



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

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

Beratende Geowissenschaftler BDG und Sachverständige

## Hydrogeologisches Gutachten

### Projekt: 3842-2019

## Abbau von Sanden im Trocken- und Nassabbauverfahren in Ihausen (Westerstede)

**Auftraggeber:** Post Bauunternehmen GmbH & Co. KG  
Am Neuland 11-15  
26670 Uplengen

**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:** 11.04.2022

---

**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>10</b>
<b>6 Auswirkungen auf den Grundwasserspiegel .....</b>	<b>11</b>
6.1 Auswirkungen auf die Wasserbilanz .....	11
6.2 Auswirkungen durch horizontale Einregelung .....	17
6.3 Insgesamt zu erwartende Änderungen des Grundwasserspiegels und Reichweiten .....	20
<b>7 Prognostizierte Grundwasserflurabstände .....</b>	<b>24</b>
<b>8 Auswirkungen auf die Grundwasserqualität .....</b>	<b>26</b>
<b>9 Auswirkungen auf Oberflächengewässer .....</b>	<b>28</b>
<b>10 Auswirkungen auf Gebäude, Verkehrswege und sonstige bauliche Anlagen .....</b>	<b>30</b>
<b>11 Konzept für ein Beweissicherungsprogramm .....</b>	<b>30</b>
11.1 Monitoring des Grund- und Seewasserspiegels .....	30
11.2 Monitoring der See- und Grundwasserqualität .....	30
<b>12 Zusammenfassung .....</b>	<b>31</b>
<b>13 Schlusswort .....</b>	<b>32</b>

# 1 Vorbemerkungen

## 1.1 Veranlassung / Aufgabenstellung

Die Firma Post Bauunternehmen GmbH & Co. KG, Am Neuland 11-15, 26670 Uplengen plant den Abbau von Sanden im Ortsteil Ihausen der Stadt Westerstede. 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 ‚Leda Jümme rechts PS03/PS 200034‘	25.05.2020	
6	Hydrostratigrafischer Schnitt ‚Leda Jümme rechts PS03/PS 200034‘	25.05.2020	
7	Bohrprofil ‚Ihausen D‘	1991	
8	Bohrprofil ‚Ihorst 6‘	2017	
9	Messwerte Grundwassermessstelle ‚Ihorst I‘	2000-2022	NLWKN
11	Abbauplan inkl. Geländehöhen des Ingenieur- und Vermessungsbüro Scholz (08.11.2019)	10/2021	Diekmann • Mosebach & Partner

## **2 Lage des Abbauvorhabens**

### **2.1 Geographische Lage**

Die Abbaustätte befindet sich im Landkreis Ammerland in der Stadt Westerstede Ortsteil Ihausen (Anlage 1). Sie liegt an der Hollwegerfelder Straße auf den Flurstücken 211, 212, 213, 214, 236/2 Flur 84 in der Gemarkung Westerstede (Westerstede, Stadt). Im Bereich der Abbaustätte liegen die Geländehöhen im ungestörten Zustand zwischen rd. 4,5 bis 7 mNHN.

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

Das Naturschutzgebiet ‚Hollweger Moor‘ liegt rd. 500 m nordnordöstlich des geplanten Abbaubereiches, das rd. 97 ha große Gebiet besteht aus unkultiviertem Hochmoor, Heideflächen und bewirtschaftetem Feuchtgrünland (NLWKN). Das Naturschutzgebiet befindet sich im Randbereich des Grundwassereinzugsgebietes des geplanten Abbaugewässers (s. Anlage 12).

Auf dem geplanten Abbaubereich befindet sich am südwestlichen Randbereich eine Baumschutzzone mit altem Baumbestand von rd. 110 m<sup>2</sup> (Lage: s. Anlage 2).

## **3 Durchgeführte Untersuchungen**

Zur Erkundung der (hydro)geologischen Verhältnisse wurden durch die Firma Fendesack aus Rheine, im Bereich der geplanten Abbaustätte im November 2020 drei Spülbohrungen (Ø 24,4 cm) von rd. 30 m unter GOK bzw. -23,5 bis -25 m NHN sowie eine Spülbohrung (Ø 24,4 cm) von 5 m unter GOK bzw. 0 mNHN niedergebracht (Anlage 5, Lage: s. Anlage 2). Eine Bohrung liegt im Grundwasseranstrom (GWM 1) und drei im Grundwasserabstrom (GWM 3, 4, 5) des geplanten Abbaugewässers. Die Messstellen GWM 1, 2 und 4 wurden als tiefe sowie flache Grundwassermessstelle ausgebaut, die GWM 3 als flache Messstelle. Die tiefen Messstellen wurden hierzu zwischen rd. 24,1 und 29,1 m unter GOK bzw. -17,5 bis -22,5 mNHN (GWM 1), -19,14 bis -24,14 mNHN (GWM 2) und -18,74 bis -23,74 mNHN (GWM 3) verfiltert (Anlage 6). Die Filterstrecken in den flachen Messstellen liegen zwischen rd. 2,3 und 4,4 m unter GOK bzw. 4,29 bis 2,29 m NHN (GWM 1), 2,64 bis 0,64 mNHN (GWM 2), 2,7 bis 0,7 mNHN (GWM3) und 3,01 bis 1,01 mNHN (GWM 4). Die Installation von flachen und tiefen Grundwassermessstellen dient der Überwachung von möglichen Unterschieden in der Potenzialhöhe und der chemischen Qualität zwischen dem

oberflächennahen Grundwasser und dem Grundwasser im Bereich der geplanten Gewässersohle.

Zur Erkundung der Schichtenfolge wurden Proben aus unterschiedlichen Tiefen der Spülbohrungen entnommen. An diesen Proben wurde die Korngrößenanalyse mittels Trockensiebung sowie an drei Proben mit kombinierter Schlämm- und Siebkornanalyse durchgeführt. Der  $k_f$ -Wert der Proben wurde auf Grundlage der Körnungslinie nach BEYER abgeleitet (Anlage 7).

Zur ergänzenden Prüfung der Schichtenfolge sowie der Lagerungsdichte der anstehenden Bodenmaterialien wurden am 04.12.2019 im Bereich der Abbaustätte durch die Firma Sigma Bouw & Milieu aus Emmen (NL) fünf Drucksondierungen bis 30 m unter GOK und eine Drucksondierungen bis 6,5 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 6 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]

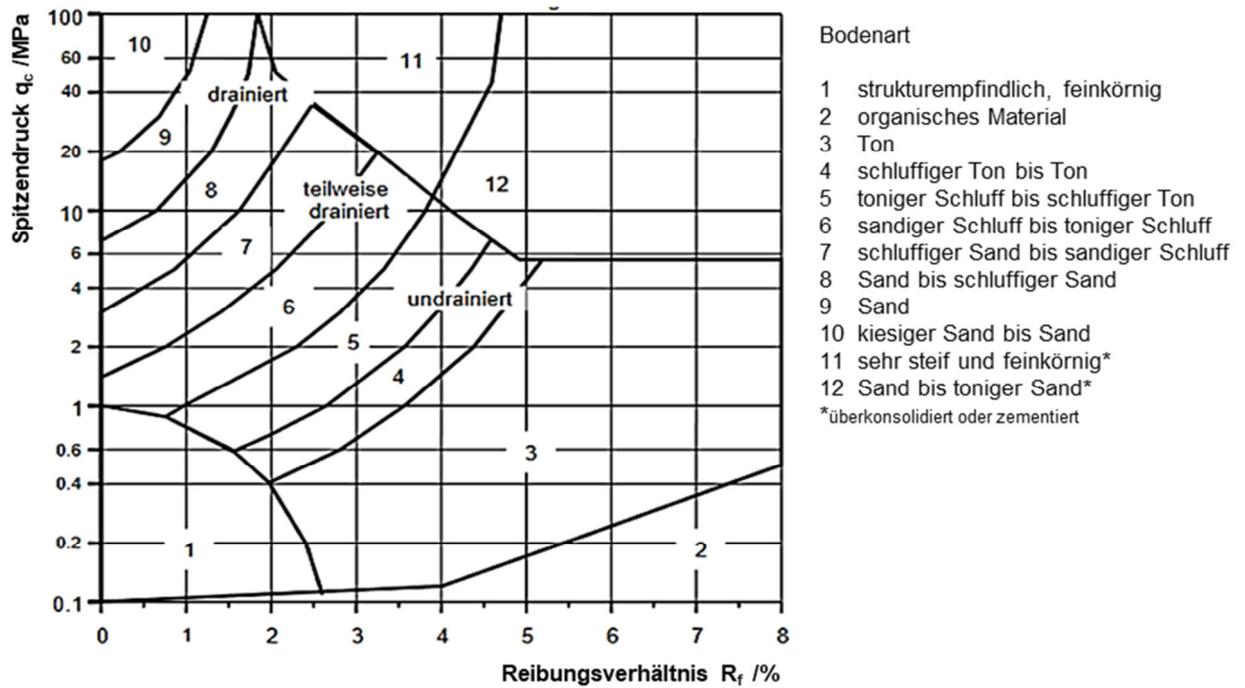


Abbildung 1 : Schema zur Bestimmung der Bodenart nach ROBERTSON (1990)

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 dem Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Jörg Jüngerink aus Werlte 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 auf Grundlage der Niederschlagsdaten von 1981 bis 2010 abgeleitet wurde, liegt im östlichen Bereich der Abbaustätte zwischen >100 bis 150 mm/a. Der westliche Teil der Abbaustätte weist unterschiedliche Grundwasserneubildungsrate auf, gebietsweise mit niedrigen Werten von 0 bis 100 mm/a oder höheren Werten von >250 bis 300 mm/a (NIBIS).

Im Bereich des in Anlage 12 dargestellten Grundwassereinzugsgebietes des geplanten Abbaugewässers, liegt die Grundwasserneubildung überwiegend bei 100 bis 150 mm/a. Geringe Abweichungen treten direkt östlich angrenzend an das Abbaugebiet auf, mit Werten zwischen 0 und 50 mm/a. Im Mittel kann im Einzugsgebiet des Gewässers von einer Grundwasserneubildung von mindestens 125 mm/a ausgegangen werden.

### 4.2 Geologie

Anhand der Angaben der Geologischen Karte 1:25.000 (NIBIS), dem Geologischen Profilschnitt ‚Leda Jümme rechts PS03/PS 200034‘ (Anlage 5, NIBIS), welcher rd. 5,4 km nordwestlich des geplanten Bodenabbaus verläuft, der geologischen Aufschlussbohrungen ‚Ihausen D‘ 0,25 km nördlich des Abbaugebietes sowie der Bohrung ‚Ihorst 6‘, welche rd. 0,35 km südlich liegt (Anlage 3, Lage s. Anlage 1, NIBIS), lässt sich die prinzipielle Geologie des Untersuchungsgebietes in etwa wie folgt beschreiben:

Im westlichen Teil der Abbaustätte liegen im Tiefenbereich bis 2,0 m unter GOK überwiegend äolisch transportierte Feinsande aus dem Holozän und der Weichsel-Kaltzeit vor, unterlagert von fluviatil abgelagerten Feinsanden der Weichsel-Kaltzeit. Im östlichen Bereich der Abbaustätte liegen in dieser Tiefe fluviatil abgelagerte Feinsande der Weichselkaltzeit über glazifluviatilen Fein- bis Mittelsanden des Drehnte-Stadiums vor. Oberflächennah stehen hier jedoch augenscheinlich anmoorige Bodenmaterialien an. In der Bodenkarte ist hier eine Erdniedermoorauflage ausgewiesen (s. Abschn. 4.4).

Im Tiefenbereich von 2 bis 4 m unter GOK bzw. 4 mNHN bis 0 mNHN treten Geschiebelehm/-mergel des Drehnte-Stadiums auf. Diese sind unterlagert von rd. 33 m mächtigen bzw. bis in eine Tiefe von -33 mNHN glazifluviatil abgelagerten Sanden aus dem Drehnte-Stadium. Darunterliegend bis etwa -57 mNHN liegen ebenfalls glazifluviatil

abgelagerte Sande der Elster-Kaltzeit vor, welche die Quartärbasis bilden. Bis in eine Tiefe von -150 mNHN stehen Sande aus dem Pliozän an. Im Hangenden finden sich eine 17 m mächtige Ton und Schluff Schicht unterlagert, bis in unbekannte Tiefe, von schluffigen Feinsanden aus dem Miozän.

Die Hydrogeologische Aufschlussbohrung ‚Ihausen D‘, nördlich des Abbaugebietes zeigt in einer Tiefe von 2 bis 6 m unter GOK bzw. rd. 5 bis 1 mNHN ebenfalls Feinsande und Geschiebelehm auf, unterlagert bis 12,5 m unter GOK bzw. -5,5 m NHN von Grobsanden mit variierenden Nebengemengeanteilen. Zudem sind über das gesamte Bohrprofil vereinzelt Brocken von Braunkohle anzutreffen. Rund 0,35 km südlich des Abbaugebietes liegt die Bohrung ‚Ihorst 6‘, diese zeigt bis 2,8 m unter GOK bzw. 2,38 mNHN Sande auf, welche bis in eine Tiefe von 6,5 m unter GOK bzw. -1,36 mNHN von Geschiebelehm unterlagert sind. Es folgt bis in eine Tiefe von 81,5 m unter GOK bzw. -76,32 mNHN Mittelsande unterlagert bis in eine Tiefe von 120 m unter GOK bzw. -114,82 mNHN von Feinsanden.

Die im Bereich der Abbaustätte durchgeführten Drucksondierungen (DS 1 bis 6) und Spülbohrungen der Grundwassermessstellen (GWM 1 bis 4) ergeben hinsichtlich der geologischen Schichtenfolge folgendes Bild:

Die Auswertung der Drucksondierungen im Abbaugebiet zeigen, dass bis in eine Tiefe von 4 m unter GOK bzw. rd. 1,5 mNHN schluffige Tone bis schluffig-tonige Sande vorzufinden sind. Die Drucksondierung DS 5 zeigt in einer Tiefe von rd. 6,5 bis 7 m unter GOK bzw. -2 bis -2,5 mNHN eine weitere Tonschicht auf. Bei diesen Bodenmaterialien handelt es sich aufgrund der Angaben in der Geologischen Karte (s.o.) mit hoher Wahrscheinlichkeit um Geschiebelehm. Die Drucksondierungen DS 2, DS 3, DS 4 und DS 6 zeigen unterhalb der schluffig-tonigen Schichten bis in eine Tiefe von 30 m unter GOK bzw. rd. -24,5 m NHN reine Sande bis kiesige Sande an. Diese sind überwiegend dicht bis sehr dicht gelagert. Lediglich die Drucksondierung DS 4 zeigt in dieser Tiefe eine Wechselfolge von mitteldicht und dicht gelagerten Sanden an. Die Drucksondierung DS 1 konnte aufgrund einer sehr dichten Lagerung des Bodens oder des Auftretens von Geschiebe nur bis in eine Tiefe von 7 m unter GOK bzw. rd. 1 m NHN ausgeführt werden. Gem. des gemessenen Spitzendruckwiderstandes liegt hier eine Schicht mit kiesigen Sanden vor (s. Anlage 6).

Die Spülbohrungen der Grundwassermessstellen GWM 2 bis 4 zeigen im oberen Bereich bis in eine Tiefe von rd. 7 bis 8 m unter GOK bzw. -0,5 bis -2,5 mNHN überwiegend Geschiebelehm auf, welcher hier v.a. als schluffig-toniger Sand ausgebildet ist (s. Anlage 5). Zwischen diesen schluffig-tonigen Sanden liegen im Bereich der Messstelle GWM 4 Lagen von weichem bis breiigem Ton mit hohen organischen Anteilen vor. Am Standort der Messstelle GWM 1 treten oberflächennah bis etwa 2 m unter GOK bzw. 4,6 mNHN Kiese bis kiesige, schluffige Feinsande auf, bei welchen es sich vermutlich um Geschiebedecksande

handelt.

Im Bereich der Messstellen GWM 2 und GWM 3 wurde an der Geländeoberfläche ein humoser bis stark humoser Oberboden aus feinsandigen und schluffigen Mittelsanden vorgefunden.

Unter dem Geschiebelehm bzw. den schluffigen Sanden an der Geländeoberfläche stehen an den Standorten der Grundwassermessstellen ab einer Tiefe von 2 m unter GOK bzw. rd. 4 mNHN (GWM 1) bis 11 m unter GOK bzw. rd. -6 mNHN (GWM 4) vor allem feinsandige und stellenweise grobsandige bis feinkiesige Mittelsande an. Diese wurden bis in eine Tiefe von maximal 30 m unter GOK bzw. rd. -25 mNHN angetroffen.

### 4.3 Hydrogeologie

Der Nassabbau wird den Grundwasserkörper ‚Leda-Jümme Lockergestein rechts‘ 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 rd. 100 bis 200 m. Anhand des rd. 5,4 km entfernten hydrostratigraphischen Profilschnitts ‚Leda Jümme rechts PS03/PS 200034‘ (siehe Anlage 4, Lage s. Anlage 1), wird für die Lokation des geplanten Sandabbaugebietes eine Aquifermächtigkeit von rd. 150 m angenommen.

Die Hydrogeologische Karte 1:50.000 zeigt für den betrachteten Standort eine mittlere Lage der Grundwasseroberfläche zwischen etwa >2,5 und 7,5 mNHN sowie eine ungestörte Grundwasserfließrichtung Richtung Südsüdost.

Der Grundwasserspiegel wurde in den Grundwassermessstellen GWM 1 bis 4 an den Stichtagen 10.11.2020 und 04.02.2022 eingemessen. Die Messwerte sind der Anlage 8 zu entnehmen. Im Falle der Doppelmessstellen GWM 1, 2 und 4 wurden jeweils die Werte der tieferen Messstellen herangezogen. Für die weiteren Berechnungen wird die Stichtagsmessung des 10.11.2020 betrachtet, da die Grundwasserstände zu diesem Zeitpunkt eine geringere Abweichung vom langjährigen mittleren Grundwasserstand zeigen (vgl. u.).

Während der Stichtagsmessung lag der Grundwasserspiegel in der Anstrommessstelle (GWM 1) in der oberflächennahen Messstelle bei 4,46 mNHN und in der tiefen Messstelle bei 4,53 mNHN. Die Differenz zwischen tiefer und flacher Messstelle lag somit bei 0,07 m. In den Abstrommessstellen lag der Grundwasserspiegel der flachen Messstellen zwischen 4,19 und 4,31 mNHN (GWM 2, 3 und 4) und in den tiefen Messstellen zwischen 4,19 und 4,23 mNHN (GWM 2 und 4). Die mittlere Differenz zwischen tiefen und flachen Messstellen lag bei 0,04 m und kann als vernachlässigbar betrachtet werden.

Auf Grundlage der Messwerte der Stichtagsmessung am 10.11.2020 und am 04.02.2022 der Grundwassermessstellen GWM 1 bis 4 wurden Grundwassergleichenpläne erstellt, jeweils für die oberflächennahen und die tiefen Grundwassermessstellen sowie für den prognostizierten abgeleiteten mittleren Grundwasserstand (Anlage 11). Die Grundwassergleichenpläne zeigen jeweils ein südsüdöstlich gerichtetes Potenzialgefälle von 0,08 %, welches etwa den Angaben der Hydrogeologischen Karte entspricht.

Zur Einschätzung des möglichen langjährigen Grundwasserschwankungsbereiches wurden Grundwasserpegeldaten der Messstelle ‚Ihorst I‘ des NLWKN der Jahre 2000 bis 2022 herangezogen. Diese Messstelle befindet sich rd. 1 km südwestlich des Abbaugebietes (s. Anlage 1) und ist von 25 bis 35 m unter GOK bzw. -18 bis -28 m NHN verfiltert. Die Referenzmessstelle ‚Ihorst I‘ spiegelt näherungsweise die hydrogeologischen Standortverhältnisse der betrachteten Abbaustätte wider.

Die Daten der Referenzmessstelle und der berechnete Mittel-, Minimal- und Maximalwert des angegebenen Beobachtungszeitraums sind in Anlage 9 beigefügt. Der Grundwasserstand am 02.11.2020 der Messstelle ‚Ihorst I‘ (NLWKN) lag 0,13 m unter dem langjährigen Mittelwert für den Zeitraum 2000 bis 2022. Es ist entsprechend davon auszugehen, dass auch die ermittelten Grundwasserstände in den Messstellen GWM 1 bis 4 zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung am 10.11.2020 unter den langjährigen Mittelwerten lagen. Daher wurden die an diesem Tag gemessenen Grundwasserstände um 0,13 m korrigiert, um für die weitere Auswertung den langjährigen Mittelwert abzuleiten.

Anlage 11 zeigt den Grundwassergleichenplan mit den abgeleiteten mittleren Grundwasserspiegelhöhen. Die Werte liegen im Bereich des Abbaugewässers zwischen 4,66 m NHN im Nordwesten und 4,32 m NHN im Süden. Im Gewässerzentrum beträgt der Wert etwa 4,45 mNHN. Es ist zu erwarten, dass der zukünftige Seewasserspiegel etwa diese Höhe aufweisen wird (vgl. Abschn. 6.2).

Die Grundwasseramplitude der Messstelle ‚Ihorst I‘ (NLWKN) betrug für den Zeitraum 2000 bis 2022 rd. 1,5 m (Mittelwert: 4,12 m NHN, Maximum: 4,84 m NHN, Minimum: 3,30 m NHN, s. Anlage 9). Es ist daher damit zu rechnen, dass der ungestörte Seewasserspiegel in einem Bereich von mind. 0,75 m über und unter dem Mittelwert schwanken kann.

Aus den Kornsummenkurven der mittels Spülbohrung beprobten Sande aus der gesättigten Zone unter den schluffige-tonigen Sanden (u.a. Geschiebelehm) im Bereich der Abbaustätte ergeben sich nach BEYER gesättigte Wasserleitfähigkeiten ( $k_f$ ) von rd.  $7,4 \times 10^{-5}$  m/s bis  $2,9 \times 10^{-4}$  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  $2,5 \times 10^{-4}$  m/s angenommen. Die schluffigen bis tonigen Feinsande, welche an der Geländeoberfläche anstehen, weisen erfahrungsgemäß einen

$k_f$ -Wert von  $\leq 1 \times 10^{-6}$  m/s auf.

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 32 m/a ( $I = 0,08$  %,  $k_f = 2,5 \times 10^{-4}$  m/s,  $n_f = 20$ ).

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

Grundwasser-messstelle	Proben Nr.	Tiefe [m u. GOK]	Bodenart	$k_f$ [m/s]
GWM 1	-1	2 bis 3	fS, t, u, ms'	-
	-2	3 bis 6	S, u, t'	-
	-3	8 bis 9	mS, fs, gs, u'	$9,8 \times 10^{-5}$
	-4	10 bis 15	mS, gs*, fs'	$2,0 \times 10^{-4}$
	-5	16 bis 23	mS, fs, gs	$2,3 \times 10^{-4}$
	-6	24 bis 27	mS, fs*, gs'	$1,5 \times 10^{-4}$
GWM 4	-7	5 bis 7	fS, ms*, u', gs'	$7,4 \times 10^{-5}$
	-8	12 bis 16	mS, fs, gs'	$1,9 \times 10^{-4}$
	-9	18 bis 24	fS, ms*, u', gs'	$2,4 \times 10^{-4}$
	-10	25 bis 30	mS, fs	$2,9 \times 10^{-4}$
GWM 2	-11	1 bis 4	S, u, t'	-

#### 4.4 Böden

Laut Bodenübersichtskarte 1:50.000 (NIBIS) tritt im westlichen Bereich der Abbaustätte der Bodentyp Mittlerer Gley-Podsol und im östlichen Bereich Tiefer Podsol-Gley mit Erdniedermoorauflage.

Im ungestörten Zustand sind im Untersuchungsgebiet Grundwasserflurabstände von näherungsweise  $\geq 0,7$  bis 1,8 m im Anstrom und mit 0,7 bis 0,9 m im Abstrom des Abbaugbietes zu erwarten, so dass davon ausgegangen werden kann, dass grundwasserbeeinflusste Böden vorliegen. Auf der geplanten Abbaufäche sowie den umliegenden Flächen steht der Grundwasserspiegel temporär oberhalb der

Geländeoberfläche an, so dass umliegende Grünlandflächen saisonal vernässen.

## 5 Beschreibung des Abbauvorhabens

Der geplante Sandabbau in Ihausen 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. 12,1 ha und eine Wassertiefe von rd. 30 m aufweisen.

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

Der mittlere Seewasserspiegel wird gem. der in Abschnitt 6.2 erläuterten Prognose bei etwa 4,45 mNHN liegen. Die Wasserwechselzone, welche den Schwankungsbereich des Seewasserspiegels umfasst, wird sich näherungsweise bis 1 m über und unter dieser Seewasserspiegelhöhe erstrecken und damit zwischen rd. 3,45 und 5,45 m NHN liegen.

Die Überwasserböschung oberhalb von 5,45 mNHN wird mit einer Böschungsneigung von 1:3 ausgebildet, die Wasserwechselzone zwischen 3,45 und 5,45 mNHN mit einer Neigung von 1:5 und die Unterwasserböschung unterhalb von 3,45 mNHN mit einer Neigung von 1:4.

Tabelle 4: Kenndaten des Abbauvorhabens

Größe Wasserfläche bei mittlerer Wasserspiegelhöhe		[ha]	rd. 12,1
Höhe GOK Bereich Abbaustätte		[mNHN]	4,6 bis 7
maximale Abbautiefe		[mNHN]	-23
		[m unter GOK]	ca. ≤ 30
zu erwartende mittlere Höhe Seewasserspiegel		[mNHN]	4,45 <sup>a</sup>
maximale Gewässertiefe bei mittlerer Seewasserspiegelhöhe		[m]	27,45 <sup>a</sup>
Böschungsneigung	Überwasserböschung (>5,45 mNHN)	[1: ]	≥3
	Wasserwechselzone (3,45 und 5,45 mNHN)		5
	Unterwasserböschung (<3,45 mNHN)		4

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

Die Sandgewinnung oberhalb von 3,45 mNHN soll mittels Löffelbagger, die Sandgewinnung unterhalb von 3,45 mNHN und damit unterhalb der Wasserwechselzone soll im Nassabbauverfahren mittels Saugbagger erfolgen. Das entnommene Sand-Wasser-Gemisch soll mit dem Saugbagger durch die Fa. Post Bauunternehmen GmbH & Co. KG in ein Spülfeld gespült werden. Hier wird der Sand entwässert und das überschüssige Wasser wird 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 prognostizierte mittlere Grundwasserspiegelhöhe.

