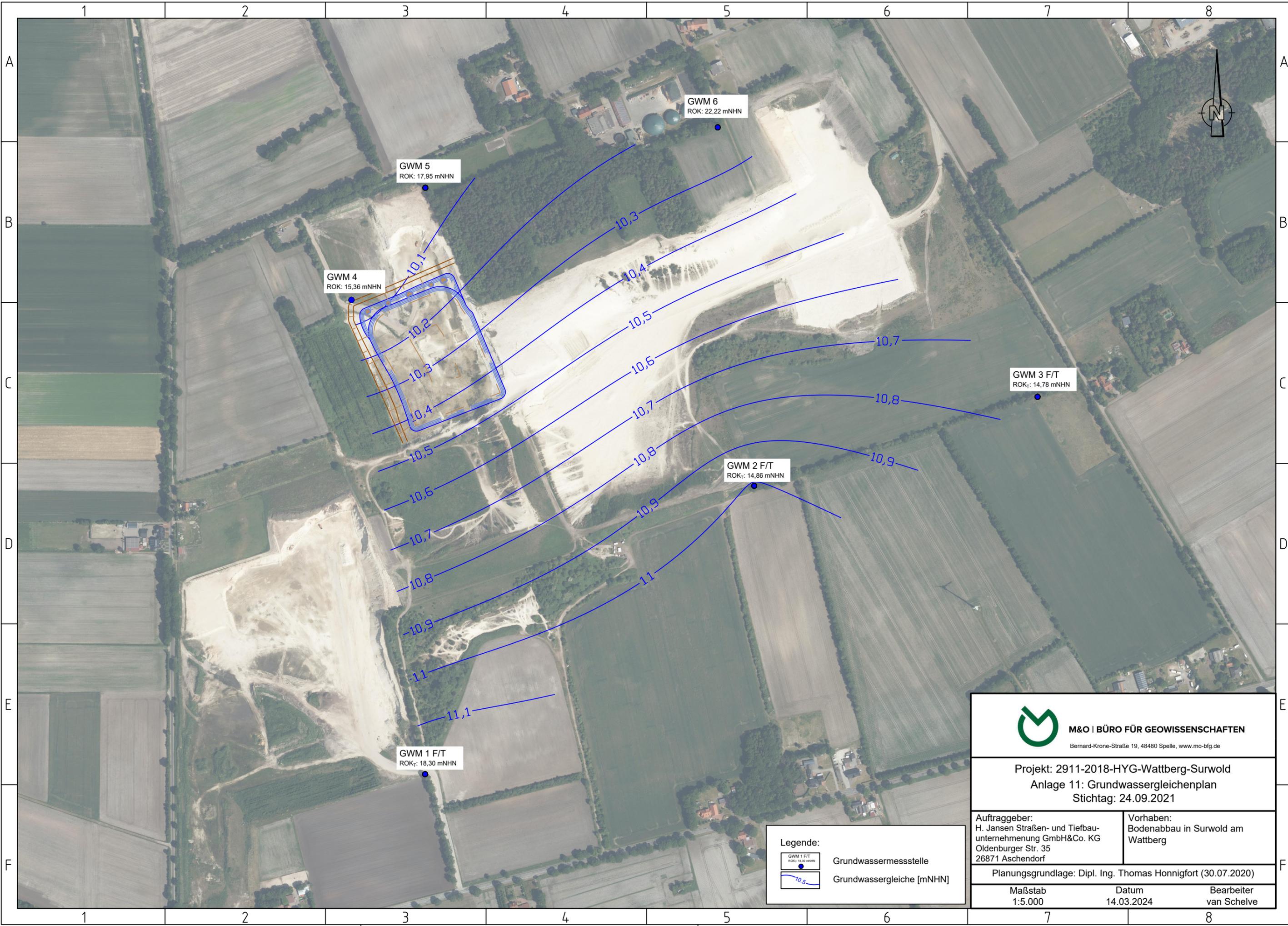
## **Anlage 11: Grundwassergleichenpläne**



