
BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zu den Grundwasserverhältnissen

Auftraggeber: Fa. Wussow
Handwerksstraße 4
27804 Berne

Auftragsnummer: 2017.1985

Datum: 26.6.2018

Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zu den Grundwasserverhältnissen

Inhaltsverzeichnis

1	VORGANG	1
2	ÄLTERE UNTERLAGEN	1
3	METHODIK.....	2
4	UMFELD.....	2
5	UNTERGRUNDAUFBAU.....	3
5.1	SANDE UND KIESE	3
5.2	KLEI.....	3
6	GRUNDWASSER.....	4
6.1	GEOHYDRAULIK DES WASSERLEITERS	5
6.2	GRUNDWASSERSTANDSGANGLINIEN IN DEN BEOBACHTUNGSBRUNNEN	5
6.3	GRUNDWASSERSTRÖMUNG	7
6.3.1	<i>Derzeitiger Zustand</i>	<i>7</i>
6.3.2	<i>Veränderungen durch die Grubenerweiterung.....</i>	<i>9</i>
6.4	LEITFÄHIGKEIT UND GRUNDWASSERVERSALZUNG	9
7	GRUBENSEE	11
7.1	WASSERSPIEGEL.....	11
7.2	LEITFÄHIGKEIT UND SALZGEHALTE	12
7.3	WEITERE SEEENTWICKLUNG	13
7.3.1	<i>Während des Abbaubetriebes</i>	<i>13</i>
7.3.2	<i>Nach Einstellung des Abbaubetriebes.....</i>	<i>14</i>
8	WASSERHAUSHALT	16
8.1	NIEDERSCHLÄGE.....	16

BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

8.2	GRUBENWASSERHAUSHALT	17
9	ZUSAMMENFASSUNG.....	19

Anlagen:

1. Lageplan
2. Säulenprofile der flachen Sondierungen
3. Grundwasserstandsganglinien
4. Mittlere Grundwasserstände im Jahresgang
5. Grundwasserspiegelgleichenplan
6. Monatsniederschlagshöhen
7. Mittlere Monatsniederschlagshöhen im Jahresgang
8. Leitfähigkeitsprofile in den Grundwassermessstellen
9. Leitfähigkeitsprofile des Wassers im Grubensee

Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zu den Grundwasserverhältnissen

1 Vorgang

Die Fa. W. Wussow, Handwerksstraße 4, 28704 Berne, plant eine Erweiterung des Sand- und Kiesabbaus in Harmenhausen nach Nordwesten. Nach den zur Verfügung gestellten Planunterlagen umfasst die Erweiterungfläche (nur Wasserfläche) 9,9 ha.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sind die Grundwasserverhältnisse neu zu beurteilen. Die entsprechenden Untersuchungen wurden bis zum 6.6.2018 durchgeführt. Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse vorgelegt.

Für die geplante Grubenerweiterung ist es nötig, einen Entwässerungsgraben zu verlegen. Hierauf wird in einem gesonderten Gutachten eingegangen.

2 Ältere Unterlagen

Für die vorgelegten Untersuchungen wurden die folgenden älteren Unterlagen genutzt:

- 2.1 Sandgrube Harmenhausen, Fa. Möbius: Gutachten zu den Ergebnissen chemischer und hydraulischer Untersuchungen im Grubensee und im Grundwasser.- Eigenes Gutachten vom 30.9.1996.
- 2.2 Geplanter Kiesabbau der Fa. Wilhelm Wussow, Gemeinde Berne.- Terra Umwelt Consulting GmbH, 13.5.2003.
- 2.3 Erweiterung Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zu den Grundwasser- und Gewässerverhältnissen.- Eigenes Gutachten vom 24.11.2003.
- 2.4 Stellungnahme zu möglichen Bodensetzungen im Umfeld der Sandgrube Harmenhausen.- Eigenes Gutachten vom 9.9.2013.
- 2.5 Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen: Gutachten zur Standsicherheit der Böschungen.- Eigenes Gutachten vom 12.3.2018.