### 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 2.000 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]	2.000	2.000
<b>Wasserverlust durch Wasserentnahme</b>		
Feststoff-Wasser Verhältnis [1:]	3	3
Wasserbedarf bei voller Leistung [m <sup>3</sup> /d]	6.000	6.000
<b>Wasserverlust durch Matrixverlust</b>		
entwässerbarer Porenanteil Boden [Vol.-%]	20	20
Wasserverlust durch Matrixverlust [m <sup>3</sup> ]	1.600	1.600
<b>Wasserverlust gesamt</b>		
pot. täglicher Wasserverlust gesamt [m <sup>3</sup> ]	7.600	7.600
<b>Grundwasserabsenkung während Abbaubetrieb</b>		
Wasserfläche [m <sup>2</sup> ]	5.000 <sup>a</sup>	121.000
max. mögliche Absenkung durch Wasserentnahme [m]	1,52	0,06

<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 1,52 m für den Einsatz des Saugbaggers im Bereich des mind. 5.000 m<sup>2</sup> großen Gewässers zu Abbaubeginn und 0,06 m für das Abbaugewässer bei Erreichen der Gesamtwasserfläche von rd. 12,1 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 Abbauperioden in Abhängigkeit 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). 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. Anlage 13 zeigt die Berechnung der Verdunstung (ET<sub>a</sub>). Die Berechnungen wurden entsprechend ATV-DVWK (2002) durchgeführt. Als Klimadaten wurden dabei langjährige monatliche Mittelwerte des Niederschlages, der Lufttemperatur und der Sonnenscheindauer der Stationen des Deutschen Wetterdienstes Oldenburg herangezogen (1991-2010). Das geplante Sandabbaugebiet weist unterschiedliche Bodenarten und Grundwasserflurabstände auf. Die Berechnung der Verdunstung und der Grundwasserneubildung wurde daher zunächst separat für den Nordwest- und den Südostbereich durchgeführt und anschließend daraus ein Mittelwert abgeleitet. Die Bodenparameter im effektiven Wurzelraum wurden für die überwiegend an der Oberfläche auftretenden Fein- bis Mittelsande im Nordwesten und die vererdete, stark zersetzte Niedermoortorfe im südöstlichen Bereich nach BUG et al. (2020) abgeleitet.

Bei der Abschätzung des kapillaren Aufstiegs aus dem Grundwasser wurde entsprechend der in Abschnitt 7 erläuterten Werte für den Hauptgrundwasserleiter von einem mittleren Grundwasserflurabstand von 1,6 m im nordwestlichen und 0,8 m im südöstlichen Bereich ausgegangen. Für die vorliegende Nutzung als Grünland ergibt sich so eine mittlere Verdunstungsrate von 519 mm/a. Bei einer Niederschlagsmenge von 823 mm/a und der berechneten Verdunstung 519 mm/a beträgt die Grundwasserneubildungsrate entsprechend 304 mm/a. Dieser Wert liegt oberhalb des für das Untersuchungsgebiet flächenhaft mittels GROWA-Methode ermittelten Wertes von rd. 125 mm/a (NIBIS).

Die Verdunstung von einer offenen Wasserfläche beträgt an dem Standort nach ATV-DVWK (2002) 700 mm/a. Die Offenlegung des Grundwassers im Zuge des Bodenabbaus resultiert

somit rechnerisch in einer Mehrverdunstungsrate von 181 mm/a. Die Grundwasserneubildungsrate sinkt entsprechend von 283 mm/a auf 123 mm/a. Die Mehrverdunstung von der 12,1 ha großen Wasserfläche des geplanten Abbaugewässers beträgt somit rd. 21.901 m<sup>3</sup>/a (vgl. Anlage 13).

### **Grundwasserzustrom**

Der Grundwasserzustrom zum Abbaugewässer kann nach DARCY wie folgt berechnet werden:

$$Q = k_f \cdot M \cdot I \cdot B$$

mit:

Q	Grundwasserzustrom zum Abbaugewässer [m <sup>3</sup> /s]
k <sub>f</sub>	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] (2,5 x 10 <sup>-4</sup> )
M	Einzugsgebietstiefe [m] (60 )
I	hydraulisches Gefälle Grundwasser [-] (0,08)
B	Einzugsgebietsbreite des Gewässers [m] (944)

Die Einzugsgebietstiefe von Abbaugewässern hängt von der Abbautiefe in Relation zur Mächtigkeit des Grundwasserleiters ab. Bei Abbautiefen von 10 % der Aquifermächtigkeit beträgt die Einzugsgebietstiefe nach LFU (2004) 30 % des Aquifers. Bei einer Tiefe des Abbaugewässers von 70 % der Aquifermächtigkeit beträgt sie 90 % des Aquifers. Im vorliegenden Fall erfasst die Abbaugewässertiefe mit max. 30 m ca. 20 % der Aquifermächtigkeit von rd. 150 m. Bei der Berechnung des Grundwasserzustromes zum Abbaugewässer wurde eine Einzugsgebietstiefe von 60 m angesetzt, welche 40 % der Aquifermächtigkeit beträgt.

Die Einzugsgebietsbreite kann nach LFU (2004) aus der Seefläche und dem Verhältnis zwischen Breite und Länge des Abbaugewässers abgeleitet werden. Bei den geplanten Abmessungen des Abbaugewässers (Seefläche: 12,1 ha, Seebreite: 472 m, Seelänge: 281,1 m, bezogen jeweils auf die Wasserlinie bei mittlerem Seewasserspiegel von 4,45 mNHN) ergibt sich theoretisch eine Einzugsgebietsbreite von dem 2-fachen der Seebreite. Dies entspricht rd. 944 m (s. Plan Einzugsgebiet, Anlage 12). Auf der sicheren Seite liegend wird jedoch bei der Berechnung des Grundwasserzustromes allein die Breite des Abbaugewässers von 472 m berücksichtigt.

Das ungestörte Grundwassergefälle beträgt 0,08 % (s. Abschn. 4.3). Im Grundwasserabsenkungsbereich des Abbaugewässers ergibt sich allein aufgrund der horizontalen Einregelung des Wasserspiegels im See ein Wert von 1,7 % (s. Abschn. 6.2).

Bei aktiver Sandentnahme können sich rechnerisch noch höhere Werte ergeben. Der  $k_f$ -Wert im Grundwasseranstrom des Gewässers wurde gemäß der Ausführungen in Abschnitt 4.3 mit  $2,5 \times 10^{-4}$  m/s gewählt. Der so berechnete Grundwasserzustrom zum See beträgt rd.  $3.163.061 \text{ m}^3/\text{a}$  (Tab. 6). Dieser Wert wurde vereinfachend aus Gründen der Vergleichbarkeit auch bei der Beschreibung der Ausgangssituation angesetzt, obwohl der Grundwasserzustrom hier aufgrund des geringeren Grundwassergefälles geringer ausfällt.

### **Wasserbilanz**

Tabelle 6 fasst die Auswirkungen des Sandabbaus auf die Wasserbilanz der vom Bodenabbau beeinflussten Fläche zusammen. Dargestellt sind der Grundwasserzustrom zum Abbaugewässer, die Grundwasserneubildung und der Wasserverlust aufgrund der Sandentnahme. Angesetzt bei den Betrachtungen wurden die Wasserfläche des geplanten Sees von rd.  $121.000 \text{ m}^2$  sowie die oben erläuterten Abmessungen des Grundwassereinzugsgebietes.

Bei einer angenommenen Sandentnahme von  $100.000 \text{ m}^3/\text{a}$  und der Mehrverdunstung beträgt der durch die Abbaumaßnahme verursachte maximale Wasserverlust rd.  $134.805 \text{ m}^3/\text{a}$ . Dies entspricht etwa 4,1 % der Summe aus Grundwasserzustrom und Grundwasserneubildung der betrachteten Fläche. Nach der Beendigung der Abbautätigkeiten verbleibt der Wasserverlust aufgrund der Mehrverdunstung von rd.  $24.805 \text{ m}^3/\text{a}$  bzw. etwa 0,7 % der Summe aus Grundwasserzustrom und Grundwasserneubildung der betrachteten Fläche.

Tabelle 6: Auswirkungen des Abbauvorhabens auf die Wasserbilanz der vom Bodenabbau beeinflussten Fläche

	Ausgangszustand	bei Erreichen max. Abbaufäche	nach Beendigung Abbau
<b>Grundwasserzustrom zum See</b>			
$k_f$ Anstrombereich [m/s]	$2,5 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$
hydraulisches Gefälle Grundwasser [%]	1,7 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>	1,7 <sup>a</sup>
Einzugsgebietstiefe Abbaugewässer [m]	50	50	50
Einzugsgebietsbreite Abbaugewässer [m]	472	472	472
Grundwasserzustrom [m <sup>3</sup> /a]	3.163.061	3.163.061	3.163.061
<b>Grundwasserneubildung</b>			
Wasserfläche [m <sup>2</sup> ]	121.000		
Niederschlag [mm/a]	823		
Evaporation bzw. Evapotranspiration [mm/a]	519	700	700
Grundwasserneubildung [mm/a]	304	123	123
Grundwasserneubildung [m <sup>3</sup> /a]	36.184	14.883	14.883
<b>Wasserverlust durch Sandentnahme</b>			
maximale Entnahme Sand Feststoff [m <sup>3</sup> /a]	-	-100.000	-
Feststoff-Wasser Verhältnis [1:]	-	3	-
maximale Wasserentnahme [m <sup>3</sup> /a]	-	-300.000	-
Spülverluste	[%]	-	10
	[m <sup>3</sup> /a]	-	-30.000
<b>Wasserverluste durch Matrixverlust</b>			
entwässerbarer Porenanteil Boden [Vol.-%]	-	20	-
Wasserverlust durch Matrixverlust [m <sup>3</sup> ]	-	-80.000	-
<b>Bilanz [m<sup>3</sup>/a]</b>			
	<b>3.199.845</b>	<b>3.067.944</b>	<b>3.177.944</b>
<b>Differenz zu Ausgangssituation</b>	<b>[m<sup>3</sup>/a]</b>	<b>-</b>	<b>-134.805</b>
	<b>[%]</b>	<b>-</b>	<b>-4,1</b>
			<b>-0,7</b>

<sup>a</sup>erhöhtes Gefälle im Anstrom aufgrund horizontaler Einregelung im Abbaugewässer (s. Abschn. 6.2)

Das prognostizierte Grundwassereinzugsgebiet des geplanten Abbaugewässers ist in Anlage 12 dargestellt. Die Lage wurde abgeleitet aus den Grundwassergleichenplänen, der Hydrogeologischen Karte 1:50.000 sowie der Einzugsgebietsbreite nach LFU (2004). Das dargestellte Einzugsgebiet weist eine Fläche von 1,7 km<sup>2</sup> auf. Aus der mindestens zu erwartenden Grundwasserneubildungsrate von 125 mm/a (s. Abschn. 4.1) ergibt sich eine dem Abbaugewässer zuströmende Grundwasserneubildung von 212.500 m<sup>3</sup>/a. Diese liegt deutlich über der Mehrverdunstung von rd. 21.901 m<sup>3</sup>/a. Es ist daher davon auszugehen, dass es durch die Wasserverluste nach Beendigung der Abbautätigkeit (allein durch die Mehrverdunstung) zu keiner Grundwasserabsenkung kommt, die im Hinblick auf die sonstigen Grundwasserspiegeländerungen relevant ist. Eine relevante Minderung des regionalen Grundwasserdargebotes und eine nachhaltige Veränderung der regionalen Wasserbilanz sind zudem durch den geplanten Bodenabbau nicht zu befürchten. Bei der Beschreibung der abbaubedingten Grundwasserspiegeländerungen nach Beendigung des Bodenabbaus wurden daher nur die Änderungen durch die horizontale Einregelung betrachtet (s. Abschn. 6.3).

Die zu erwartenden Wasserverluste während der Abbautätigkeit unter Saugbaggereinsatz von rd. 134.805 m<sup>3</sup>/a liegen deutlich höher als die Mehrverdunstung allein, aber immer noch deutlich unter der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet des Abbaugewässers von 3.067.944 m<sup>3</sup>/a. Es sind daher keine Grundwasserabsenkungen durch Wasserbilanzdefizite zu erwarten, die in relevantem Maße über die Absenkungen durch die horizontale Einregelung des Grundwasserspiegels im Zuge Offenlegung des Grundwassers hinausgehen. Dies begründet sich auch durch die Tatsache, dass die maximale Grundwasserabsenkung durch die horizontale Einregelung des Wasserspiegels erst zum Ende der Abbautätigkeit auftritt, wenn die Auswirkungen der Wasserentnahme und der Matrixverluste bei großer Wasserfläche ihr geringstes Ausmaß erreichen.

## **6.2 Auswirkungen durch horizontale Einregelung**

Mit der Freilegung des Grundwassers im Bereich des Bodenabbaus geht eine Abnahme des jetzigen Grundwassergefälles bis hin zu einem annähernd horizontalen Wasserspiegel einher (KOHM 1980, WROBEL 1980 a, b, Abb. 2). Diese horizontale Einregelung tritt erst nach vollständiger Freilegung der Wasseroberfläche in vollem Ausmaß auf.

Die horizontale Einregelung der Wasseroberfläche im Abbaugewässer bewirkt Grundwasserstandsänderungen sowohl an der Anstromseite (Grundwasserabsenkung) als auch an der Abstromseite (Grundwasseraufhöhung).



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 etwa bis zum ungestörten mittleren Grundwasserstand im Grundwasseranstrom des Gewässers von 4,66 mNHN aufhöhen kann. Eine weitere Aufhöhung ist bei den vorliegenden Sanden nicht zu erwarten. Eine relevante Grundwasserabsenkung im westlichen Bereich des Anstroms des Abbaugewässers entfällt in diesem Fall, hingegen im Osten steigt das Grundwasser auf 0,16 m an. Die Grundwasseraufhöhung im Abstrom des Gewässers nimmt Werte zwischen 0,30 und 0,32 m an.

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

Variante	Bereich		ungestörte mittlere Höhe Grundwasserspiegel [mNHN] <sup>a</sup>	prognostizierte mittlere Höhe Seewasserspiegel [mNHN]	Änderung Grundwasserspiegel [m]
keine Kolmation	Anstrom	Westen	4,66	4,45	-0,21
		Osten	4,50		-0,05
	Abstrom	Westen	4,34		+0,11
		Osten	4,36		+0,09
Kolmation des abstromseitigen Ufers	Anstrom	Westen	4,66	4,66	+/-0
		Osten	4,50		+0,16
	Abstrom	Westen	4,34		+0,32
		Osten	4,36		+0,30

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

Es ist davon auszugehen, dass die Amplitude des Seewasserspiegels mindestens der Amplitude des Grundwasserspiegels von +/- 0,75 m entspricht (s. Abschn. 4.3). Auf der sicheren Seite liegend sollte aber von einer Amplitude des Seewasserspiegels von +/- 1,0 m ausgegangen werden. Entsprechend ist eine Seewasserspiegelschwankung zwischen 3,45 und 5,45 mNHN zu erwarten. Bei ausgeprägter Kolmation der Abbausohle und -böschungen erscheint auch eine Seewasserspiegelhöhe von bis zu 5,66 mNHN möglich. Die Geländehöhen liegen aktuell randlich der Abbaustätte im gesamten östlichen Abschnitt des Abbaugewässers zumindest stellenweise unter dieser Höhe. Daher ist zu empfehlen, hier zur Vermeidung einer Überflutung der an das Abbaugewässer grenzenden Flächen einen Erdwall herzustellen, dessen Kronenhöhe bei mindestens 6,0 mNHN liegt.

### 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) WROBEL (1980):**

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

**d) 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 1,52 m wurde hierbei zudem die mögliche Absenkung durch die horizontale Einregelung im Initialgewässer von 0,03 m angesetzt. Die höchste Reichweite dieser Absenkung um 1,55 m ergibt sich bei der Berechnung nach KUSAKIN (Formal b) mit 172 m. Es ist zu empfehlen, mit dem Sandabbau im Zentrum der Abbaustätte zu beginnen.

Bei der Betrachtung der Reichweiten der langfristigen Grundwasserstandsänderungen wurde keine Grundwasserabsenkung durch die Mehrverdunstung angesetzt (Ab. 6.1). Dies begründet sich durch die Tatsache, dass die Mehrverdunstung im Vergleich zur

Wasserbilanz des Sees und zur Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet des Sees gering ist und daher allenfalls eine vernachlässigbare Grundwasserabsenkung verursacht.

Maximale Absenkungen und Absenkungsreichweiten ergeben sich während des aktiven Sandabbaus bei annähernd vollständig hergestelltem Abbaugewässer. Hier kumulieren sich die Grundwasserabsenkung aufgrund der horizontalen Einregelung und die Absenkung des Seewasserspiegels durch die Sandentnahme von 0,06 m (s. Tab. 8). Die maximale Reichweite ergibt sich in diesem Stadium bei der Berechnung nach KUSAKIN (Formel b) mit 30 m, wo eine Absenkung von insgesamt 0,27 m zu erwarten ist. Die Reichweite nach WROBEL (Formel c) beträgt dagegen nur 17 m, die Reichweite, bis zu der die Absenkung wieder auf 90 % und damit auf  $\leq 0,03$  m abgeklungen ist (Formel d), 7 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 0,32 m im Westen des Abbaugewässers zu erwarten. Diese hat nach KUSAKIN eine Reichweite von 36 m. Nach WROBEL ergibt sich dagegen eine Reichweite von 20 m. Eine Reichweite, bis zu der die Absenkung wieder auf 90 % und damit auf  $\leq 0,03$  m abgeklungen ist, liegt bei 9 m.

Die Reichweiten der prognostizierten maximalen Absenkungen bzw. Aufhöhungen des Grundwasserspiegels sind im Lageplan in Anlage 2 dargestellt. Ausgewählt wurden die Reichweiten nach WROBEL, da es sich bei dem Ansatz anders als bei den Formeln von SICHARDT oder KUSAKIN um eine für Abbaugewässer optimierte Berechnung handelt. Die dargestellten Reichweiten setzen jeweils an der Wasserlinie bei mittlerer Seewasserspiegelhöhe an.

Im Grundwasseranstrom des Abbaugewässers reichen die Grundwasserstandsänderungen nach WROBEL nicht über die Grenze der Abbaustätte hinaus. Im Grundwasserabstrom des das Abbaugewässers liegt die errechnete Reichweite der Grundwasserstandsaufhöhung nach WROBEL im östlichen Bereich der Abbaustätte max. 7 m außerhalb der Abbaugrenze (s. Anlage 2). Die Reichweite, bis zu der die Aufhöhung im Abstrom wieder auf 90 % und damit auf  $\leq 0,03$  m abgeklungen ist, liegt jedoch rechnerisch bei nur 8 m (s.o.). Es ist daher davon auszugehen, dass die Grundwasseraufhöhung auf den angrenzenden Grundstücken maximal wenig cm beträgt und daher als nicht relevant einzustufen ist. Zudem wird eine Grundwasseraufhöhung bei Grundwasserspiegelhöhen über dem ungestörten mittleren Grundwasserstand durch einen neuen Graben am östlichen und südöstlichen Rand der Abbaustätte abgepuffert. Insgesamt ist daher nicht von einer relevanten Grundwasserspiegeländerung außerhalb der Abbaustätte auszugehen.

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]	Grundwassermächtigkeit [m]	Aufhöhung / Absenkung [m]			Methode	Reichweite [m]
						durch horizontale Einregelung	durch Sandentnahme	gesamt		
Initialgewässer	Anstrom	71	71	$2,5 \times 10^{-4}$	150	0,03	1,52	1,55	a)	<b>73</b>
									b)	<b>172</b>
									c)	<b>68</b>
									d)	<b>29</b>
während der Abbautätigkeit	Anstrombereich, Westen	$(\emptyset \times m)^a$	472	$2,5 \times 10^{-4}$	150	0,21	0,06	0,27	a)	<b>13</b>
									b)	<b>30</b>
									c)	<b>17</b>
									d)	<b>7</b>
	Anstrombereich, Osten					0,05	0,06	0,11	a)	<b>5</b>
									b)	<b>12</b>
									c)	<b>7</b>
									d)	<b>3</b>
nach Beendigung Abbautätigkeit, ohne Kolmation	Anstrombereich, Westen	$(\emptyset \times m)^a$	472	$2,5 \times 10^{-4}$	150	0,21	-	0,21	a)	<b>10</b>
									b)	<b>23</b>
									c)	<b>13</b>
									d)	<b>6</b>
	Anstrombereich, Osten					0,05	-	0,05	a)	<b>2</b>
									b)	<b>6</b>
									c)	<b>3</b>
									d)	<b>1</b>

Fortsetzung 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]	Grundwassermächtigkeit [m]	Aufhöhung / Absenkung [m]			Methode	Reichweite [m]
						durch horizontale Einregelung	durch Sandentnahme	gesamt		
nach Beendigung Abbautätigkeit, ohne Kolmation	Abstrombereich, Westen	$(\emptyset \times m)^a$	472	$2,5 \times 10^{-4}$	150	0,11	-	0,11	a)	5
									b)	12
									c)	7
									d)	3
	Abstrombereich, Osten					0,09	-	0,09	a)	4
									b)	10
nach Beendigung Abbautätigkeit, mit Kolmation	Anstrombereich, Westen	472	$2,5 \times 10^{-4}$	150	0,0	-	0,0	a)	0	
								b)	0	
								c)	0	
								d)	0	
	Anstrombereich, Osten	0,15	-	0,15	a)	7				
					b)	17				
					c)	10				
					d)	4				
	Abstrombereich, Westen	0,32	-	0,32	a)	15				
					b)	36				
					c)	20				
					d)	9				
Abstrombereich, Osten	0,30	-	0,30	a)	14					
				b)	33					
				c)	19					
				d)	8					

<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 +/- 0,75 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 Abstrom des geplanten Abbaugewässers zwischen 0,2 bis 2,2 m. Durch die Abbaumaßnahmen werden sich die Werte auf 0,1 bis 2,1 m verringern. Bei einer Kolmation des abstromseitigen Ufers und der Sohle des Abbaugewässers würde eine weitere Verringerung auf -0,1 bis 1,8 m auftreten. Folge dessen könnte das Grundwasser, an der abstromigen Seite des Gewässers, über der Geländeoberkante liegen. Aufgrund der Abstände zwischen Abbaugewässer bzw. Wasserlinie zu den angrenzenden Flächen sowie der Berechnung der Reichweiten dieser Grundwasserstandsänderungen (s. Abschn. 6.3) ist jedoch nicht anzunehmen, dass die maximal zu erwartende Grundwasseraufhöhung in relevantem Maße auf die an die Abbaustätte angrenzenden Flächen reicht und hier zu einer Vernässung führt. Zudem wird der geplante Graben am Rand der Abbaustätte (s. Abschn. 9), welcher eine Tiefe von etwa 0,5 bis 0,8 m aufweisen wird, diese Grundwasserspiegelaufhöhungen abpuffern.

Im Anstrom des Abbaugewässers liegen aktuell mittlere Grundwasserflurabstände zwischen und 1,0 bis 1,9 m vor. Die Werte können sich durch die Abbaumaßnahme auf 1,1 bis 2,2 m erhöhen. Bei einer Kolmation des abstromseitigen Ufers und der Sohle des Abbaugewässers würde diese Erhöhung der Grundwasserflurabstände nahezu 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 einer Verringerung der Wasserversorgung der Vegetation und zu Etragsverlusten auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen kommen. In dem prognostizierten Einflussbereich dieser Grundwasserabsenkung, welcher nicht über die Abbaustätte hinaus reicht, befinden sich jedoch keine entsprechenden Nutzungen sowie keine Baumbestände, welche besonders von Änderungen im kapillaren Aufstieg betroffen sein können.

Im südlichen Randbereich der geplanten Abbaustätte stehen alte Eichen, dargestellt im Lageplan in einer Baumschutzzone (Anlage 2). Der Rand dieser Baumschutzzone liegt im Bereich der berechneten Reichweite der möglichen, abbaubedingten

## Grundwasseraufhöhungen nach WROBEL.

Im Bereich der Baumschutzzone liegen aktuell mittlere Grundwasserflurabstände von 2,04 bis 2,14 m vor. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser zur Wasserversorgung der alten Eichen beiträgt. Da sich die alten Baumbestände im Grundwasserabstrom des Abbaugewässers befinden, kommt es nach der Erstellung des Gewässers in diesem Bereich voraussichtlich zu einer Verringerung des Grundwasserflurabstands im cm-Bereich. Im Falle einer Kolmation des Gewässerufers können sich die Flurabstände auf Werte zwischen 1,7 und 1,8 m verringern. Aufgrund der Abstände zwischen Baumschutzzone und Wasserlinie wird die Änderung jedoch vermutlich geringer ausfallen. Die Verringerung des Grundwasserflurabstandes kann einen positiven Effekt auf die Wasserversorgung der Baumbestände haben. Gleichzeitig ist aufgrund des verbleibenden mittleren Grundwasserflurabstandes von mindestens 1,7 m nicht von einem negativen Effekt, z.B. durch Sauerstoffarmut im Wurzelbereich auszugehen.