 <b>M&amp;O   BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN</b> <small>Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de</small>		
<b>Projekt: 2911-2018-HYG-Wattberg-Surwold</b> <b>Anlage 11: Grundwassergleichenplan</b> <b>März 2024</b>		
<b>Auftraggeber:</b> H. Jansen Straßen- und Tiefbau- unternehmung GmbH&Co. KG Oldenburger Str. 35 26871 Aschendorf	<b>Vorhaben:</b> Bodenabbau in Surwold am Wattberg	
Planungsgrundlage: Dipl. Ing. Thomas Honnigfort (30.07.2020)		
<b>Maßstab</b> 1:5.000	<b>Datum</b> 19.03.2024	<b>Bearbeiter</b> van Schelwe

**Legende:**

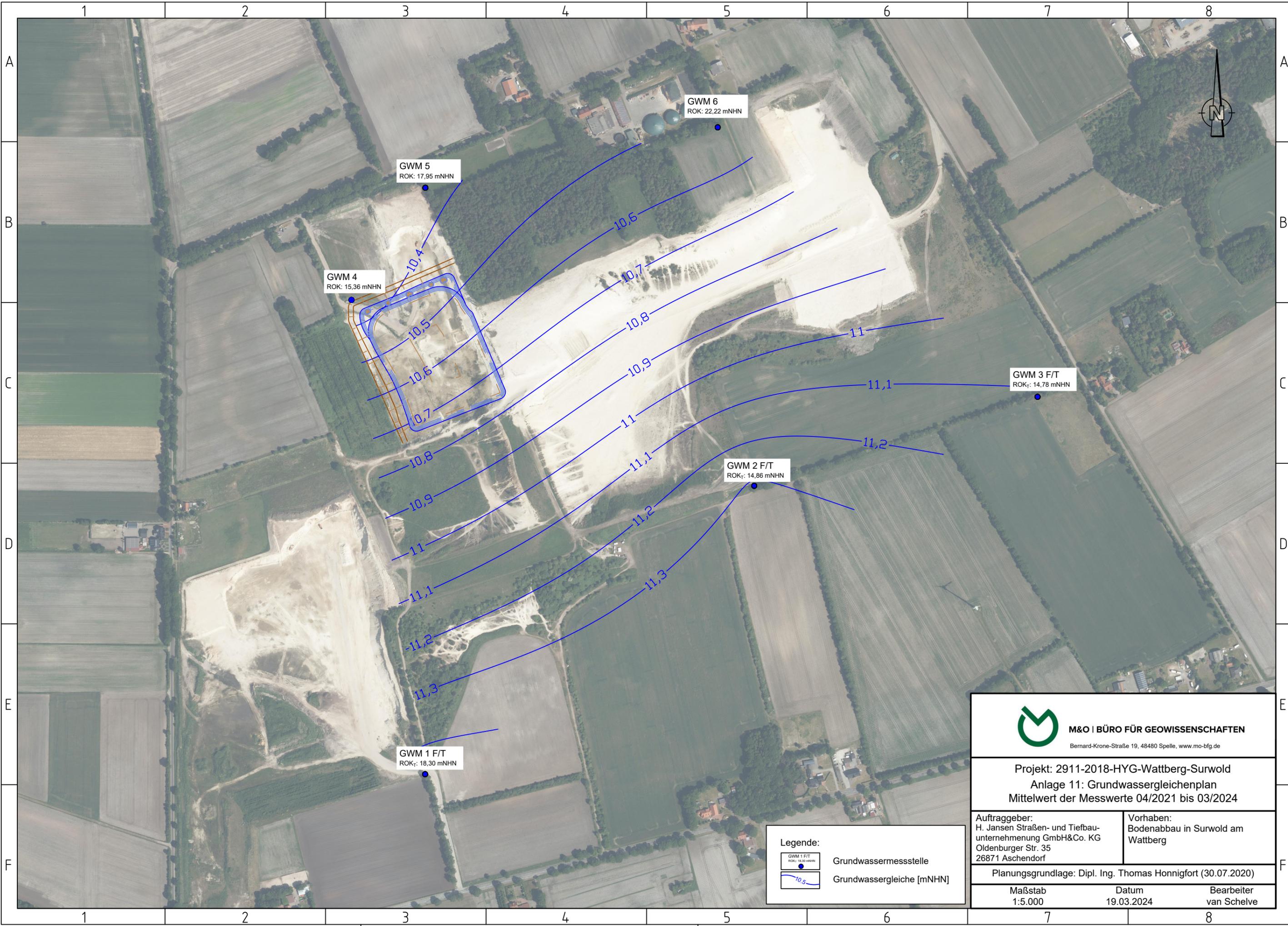
	Grundwassermessstelle
	Grundwassergleiche [mNHN]