Die Planunterlagen wurden vom Büro Diekmann, Mosebach und Partner, Rastede zur Verfügung gestellt.

3 Methodik

Für die aktuellen Untersuchungen wurden die monatlichen Protokolle der Grundwasserstände in 3 Grundwassermessstellen im Umfeld des Sandabbaus genutzt, die von Mitarbeitern des Auftraggebers aufgezeichnet werden. Sie dienen zur Erstellung der Grundwasserstandsganglinien. Der Datensatz umfasst die Zeit zwischen April 2011 und Juni 2018.

Am 22.4.2018 und am 6.6.2018 wurden im Rahmen von Stichtagsmessungen durch den Gutachter die Wasserspiegel in den Brunnen sowie die Höhenlage des Seewasserspiegels eingemessen. Gleichzeitig wurden die Leitfähigkeits- und Temperaturprofile in den Brunnen und im Seewasserkörper bestimmt.

Da die Lage der 3 vorhandenen Brunnen im Umfeld der Grube für die Konstruktion einer Grundwasser-Spiegelgleichenkarte sehr ungünstig ist, wurden am 6.6.2018 an 4 flachen Sondierungen die Grundwasserstände zusätzlich eingemessen.

Bezüglich der unveränderlichen Randbedingungen (oberflächiges Entwässerungsnetz, Untergundaufbau sowie Permeabilität der Sande und Kiese im Untergrund) wurde auf ältere Unterlagen zurückgegriffen (vor allem Unterlagen 2.1 und 2.3).

4 Umfeld

Die nähere und auch die weitere Umgebung des Abbaubereiches wird zum größten Teil landwirtschaftlich genutzt. Da das gesamte Untersuchungsgebiet mitsamt dem weiteren Umfeld in der Wesermarsch liegt, liegen die natürlichen Grundwasserspiegel dicht unterhalb oder im Bereich des Geländeniveaus. Zur Bewirtschaftung sind daher alle Flächen im Umkreis des Sandabbaus künstlich entwässert. Vorfluter für alle Entwässerungssysteme ist letztlich die Weser, in die das Wasser unter Mithilfe von Mündungsschöpfwerken übergeleitet wird.

Soweit messtechnisch erfasst, schwanken die Geländehöhen im Umfeld etwa zwischen NN +0,9 m und NN +/-0,0 m.

5 Untergrundaufbau

Der durch Aufschlüsse erschlossene Untergrund gliedert sich in mächtige hier verwertete Sande und Kiese unter einer organogenen Kleidecke (siehe Unterlagen 2.1 und 2.3).

5.1 Sande und Kiese

Unterhalb der im nächsten Abschnitt beschriebenen Kleidecke stehen über die gesamte Erkundungstiefe Sand bzw. Sand-Kies-Gemische an, die grundwassergefüllt sind.

Bei den Sanden handelt es sich in den oberen Metern um überwiegend fein- bis mittelkörnige Substrate mit nur relativ geringen Beimengungen gröberer Körnung. Teilbereiche dieser Sande sind schwach schluffig.

Nach unten nehmen gröbere Beimengungen in Form von Grobsanden und Kiesen zu. Außerdem finden sich vereinzelt Holzreste.

Die Lagerungsdichte kann anhand des damaligen Bohrfortschrittes als mittel oder höher abgeschätzt werden.

5.2 Klei

Beim aufliegenden Klei handelt es sich um eine nacheiszeitliche organogene Weichschicht, die auf Überflutungsvorgänge der Weser vor dem Deichbau zurückgeht.

Bei Klei handelt es sich um ein Ton-Schluff-Gemisch mit einem großen Anteil an organischem Material und oft weicher, z.T. auch steifer Konsistenz. Aufgrund der Korngrößenverhältnisse ist Klei ein ausgesprochen schlechter Wasserleiter.