Tabelle 9: Grundwasserflurabstand – aktuelle Werte und prognostizierte Werte nach Herstellung des Abbaugewässers (maximal zu erwartende Änderungen)

	Variante 1: ohne Kolmation	Variante 2: Kolmation des abstromseitigen Ufers
<b>Abstrom, Bereich Grundwasseraufhöhung</b>		
Geländehöhe [mNHN]	4,6 bis 6,5	
Mittlere Grundwasserspiegelhöhe [mNHN]		
Ausgangszustand	4,34 bis 4,36	
nach Herstellung Abbaugewässer <sup>a</sup>	4,45 <sup>a</sup>	4,66
Mittlerer Grundwasserflurabstand [m]		
Ausgangszustand	0,2 bis 2,2	
nach Herstellung Abbaugewässer	0,1 bis 2,1	-0,1 bis 1,8
<b>Abstrom, Bereich Grundwasseraufhöhung - Baumschutzzone</b>		
Geländehöhe [mNHN]	6,4 bis 6,5	
Mittlere Grundwasserspiegelhöhe [mNHN]		
Ausgangszustand	4,36	
nach Herstellung Abbaugewässer <sup>a</sup>	4,45	4,66
Mittlerer Grundwasserflurabstand [m]		
Ausgangszustand	2,0 bis 2,1	
nach Herstellung Abbaugewässer	2,0 bis 2,1	1,7 bis 1,8
<b>Anstrom, Bereich Grundwasserabsenkung</b>		
Geländehöhe [mNHN]	5,5 bis 6,6	
Mittlere Grundwasserspiegelhöhe [mNHN]		
Ausgangszustand	4,5 bis 4,66	

	<b>Variante 1: ohne Kolmation</b>	<b>Variante 2: Kolmation des abstromseitigen Ufers</b>
nach Herstellung Abbaugewässer <sup>a</sup>	4,45	4,66
Mittlerer Grundwasserflurabstand [m]		
Ausgangszustand	1,0 bis 1,9	
nach Herstellung Abbaugewässer	1,1 bis 2,2	0,8 bis 1,9

<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 klingt 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 Schwebteilchen (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 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.

Die maximale Wassertiefe des geplanten Abbaugewässers wird etwa 27,45 m betragen, die Oberfläche des Abbaugewässers rd. 12,1 ha (s. Tab. 4). Daraus resultiert eine reduzierte Tiefe von 1,5. Das Auftreten durchmischungsfreier Bereiche und somit meromiktischer

Verhältnisse ist demnach nach LUBW (2005) als ‚mittel‘ zu bewerten. Die berechnete reduzierte Tiefe liegt jedoch genau im Bereich der Grenze zur Einstufung der Meromixisgefahr als ‚gering‘. Es ist daher kein relevanter negativer Einfluss auf das Grundwasser durch anaerobe Prozesse im Gewässer zu erwarten. Dies ist im Rahmen der Beweissicherung (s. Abschn. 11) zu prüfen.

Das geplante Abbaugewässer befindet sich im Grundwasserabstrom des Moorebietes ‚Hollweger Moor‘ (vgl. Ab. 2.2, Lage: s. Anlage 12). Eine Verschlechterung der Qualität des Seewassers und damit des Grundwassers wäre möglich, wenn durch das umliegende Mooregebiet verstärkt gelöste organische Substanzen in das Abbaugewässer eingetragen werden. Dies kann aufgrund von weiteren Zersetzungsprozessen zu Sauerstoffarmut und zur Ausbildung reduzierender Bedingungen führen.

Es wird daher empfohlen vor Beginn des Bodenabbaus den Ist-Zustand der Grundwasserqualität zu dokumentieren.

Insgesamt ist daher kein negativer Einfluss auf das Grundwasser durch anaerobe Prozesse in den Abbaugewässern zu erwarten. Dies ist jedoch im Rahmen der Beweissicherung (s. Abschn. 11) zu prüfen.

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**

Auf Grund der geringen Grundwasserflurabstände und der geringen Wasserdurchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Böden (Geschiebelehm, Erdniedermoor), sind im Umfeld des geplanten Abbaugebiets diverse Entwässerungsgräben eingerichtet worden, welche das anfallende Oberflächenwasser von der Abbaustätte aus in Richtung Norden, Osten und Süden abführen. Einer der Gräben verläuft durch den zentralen Bereich der geplanten Abbaustätte in südliche Richtung. Dieser würde im Zuge der geplanten Abbaumaßnahme entfallen. Stattdessen ist ein neuer Graben geplant, der vom zentralen nördlichen Rand der

Abbaustätte um den östlichen Rand bis zum zentralen südlichen Rand der Abbaustätte verläuft und das Wasser wie der zurückzubauende Graben in einer Richtung Süden verlaufenden Graben abführt. Der Graben wird so dimensioniert, dass er mindestens die maximale Abflussleistung des zurückzubauenden Grabens aufweisen wird (s. Bericht Büro für Geowissenschaften, April 2022).

Der neue Graben wird am Rand der Abbaustätte außerhalb der Umwallung im östlichen Bereich der Abbaustätte hergestellt. Die Sohlhöhe des Grabens wird zwischen 5,35 mNHN im Norden und 3,90 mNHN im Süden liegen. Die Tiefe wird entsprechend näherungsweise 0,5 bis 0,8 m betragen. Der Graben wird somit im Tiefenbereich der oberflächennah anstehenden schluffig-tonigen Sande (Geschiebelehm) sowie der Erdniedermoorauflage liegen.

Die Grabensohle wird überwiegend über der aktuellen mittleren Grundwasserspiegelhöhe liegen. Im Bereich der Einmündung des neuen Grabens in den Graben südlich der Abbaustätte entspricht die Sohlhöhe derjenigen des vorhandenen Grabens von 3,90 mNHN. Sie liegt damit unter der in diesem Bereich gem. Grundwassergleichenplan in Anlage 11 zu erwartenden mittleren Grundwasserspiegelhöhe von ca. 4,3 mNHN. Dennoch ist auch hier keine wesentliche Grundwasserabsenkung unter den mittleren Ausgangs-Grundwasserspiegel zu erwarten, da bereits die Sohle des vorhandenen Grabens unter dem mittleren Grundwasserspiegel liegt. Zudem wird der Einfluss des Grabens auf den Grundwasserspiegel im sandigen Hauptgrundwasserleiter aufgrund der geringen Wasserleitfähigkeit der oberflächennah anstehenden Bodenmaterialien eingeschränkt sein. Der Graben wird vor allem Oberflächenwasser und Schichtwasser sowie bei hohen Grundwasserständen über dem mittleren Grundwasserspiegel in gewissem Umfang auch Grundwasser abführen. Ein negativer Einfluss des Grabens auf die Wasserversorgung der Vegetation angrenzender Flächen ist daher nicht zu erwarten.

Ein weiterer Graben, der nördlich der Abbaustätte verläuft und seinen Abfluss in einen Richtung Norden verlaufenden Graben abführt, wird in seinem jetzigen Zustand verbleiben.

Aufgrund des Ersatzes des zurückzubauenden Grabens, des Erhaltens weiterer Gräben und der insgesamt geringen zu erwartenden Grundwasserspiegeländerungen am Abbaugewässer ist nicht damit zu rechnen, dass die Abbaumaßnahme einen relevanten Einfluss auf andere Oberflächengewässer haben wird.

## **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 vier Grundwassermessstellen GWM 1, 2, 3 und 4 aufzuzeichnen. Bei den Doppelmessstellen sind jeweils der flache und der tiefe Pegel in die Messung einzubeziehen.

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 2, 3 bis 4 im Abstrom des Abbaugewässers, aus der Messstelle GWM 1 (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 durch eine Untersuchung des Grundwassers aus allen Grundwassermessstellen (GWM 1 bis 4) den Ist-Zustand der Grundwasserqualität zu klären. Im Zuge dieser Untersuchung sollte ein möglicher Einfluss, der in Abschnitt 2.2 beschriebenen Moorfläche bzw. des Naturschutzgebiet im Bereich des Grundwassereinzugsgebietes des Abbaugewässers geklärt werden. Der Analysenumfang im Zuge dieser Voruntersuchung sollte die in Tabelle 10 aufgeführten Parameter umfassen.

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 Ammerland 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 Sandabbaus der Fa. Post im Ortsteil Ihausen der Stadt Westerstede, welche 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 vier an der Abbaustätte installierten Grundwassermessstellen und einer Auswertung der Daten mit Hilfe langjähriger Messwerte aus Referenzmessstellen des NLWKN wurde für das geplante Abbaugewässer eine mittlere Seewasserspiegelhöhe von 4,45 mNHN prognostiziert. Durch eine spätere Kolmation der Gewässersohle und des abstromseitigen Ufers kann sich der mittlere Wasserspiegel ggf. auf etwa 4,66 mNHN erhöhen. Bei einer maximal zu erwartenden Amplitude des Seewasserspiegels von +/- 1 m ist entsprechend mit einer maximalen temporären Seewasserspiegelhöhe von 5,66 mNHN zu rechnen.

Im östlichen Teilbereich der Abbaustätte liegen die Randbereiche z.T. unter der oben genannten maximal zu erwartenden Seewasserspiegelhöhe. Daher soll hier ein Erdwall mit einer Kronenhöhe von  $\geq 6,0$  mNHN errichtet werden, um eine Überflutung der an die Abbaustätte angrenzenden Flächen zu verhindern.

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 nicht zu relevanten Grundwasserstandsänderungen außerhalb der Abbaustätte führen wird.

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 der Abbaufäche begonnen wird.

Die Ausbildung durchmischungsfreier Zonen am Grund des Abbaugewässers kann aufgrund der Gewässergeometrie als unwahrscheinlich bewertet werden.

Im Zuge der Abbaumaßnahme soll ein durch die Abbaufäche verlaufender Entwässerungsgraben durch einen neuen, entlang des östlichen Randes der Abbaustätte verlaufenden Graben mit gleicher Abflussleistung ersetzt werden. Ein für die Entwässerung der angrenzenden Flächen zusätzlich genutzter Graben nördlich der Abbaustätte bleibt in seiner aktuellen Form erhalten. Der Bodenabbau wird daher keinen relevanten Einfluss auf.

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, 11. April 2022



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 Landschaftspfl., 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.
- 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 Landschaftspfl., 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.
- 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 Landschaftspfl., Tagungsber., 6 („Baggerseen und Naturschutz“): 139-162. Laufen.
- SICHARDT, W. (1928): Das Fassungsvermögen von Rohrbrennen und seine Bedeutung für die Grundwasserabsenkung, insbesondere für größere Absenkungstiefen. Springer, Berlin.
- 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).
- 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: Bohrprofile geologische Aufschlussbohrungen ,Ihausen D ‘ und ,Ihorst 6 ‘

Anlage 4: (Hydro-)Geologischer Profilschnitt ,Leda Jümme rechts PS03/PS 200034‘

Anlage 5: Bohrprofile und Ausbauzeichnungen Grundwassermessstellen

Anlage 6: Profile Drucksondierungen

Anlage 7: Ergebnisse Korngrößenanalysen

Anlage 8: Messwerte Grundwassermessstellen

Anlage 9: Messwerte Grundwassermessstelle ,Ihorst I‘, NLWKN 2000 - 2022

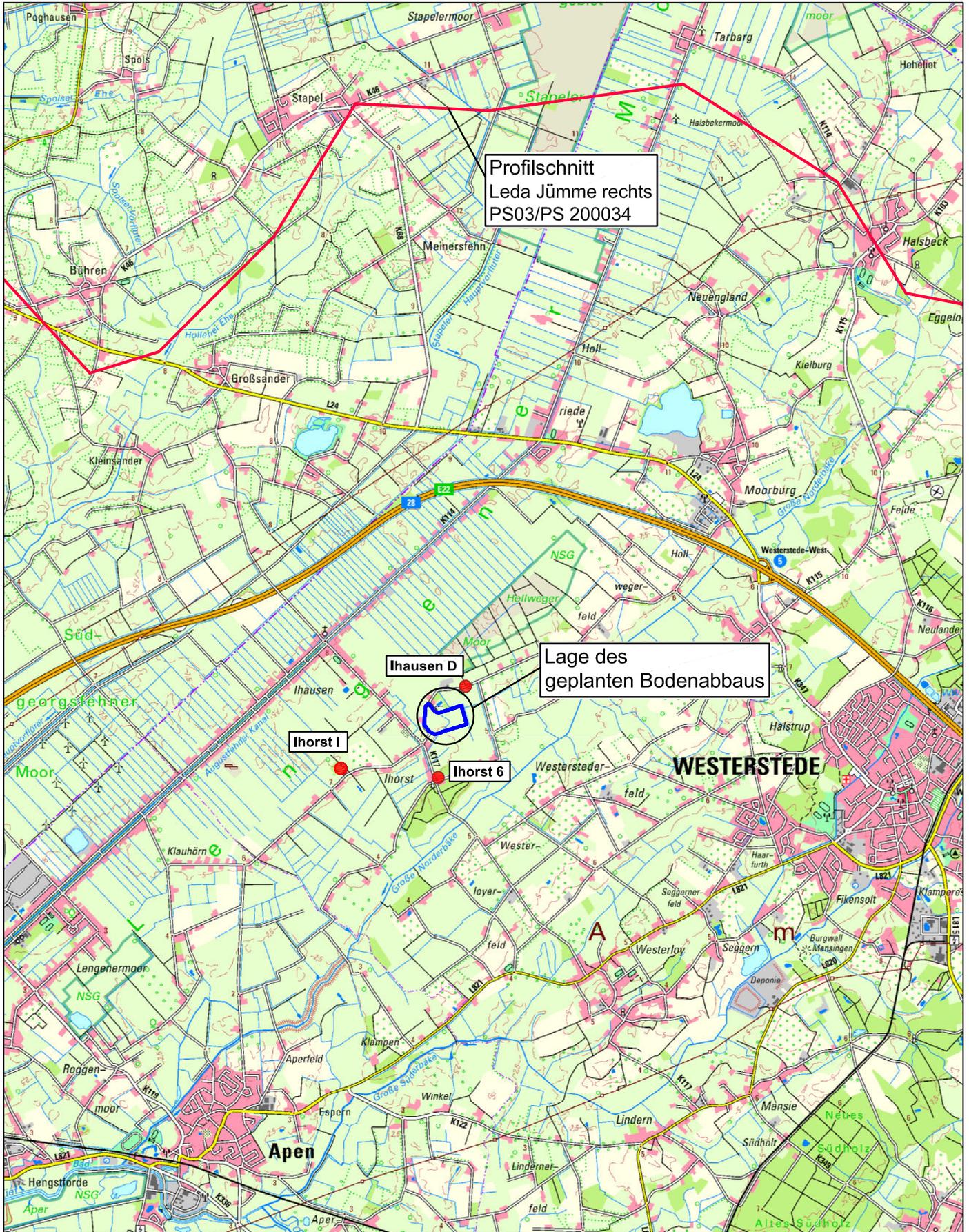
Anlage 10: Ausbauzeichnungen der Referenzrmmessstellen ,Ihorst I‘, NLWKN

Anlage 11: Grundwassergleichenpläne

Anlage 12: Plan Grundwassereinzugsgebiet Abbaugewässer

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

## **Anlage 1: Übersichtskarte**



Profilschnitt  
Leda Jümme rechts  
PS03/PS 200034

Lage des  
geplanten Bodenabbaus



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Projekt: 3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen

Ihausen, Westerstede

Anlage 1: Übersichtskarte

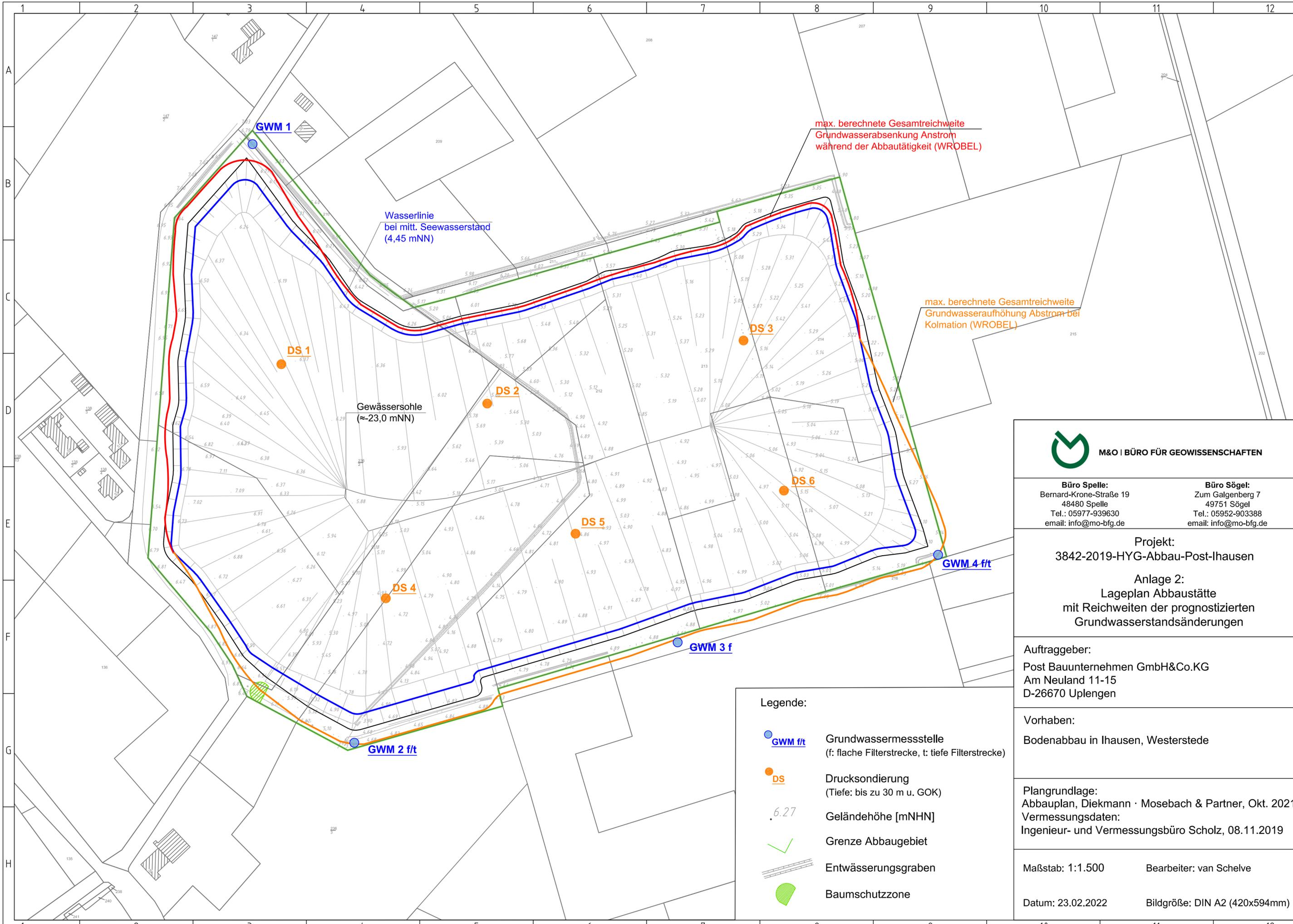
Quelle: Umweltkarten Niedersachsen, LGLN 2022

Maßstab: 1:60.000 (DIN A4)

Datum: 24.02.2022

Bearbeiter: van Schelwe

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



**GWM 1**

Wasserlinie  
bei mitt. Seewasserstand  
(4,45 mNN)

**DS 1**

Gewässersohle  
(≈-23,0 mNN)

**DS 2**

**DS 5**

**DS 4**

**DS 3**

**DS 6**

max. berechnete Gesamtreichweite  
Grundwasseraufhöhung Abstrom bei  
Kolmation (WROBEL)

max. berechnete Gesamtreichweite  
Grundwasserabsenkung Anstrom  
während der Abbautätigkeit (WROBEL)

**GWM 4 ft**

**GWM 3 f**

**GWM 2 ft**

**Legende:**

- GWM ft** Grundwassermessstelle  
(f: flache Filterstrecke, t: tiefe Filterstrecke)
- DS** Drucksondierung  
(Tiefe: bis zu 30 m u. GOK)
- 6.27** Geländehöhe [mNHN]
- Grenze Abbaugelände
- Entwässerungsgraben
- Baumschutzzone



**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:**  
3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen

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

**Auftraggeber:**  
Post Bauunternehmen GmbH&Co.KG  
Am Neuland 11-15  
D-26670 Uplengen

**Vorhaben:**  
Bodenabbau in Ihausen, Westerstede

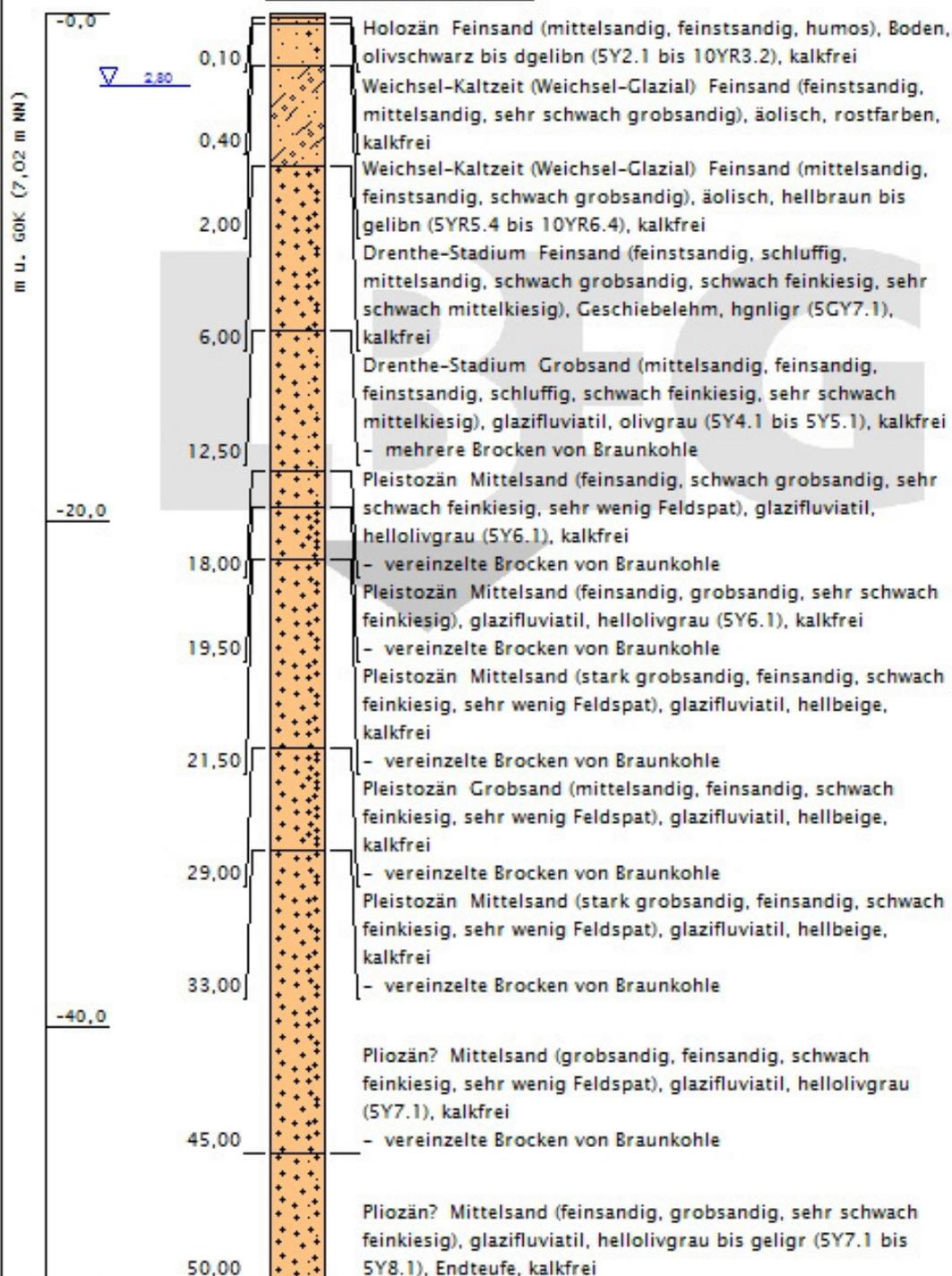
**Plangrundlage:**  
Abbauplan, Diekmann · Mosebach & Partner, Okt. 2021  
**Vermessungsdaten:**  
Ingenieur- und Vermessungsbüro Scholz, 08.11.2019