 <b>M&amp;O   BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN</b> Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de		
Projekt: 2911-2018-HYG-Wattberg-Surwold Anlage 11: Grundwassergleichenplan Stichtag: 24.09.2021		
Auftraggeber: H. Jansen Straßen- und Tiefbau- unternehmung GmbH&Co. KG Oldenburger Str. 35 26871 Aschendorf	Vorhaben: Bodenabbau in Surwold am Wattberg	
Planungsgrundlage: Dipl. Ing. Thomas Honnigfort (30.07.2020)		
Maßstab 1:5.000	Datum 14.03.2024	Bearbeiter van Schelvel

**Legende:**

	Grundwassermessstelle
	Grundwassergleiche [mNHN]



GWM 5  
ROK: 17,95 mNHN

GWM 6  
ROK: 22,22 mNHN

GWM 4  
ROK: 15,36 mNHN

GWM 3 F/T  
ROK: 14,78 mNHN

GWM 2 F/T  
ROK: 14,86 mNHN

GWM 1 F/T  
ROK: 18,30 mNHN

**Legende:**

-  Grundwassermessstelle
-  Grundwassergleiche [mNHN]



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

Projekt: 2911-2018-HYG-Wattberg-Surwold  
Anlage 11: Grundwassergleichenplan  
Mittelwert der Messwerte 04/2021 bis 03/2024

Auftraggeber:  
H. Jansen Straßen- und Tiefbau-  
unternehmung GmbH&Co. KG  
Oldenburger Str. 35  
26871 Aschendorf

Vorhaben:  
Bodenabbau in Surwold am  
Wattberg

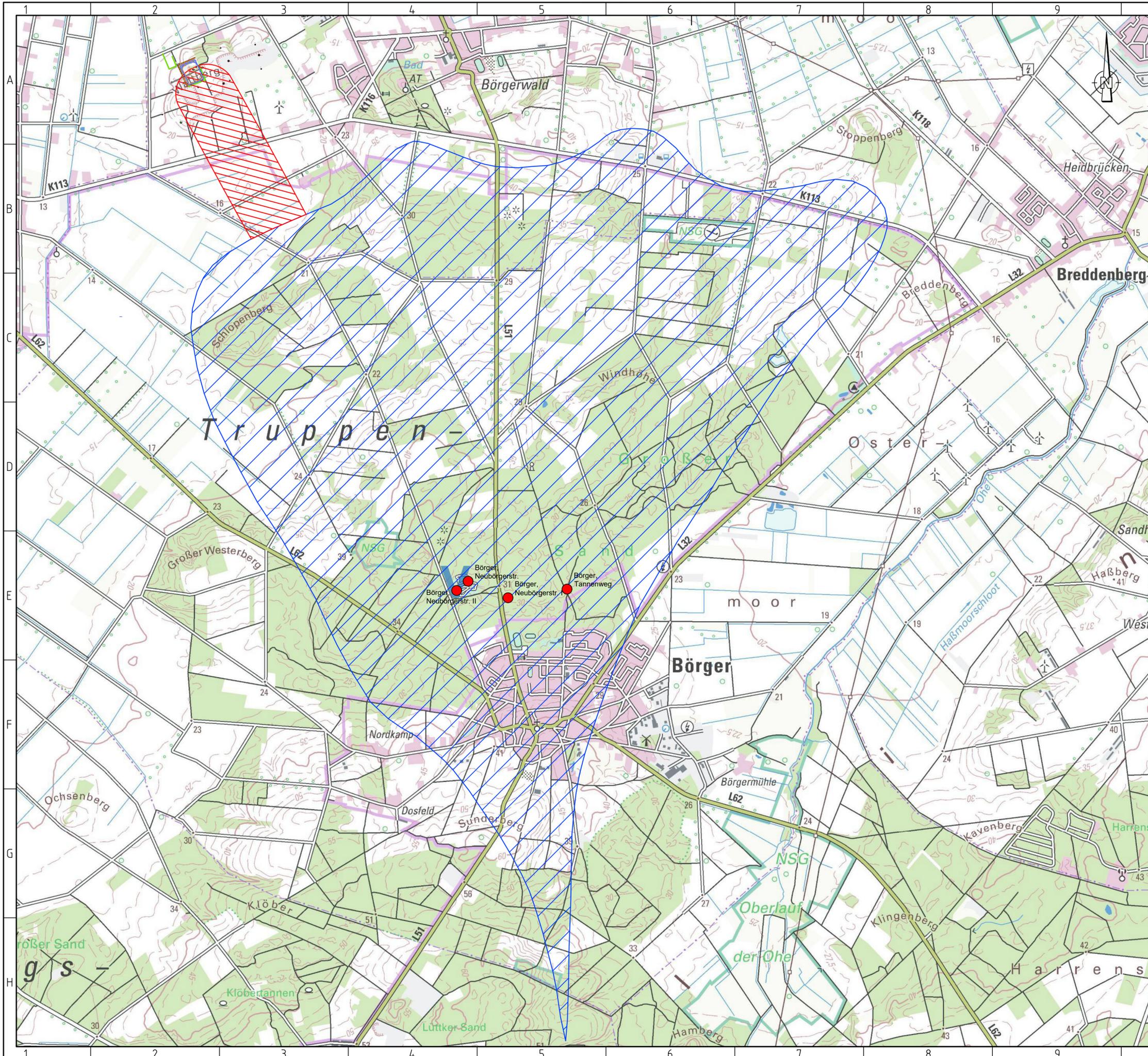
Planungsgrundlage: Dipl. Ing. Thomas Honnigfort (30.07.2020)