Der Oberboden des Kleis ist – möglicherweise durch Bearbeitung und / oder Viehtritt – erkennbar verdichtet und in den obersten Zentimetern reich an Wurzeln. Die oberen Bereiche sind unterhalb des Oberbodens intensiv braun gefärbt. Darunter, meist in Tiefen ab etwa 0,4 m unter Gelände, treten ein grauer Farbton und Rostflecken hinzu. Bei größeren Kleimächtigkeiten sind dessen basale Bereiche grau gefärbt.

In dieser Abfolge zeigt sich die typische Bodenbildung der hier anzutreffenden Marschböden. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass unterhalb des humosen Oberbodens hydromorphe Eigenschaften charakteristisch sind. Der obere Teil der hier angetroffenen Marschböden zeigt neben dem Grundwassereinfluss überwiegend oxidierende Verhältnisse. Basal findet sich fast durchgehend eine Vernässung mit reduzierendem Milieu, welches für die Graufärbung der tieferen Kleibereiche verantwortlich ist. In den durchgeführten flachen Sondierungen ist die Grenze zwischen oxidierendem und reduzierendem Horizont nicht scharf gezogen. Dies kann natürliche Ursachen haben oder auch auf die intensive Entwässerung der Marschflächen zurückgehen, ohne die eine landwirtschaftliche Nutzung kaum möglich wäre.

In Teilbereichen im Umfeld der Sandgrube werden auch Torfe angetroffen, die ebenfalls nacheiszeitlichen Alters sind.

Anlage 2 zeigt die Säulenprofile der flachen Sondierungen, die für die Grundwassererkundung bis an die Sohle der Kleidecke niedergebracht wurden.

6 Grundwasser

Die Sande unterhalb des Kleis bilden einen ausgedehnten Wasserleiter, der völlig wassergesättigt ist. Die Grundwasseroberfläche liegt meist oberhalb der Unterkante der aus Klei bestehenden Deckschicht, so dass das Grundwasser leicht gespannt ist und in Bohrlöchern bis in den Klei aufsteigt. Aus diesem Grund wurde bei den flachen Sondierungen das Ende des erkennbaren Grundwasseranstieges abgewartet, so dass davon auszugehen ist, dass die protokollierten Wasserspiegel mit recht großer Genauigkeit dem Ruhewasserspiegel entsprechen.

6.1 Gehydraulik des Wasserleiters

Die Permeabilität des sandig-kiesigen Wasserleiters unterhalb der Kleidecke wurde bereits in den Untersuchungen des Jahres 2003 (siehe Unterlage 2.3) bestimmt. Da sich an der Zusammensetzung, der Porosität und der Lagerungsdichte dieser Sande nichts geändert hat, kann hier unverändert auf diese Untersuchungsergebnisse zurückgegriffen werden. Sie werden im Folgenden noch einmal kurz zusammengefasst.

Bei den nach verschiedenen Verfahren ausgewerteten Pumpversuchen haben sich für den sandigen Wasserleiter Permeabilitäten zwischen

$$7,0 \cdot 10^{-4} \geq k_f \geq 9,5 \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$$

ergeben. Diese Schwankungsbreite ist vergleichsweise gering und deutet auf eine recht große Homogenität des Wasserleiters hin. Anzeichen für Anisotropien (Richtungsabhängigkeiten der Permeabilität) ergeben sich nicht.

Der Mittelwert der Permeabilität liegt bei

$$k_{f, \text{mittl}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}.$$

Bei den hier vorgefundenen Korngrößenverhältnissen kann von einer Nutzporosität von etwa

$$p_N = 0,2$$

oder etwas weniger ausgegangen werden.

6.2 Grundwasserstandsganglinien in den Beobachtungsbrunnen

Anlage 3 zeigt die Grundwasserstandsganglinien an den Brunnen G2 bis G4. Die Wasserstände wurden von Vertretern des Auftraggebers monatlich gemessen und dem Gutachter übermittelt.

Die folgende Tabelle zeigt die statistischen Parameter der gemessenen Grundwasserstände (Wasserspiegel in mNN).

BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

	G4	G3	G2
Max	0,21	0,32	0,17
MW	-0,12	-0,05	-0,15
Min	-0,34	-0,35	-0,40
Sdev	0,10	0,14	0,11
N	87	87	87
Var	0,55	0,67	0,57

Max: maximaler Wasserspiegel
MW: mittlerer Wasserspiegel
Min: minimaler Wasserspiegel
Sdev: Standardabweichung
N: Anzahl der Messungen
Var: Schwankungsbreite

Die geringen Schwankungsbreiten der Grundwasserspiegel sind standorttypisch für die Marsch, die durch einen ganzjährig hohen Grundwasserstand charakterisiert ist. Zusätzlich kann die Marschentwässerung und die Nachbarschaft zum Grubensee dämpfend auf Grundwasserstandsschwankungen wirken.

An keiner der Grundwassermessstellen lässt sich ein langjähriger Trend der Entwicklung der Wasserspiegel erkennen.

Die Grundwasserspiegel der Messstellen korrelieren hochsignifikant miteinander. Der Korrelationskoeffizient liegt in jedem Fall oberhalb von 0,80, was bei 87 Messwerten eine äußerst gute Korrelation anzeigt. Die Höhe der Korrelationskoeffizienten deutet mit großer Sicherheit darauf hin, dass die Wasserspiegel aller Grundwassermessstellen denselben Einflussfaktoren unterworfen sind.

Anlage 4 zeigt den Jahresgang der Mittelwerte der monatlichen Grundwasserstände. Erwartungsgemäß zeigen die Wasserstände an allen 3 Messstellen die gleichen Charakteristika. Im Mittel werden die höchsten Grundwasserstände in den Monaten Dezember bis Mai angetroffen, minimale Wasserstände in den Sommermonaten sowie im November.

6.3 Grundwasserströmung

6.3.1 Derzeitiger Zustand

Die folgenden Angaben zur Grundwasserströmung sowie der Grundwasserspiegelgleichenplan basieren auf der Stichtagsmessung vom 6.6.2018. Es wurden die Wasserstände in den Beobachtungsbrunnen, in den flachen Sondierbohrungen sowie im Grubensee und in den benachbarten Gräben beobachtet bzw. eingemessen. Anlage 5 zeigt als Ergebnis den Spiegelgleichenplan.

Zum Zeitpunkt der Stichtagsmessung wird nur ein kleiner Teil im Südosten der Sandgrube vom Grundwasser angeströmt.

Aufgrund der Spiegellage des Grubensees ist davon auszugehen, dass der Grubensee im Süden, Westen, Norden und zu einem kleineren Teil auch im Nordosten einspeisend in das Grundwasser wirkt.

Die sehr geringe Neigung der Grundwasseroberfläche entspricht auch den Ergebnissen der älteren Untersuchungen (Unterlage 2.3). Damals wurde allerdings eine andere Grundwasserfließrichtung nachgewiesen. Aufgrund der meist äußerst geringen Unterschiede zwischen Grund- und Seewasseroberfläche reichen bereits Veränderungen in der jeweiligen Spiegellage von wenigen Zentimetern aus, um die Strömungsrichtungen im Untergrund zu verändern.

Abgesehen von einer anscheinend kleinflächigen Ausnahme im Norden der Sandgrube ist die Neigung der Grundwasseroberfläche sehr gering. Dies entspricht den zu erwartenden Standortbedingungen in der Wesermarsch und wiederum den Ergebnissen der älteren Untersuchungen. Das Gefälle i des Grundwasserspiegels liegt im Mittel bei ungefähr

$$i = 0,00067.$$

Bei der in Abschnitt 6.1 errechneten mittleren Permeabilität des Wasserleiters von

$$k_{f, \text{mittl}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ [m/s]}$$

und einer Porosität von

$$p_N = 0,2$$

errechnet sich die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwasser v_a nach

$$v_a = k_f \cdot i \cdot 1/\rho_N$$

mit

$$v_a = 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,00067 \cdot 1/0,2$$

zu

$$\underline{v_a = 1,26 \cdot 10^{-6} \text{ m/s} = 40,1 \text{ m/a.}}$$

Diese geringe Strömungsgeschwindigkeit belegt nahezu stagnierende Grundwasserströmungsverhältnisse mit einem – wenn überhaupt - nur äußerst geringen Austausch zwischen See- und Grundwasser.