**Maßstab:** 1:1.500 **Bearbeiter:** van Schelvel

**Datum:** 23.02.2022 **Bildgröße:** DIN A2 (420x594mm)

**Anlage 3:** Bohrprofile geologische Aufschlussbohrungen ,IhausenD‘  
und ,Ihorst 6 ‘

**Ithausen D 2713/1/91**



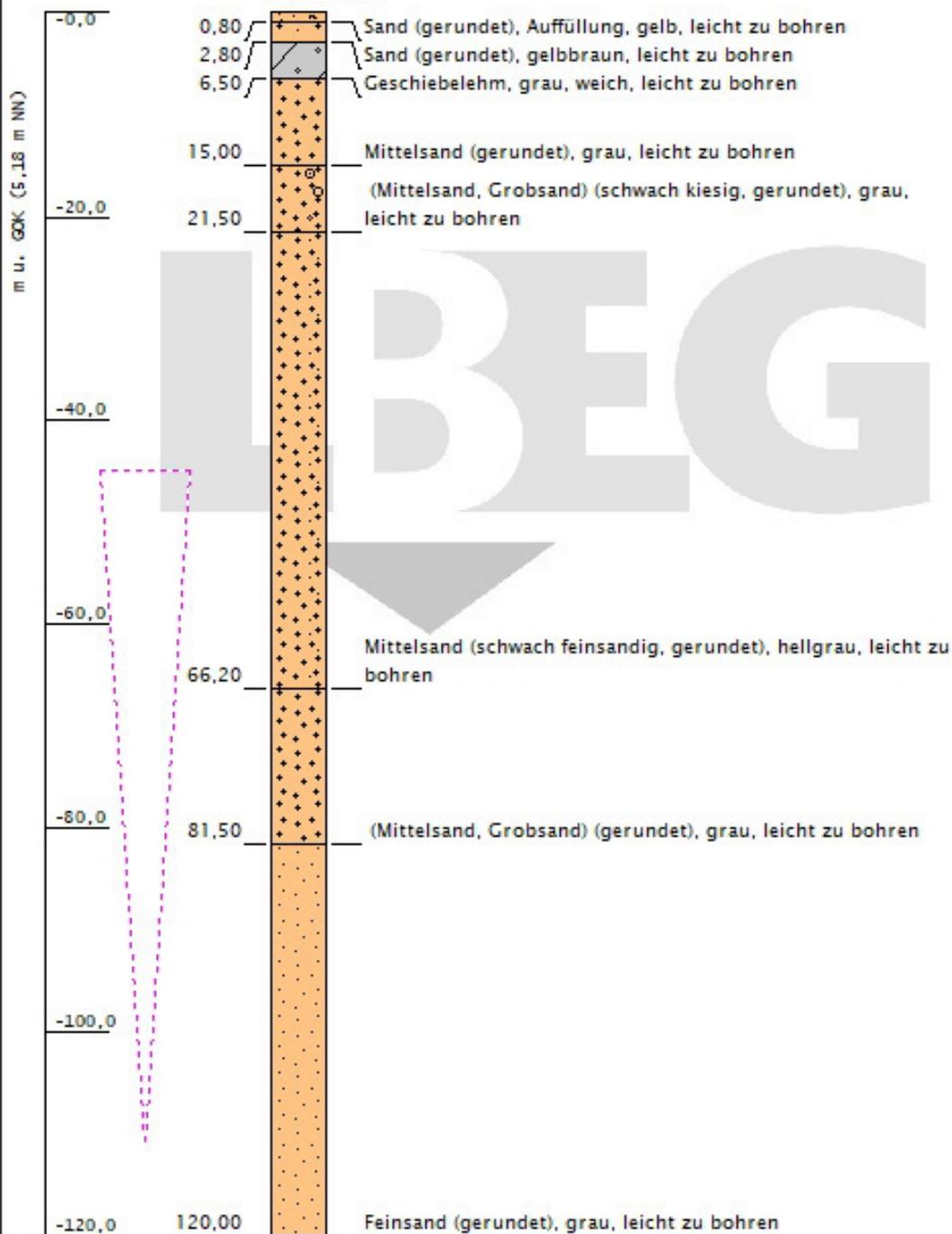
Das LBEG ist als Bergbehörde nicht nur für Niedersachsen, sondern für alle Bohrungen in der Nordsee sowie für die Bohrungen ab 100 m Bohrstrecke in den Ländern Schleswig-Holstein, Hamburg und Bremen zuständig. Alle anderen Bearbeitungen erfolgen in den jeweiligen geologischen Landesämtern. Für bergrechtliche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

Höhennaßstab: 1:220

Erstellt mit Ge00in am 08.02.2019 16:31:51

Ost: 32423369,49	Nord: 5902649,70	Höhe: 7,02 m zu NN
Bohrungszweck: Geologische Aufschlussuntersuchung		
Bohrfirma: NLfB - Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung		
Endteufe der Bohrung in m u. Ansatzpunkt: 50,00		
Autor: Kuster		Bohrzeit: 01.01.1991 bis 01.01.1991
TK25: 2713	Archivfachbereich: GE	Archivnummer: 1
Archiv-Nr.:		Aufschlusskurzbez.: D 2713/1
Ortsbezeichnung:		
Landkreis: Ammerland		Gemeinde: Westerstede

**Ihorst-6**



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: 1:550

Erstellt mit GeoDin am 20.01.2022 14:54:02

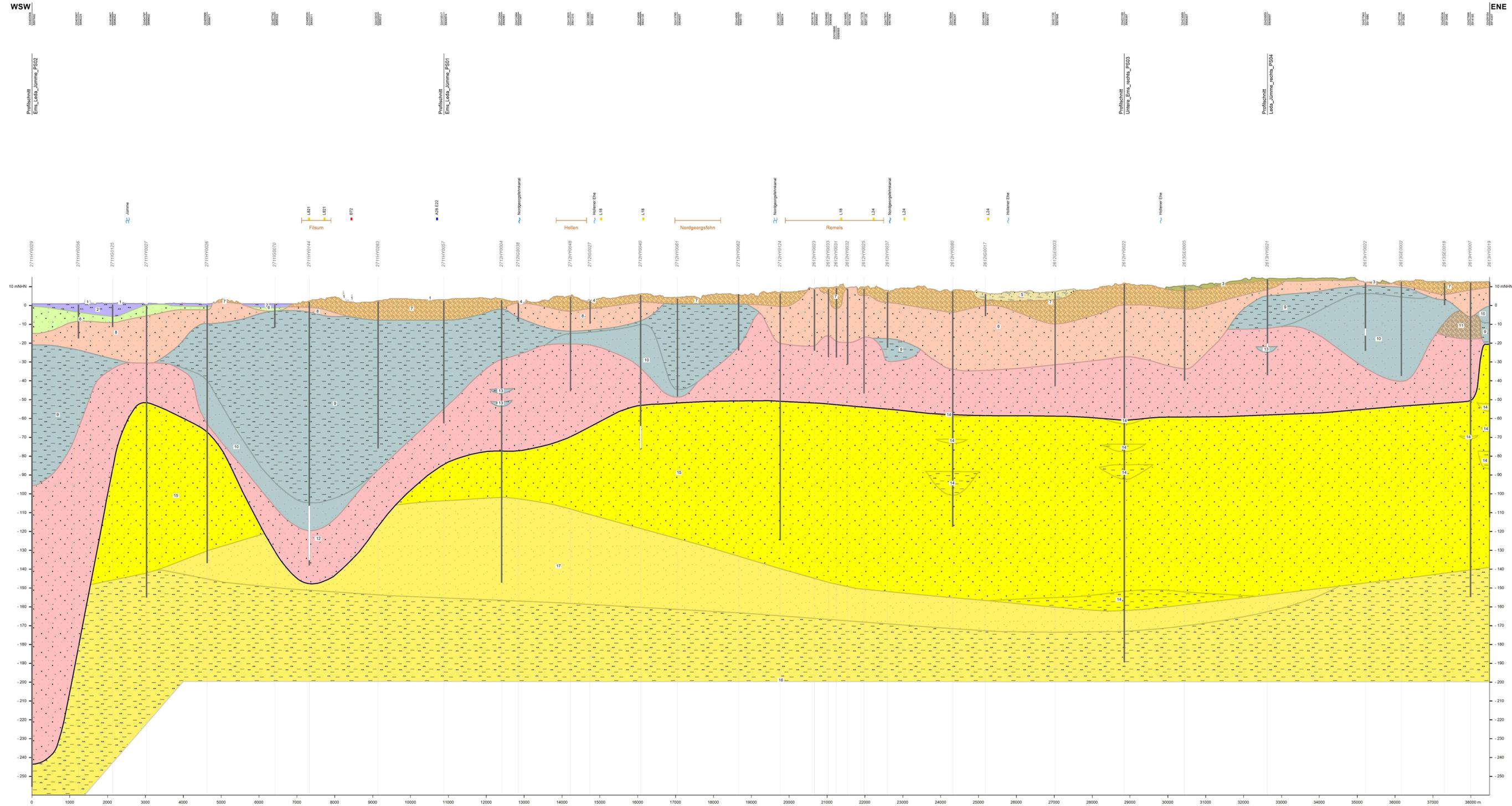
Ost: 32423052,82	Nord: 5901596,94	Höhe: 5,18 m zu NN
Bohrungszweck: Erdwärmegewinnung		
Bohrfirma: Erdbohrtechnik Brüntjen GmbH		
Endteufe der Bohrung in m u. Ansatzpunkt: 120,00		
Autor:		Bohrzeit: 24.07.2017 bis 24.07.2017
TK25: 2713	Archivfachbereich: HY	Archivnummer: 330
Archiv-Nr.:		Aufschlusskurzbez.:
Ortsbezeichnung: Ihorst, Gemarkung: Westerstede, Flurstück: 84, 231/1		
Landkreis: Ammerland		Gemeinde: Westerstede

**Anlage 4:** (Hydro-)Geologischer Profilschnitt ,Leda Jümme rechts  
PS03/PS 200034‘



## Leda\_Jümme\_rechts\_PS03 / PS\_200034

- Geologischer Profilschnitt -



### Generallegende

- Topographie**
- Bundesautobahn
  - Bundesstraße
  - Landstraße
  - Fluss, Kanal
  - See
  - Ortslage

### Thematik

- Bohrung mit BID
- Filterstrecke
- Geologische Schicht
- Schuppe
- Quartärbasis
- Störung
- Untere Profiligenze

### Legende der geologischen Einheiten

#### Stratigraphie / Petrographie / Genese

- 1. Holozän, künstlicher Auftrag / Auffüllung
- 2. Holozän / Schluff-Ton (müdig), Torf (lagenweise) / brackisch-marin
- 3. Holozän / Torf / Hochmoor
- 4. Holozän / /
- 5. Weichsel-Kaltzeit-Holozän / Sand, Torf / periglazial
- 6. Weichsel-Kaltzeit / Sand / fluvial
- 7. Drenthe-Stadium / Ton, Schluff, Sand, Kies / Geschiebelehm, Geschiebermel
- 8. Drenthe-Stadium / Sand / glazifluvial
- 9. Lauenburg-Schichten / Ton-Schluff / Beckenablagerung
- 10. Lauenburg-Schichten / Feinsand (schluffig) / Beckenablagerung
- 11. Elster-Kaltzeit / Ton, Schluff, Sand, Kies / Geschiebelehm, Geschiebermel
- 12. Elster-Kaltzeit / Sand / glazifluvial
- 13. Elster-Kaltzeit / Schluff / Beckenablagerung
- 14. Pliozän / Ton, Schluff / terrestrisch
- 15. Pliozän / Sand /
- 16. Miozän / Ton, Schluff /
- 17. Miozän / Feinsand (schluffig) /

**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 Gesamtbild zusammengefasst. Im Lockergesteinsbereich sind Bohrungen aus der "Bohrdatenbank Niedersachsen" (NIBIS-BDN) die wichtigsten Eingangsdaten für die Konstruktion der Schnitte. Im Festgesteinsbereich liefern Lagerungs- und Mächtigkeitsangaben der Gesteinsabschnitte zusätzliche Angaben zum Aufbau des Untergrundes.

Der Maßstab der geologischen Profilschnitte ist 1: 50 000. Daher konnten Lockergesteinsabschnitte erst ab einer Mächtigkeit von mehr als 1 m und Festgesteinsabschnitte ab einer Mächtigkeit von mehr als 10 m dargestellt werden. Um die Lesbarkeit der Profilschnitte zu verbessern, mussten sie überhöht dargestellt werden, wobei für Lockergesteinsabschnitte eine 50fache, für Festgesteinsabschnitte 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.

Die Schichten wurden anhand der wichtigsten stratigraphischen, petrographischen und genetischen Eigenschaften zusammengefasst. Auf Grund der maßstabsbedingten Generalisierung wurden dabei nur dominierende Eigenschaften dargestellt. Nur lokal vorkommende, geringmächtige Einschaltungen oder kleinstufig vertretene 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 Lockergesteinsabschnitte direkt durch die Bohrpunkte verlaufen, werden die Bohrungen für die Festgesteinsabschnitte auf eine gerade Schnittlinie projiziert. Für Bohrungen die zu Grundwassermessstellen oder Brunnen ausgebaut wurden gibt es zusätzlich Angaben zur Lage der Filterstrecken.

**Thematische Grundlage**  
 Röhm et al. (2009): Grundwasser-Monitoring - Erstellung Geologischer und Hydrostratigraphischer Schnitte zur Umsetzung der EG-WRRL 2007/2009.  
 Röhm, H. & Wittholt, M.: Projektdokumentation, Übersichtskarte, 142 Profilschnitte; Hannover (unveröff. Archiv, 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 Elbracht  
 Fon: +49 511 643-3613  
 Fax: +49 511 643-533613  
 Joerg.Elbracht@beg.niedersachsen.de



# Hydrostratigraphischer Profilschnitt in Niedersachsen

Länge 1 : 50 000 / Höhe 1 : 1 000

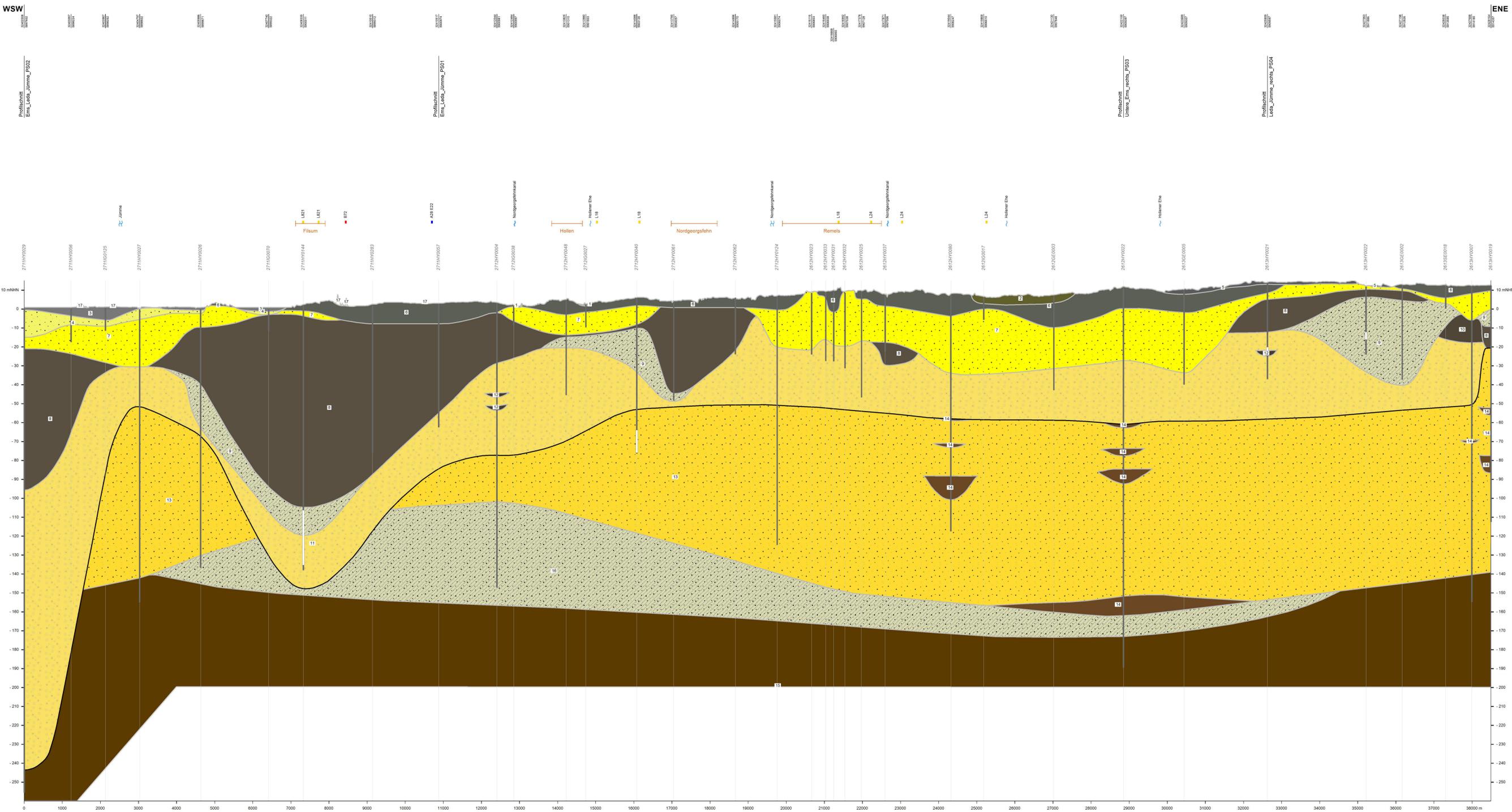
Leda\_Jümme\_rechts\_PS03 / PS\_200034



Niedersachsen  
Ausgabe vom 25.05.2020

## Leda\_Jümme\_rechts\_PS03 / PS\_200034

- Hydrostratigraphischer Profilschnitt -



- ### Generallegende
- Topographie**
- Bundesautobahn
  - Bundesstraße
  - Landstraße
  - Fluss, Kanal
  - See
  - Ortslage
- Thematik**
- Bohrung mit BID
  - Filterstrecke
  - Grundwasserleiter
  - Grundwasserhemmer
  - Schuppe
  - Quartärbasis
  - Störung
  - Untere Profilgrenze

**Durchlässigkeit (Kf-Wert in m/s)**

sehr hoch (>1E-2)	äußerst gering (>1E-9)
hoch (>1E-3 - 1E-2)	sehr hoch bis hoch (>1E-3)
mittel (>1E-4 - 1E-3)	mittel bis mäßig (>1E-5 - 1E-3)
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
- 1 H/L / Schichten nicht eindeutig zuzuordnen, Stauchungszone, stark gestörte Schichten / stark variabel
  - 2 H1-H2 / Ton, Schluff, Torf, Geschiebemergel-/lehm, Torf / gering
  - 3 H1.1 / Ton, Schluff / gering bis äußerst gering
  - 4 L1.2 / Sand, Kies, Muschelschill, Travertin / mittel bis mäßig
  - 5 H1.3 / Torf / gering bis äußerst gering
  - 6 H3 / Geschiebemergel-/lehm, Schluff, Ton / gering
  - 7 L3 / Sand, Kies / mittel
  - 8 H4.1 / Schluff, Ton, Torf / gering
  - 9 H4.1-L4.1 / Schluff, Ton, Torf, Sand, Feinsand, schluffig / sehr gering bis mäßig
  - 10 H4.2 / Geschiebemergel-/lehm / gering
  - 11 L4.2 / Kies, Sand / hoch
  - 12 H4.3 / Ton, Schluff / gering
  - 13 L4.3 / Sand / mittel
  - 14 H4.4 / Ton, Schluff / gering bis äußerst gering
  - 15 H7 / Ton, Schluff, Braunkohenschluffe und -tone / gering bis äußerst gering
  - 16 H7-L5 / Ton, Schluff, Braunkohenschluffe und -tone, Sand, Braunkohle führend / äußerst gering bis mäßig
  - 17 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 Grundwasserbedeckung 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 Schritte 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 Rinnenfanken oder sehr steil einfallenden Schichten zu berücksichtigen ist.

Zusätzlich enthalten die Profilschnitte Angaben zu den wichtigsten topographischen Elementen (Straßen, 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 Grundwasserermessstellen 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 Bodeninformationssystems NIBIS®, <http://nibis.lbeg.de/cardomap3>; Hannover.

REUTTER, E. (2011): Hydrostratigraphische Gliederung Niedersachsen – Geofakten 21: 11 S.; Hannover (LBEG).

**Topographische Grundlage**

Auszug aus den Geobasedaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, www.gli.niedersachsen.de, www.lgn.niedersachsen.de © 2005

Auszug aus Daten des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, www.nlwkn.niedersachsen.de, Aktualisierungsstand: Juli 2009

**Ansprechpartner**

Abteilung "Bergbauliche und geologische Grundlagen"