Maßstab  
1:5.000

Datum  
19.03.2024

Bearbeiter  
van Schelvel

## **Anlage 12: Plan Grundwassereinzugsgebiet Abbaugewässer**



Legende:

-  geplante Abbaustätte
-  Grundwassereinzugsgebiet
-  Altlastenfläche
-  Schlammgrubenverdachtsfläche
-  Grundwassereinzugsgebiet  
Wasserwerk Surwold (Grundlage  
Hümmlinger Wasserverband  
(09.2023))

 **M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN**

**Büro Spelle:**  
Bernard-Krone-Straße 19  
48480 Spelle  
Tel.: 05977-939630  
email: info@mo-bfg.de

**Büro Sögel:**  
Zum Galgenberg 7  
49751 Sögel  
Tel.: 05952-903388  
email: info@mo-bfg.de

**Projekt:**  
2911-2018-HYG-Wattberg-Surwold

**Anlage12: Grundwassereinzugsgebiet**

**Auftraggeber:**  
Hermann Jansen  
Straßen- und Tiefbauunternehmung GmbH&Co. KG

**Vorhaben:**  
Bodenabbau in Surwold am Wattberg

**Planungsgrundlage:**  
Dipl.-Ing.-Thomas Honnigfort, 30.07.2020  
Kartengrundlage: LGLN, 2021

**Maßstab:** 1:20.000      **Bearbeiter:** van Schelve

**Datum:** 27.11.2024      **Bildgröße:** DIN A2(420 x 594 mm)

**Anlage 13:** Berechnung der Verdunstung und  
Grundwasserneubildung nach ATV-DVWK-M 504



### Anlage 13: Berechnung Verdunstung gem. ATV-DVWK (2002)

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
kapillare Aufstiegshöhe bei einer täglichen kapillaren Aufstiegsrate von 0,3 mm/d [m]	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	
Grenzflurabstand [m]	1,90	1,90	1,90	2,00	2,20	2,30	2,20	2,10	2,00	1,90	1,90	1,90	
Grundwasserflurabstand [m]	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	
Grundwasseranschluss der Bodennutzung?	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	3,80	3,80	3,80	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,80	3,80	
pot. mögliche kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze We [mm/d]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pot. möglicher kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
maximaler kapillarer Aufstieg aus Klimadaten [mm]	0,0	0,0	0,0	16,9	41,6	38,7	29,1	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
anzusetzender kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
relative Bodenfeuchte $W_{rel}$ (Monatsmitte) [-]	1,00	1,00	1,00	0,25	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,47	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>26</b>	<b>47</b>	<b>60</b>	<b>67</b>	<b>84</b>	<b>80</b>	<b>47</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>462</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>63</b>	<b>42</b>	<b>27</b>	<b>-7</b>	<b>-2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>43</b>	<b>57</b>	<b>70</b>	<b>320</b>
<b>Wasserfläche</b>													
Landnutzungsfaktor $f_{LN}$	1,165	1,217	1,256	1,283	1,283	1,296	1,283	1,283	1,270	1,230	1,165	1,139	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>9</b>	<b>18</b>	<b>42</b>	<b>74</b>	<b>103</b>	<b>111</b>	<b>116</b>	<b>98</b>	<b>61</b>	<b>33</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>683</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>59</b>	<b>35</b>	<b>11</b>	<b>-33</b>	<b>-44</b>	<b>-43</b>	<b>-33</b>	<b>-18</b>	<b>12</b>	<b>33</b>	<b>53</b>	<b>68</b>	<b>99</b>