Die geringe Neigung der Grundwasseroberfläche macht die Diskussion über die Entwicklung einer Kippungslinie im Zusammenhang mit dem Grubensee überflüssig. Bei stärker geneigten Grundwasserspiegeln wird auf der Seefläche die ehemals geneigte Grundwasseroberfläche durch eine horizontale Seewasseroberfläche ersetzt, was das Strömungsbild im Randbereich eines Sees beeinflusst. Da der Grundwasserspiegel hier nahezu eben ist, ist dieser Vorgang irrelevant.

Einen Sonderfall bildet der an der Sondierung B 2018-004 angetroffene Grundwasserspiegel in Höhe von NN -0,74 m. Diese Tiefe des Grundwasserspiegels ist durch natürliche Vorgänge nicht zu erklären. Da hier auch keine Grundwasserentnahmen vorliegen ist es als wahrscheinlich anzunehmen, dass der im Bohrloch gemessene Wasserspiegel nicht dem Ruhewasserspiegel entspricht. Unter dem hier relativ mächtigen Klei ist das Grundwasser artesisch gespannt, was auch im langsamen Anstieg des Wassers im Bohrloch zum Ausdruck kam: Es muss davon ausgegangen werden, dass dieser Anstieg auch zum Zeitpunkt der letzten Messung (ca. 1,5 Std nach Durchführung der Sondierung) noch nicht vollständig abgeklungen war, so dass der Spiegelgleichenplan hier wahrscheinlich nicht die Verhältnisse in Ruhe wiedergibt.

6.3.2 Veränderungen durch die Grubenerweiterung

Die geplante Grubenerweiterung wird nur von sehr geringen Auswirkungen auf das Grundwasser begleitet, die sich wahrscheinlich dem direkten Nachweis vor Ort entziehen. Da Grund- und Seewasserspiegel sehr dicht beieinander liegen und die Vorgänge im Zusammenhang mit der Bildung einer Kippungslinie hier nicht von Bedeutung sind, wird es nicht zu nennenswerten Veränderungen des Grundwasserspiegels im Umfeld kommen. Es ist weiterhin damit zu rechnen, dass bereits sehr geringe Variationen zwischen Grund- und Seewasserspiegel zu Veränderungen in der Strömungsrichtung des Grundwassers führen, wobei die Fließgeschwindigkeiten des Grundwassers sehr langsam bleiben werden. Der Austausch zwischen Grund- und Seewasser wird nur auf einem sehr niedrigen Niveau stattfinden und sich daher wahrscheinlich dem Nachweis entziehen.

Der hydraulische Kontakt eines Seewasserkörpers mit einem Speicherkoeffizienten von 1,0 mit einem sandigen Aquifer mit einem Speicherkoeffizienten von ca. 0,2 dämpft die Grundwasserstandsschwankungen im direkten Umfeld der Uferlinie. Entsprechend der geplanten Erweiterung der Sandgrube in westliche Richtung wird sich die Zone gedämpfter Schwankungen der neuen Uferlinie folgend nach Westen verlagern. Vor dem Hintergrund der geringen Niveauunterschiede zwischen Grund- und Seewasser ist diese Zone allerdings sehr schmal (maximal wenige Meter ausgehend von der Uferlinie) und damit für das Strömungsverhalten des Grundwassers im Aquifer von untergeordneter Bedeutung.

Veränderungen des Wasserhaushaltes im Zusammenhang mit der Grubenerweiterung werden unten in Abschnitt 8.2 behandelt.

6.4 Leitfähigkeit und Grundwasserversalzung

Am 22.4.2018 und am 6.6.2018 wurden die Leitfähigkeitsprofile in den Grundwassermessstellen durch eine Bohrlochsonde vermessen. Die Ergebnisse zeigt Anlage 8.