- Referat Hydrogeologische Grundlagen -

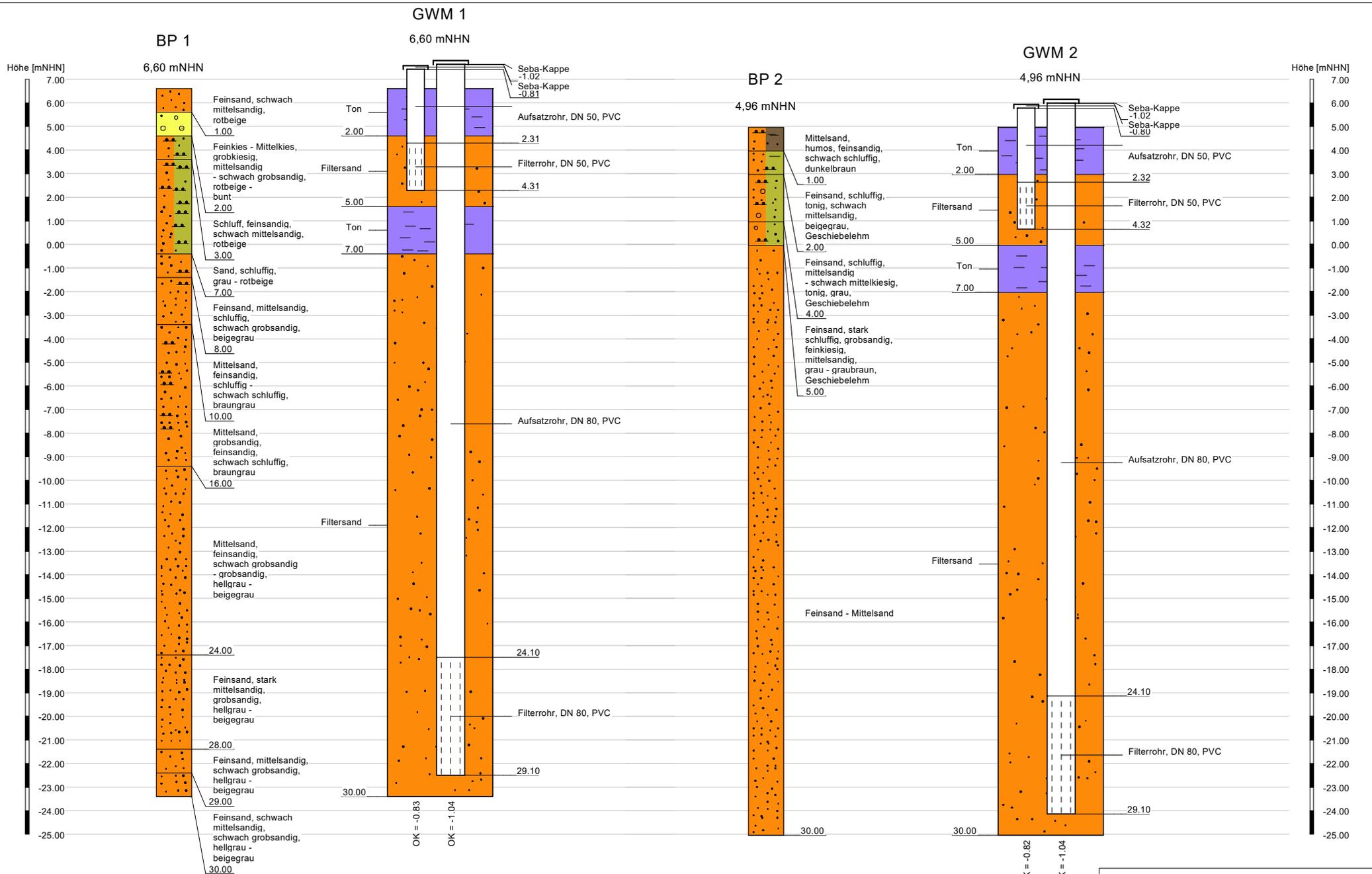
Dr. Jörg Elbracht

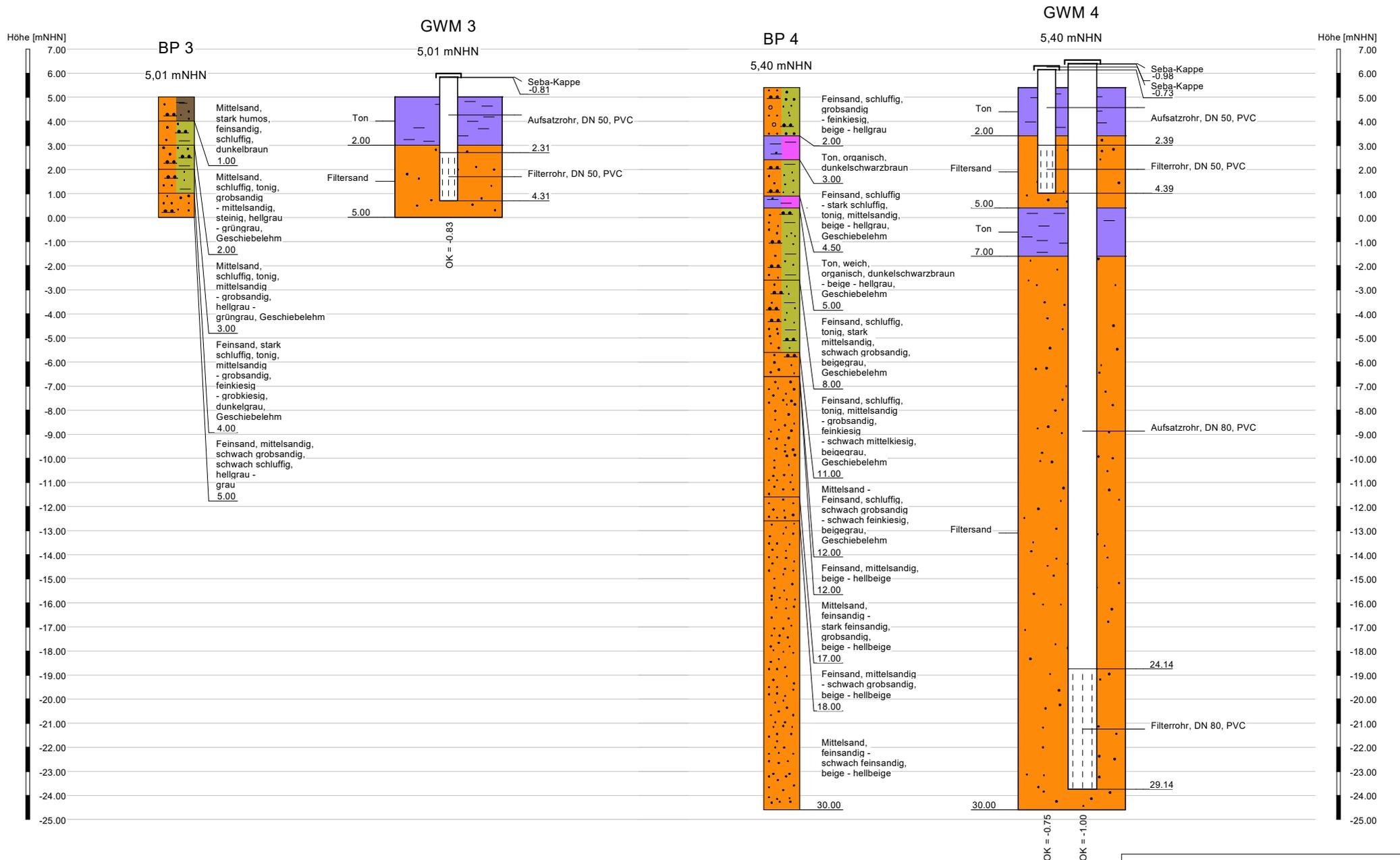
Fort: +49 511 643-3613

Fax: +49 511 643-533613

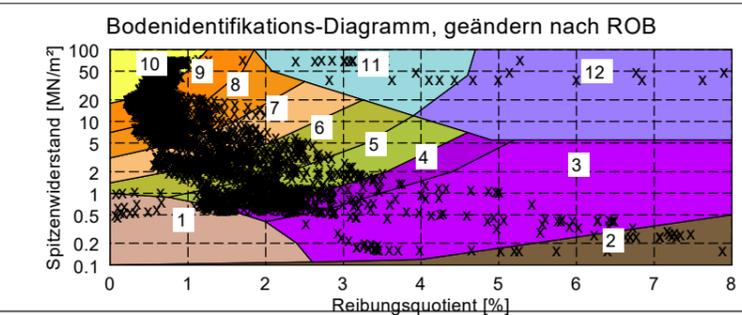
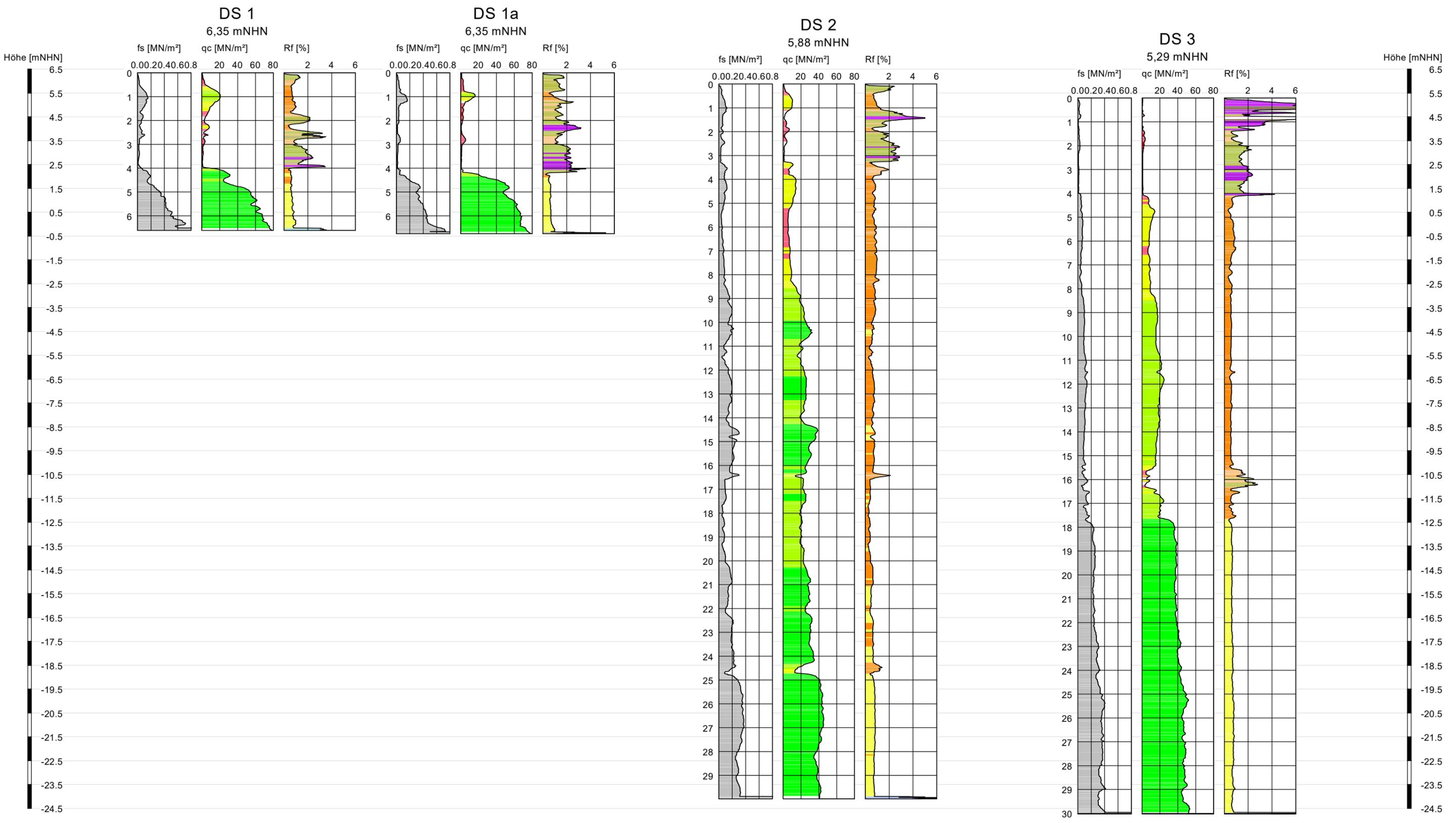
Joerg.Elbracht@lbeg.niedersachsen.de

## **Anlage 5:** Bohrprofile und Ausbauzeichnungen Grundwassermessstellen





## **Anlage 6: Profile Drucksondierungen**



**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:**

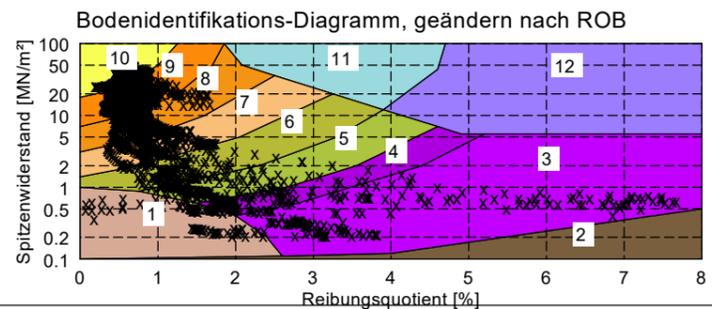
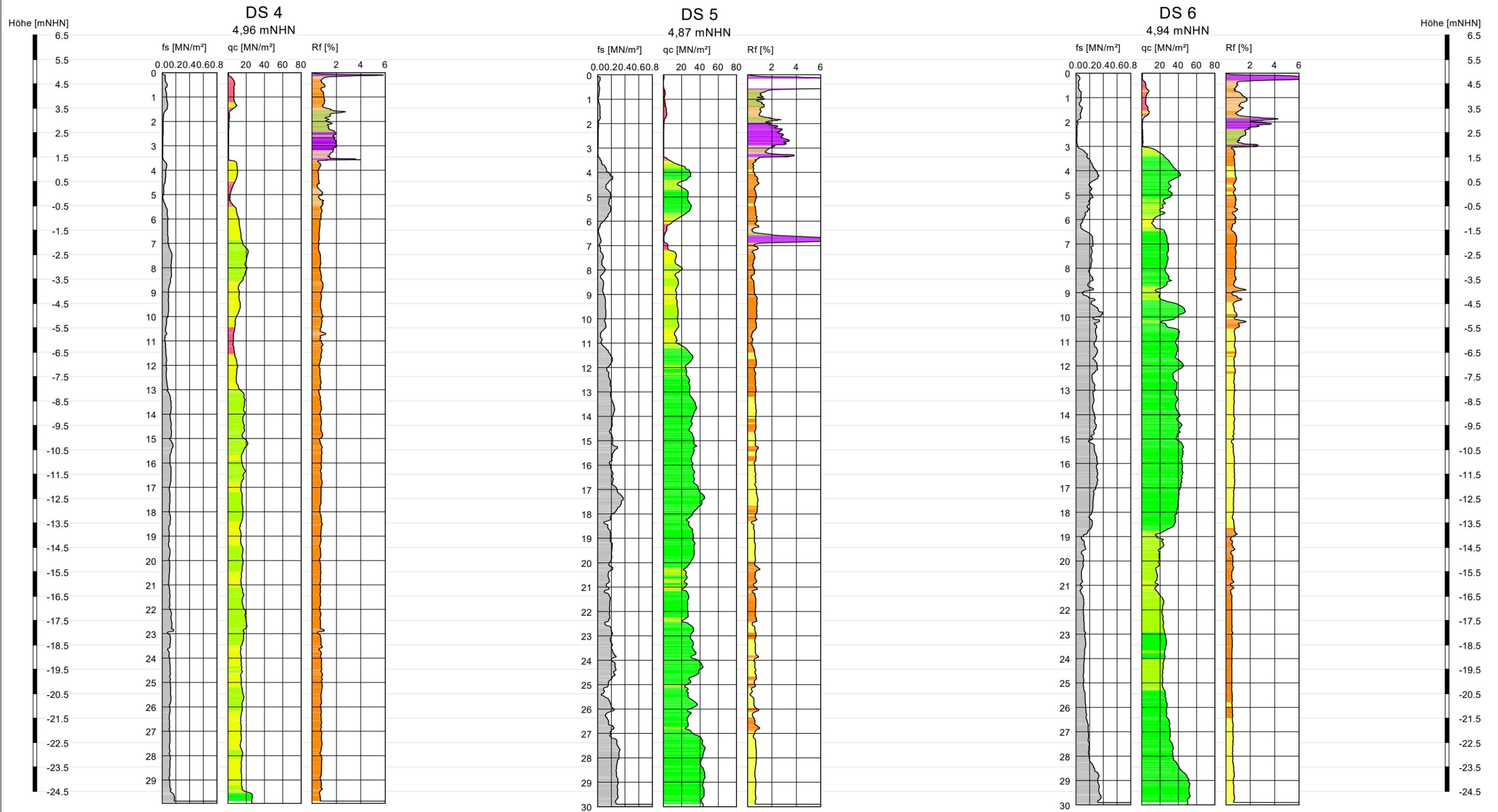
fs: Mantelreibung  
qc: Spitzenwiderstand  
Rf: Reibungsverhältnis

**M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN**

Projekt: 3842-2019  
Sandabgrabungen - Post Bauunternehmen

Anlage:  
Drucksondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:150 (DIN A3)  
Datum: 05.12.2019      Bearbeiter: Schlenzek



- 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: 3842-2019  
 Sandabgrabungen - Post Bauunternehmen  
 Anlage:  
 Drucksondierdiagramme  
 Maßstab: Höhe: 1:150 (DIN A3)  
 Datum: 05.12.2019      Bearbeiter: Schlenzek

## **Anlage 7: Ergebnisse Korngrößenanalysen**



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 13.01.2022

# Körnungslinie

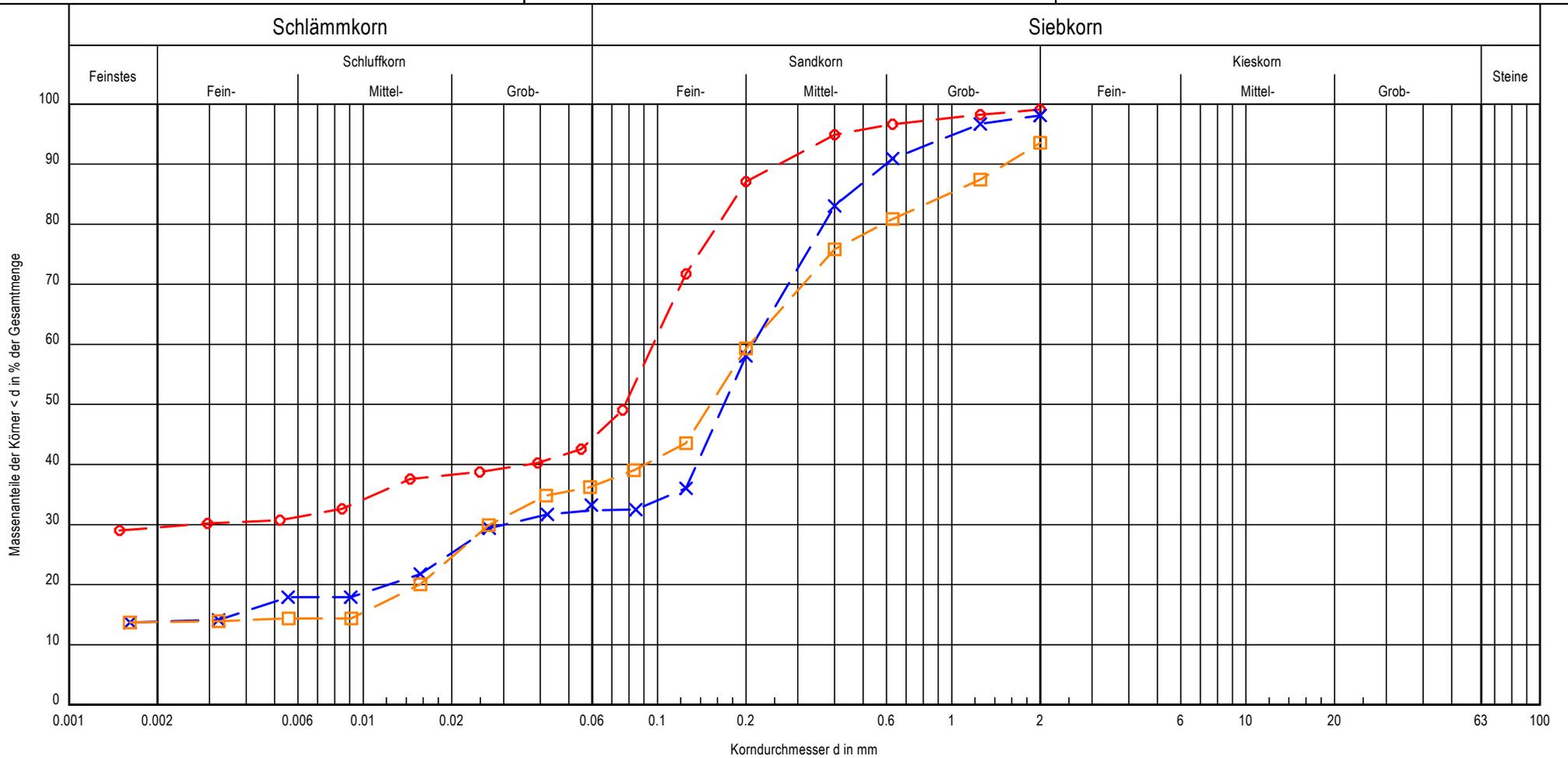
DIN 18123

Prüfungsnummer: 3842-2019

Probe entnommen am: Nov. 2020

Art der Entnahme: Spülbohrung

Arbeitsweise:



Bezeichnung:	KA-GWM1-1	KA-GWM1-2	KA-GWM2-11	Bemerkungen:	Bericht: 3842-2019 Anlage: Körnungslinie GWM1-5-6
Entnahmestelle:	GWM1	GWM1	GWM 2		
Entnahmetiefe:	2 bis 3 m u.GOK	3 bis 6 m u. GOK	1 bis 4 m u. GOK		
Bodenart:	fS, t, u, ms'	S, u, t'	S, u, t'		
Bodengruppe:		SU*	SU*		
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-		
T/U/S/G [%]:	29.4/15.6/55.0/-	13.8/18.6/67.6/-	13.7/23.0/63.3/-		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 13.01.2022

# Körnungslinie

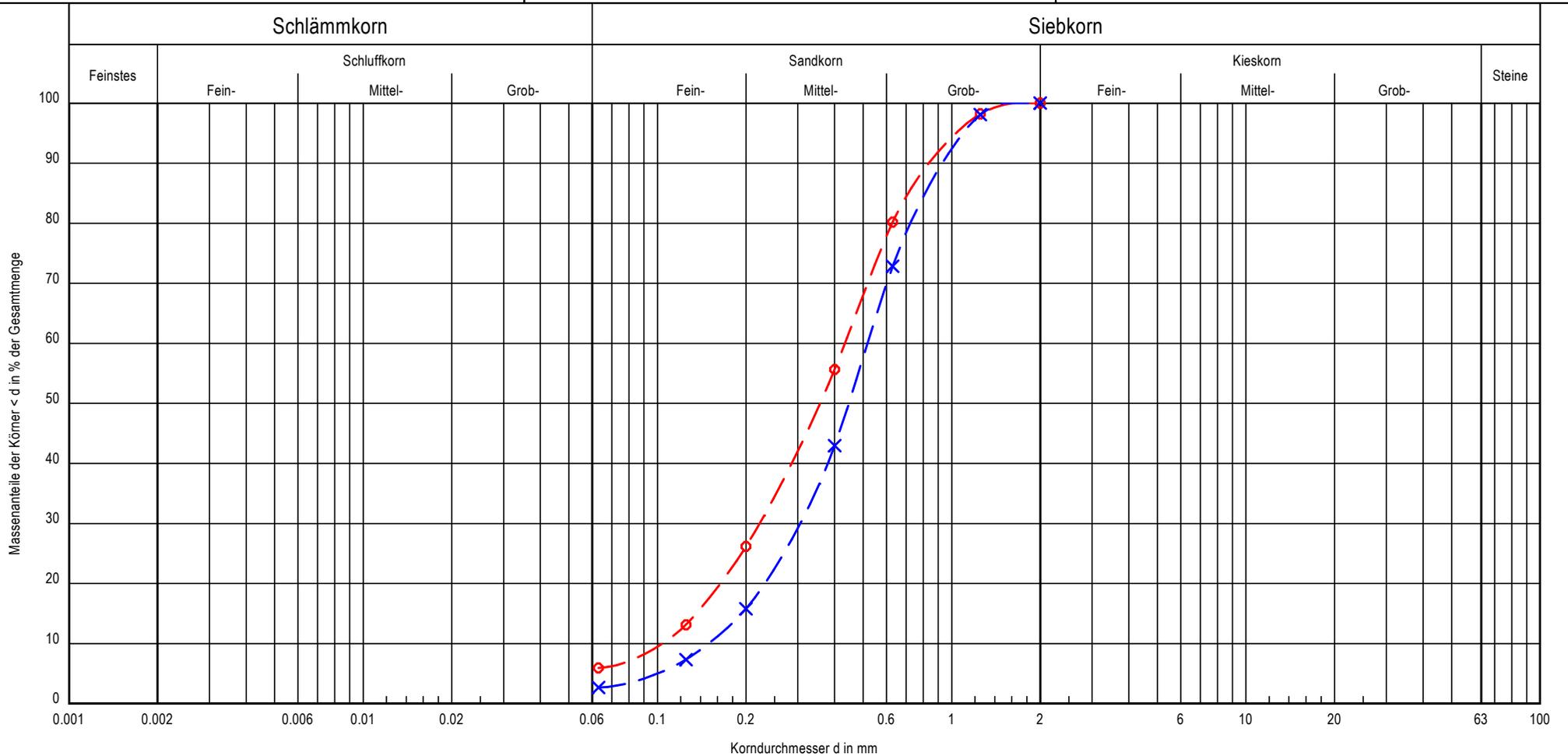
## DIN 18123

Prüfungsnummer: 3842-2019

Probe entnommen am: Nov. 2020

Art der Entnahme: Spülbohrung

Arbeitsweise:



Bezeichnung:	3842-2019-GWM1-3	3842-2019-GWM1-4	Bemerkungen:	Bericht: 3842-2019 Anlage: Körnungslinie GWM1-5-6
Bodenart:	mS, fs, gs, u'	mS, gs, fs'		
Bodengruppe:	SU	SE		
k [m/s] (Beyer):	$9.8 \cdot 10^{-5}$	$2.0 \cdot 10^{-4}$		
Entnahmestelle:	3842-2019-GWM1-3	3842-2019-GWM1-4		
Cu/Cc	4.2/1.1	3.5/1.2		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 12.01.2022

# Körnungslinie

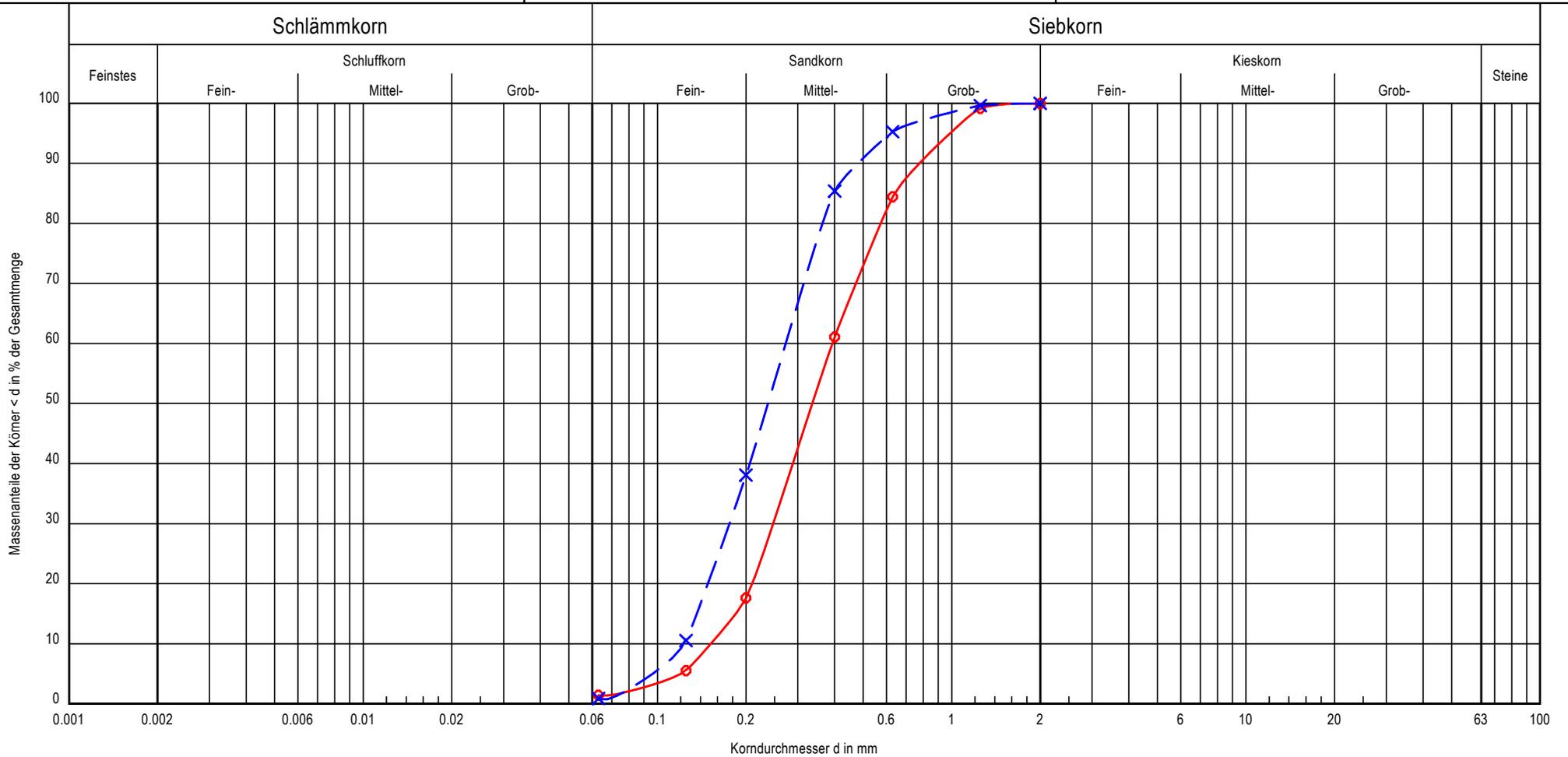
DIN 18123

Prüfungsnummer: 3842-2019

Probe entnommen am: Nov. 2020

Art der Entnahme: Spülbohrung

Arbeitsweise:



Bezeichnung:	3842-2019-GWM1-5	3842-2019-GWM1-6	Bemerkungen:	Bericht: 3842-2019 Anlage: Körnungslinie GWM1-5-6
Bodenart:	mS, fs, gs	mS, fs, gs'		
Bodengruppe:	SE	SE		
k [m/s] (Beyer):	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$		
Entnahmestelle:	3842-2019-GWM1-5	3842-2019-GWM1-6		
Cu/Cc	2.6/1.0	2.2/0.9		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 13.01.2022