Anlage 13.2: Berechnung Verdunstung gem. ATV-DVWK (2002)

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	3,80	3,80	3,80	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,80	3,80	
pot. mögliche kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze $W_e$ [mm/d]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pot. möglicher kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
maximaler kapillarer Aufstieg aus Klimadaten [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	39,1	145,2	62,7	30,6	0,0	0,0	0,0	
anzusetzender kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
relative Bodenfeuchte $W_{rel}$ (Monatsmitte) [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	<b>56</b>	<b>36</b>	<b>64</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>308</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>84</b>	<b>3</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>99</b>	<b>228</b>
<b>Wasserfläche</b>													
Landnutzungsfaktor $f_{LN}$	1,165	1,217	1,256	1,283	1,283	1,296	1,283	1,283	1,270	1,230	1,165	1,139	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>41</b>	<b>76</b>	<b>139</b>	<b>108</b>	<b>156</b>	<b>101</b>	<b>71</b>	<b>42</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>785</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>80</b>	<b>-6</b>	<b>4</b>	<b>-15</b>	<b>-104</b>	<b>-44</b>	<b>-150</b>	<b>-69</b>	<b>-44</b>	<b>-8</b>	<b>9</b>	<b>97</b>	<b>-250</b>



**Anlage 13.3: Berechnung Verdunstung gem. ATV-DVWK (2002)**

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	3,80	3,80	3,80	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,80	3,80	
pot. mögliche kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze $W_e$ [mm/d]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pot. möglicher kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
maximaler kapillarer Aufstieg aus Klimadaten [mm]	0,0	0,0	0,0	22,3	65,4	49,6	79,0	34,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
anzusetzender kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
relative Bodenfeuchte $W_{rel}$ (Monatsmitte) [-]	1,00	1,00	1,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,31	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>55</b>	<b>27</b>	<b>84</b>	<b>30</b>	<b>71</b>	<b>47</b>	<b>22</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>392</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>69</b>	<b>14</b>	<b>69</b>	<b>-6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>78</b>	<b>60</b>	<b>72</b>	<b>37</b>	<b>393</b>
<b>Wasserfläche</b>													
Landnutzungsfaktor $f_{LN}$	1,165	1,217	1,256	1,283	1,283	1,296	1,283	1,283	1,270	1,230	1,165	1,139	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>92</b>	<b>95</b>	<b>139</b>	<b>113</b>	<b>112</b>	<b>61</b>	<b>32</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>734</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>66</b>	<b>5</b>	<b>54</b>	<b>-43</b>	<b>-68</b>	<b>-56</b>	<b>-82</b>	<b>-41</b>	<b>64</b>	<b>50</b>	<b>68</b>	<b>34</b>	<b>51</b>