Wie bereits in allen früheren Untersuchungen wurde im tieferen Teil der Sandschichten ein starker Anstieg der Leitfähigkeiten beobachtet, der auf die hier anzutreffende Grundwasserversalzung zurückgeht. Wie bereits in den früheren Untersuchungen (siehe Unterlage 2.3) ist der sog. Salzsprung, d.h. der starke Anstieg der Leitfähigkeit und damit der Salzkonzentration, unverändert in einem Tiefenbereich zwischen 17 m und 20 m unter Gelände anzutreffen. Soweit durch Daten belegt hat es hier keine Veränderungen durch den Wasserkörper des Grubensees gegeben. Vor

BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

dem Hintergrund des standorttypischen sehr niedrigen Spiegelunterschiedes zwischen Grund- und Seewasser ist dies zu erwarten. Solange keine Eingriffe die jeweiligen Gewässeroberflächen deutlich verändern, ist auch in der Zukunft mit diesen Verhältnissen zu rechnen.

In den älteren Untersuchungen (siehe Unterlage 2.3) wurde ein hochsignifikanter linearer Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Salzgehalt nachgewiesen. Dies ist zu erwarten, da die Leitfähigkeit des Grund- und Seewassers zum bei weitem überwiegenden Teil auf gelöstes Kochsalz NaCl zurückgeht. Weitere Salze spielen hier nur eine untergeordnete Rolle. Der Zusammenhang wird durch die folgende (nicht dimensionsechte) Gleichung beschrieben (Cl = Chlorid in mg/l, LF = Leitfähigkeit in $\mu\text{S}/\text{cm}$).

$$\text{Cl} = 0,2963 \cdot \text{LF} - 99,0265.$$

Die Salz- (NaCl-) Konzentration berechnet sich aus der Chloridkonzentration nach dem exakten Zusammenhang

$$\text{NaCl} = 1,6479 \cdot \text{Cl}.$$

Die maximalen Chlorid- und Salzkonzentrationen wurden erwartungsgemäß unterhalb des Salzsprunges errechnet. Hier wurden im Maximalfall folgende Werte nachgewiesen (Brunnen G2, 20.4.2018):

- Chlorid: ca. 2.600 mg/l,
- Salz (NaCl): ca. 4.400 mg/l.

Diese Werte - wie auch die zugrundeliegende Leitfähigkeit - liegen unterhalb der im Rahmen der älteren Untersuchungen gemessenen (siehe Unterlage 2.3).

Aufgrund der im letzten Abschnitt beschriebenen Druck- und Strömungsverhältnisse im Grundwasser im Umfeld der Sandgrube kommt es weder jetzt noch in der Zukunft zu einem nennenswerten Austausch zwischen Grund- und Seewasser. Des Weiteren ist auch in der Zukunft nicht mit

der Wirkung von aufsteigendem salzhaltigen Wasser in der Sandgrube zu rechnen. Dies konnte im Rahmen der Gewässerüberwachung auch in der Vergangenheit nicht nachgewiesen werden.

7 Grubensee

7.1 Wasserspiegel

Im Rahmen der Ortstermine vom 22.4.2018 und vom 6.6.2018 wurde jeweils auch die Höhenlage des Seewasserspiegels in der Sandgrube bestimmt. Es wurden folgende Wasserspiegellagen gemessen:

- 22.4.2018: NN +0,13 m,
- 6.6.2018: NN -0,05 m.

Der Abfall des Seewasserspiegels um 18 cm ist mit großer Sicherheit ein Resultat der außergewöhnlichen Trockenheit zwischen den beiden Messterminen: im Mai 2018 wurde mit einer Niederschlagshöhe von 5,6 mm ein extrem geringer Niederschlag gemessen, eine Trockenheit, die zur Zeit der Gutachtenerstellung noch andauert.

Damit liegen die gemessenen Seewasserspiegel im Bereich der Grundwasseroberfläche. Lediglich im Nordosten des Grubensees liegt die Grundwasseroberfläche etwas tiefer.