# Körnungslinie

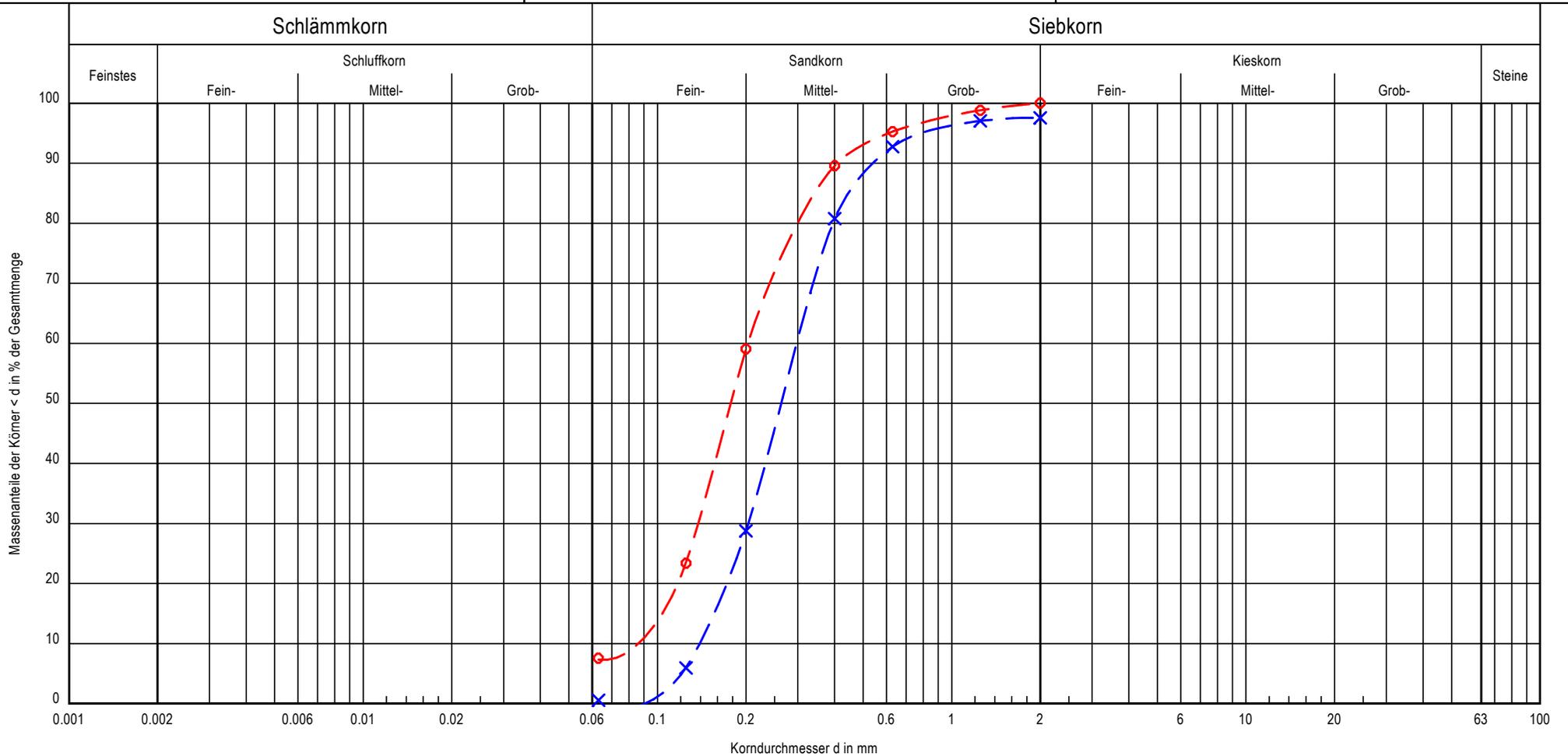
DIN 18123

Prüfungsnummer: 3842-2019

Probe entnommen am: Nov. 2020

Art der Entnahme: Spülbohrung

Arbeitsweise:



Bezeichnung:	3842-2019-GWM4-7	3842-2019-GWM4-8	Bemerkungen:	Bericht: 3842-2019 Anlage: Körnungslinie GWM1-5-6
Bodenart:	fS, m $\bar{s}$ , u', gs'	mS, fs, gs'		
Bodengruppe:	SU	SE		
k [m/s] (Beyer):	$7.4 \cdot 10^{-5}$	$1.9 \cdot 10^{-4}$		
Entnahmestelle:	3842-2019-GWM4-7	3842-2019-GWM4-8		
Cu/Cc	2.4/1.1	2.1/1.0		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: van Schelve

Datum: 13.01.2022

# Körnungslinie

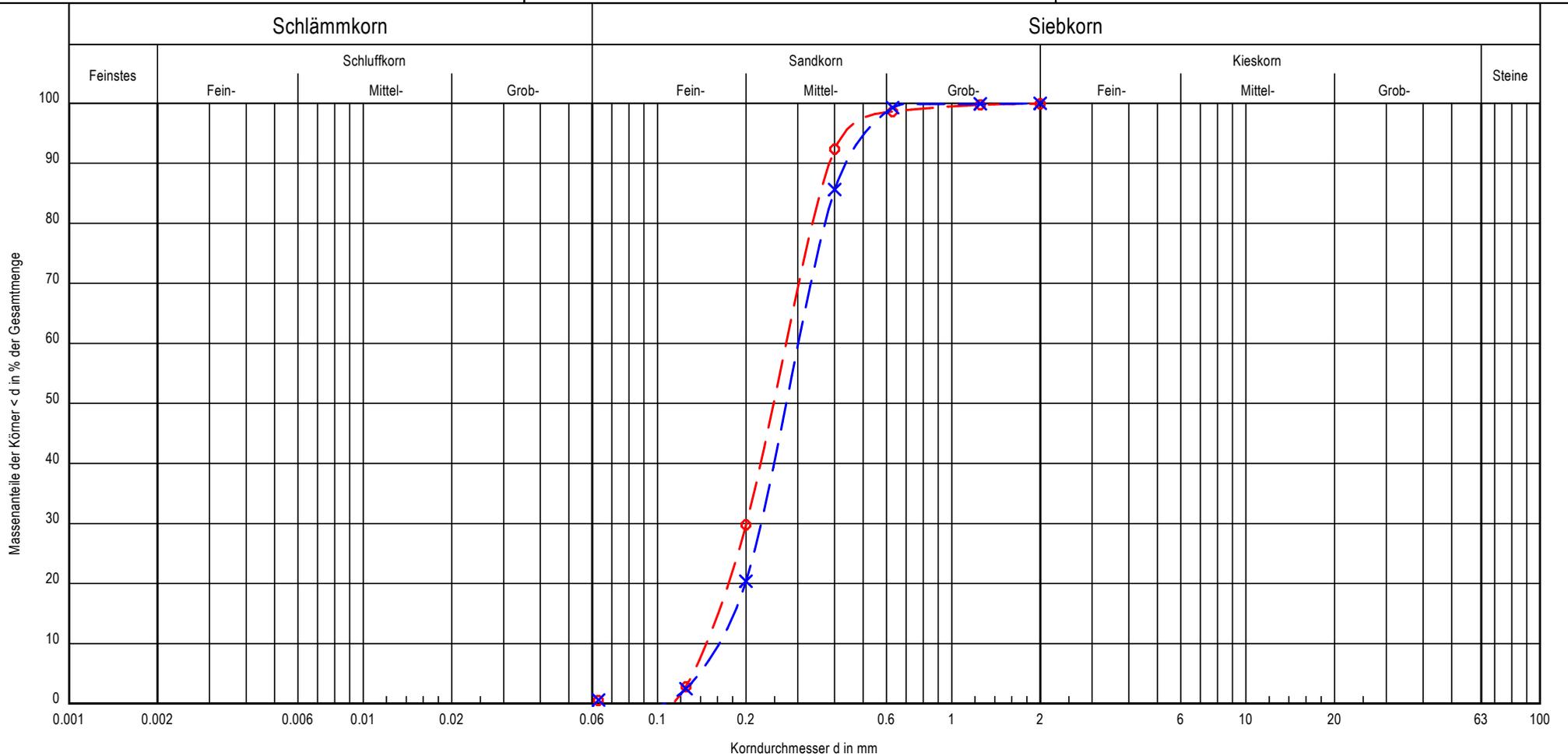
## DIN 18123

Prüfungsnummer: 3842-2019

Probe entnommen am: Nov. 2020

Art der Entnahme: Spülbohrung

Arbeitsweise:



Bezeichnung:	3842-2019-GWM4-9	3842-2019-GWM4-10	Bemerkungen:	Bericht: 3842-2019 Anlage: Körnungslinie GWM1-5-6
Bodenart:	fS, m $\bar{s}$ , u', gs'	mS, fs		
Bodengruppe:	SE	SE		
k [m/s] (Beyer):	$2.4 \cdot 10^{-4}$	$2.9 \cdot 10^{-4}$		
Entnahmestelle:	3842-2019-GWM4-9	3842-2019-GWM4-10		
Cu/Cc	1.9/1.0	1.9/1.0		

## **Anlage 8: Messwerte Grundwassermessstellen**

# Anlage 8: Messwerte Grundwassermessstellen

Messstelle:	GWM 1, flach		GWM 1, tief		GWM 2, flach		GWM 2, tief		GWM 3, flach		GWM 4, flach		GWM 4, tief		
ROK [mNHN]	7,43		7,64		5,78		6,00		5,84		6,15		6,40		
RW / HW	422.944,5	5.902.471,3	422.944,5	5.902.471,2	423.011,8	5.902.075,3	423.012	5.902.075	423.226	5.902.142	423.398	5.902.200	423.398	5.902.200	
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]	Gemessen

10.11.2020	2,97	4,46	3,11	4,53	1,59	4,19	1,81	4,19	1,63	4,21	1,84	4,31	2,17	4,23	M&O (P.S.)
04.02.2022	2,24	5,19	2,38	5,26	0,97	4,81	1,15	4,85	1,01	4,83	1,04	5,11	1,54	4,86	M&O (N.B.)

**Anlage 9:** Messwerte Grundwassermessstelle ‚Ihorst I‘, NLWKN  
2000 - 2022

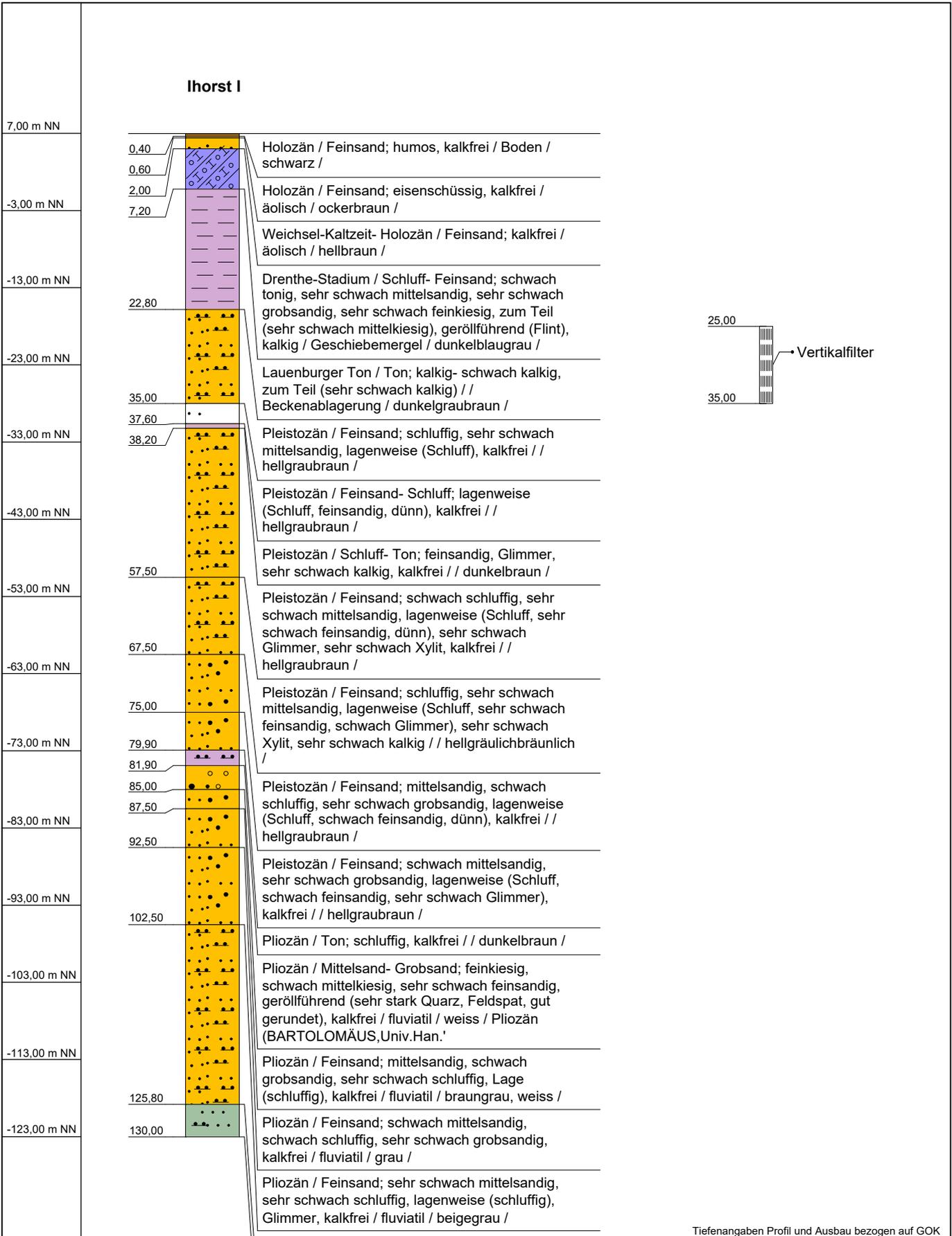
Datum	GW [mNHN]								
15.01.2000	4,4	15.02.2007	4,64	15.09.2012	3,62	04.07.2019	3,66	27.09.2019	3,37
15.02.2000	4,51	15.03.2007	4,76	09.10.2012	3,73	05.07.2019	3,66	28.09.2019	3,37
15.03.2000	4,63	15.04.2007	4,44	15.10.2012	3,73	06.07.2019	3,67	29.09.2019	3,39
15.04.2000	4,42	15.05.2007	4,06	15.11.2012	3,93	07.07.2019	3,66	30.09.2019	3,45
15.05.2000	4,22	15.06.2007	4,03	15.11.2012	3,93	08.07.2019	3,65	01.10.2019	3,5
15.06.2000	4,01	15.07.2007	4,84	12.12.2012	4,07	09.07.2019	3,64	02.10.2019	3,54
15.07.2000	3,9	15.08.2007	4,52	15.12.2012	4,07	10.07.2019	3,64	03.10.2019	3,58
15.08.2000	4,09	15.09.2007	4,22	16.01.2013	4,44	11.07.2019	3,65	04.10.2019	3,63
15.09.2000	4,11	15.10.2007	4,35	13.03.2013	4,42	12.07.2019	3,65	05.10.2019	3,67
15.10.2000	4,13	15.11.2007	4,3	11.04.2013	4,23	13.07.2019	3,64	06.10.2019	3,69
15.11.2000	4,21	15.12.2007	4,68	15.05.2013	4,08	14.07.2019	3,63	07.10.2019	3,71
15.12.2000	4,38	15.01.2008	4,48	11.06.2013	4	15.07.2019	3,63	08.10.2019	3,76
15.01.2001	4,4	15.02.2008	4,69	08.08.2013	3,7	16.07.2019	3,62	09.10.2019	3,77
15.02.2001	4,53	15.03.2008	4,61	09.09.2013	3,61	17.07.2019	3,63	10.10.2019	3,78
15.03.2001	4,43	15.04.2008	4,69	22.10.2013	3,81	18.07.2019	3,63	11.10.2019	3,79
15.04.2001	4,51	15.05.2008	4,28	12.11.2013	4,26	19.07.2019	3,62	12.10.2019	3,81
15.05.2001	4,31	15.06.2008	3,93	10.12.2013	4,43	20.07.2019	3,61	13.10.2019	3,8
15.06.2001	4,11	15.07.2008	3,69	13.01.2014	4,56	21.07.2019	3,59	14.10.2019	3,82
15.07.2001	4,05	15.08.2008	3,81	10.02.2014	4,57	22.07.2019	3,57	15.10.2019	3,87
15.08.2001	3,78	15.09.2008	3,77	08.03.2014	4,33	23.07.2019	3,56	16.10.2019	3,91
15.09.2001	3,86	15.10.2008	3,94	14.04.2014	4,3	24.07.2019	3,55	17.10.2019	3,95
15.10.2001	4,4	15.11.2008	4,18	08.05.2014	4,27	25.07.2019	3,53	18.10.2019	3,99
15.11.2001	4,5	15.12.2008	4,5	10.06.2014	4,14	26.07.2019	3,51	19.10.2019	4,03
15.12.2001	4,69	15.01.2009	4,36	17.07.2014	3,84	27.07.2019	3,49	20.10.2019	4,06
15.01.2002	4,61	15.02.2009	4,38	04.09.2014	3,72	28.07.2019	3,49	21.10.2019	4,07
15.02.2002	4,71	15.03.2009	4,57	07.10.2014	3,62	29.07.2019	3,47	22.10.2019	4,06
15.03.2002	4,76	15.04.2009	4,59	18.11.2014	3,68	30.07.2019	3,46	23.10.2019	4,07
15.04.2002	4,44	15.05.2009	4,01	11.12.2014	3,75	31.07.2019	3,46	24.10.2019	4,09
15.05.2002	4,31	15.06.2009	3,89	13.01.2015	4,4	01.08.2019	3,45	25.10.2019	4,09
15.06.2002	4,17	15.07.2009	3,89	10.02.2015	4,51	02.08.2019	3,45	26.10.2019	4,09
15.07.2002	4,07	15.08.2009	3,98	05.03.2015	4,56	03.08.2019	3,45	27.10.2019	4,09
15.08.2002	4,05	15.09.2009	3,77	21.04.2015	4,29	04.08.2019	3,44	28.10.2019	4,07
15.09.2002	4,1	15.10.2009	3,73	19.05.2015	4,18	05.08.2019	3,45	29.10.2019	4,06
15.10.2002	4,05	15.11.2009	4,06	04.06.2015	4,04	06.08.2019	3,45	30.10.2019	4,05
15.11.2002	4,48	15.12.2009	4,35	13.07.2015	3,76	07.08.2019	3,45	31.10.2019	4,05
15.12.2002	4,51	15.01.2010	4,43	31.08.2015	3,94	08.08.2019	3,46	01.11.2019	4,06
15.01.2003	4,63	15.02.2010	4,35	08.09.2015	3,96	09.08.2019	3,46	02.11.2019	4,09
15.02.2003	4,57	15.03.2010	4,55	07.10.2015	3,97	10.08.2019	3,48	03.11.2019	4,08
15.03.2003	4,36	15.04.2010	4,55	16.11.2015	4,26	11.08.2019	3,47	04.11.2019	4,07
15.04.2003	4,33	15.05.2010	4,32	08.12.2015	4,56	12.08.2019	3,47	05.11.2019	4,05
15.05.2003	4,3	15.06.2010	4,09	18.01.2016	4,46	13.08.2019	3,46	06.11.2019	4,06
15.06.2003	4,32	15.07.2010	3,71	14.02.2016	4,62	14.08.2019	3,47	07.11.2019	4,08
15.07.2003	3,99	15.08.2010	3,65	07.03.2016	4,64	15.08.2019	3,49	08.11.2019	4,1
15.08.2003	3,75	15.09.2010	4,13	11.04.2016	4,46	16.08.2019	3,49	09.11.2019	4,1
15.09.2003	3,53	15.10.2010	4,21	10.05.2016	4,3	17.08.2019	3,5	10.11.2019	4,1
15.10.2003	3,84	15.11.2010	4,35	08.06.2016	4,06	18.08.2019	3,51	11.11.2019	4,1
15.11.2003	3,81	15.12.2010	4,46	15.07.2016		19.08.2019	3,51	12.11.2019	4,13
15.12.2003	3,96	15.01.2011	4,59	09.08.2016	4,09	20.08.2019	3,5	13.11.2019	4,14
15.01.2004	4,43	15.02.2011	4,62	22.09.2016	3,98	21.08.2019	3,49	14.11.2019	4,13
15.02.2004	4,67	15.03.2011	4,37	17.10.2016	3,75	22.08.2019	3,49	15.11.2019	4,13
15.03.2004	4,5	15.04.2011	3,98	09.11.2016	3,89	23.08.2019	3,48	16.11.2019	4,13
15.04.2004	4,48	28.04.2011	3,98	08.12.2016	3,94	24.08.2019	3,48	17.11.2019	4,12
15.05.2004	4,18	15.05.2011	3,84	17.01.2017	4,37	25.08.2019	3,47	18.11.2019	4,16
15.06.2004	3,92	16.05.2011	3,84	12.02.2017	4,36	26.08.2019	3,46	19.11.2019	4,19
15.07.2004	3,96	15.06.2011	3,82	09.03.2017	4,49	27.08.2019	3,45	20.11.2019	4,22
15.08.2004	4,01	15.06.2011	3,82	19.04.2017	4,24	28.08.2019	3,44	21.11.2019	4,28
15.09.2004	3,86	11.07.2011	3,74	08.05.2017	4,19	29.08.2019	3,42	22.11.2019	4,32
15.10.2004	4,15	15.07.2011	3,74	08.06.2017	3,92	30.08.2019	3,4	23.11.2019	4,34
15.11.2004	4,21	15.08.2011	3,87	20.07.2017	3,88	31.08.2019	3,4	24.11.2019	4,34
15.12.2004	4,52	18.08.2011	3,87	09.08.2017	3,86	01.09.2019	3,4	25.11.2019	4,33
15.01.2005	4,53	15.09.2011	4,03	07.09.2017	3,86	02.09.2019	3,38	26.11.2019	4,34
15.02.2005	4,55	22.09.2011	4,03	10.10.2017	4,33	03.09.2019	3,38	27.11.2019	4,35
15.03.2005	4,46	06.10.2011	3,93	22.11.2017	4,54	04.09.2019	3,39	28.11.2019	4,37
15.04.2005	4,38	15.10.2011	3,93	07.12.2017	4,57	05.09.2019	3,4	29.11.2019	4,36
15.05.2005	4,13	15.11.2011	4,03	10.01.2018	4,65	06.09.2019	3,39	30.11.2019	4,34
15.06.2005	4,06	16.11.2011	4,03	14.02.2018	4,53	07.09.2019	3,4	01.12.2019	4,34
15.07.2005	3,91	14.12.2011	4,54	27.03.2018	4,32	08.09.2019	3,4	02.12.2019	4,35
15.08.2005	4	15.12.2011	4,54	15.04.2018	4,46	09.09.2019	3,4	03.12.2019	4,34
15.09.2005	3,96	15.01.2012	4,65	08.05.2018	4,31	10.09.2019	3,41	04.12.2019	4,35
15.10.2005	3,93	17.01.2012	4,65	05.06.2018	4,04	11.09.2019	3,4	05.12.2019	4,35
15.11.2005	4,09	14.02.2012	4,32	05.07.2018	3,72	12.09.2019	3,4	06.12.2019	4,34
15.12.2005	4,34	15.02.2012	4,32	13.08.2018	3,45	13.09.2019	3,39	07.12.2019	4,33
15.01.2006	4,48	08.03.2012	4,51	10.09.2018	3,39	14.09.2019	3,38	08.12.2019	4,34
15.02.2006	4,34	15.03.2012	4,51	18.10.2018	3,3	15.09.2019	3,39	09.12.2019	4,38
15.03.2006	4,47	10.04.2012	4,26	12.11.2018	3,38	16.09.2019	3,4	10.12.2019	4,36
15.04.2006	4,61	15.04.2012	4,26	11.12.2018	3,65	17.09.2019	3,4	11.12.2019	4,4
15.05.2006	4,44	15.05.2012	4,04	15.01.2019	4,06	18.09.2019	3,38	12.12.2019	4,42
15.06.2006	4,19	16.05.2012	4,04	18.02.2019	4,29	19.09.2019	3,36	13.12.2019	4,46
15.07.2006	3,84	15.06.2012	3,9	21.03.2019	4,48	20.09.2019	3,36	14.12.2019	4,45
15.08.2006	3,67	20.06.2012	3,9	15.04.2019	4,28	21.09.2019	3,36	15.12.2019	4,44
15.09.2006	4,19	12.07.2012	3,89	15.05.2019	3,96	22.09.2019	3,37	16.12.2019	4,41
15.10.2006	3,92	15.07.2012	3,89	15.06.2019	3,74	23.09.2019	3,36	17.12.2019	4,41
15.11.2006	4,22	15.08.2012	3,71	01.07.2019	3,71	24.09.2019	3,35	18.12.2019	4,4
15.12.2006	4,47	27.08.2012	3,71	02.07.2019	3,69	25.09.2019	3,36	19.12.2019	4,39
15.01.2007	4,6	12.09.2012	3,62	03.07.2019	3,67	26.09.2019	3,36	20.12.2019	4,42