**Anlage 13.4: Berechnung Verdunstung gem. ATV-DVWK (2002)**

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	3,80	3,80	3,80	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,80	3,80	
pot. mögliche kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze $W_e$ [mm/d]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pot. möglicher kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
maximaler kapillarer Aufstieg aus Klimadaten [mm]	0,0	0,0	0,0	64,5	81,0	0,0	34,0	10,0	8,0	0,0	0,0	0,0	
anzusetzender kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
relative Bodenfeuchte $W_{rel}$ (Monatsmitte) [-]	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>31</b>	<b>13</b>	<b>27</b>	<b>103</b>	<b>61</b>	<b>92</b>	<b>48</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>424</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>38</b>	<b>130</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>69</b>	<b>19</b>	<b>100</b>	<b>411</b>
<b>Wasserfläche</b>													
Landnutzungsfaktor $f_{LN}$	1,165	1,217	1,256	1,283	1,283	1,296	1,283	1,283	1,270	1,230	1,165	1,139	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>111</b>	<b>113</b>	<b>98</b>	<b>108</b>	<b>70</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>725</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>35</b>	<b>123</b>	<b>0</b>	<b>-87</b>	<b>-84</b>	<b>26</b>	<b>-37</b>	<b>-16</b>	<b>-22</b>	<b>60</b>	<b>15</b>	<b>98</b>	<b>110</b>



**Anlage 13.5: Berechnung Verdunstung gem. ATV-DVWK (2002)**

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	3,80	3,80	3,80	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,80	3,80	
pot. mögliche kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze $W_e$ [mm/d]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pot. möglicher kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
maximaler kapillarer Aufstieg aus Klimadaten [mm]	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	35,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
anzusetzender kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
relative Bodenfeuchte $W_{rel}$ (Monatsmitte) [-]	1,00	1,00	1,00	0,42	0,59	0,24	0,06	0,22	0,77	1,00	1,00	1,00	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,70	0,86	0,46	0,13	0,42	0,95	1,00	1,00	1,00	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>25</b>	<b>49</b>	<b>76</b>	<b>103</b>	<b>93</b>	<b>79</b>	<b>47</b>	<b>23</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>526</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>86</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>-6</b>	<b>44</b>	<b>-13</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>64</b>	<b>26</b>	<b>54</b>	<b>356</b>
<b>Wasserfläche</b>													
Landnutzungsfaktor $f_{LN}$	1,165	1,217	1,256	1,283	1,283	1,296	1,283	1,283	1,270	1,230	1,165	1,139	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>41</b>	<b>71</b>	<b>82</b>	<b>131</b>	<b>101</b>	<b>88</b>	<b>61</b>	<b>34</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>655</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>83</b>	<b>17</b>	<b>24</b>	<b>-27</b>	<b>38</b>	<b>-41</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>-4</b>	<b>54</b>	<b>22</b>	<b>51</b>	<b>227</b>



**Anlage 13.6: Berechnung Verdunstung gem. ATV-DVWK (2002)**

Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	3,80	3,80	3,80	3,70	3,50	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,80	3,80	
pot. mögliche kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze $W_e$ [mm/d]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
pot. möglicher kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
maximaler kapillarer Aufstieg aus Klimadaten [mm]	0,0	0,0	20,1	20,8	31,3	61,4	70,2	98,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
anzusetzender kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
relative Bodenfeuchte $W_{rel}$ (Monatsmitte) [-]	1,00	1,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	0,14	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>37</b>	<b>72</b>	<b>64</b>	<b>42</b>	<b>8</b>	<b>50</b>	<b>27</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>352</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>48</b>	<b>136</b>	<b>-3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>38</b>	<b>2</b>	<b>46</b>	<b>74</b>	<b>342</b>
<b>Wasserfläche</b>													
Landnutzungsfaktor $f_{LN}$	1,165	1,217	1,256	1,283	1,283	1,296	1,283	1,283	1,270	1,230	1,165	1,139	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>9</b>	<b>21</b>	<b>61</b>	<b>74</b>	<b>106</b>	<b>131</b>	<b>116</b>	<b>113</b>	<b>65</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>754</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>45</b>	<b>128</b>	<b>-42</b>	<b>-37</b>	<b>-34</b>	<b>-67</b>	<b>-74</b>	<b>-105</b>	<b>23</b>	<b>-10</b>	<b>41</b>	<b>72</b>	<b>-60</b>