Datum	GW [mNHN]								
21.12.2019	4,43	23.03.2020	4,53	01.08.2020	3,85	25.10.2020	3,8	18.01.2021	4,5
22.12.2019	4,44	24.03.2020	4,51	02.08.2020	3,83	26.10.2020	3,81	19.01.2021	4,53
23.12.2019	4,41	25.03.2020	4,49	03.08.2020	3,82	27.10.2020	3,81	20.01.2021	4,56
24.12.2019	4,38	26.03.2020	4,47	04.08.2020	3,81	28.10.2020	3,81	21.01.2021	4,6
25.12.2019	4,39	28.03.2020	4,44	05.08.2020	3,8	29.10.2020	3,81	22.01.2021	4,61
26.12.2019	4,38	29.03.2020	4,42	06.08.2020	3,78	30.10.2020	3,81	23.01.2021	4,6
27.12.2019	4,38	30.03.2020	4,4	07.08.2020	3,76	31.10.2020	3,82	24.01.2021	4,6
28.12.2019	4,35	31.03.2020	4,39	08.08.2020	3,74	01.11.2020	3,87	25.01.2021	4,58
29.12.2019	4,36	04.04.2020	4,36	09.08.2020	3,72	02.11.2020	3,91	26.01.2021	4,56
30.12.2019	4,37	05.04.2020	4,34	10.08.2020	3,7	03.11.2020	3,9	27.01.2021	4,53
31.12.2019	4,36	07.04.2020	4,3	11.08.2020	3,68	04.11.2020	3,9	28.01.2021	4,51
01.01.2020	4,35	09.04.2020	4,28	12.08.2020	3,66	05.11.2020	3,89	28.01.2021	4,51
02.01.2020	4,35	10.04.2020	4,25	13.08.2020	3,65	06.11.2020	3,89	29.01.2021	4,51
03.01.2020	4,37	13.04.2020	4,23	14.08.2020	3,64	07.11.2020	3,91	30.01.2021	4,48
04.01.2020	4,36	14.04.2020	4,2	15.08.2020	3,62	08.11.2020	3,92	31.01.2021	4,48
05.01.2020	4,35	16.04.2020	4,18	16.08.2020	3,61	09.11.2020	3,92	01.02.2021	4,51
06.01.2020	4,36	19.04.2020	4,15	17.08.2020	3,62	10.11.2020	3,91	02.02.2021	4,51
07.01.2020	4,38	20.04.2020	4,13	18.08.2020	3,64	11.11.2020	3,91	03.02.2021	4,52
08.01.2020	4,38	21.04.2020	4,12	19.08.2020	3,65	12.11.2020	3,92	04.02.2021	4,52
09.01.2020	4,39	22.04.2020	4,1	20.08.2020	3,66	13.11.2020	3,92	05.02.2021	4,52
10.01.2020	4,4	25.04.2020	4,08	21.08.2020	3,67	14.11.2020	3,92	06.02.2021	4,51
11.01.2020	4,37	27.04.2020	4,06	22.08.2020	3,65	15.11.2020	3,93	07.02.2021	4,54
12.01.2020	4,39	03.05.2020	4,03	23.08.2020	3,65	16.11.2020	3,94	08.02.2021	4,56
13.01.2020	4,4	04.05.2020	4,02	24.08.2020	3,66	17.11.2020	3,93	09.02.2021	4,56
14.01.2020	4,43	05.05.2020	4,01	25.08.2020	3,66	18.11.2020	3,93	10.02.2021	4,54
15.01.2020	4,44	08.05.2020	3,99	26.08.2020	3,7	19.11.2020	3,95	11.02.2021	4,49
16.01.2020	4,43	11.05.2020	3,95	27.08.2020	3,69	20.11.2020	3,93	12.02.2021	4,46
17.01.2020	4,45	12.05.2020	3,93	28.08.2020	3,72	21.11.2020	3,94	13.02.2021	4,44
18.01.2020	4,45	14.05.2020	3,91	29.08.2020	3,73	22.11.2020	3,96	14.02.2021	4,42
19.01.2020	4,44	16.05.2020	3,88	30.08.2020	3,73	23.11.2020	3,97	15.02.2021	4,43
20.01.2020	4,42	18.05.2020	3,86	31.08.2020	3,71	24.11.2020	3,97	16.02.2021	4,44
21.01.2020	4,44	19.05.2020	3,85	01.09.2020	3,7	25.11.2020	3,99	16.02.2021	4,45
22.01.2020	4,45	21.05.2020	3,83	02.09.2020	3,69	26.11.2020	3,98	17.02.2021	4,47
23.01.2020	4,45	26.05.2020	3,81	03.09.2020	3,69	27.11.2020	3,97	18.02.2021	4,5
24.01.2020	4,47	31.05.2020	3,78	04.09.2020	3,69	28.11.2020	3,97	19.02.2021	4,54
25.01.2020	4,47	01.06.2020	3,77	05.09.2020	3,7	29.11.2020	3,96	20.02.2021	4,55
26.01.2020	4,47	02.06.2020	3,75	06.09.2020	3,7	30.11.2020	3,97	21.02.2021	4,57
27.01.2020	4,47	04.06.2020	3,77	07.09.2020	3,7	01.12.2020	4	22.02.2021	4,56
28.01.2020	4,5	05.06.2020	3,78	08.09.2020	3,7	02.12.2020	3,99	23.02.2021	4,54
29.01.2020	4,5	09.06.2020	3,77	09.09.2020	3,71	03.12.2020	4,02	24.02.2021	4,52
30.01.2020	4,5	12.06.2020	3,78	10.09.2020	3,71	04.12.2020	4,06	25.02.2021	4,52
31.01.2020	4,53	13.06.2020	3,77	11.09.2020	3,72	05.12.2020	4,05	26.02.2021	4,49
01.02.2020	4,54	14.06.2020	3,83	12.09.2020	3,72	06.12.2020	4,03	27.02.2021	4,47
02.02.2020	4,54	15.06.2020	3,88	13.09.2020	3,71	07.12.2020	4,04	28.02.2021	4,45
03.02.2020	4,55	16.06.2020	3,94	14.09.2020	3,7	08.12.2020	4,04	01.03.2021	4,45
04.02.2020	4,57	17.06.2020	3,98	15.09.2020	3,7	09.12.2020	4,04	02.03.2021	4,44
05.02.2020	4,54	18.06.2020	4	16.09.2020	3,7	10.12.2020	4,05	03.03.2021	4,44
06.02.2020	4,54	20.06.2020	4,02	17.09.2020	3,67	11.12.2020	4,07	04.03.2021	4,44
07.02.2020	4,54	23.06.2020	3,99	18.09.2020	3,66	12.12.2020	4,08	05.03.2021	4,42
08.02.2020	4,55	24.06.2020	3,96	19.09.2020	3,66	13.12.2020	4,06	06.03.2021	4,4
09.02.2020	4,56	25.06.2020	3,93	20.09.2020	3,66	14.12.2020	4,06	07.03.2021	4,4
10.02.2020	4,61	27.06.2020	3,9	21.09.2020	3,66	15.12.2020	4,07	08.03.2021	4,4
11.02.2020	4,61	28.06.2020	3,92	22.09.2020	3,66	16.12.2020	4,07	09.03.2021	4,41
12.02.2020	4,61	30.06.2020	3,96	23.09.2020	3,66	17.12.2020	4,09	10.03.2021	4,41
13.02.2020	4,6	01.07.2020	3,99	24.09.2020	3,66	18.12.2020	4,1	11.03.2021	4,47
14.02.2020	4,61	02.07.2020	4	25.09.2020	3,66	19.12.2020	4,13	12.03.2021	4,5
15.02.2020	4,6	03.07.2020	4	26.09.2020	3,64	20.12.2020	4,14	13.03.2021	4,56
16.02.2020	4,63	04.07.2020	4,01	27.09.2020	3,63	21.12.2020	4,14	14.03.2021	4,59
17.02.2020	4,63	05.07.2020	4,03	28.09.2020	3,62	22.12.2020	4,17	15.03.2021	4,62
18.02.2020	4,62	06.07.2020	4,04	29.09.2020	3,61	23.12.2020	4,18	16.03.2021	4,62
19.02.2020	4,62	07.07.2020	4,03	30.09.2020	3,61	24.12.2020	4,24	17.03.2021	4,62
20.02.2020	4,62	08.07.2020	4,05	01.10.2020	3,63	25.12.2020	4,26	18.03.2021	4,61
21.02.2020	4,63	09.07.2020	4,06	02.10.2020	3,64	26.12.2020	4,3	19.03.2021	4,6
22.02.2020	4,64	10.07.2020	4,09	03.10.2020	3,64	27.12.2020	4,37	20.03.2021	4,58
23.02.2020	4,65	11.07.2020	4,09	04.10.2020	3,65	28.12.2020	4,43	21.03.2021	4,58
24.02.2020	4,67	12.07.2020	4,1	05.10.2020	3,63	29.12.2020	4,45	22.03.2021	4,56
25.02.2020	4,73	13.07.2020	4,11	06.10.2020	3,63	30.12.2020	4,45	23.03.2021	4,55
26.02.2020	4,76	14.07.2020	4,12	07.10.2020	3,62	31.12.2020	4,46	24.03.2021	4,54
28.02.2020	4,74	15.07.2020	4,12	08.10.2020	3,61	01.01.2021	4,46	25.03.2021	4,52
29.02.2020	4,77	16.07.2020	4,11	09.10.2020	3,64	02.01.2021	4,45	26.03.2021	4,51
01.03.2020	4,78	17.07.2020	4,09	10.10.2020	3,67	03.01.2021	4,44	27.03.2021	4,5
03.03.2020	4,76	18.07.2020	4,08	11.10.2020	3,69	04.01.2021	4,43	28.03.2021	4,47
04.03.2020	4,73	19.07.2020	4,06	12.10.2020	3,72	05.01.2021	4,43	29.03.2021	4,46
06.03.2020	4,75	20.07.2020	4,03	13.10.2020	3,75	06.01.2021	4,43	30.03.2021	4,44
07.03.2020	4,72	21.07.2020	4	14.10.2020	3,76	07.01.2021	4,45	31.03.2021	4,43
10.03.2020	4,73	22.07.2020	3,98	15.10.2020	3,77	08.01.2021	4,46	01.04.2021	4,42
12.03.2020	4,75	23.07.2020	3,96	16.10.2020	3,77	09.01.2021	4,45	02.04.2021	4,39
14.03.2020	4,71	24.07.2020	3,96	17.10.2020	3,77	10.01.2021	4,45	03.04.2021	4,38
16.03.2020	4,69	25.07.2020	3,94	18.10.2020	3,77	11.01.2021	4,46	04.04.2021	4,36
17.03.2020	4,66	26.07.2020	3,95	19.10.2020	3,77	12.01.2021	4,49	05.04.2021	4,39
18.03.2020	4,64	27.07.2020	3,92	20.10.2020	3,78	13.01.2021	4,5	06.04.2021	4,39
19.03.2020	4,62	28.07.2020	3,92	21.10.2020	3,79	14.01.2021	4,51	07.04.2021	4,38
20.03.2020	4,6	29.07.2020	3,89	22.10.2020	3,79	15.01.2021	4,5	08.04.2021	4,38
21.03.2020	4,57	30.07.2020	3,86	23.10.2020	3,78	16.01.2021	4,5	09.04.2021	4,39
22.03.2020	4,55	31.07.2020	3,85	24.10.2020	3,79	17.01.2021	4,51	10.04.2021	4,39

Datum	GW [mNHN]	Datum	GW [mNHN]	Datum	GW [mNHN]	Datum	GW [mNHN]	Datum	GW [mNHN]
11.04.2021	4,4	04.07.2021	4,07	03.10.2021	3,92	26.12.2021	4,37		
12.04.2021	4,4	05.07.2021	4,08	04.10.2021	3,91	27.12.2021	4,4		
12.04.2021	4,4	06.07.2021	4,09	05.10.2021	3,92	28.12.2021	4,42		
13.04.2021	4,39	07.07.2021	4,09	06.10.2021	3,94	29.12.2021	4,42		
14.04.2021	4,39	08.07.2021	4,08	07.10.2021	3,92	30.12.2021	4,41		
15.04.2021	4,39	09.07.2021	4,07	08.10.2021	3,91	31.12.2021	4,43		
16.04.2021	4,38	10.07.2021	4,06	09.10.2021	3,92	01.01.2022	4,46		
17.04.2021	4,37	11.07.2021	4,05	10.10.2021	3,92	02.01.2022	4,5		
18.04.2021	4,36	12.07.2021	4,04	11.10.2021	3,92	03.01.2022	4,54		
19.04.2021	4,35	13.07.2021	4,03	12.10.2021	3,94	04.01.2022	4,57		
20.04.2021	4,34	14.07.2021	4,03	13.10.2021	3,94	05.01.2022	4,59		
21.04.2021	4,32	15.07.2021	4,04	14.10.2021	3,95	06.01.2022	4,57		
22.04.2021	4,29	16.07.2021	4,04	15.10.2021	3,99	07.01.2022	4,58		
23.04.2021	4,26	17.07.2021	4,04	16.10.2021	3,99	08.01.2022	4,59		
24.04.2021	4,25	18.07.2021	4,04	17.10.2021	4,01	09.01.2022	4,62		
25.04.2021	4,23	19.07.2021	4,04	18.10.2021	4,01	10.01.2022	4,59		
26.04.2021	4,22	20.07.2021	4,03	19.10.2021	4,02	11.01.2022	4,57		
27.04.2021	4,22	21.07.2021	4,02	20.10.2021	4,04	12.01.2022	4,56		
28.04.2021	4,21	22.07.2021	4	21.10.2021	4,09	13.01.2022	4,55		
29.04.2021	4,21	23.07.2021	3,99	22.10.2021	4,07	14.01.2022	4,55		
30.04.2021	4,2	24.07.2021	3,98	23.10.2021	4,08	15.01.2022	4,55		
01.05.2021	4,21	25.07.2021	3,99	24.10.2021	4,11	16.01.2022	4,56		
02.05.2021	4,23	26.07.2021	3,98	25.10.2021	4,15	17.01.2022	4,55		
03.05.2021	4,23	27.07.2021	3,97	26.10.2021	4,17	18.01.2022	4,52		
04.05.2021	4,29	28.07.2021	3,96	27.10.2021	4,17	19.01.2022	4,52		
05.05.2021	4,32	29.07.2021	3,96	28.10.2021	4,18	20.01.2022	4,53		
06.05.2021	4,33	30.07.2021	3,94	29.10.2021	4,2	21.01.2022	4,51		
07.05.2021	4,34	31.07.2021	3,95	30.10.2021	4,21	22.01.2022	4,51		
08.05.2021	4,33	01.08.2021	3,94	31.10.2021	4,21	23.01.2022	4,5		
09.05.2021	4,36	02.08.2021	3,93	01.11.2021	4,23	24.01.2022	4,5		
10.05.2021	4,38	03.08.2021	3,92	01.11.2021	4,22	25.01.2022	4,5		
11.05.2021	4,37	04.08.2021	3,92	02.11.2021	4,23	26.01.2022	4,5		
12.05.2021	4,37	05.08.2021	3,92	03.11.2021	4,24	27.01.2022	4,51		
13.05.2021	4,38	06.08.2021	3,94	04.11.2021	4,24	28.01.2022	4,5		
14.05.2021	4,37	07.08.2021	3,95	05.11.2021	4,21	29.01.2022	4,5		
15.05.2021	4,36	08.08.2021	3,97	06.11.2021	4,2	30.01.2022	4,5		
16.05.2021	4,36	09.08.2021	3,96	07.11.2021	4,22	31.01.2022	4,52		
17.05.2021	4,35	10.08.2021	3,97	08.11.2021	4,22				
18.05.2021	4,34	11.08.2021	3,98	09.11.2021	4,22				
19.05.2021	4,33	12.08.2021	3,98	10.11.2021	4,23				
20.05.2021	4,33	13.08.2021	3,98	11.11.2021	4,24				
21.05.2021	4,35	14.08.2021	3,98	12.11.2021	4,25				
22.05.2021	4,36	15.08.2021	3,97	13.11.2021	4,27				
23.05.2021	4,34	16.08.2021	3,98	14.11.2021	4,26				
24.05.2021	4,32	17.08.2021	3,96	15.11.2021	4,24				
25.05.2021	4,33	18.08.2021	3,95	16.11.2021	4,24				
26.05.2021	4,34	19.08.2021	3,95	17.11.2021	4,25				
27.05.2021	4,36	20.08.2021	3,95	18.11.2021	4,24				
28.05.2021	4,36	21.08.2021	3,95	19.11.2021	4,24				
29.05.2021	4,36	22.08.2021	3,96	20.11.2021	4,23				
30.05.2021	4,35	23.08.2021	3,97	21.11.2021	4,25				
31.05.2021	4,34	24.08.2021	3,97	22.11.2021	4,24				
01.06.2021	4,33	25.08.2021	3,99	23.11.2021	4,23				
02.06.2021	4,31	26.08.2021	4,01	24.11.2021	4,23				
03.06.2021	4,29	27.08.2021	4	25.11.2021	4,26				
04.06.2021	4,27	28.08.2021	4	26.11.2021	4,28				
05.06.2021	4,27	29.08.2021	4	27.11.2021	4,31				
06.06.2021	4,32	30.08.2021	3,99	28.11.2021	4,3				
07.06.2021	4,36	07.09.2021	3,92	29.11.2021	4,29				
08.06.2021	4,39	08.09.2021	3,91	30.11.2021	4,31				
09.06.2021	4,39	09.09.2021	3,91	01.12.2021	4,34				
10.06.2021	4,38	10.09.2021	3,9	02.12.2021	4,35				
11.06.2021	4,35	11.09.2021	3,9	03.12.2021	4,34				
12.06.2021	4,32	12.09.2021	3,9	04.12.2021	4,36				
13.06.2021	4,28	13.09.2021	3,9	05.12.2021	4,38				
14.06.2021	4,25	14.09.2021	3,9	06.12.2021	4,37				
15.06.2021	4,23	15.09.2021	3,93	07.12.2021	4,4				
16.06.2021	4,21	15.09.2021	3,92	08.12.2021	4,43				
17.06.2021	4,19	16.09.2021	3,92	09.12.2021	4,43				
18.06.2021	4,16	17.09.2021	3,92	10.12.2021	4,44				
19.06.2021	4,14	18.09.2021	3,91	11.12.2021	4,42				
20.06.2021	4,14	19.09.2021	3,91	12.12.2021	4,4				
21.06.2021	4,13	20.09.2021	3,9	13.12.2021	4,4				
22.06.2021	4,14	21.09.2021	3,88	14.12.2021	4,4				
23.06.2021	4,15	22.09.2021	3,87	15.12.2021	4,41				
24.06.2021	4,16	23.09.2021	3,88	16.12.2021	4,4				
25.06.2021	4,17	24.09.2021	3,88	17.12.2021	4,4				
26.06.2021	4,16	25.09.2021	3,87	18.12.2021	4,4				
27.06.2021	4,15	26.09.2021	3,86	19.12.2021	4,4				
28.06.2021	4,14	27.09.2021	3,86	20.12.2021	4,41				
29.06.2021	4,13	28.09.2021	3,84	21.12.2021	4,4				
30.06.2021	4,12	29.09.2021	3,85	22.12.2021	4,39				
01.07.2021	4,11	30.09.2021	3,85	23.12.2021	4,39				
02.07.2021	4,09	01.10.2021	3,86	24.12.2021	4,4				
03.07.2021	4,08	02.10.2021	3,88	25.12.2021	4,35				
						<b>Mittelwert</b>	4,12		
						<b>Maximalwert</b>	4,84		
						<b>Minimalwert</b>	3,30		

**Anlage 10:** Ausbauzeichnungen der Referenzmessstellen ,Ihorst I',  
NLWKN

Ihorst I

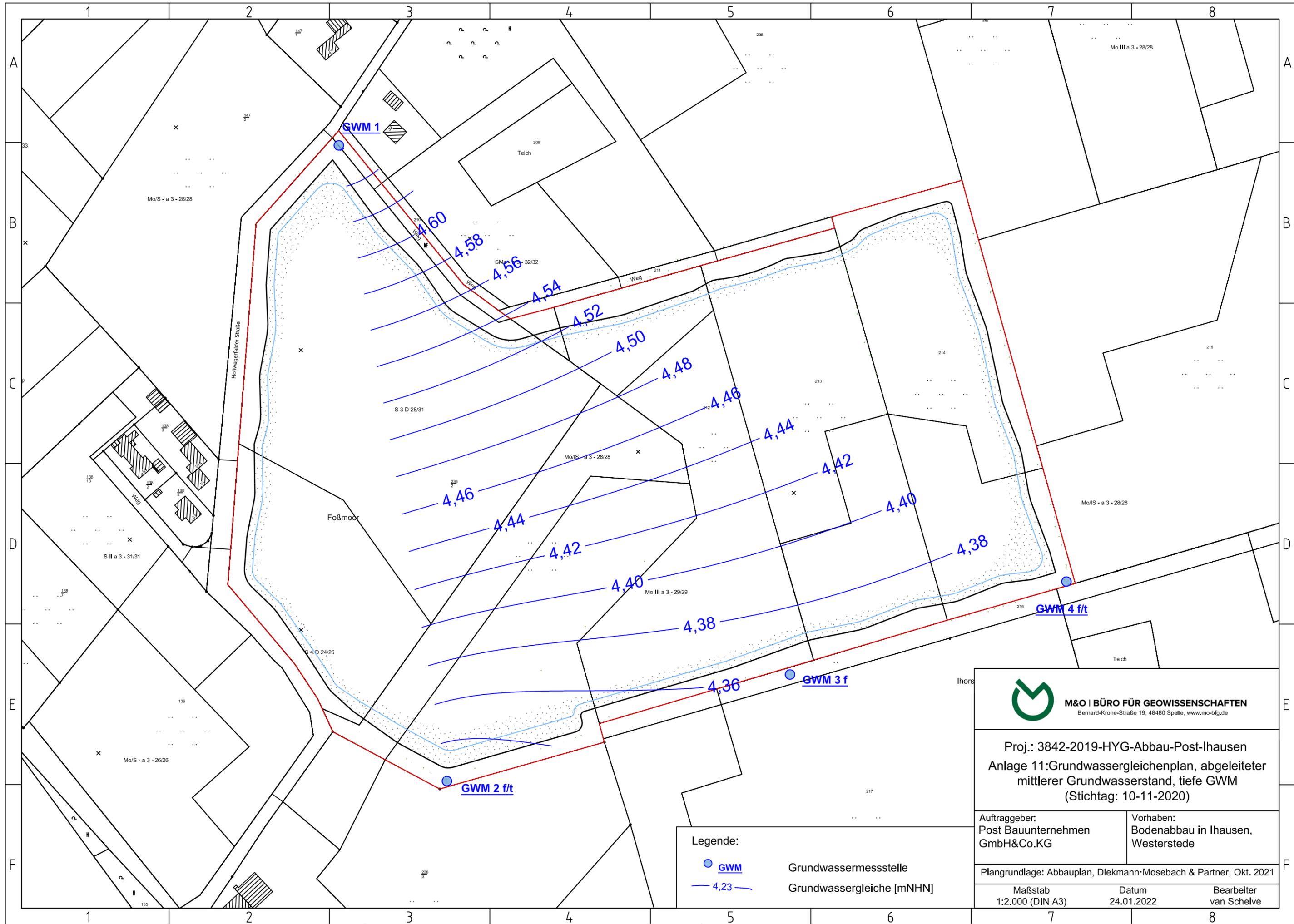


Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	Ihorst I	Plio- / Feinsand; sehr schwach schluffig, lagenweise (Schluff, dünn), Glimmer, kalkfrei / fluviatil / hellgrau, bräunlich /	BW: 2421946,00
Bhrg. Id	271200091	Plio- / Schluff; feinsandig, sehr schwach tonig, kalkfrei / / grau / Endteufe	HW: 5903578,00
Autor			Höhe NN: 6,98
Bearbeiter			Datum:
Bohrfirma			Maßstab : 1:677



## **Anlage 11: Grundwassergleichenpläne**



Proj.: 3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen  
Anlage 11: Grundwassergleichenplan, abgeleiteter  
mittlerer Grundwasserstand, tiefe GWM  
(Stichtag: 10-11-2020)

Auftraggeber:  
Post Bauunternehmen  
GmbH&Co.KG

Vorhaben:  
Bodenabbau in Ihausen,  
Westerstede

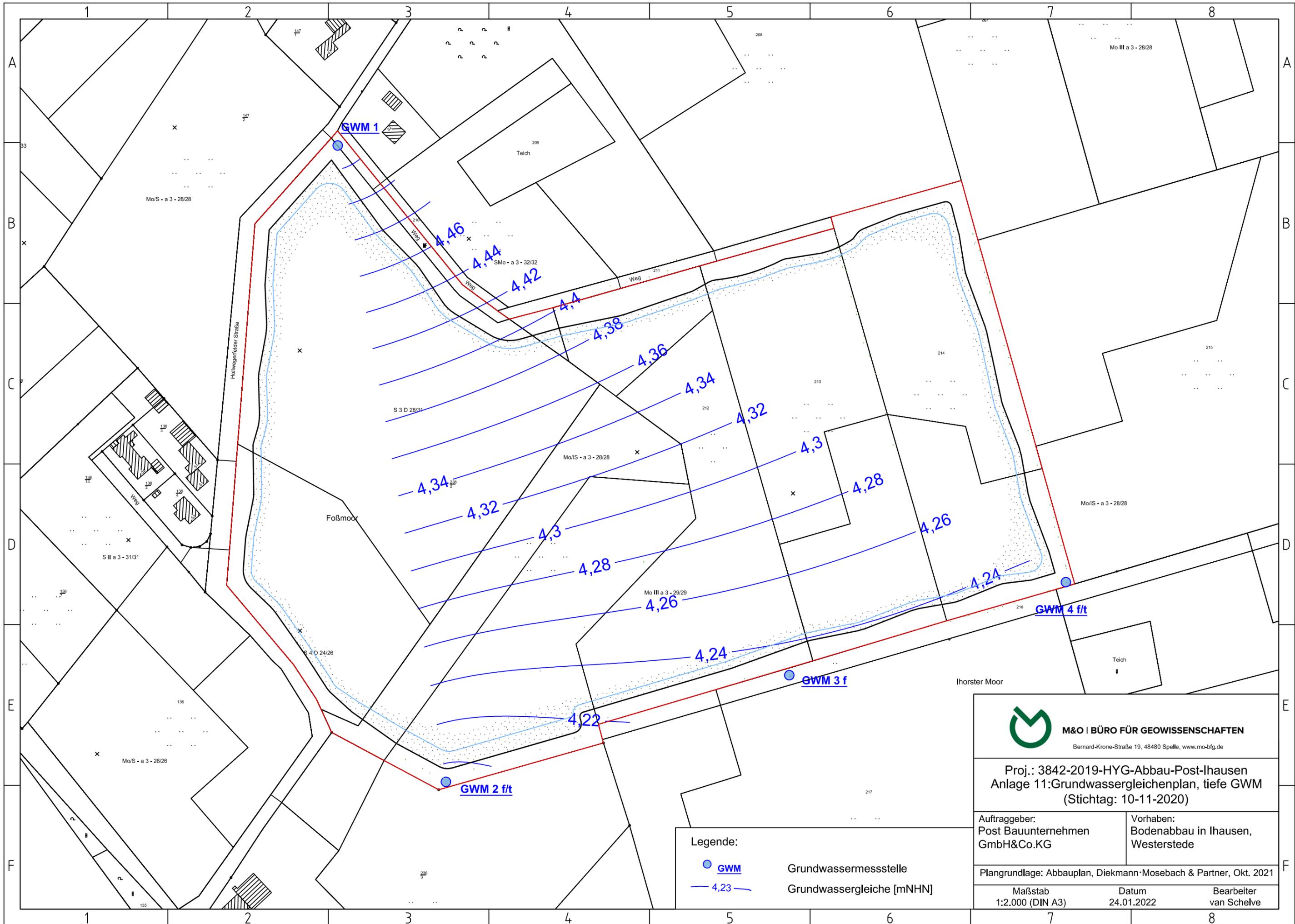
Plangrundlage: Abbauplan, Diekmann·Mosebach & Partner, Okt. 2021

Maßstab  
1:2.000 (DIN A3)

Datum  
24.01.2022

Bearbeiter  
van Schelvel

Legende:  
● GWM Grundwassermessstelle  
— 4.23 — Grundwassergleiche [mNHN]



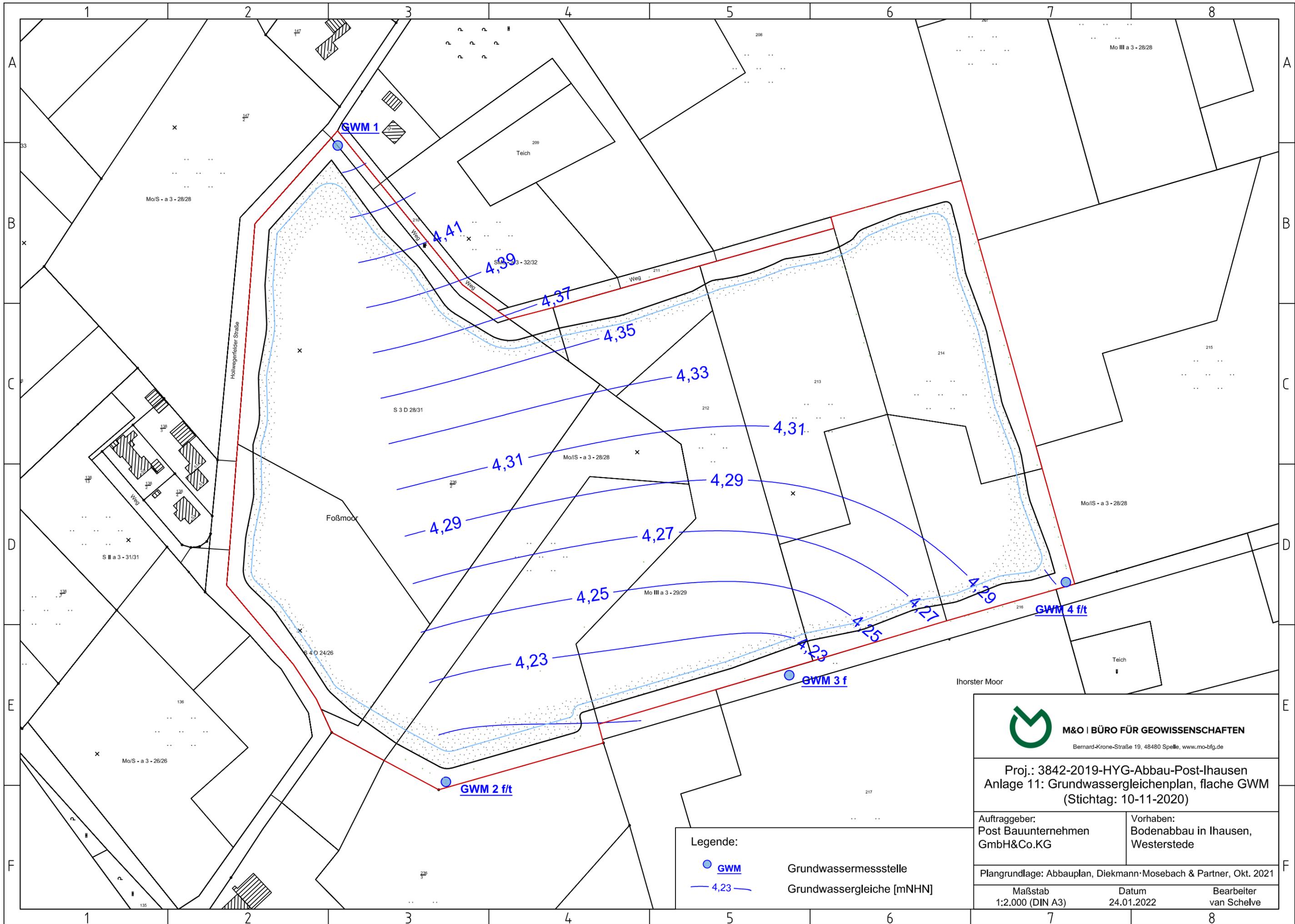
Legende:

- **GWM** Grundwassermessstelle
- 4.23 Grundwassergleiche [mNHN]

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

**Proj.: 3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen  
 Anlage 11: Grundwassergleichenplan, tiefe GWM  
 (Stichtag: 10-11-2020)**

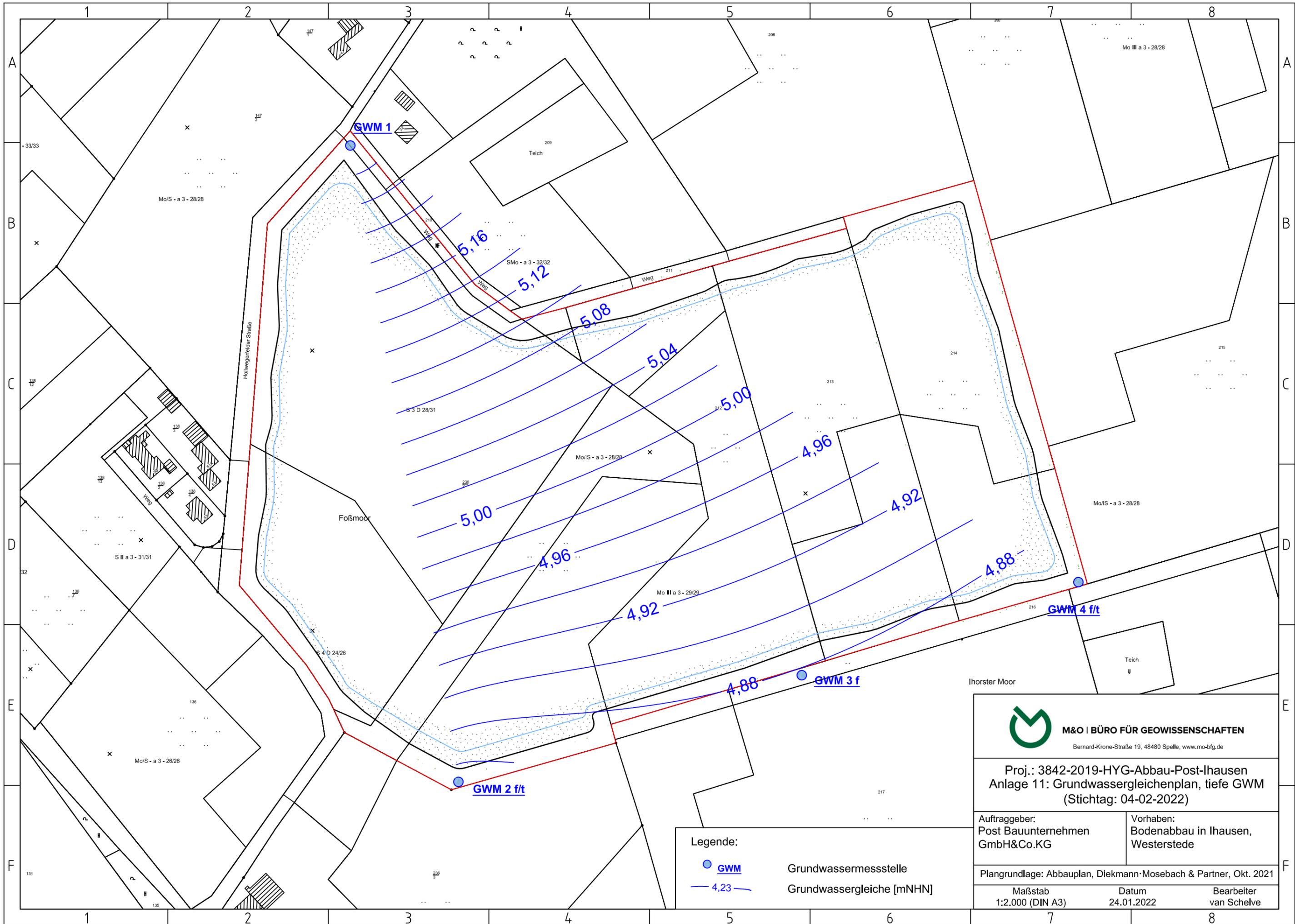
Auftraggeber: Post Bauunternehmen GmbH&Co.KG	Vorhaben: Bodenabbau in Ihausen, Westerstede
Plangrundlage: Abbauplan, Diekmann·Mosebach & Partner, Okt. 2021	
Maßstab: 1:2.000 (DIN A3)	Datum: 24.01.2022
Bearbeiter: van Schelve	



Legende:

- **GWM** Grundwassermessstelle
- **4,23** Grundwassergleiche [mNHN]

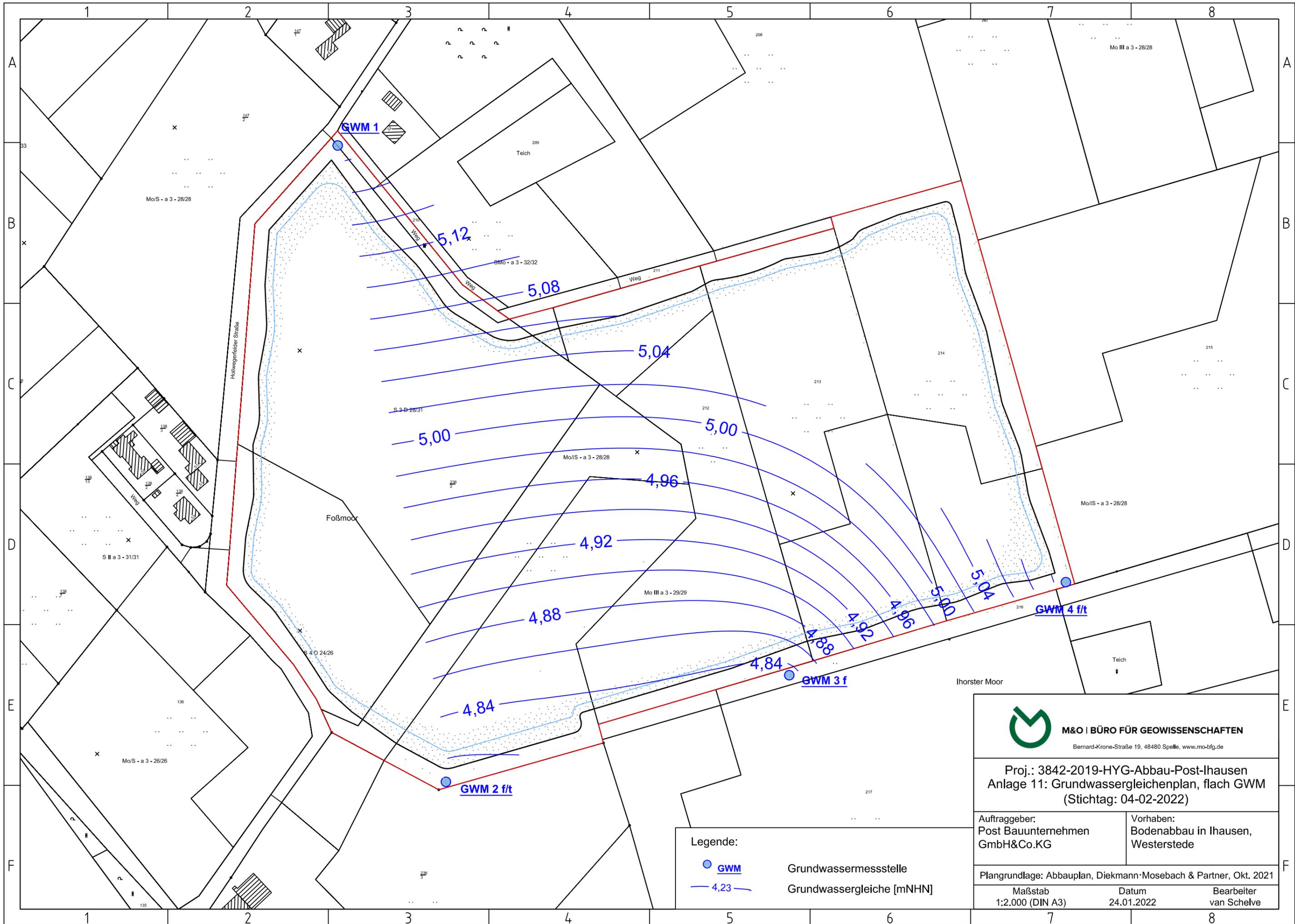
 <b>M&amp;O   BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN</b> <small>Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de</small>		
<b>Proj.: 3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen</b> <b>Anlage 11: Grundwassergleichenplan, flache GWM</b> <b>(Stichtag: 10-11-2020)</b>		
Auftraggeber: Post Bauunternehmen GmbH&Co.KG	Vorhaben: Bodenabbau in Ihausen, Westerstede	
Plangrundlage: Abbauplan, Diekmann·Mosebach & Partner, Okt. 2021		
Maßstab: 1:2.000 (DIN A3)	Datum: 24.01.2022	Bearbeiter: van Schelve



Legende:

- **GWM** Grundwassermessstelle
- **4.23** Grundwassergleiche [mNHN]

<b>M&amp;O   BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN</b> <small>Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de</small>		
<b>Proj.: 3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen</b> <b>Anlage 11: Grundwassergleichenplan, tiefe GWM</b> <b>(Stichtag: 04-02-2022)</b>		
Auftraggeber: Post Bauunternehmen GmbH&Co.KG	Vorhaben: Bodenabbau in Ihausen, Westerstede	
Plangrundlage: Abbauplan, Diekmann·Mosebach & Partner, Okt. 2021		
Maßstab 1:2.000 (DIN A3)	Datum 24.01.2022	Bearbeiter van Schelve

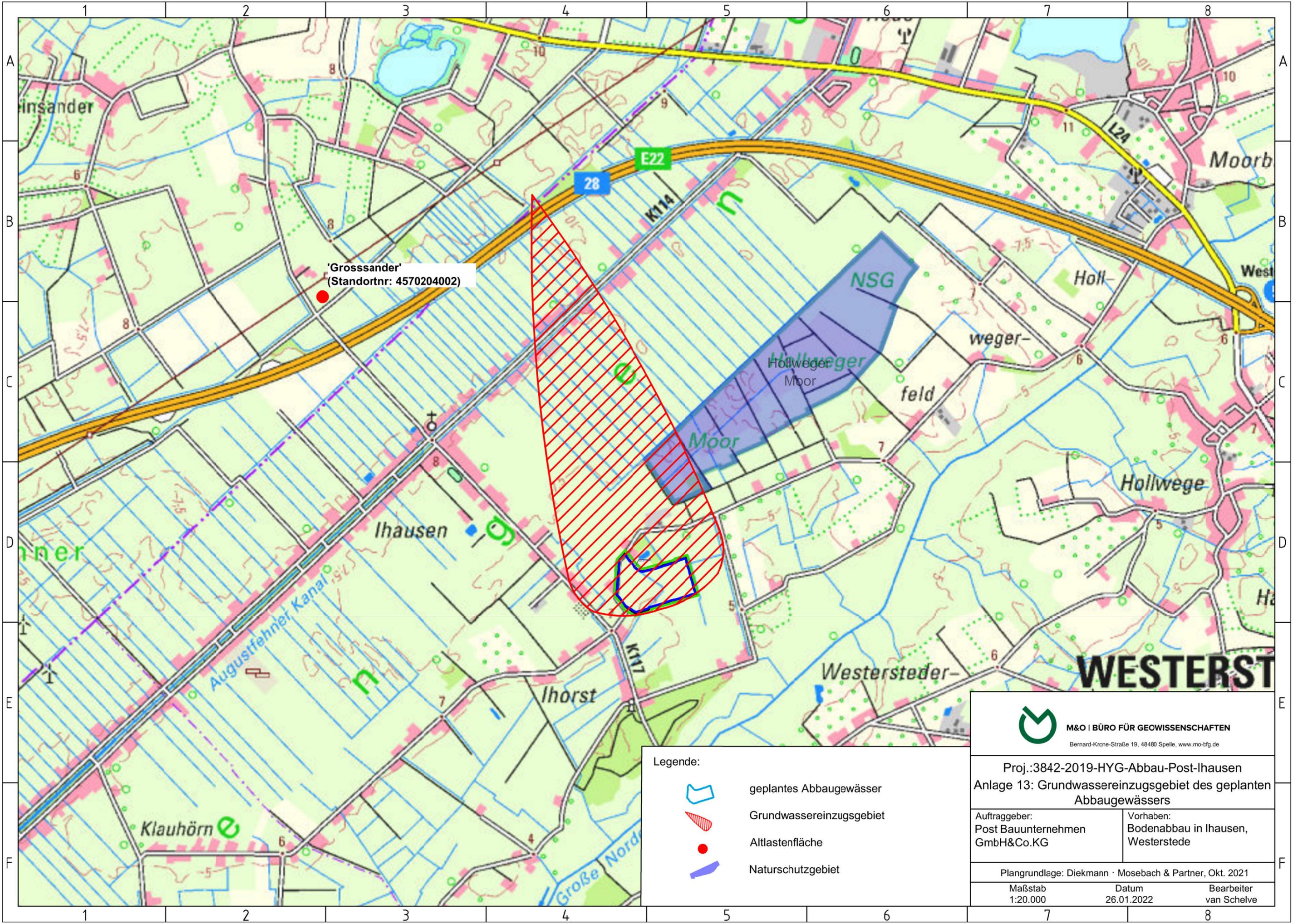


Legende:

- GWM Grundwassermessstelle
- 4.23 — Grundwassergleiche [mNHN]

<b>M&amp;O   BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN</b> <small>Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de</small>		
<b>Proj.: 3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen</b> <b>Anlage 11: Grundwassergleichenplan, flach GWM</b> <b>(Stichtag: 04-02-2022)</b>		
Auftraggeber: Post Bauunternehmen GmbH&Co.KG	Vorhaben: Bodenabbau in Ihausen, Westerstede	
Plangrundlage: Abbauplan, Diekmann·Mosebach & Partner, Okt. 2021		
Maßstab 1:2.000 (DIN A3)	Datum 24.01.2022	Bearbeiter van Schelve

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



'Grosssander'  
(Standortnr: 4570204002)

Legende:

-  geplantes Abbaugewässer
-  Grundwassereinzugsgebiet
-  Alllastenfläche
-  Naturschutzgebiet



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

Proj.:3842-2019-HYG-Abbau-Post-Ihausen  
Anlage 13: Grundwassereinzugsgebiet des geplanten Abbaugewässers

Auftraggeber:  
Post Bauunternehmen  
GmbH&Co.KG

Vorhaben:  
Bodenabbau in Ihausen,  
Westerstede

Plangrundlage: Diekmann · Mosebach & Partner, Okt. 2021

Maßstab  
1:20.000

Datum  
26.01.2022

Bearbeiter  
van Schelwe

**WESTERSTEDT**

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

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

a) Angaben Station													
Höhe [m NN]	20									Grad	8		
Küstenfaktor	0,88									Minuten	11		
Bodenart	fSmS									Dezimalgrad	8,18		
nutzbare Feldkapazität für die effektive Durchwurzelungstiefe [Vol.-%]	15									Grad	53		
										Minuten	11		
										Dezimalgrad	53,18		
Monat	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Σ
b) Klimadaten DWD													
Mittelwert Sonnenscheindauer [h]	42,0	68,0	106,0	167,0	213,0	190,0	204,0	191,0	139,0	105,0	50,0	36,0	
Mittelwert Lufttemperatur [°C]	2,0	2,2	5,0	8,7	12,9	15,5	17,8	17,4	13,9	10,0	5,7	2,6	
Mittelwert Niederschlagssumme [mm]	74,0	54,0	66,0	44,0	58,0	79,0	81,0	76,0	74,0	70,0	72,0	75,0	<b>823</b>
c) Berechnung der Gras-Referenzverdunstung (ET <sub>0</sub> )													
Tage n <sub>M</sub>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Julianisches Datum	15	45	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350	
Datumsfunktion ζ	-1,13	-0,62	-0,10	0,43	0,95	1,48	2,00	2,53	3,06	3,58	4,11	4,63	
astronomisch mögliche Sonnenscheindauer S <sub>0</sub> [h/d]	8,1	9,6	11,8	14,3	16,1	16,9	16,5	15,0	12,7	10,3	8,4	7,7	
Mittelwert Sonnenscheindauer S [h/d]	1,4	2,4	3,4	5,6	6,9	6,3	6,6	6,2	4,6	3,4	1,7	1,2	
Verhältnis Sonnenscheindauer/mögliche Sonnenscheindauer S <sub>r</sub> [-]	0,17	0,25	0,29	0,39	0,43	0,37	0,40	0,41	0,37	0,33	0,20	0,15	
extraterrestrische Strahlung R <sub>0</sub> [J/cm <sup>2</sup> ]	671	1271	2146	3098	3817	4153	3995	3378	2469	1550	816	504	
Mittelwert Globalstrahlung R <sub>G</sub> [J/cm <sup>2</sup> ]	189	418	749	1254	1622	1643	1633	1406	966	575	244	138	
<b>Gras-Referenzverdunstung ET<sub>0</sub> [mm/Monat]</b>	<b>9,7</b>	<b>16,3</b>	<b>32,8</b>	<b>56,4</b>	<b>81,9</b>	<b>84,6</b>	<b>90,7</b>	<b>78,2</b>	<b>49,8</b>	<b>29,5</b>	<b>12,7</b>	<b>8,0</b>	<b>551</b>
d) Berechnung der tatsächlichen Verdunstung (ET <sub>a</sub> )													
<b>Grünland</b>													
Landnutzungsfaktor f <sub>LN</sub>	0,80	0,93	1,01	1,04	1,06	1,06	1,04	1,00	0,98	0,97	0,99	0,93	
maximale Evaporation ET <sub>x</sub> [mm]	8	15	33	59	87	89	94	78	49	29	13	7	
Wasserbilanz WB <sub>M</sub> [mm]	66	39	33	-15	-29	-10	-13	-2	25	41	59	68	
Kumulative Bilanz Σ WB <sub>M</sub> [mm]	0	0	0	-15	-43	-54	-67	-69	-44	-2	0	0	
Sickerwasser [mm]	66	39	33	0	0	0	0	0	0	0	59	68	
effektive Durchwurzelungstiefe (We) [m]	0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20	0,10	

### 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]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	
Grenzflurabstand [m]	1,50	1,50	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,60	1,60	1,60	1,50	
Grundwasserflurabstand [m]	1,20	1,40	1,50	1,60	1,70	1,70	1,80	1,90	2,00	1,90	1,60	1,40	
Grundwasseranschluss der Bodennutzung?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	1,10	1,30	1,30	1,30	1,40	1,40	1,50	1,60	1,80	1,70	1,40	1,30	
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	17,6	33,0	14,8	17,9	6,0	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	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,71	1,00	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	1,00	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,92	1,00	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>50</b>	<b>58</b>	<b>79</b>	<b>81</b>	<b>76</b>	<b>49</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>497</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>66</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>-6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>41</b>	<b>59</b>	<b>68</b>	<b>326</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>11</b>	<b>20</b>	<b>41</b>	<b>72</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>63</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>700</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>63</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>-28</b>	<b>-47</b>	<b>-31</b>	<b>-35</b>	<b>-24</b>	<b>11</b>	<b>34</b>	<b>57</b>	<b>66</b>	<b>123</b>



### 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]	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	
Grenzflurabstand [m]	1,50	1,50	1,60	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,60	1,60	1,60	1,50	
Grundwasserflurabstand [m]	0,60	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,10	0,90	0,70	
Grundwasseranschluss der Bodennutzung?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
Abstand Grundwasseroberfläche - Untergrenze des effektiven Wurzelraumes [m]	0,50	0,30	0,30	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	1,00	0,90	0,70	0,60	
pot. mögliche kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze We [mm/d]	2,2	4	4	4	3,5	2,2	1,1	0,6	0	0,2	0,6	1,1	
pot. möglicher kapillarer Aufstieg [mm]	68,2	112,0	124,0	120,0	108,5	66,0	34,1	18,6	0,0	6,2	18,0	34,1	
maximaler kapillarer Aufstieg aus Klimadaten [mm]	0,0	0,0	0,0	17,6	33,0	14,8	17,9	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
anzusetzender kapillarer Aufstieg [mm]	0,0	0,0	0,0	17,6	33,0	14,8	17,9	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
relative Bodenfeuchte $W_{rel}$ (Monatsmitte) [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	0,68	0,19	0,14	0,09	0,16	1,00	1,00	1,00	
Disse-Faktor $S(W_{rel})$ [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,38	0,29	0,18	0,32	1,00	1,00	1,00	
<b>Verdunstung <math>ET_a</math> [mm]</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>33</b>	<b>59</b>	<b>84</b>	<b>83</b>	<b>85</b>	<b>76</b>	<b>49</b>	<b>29</b>	<b>13</b>	<b>7</b>	<b>540</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>66</b>	<b>39</b>	<b>33</b>	<b>-15</b>	<b>-26</b>	<b>-4</b>	<b>-4</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>41</b>	<b>59</b>	<b>68</b>	<b>283</b>
<i><b>Wasserfläche</b></i>													
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>11</b>	<b>20</b>	<b>41</b>	<b>72</b>	<b>105</b>	<b>110</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>63</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>700</b>
<b>Grundwasserneubildung [mm]</b>	<b>63</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>-28</b>	<b>-47</b>	<b>-31</b>	<b>-35</b>	<b>-24</b>	<b>11</b>	<b>34</b>	<b>57</b>	<b>66</b>	<b>123</b>