Wie bereits in Abschnitt 6.3 beschrieben, ist aufgrund der Wasserspiegeldifferenzen zwischen Grund- und Seewasser eine großräumige Anströmung des Sees aus dem Grundwasser nicht möglich. Dies gilt auch für ein eventuelles Aufdringen von versalzenerem tieferen Grundwasser durch die Sohle des Sees. Der Austausch zwischen See- und Grundwasser ist daher - wenn überhaupt - nur als sehr gering zu beurteilen. Auch dies entspricht auch den Erkenntnissen aus den älteren Untersuchungen (siehe Unterlage 2.3).

7.2 Leitfähigkeit und Salzgehalte

Am 22.4.2018 und am 6.6.2018 wurden die Leitfähigkeitsprofile des Grubensees aufgemessen. Der Standort der Messungen war jeweils der Baggerponton auf dem Grubensee. Die Sohliefen des Grubensees lagen bei 17,0 m am 22.4.2018 bzw. bei 17,5 m am 6.6.2018. Anlage 9 zeigt die Darstellung der Messergebnisse.

Die Tiefenprofile der Leitfähigkeiten zeigen an beiden Messterminen einen ungewöhnlichen Verlauf. Die oberflächennahen Gewässerschichten lassen eine signifikant höhere Leitfähigkeit und damit einen entsprechend etwas höheren Salzgehalt (siehe unten) erkennen als die tieferen Schichten. Dies ist durch natürliche Vorgänge nicht zu erklären. Zum einen ist der Leitfähigkeits- (und damit auch der Salzgehalts-) unterschied zu gering, um eine Dichteschichtung im Seewasser auszubilden¹. Zum anderen ist salzreicherer Wasser spezifisch schwerer als salzarmes und müsste somit das letztgenannte unterschichten, was hier nicht der Fall ist.

Ein ähnliches Phänomen wurde bereits am 12.11.2003 (siehe Unterlage 2.3) beobachtet.

Die plausibelste Erklärung basiert auf der zu beiden Probenahmeterminen hohen Abbautiefe. In der Tiefe von 17,0 bzw. 17,5 m ist im Porenwasser der Sande von einem stellenweise höheren Salzgehalt auszugehen. Da dieses Porenwasser zum Teil nach dem Absetzen des Baggergutes dem Grubensee wieder zuströmt und diesen im Bereich des Wasserspiegels erreicht, kann die Zunahme der Leitfähigkeiten und der Salzgehalte nach oben leicht erklärt werden. Derartige Überschichtungen sind ausgesprochen selten und von temporärer Natur.

Die gemessenen Maximalwerte der Leitfähigkeiten (1.058 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 6.6.2018 dicht unterhalb des Seewasserspiegels) liegen noch um fast eine Größenordnung unterhalb des Maximalwertes der Leitfähigkeit des Grundwassers in den Beobachtungsbrunnen. Auch dies deutet darauf hin, dass es nicht zu einem größeren Salzeintrag direkt aus dem Grundwasser gekommen ist, was vor dem Hintergrund der gemessenen Grund- und Seewasserspiegel aus hydraulischen Gründen ohnehin kaum möglich wäre (siehe Abschnitt 6.3).

Unabhängig vom beschriebenen Sonderfall der Tiefenentwicklung der Leitfähigkeiten bewegen sich die Messwerte innerhalb des durch die Überwachungsmessungen dokumentierten Spektrums. Die Maximalwerte der im Rahmen der Überwachung durchgeführten Messungen liegen oberhalb der Messwerte vom 22.4.2018 und vom 6.6.2018.

¹ Dies gilt nicht für das Grundwasser.

Nach den in Abschnitt 6.4. beschriebenen Zusammenhängen zwischen Leitfähigkeit, Chlorid- und Salzgehalt ergibt sich für das Seewasser eine maximale Chloridkonzentration von ca. 215 mg/l (6.6.2018), der eine Salzkonzentration von 355 mg/l entspricht.

Für die zukünftige Entwicklung der Salzgehalte im Grubensee gelten die Schlussfolgerungen der Abschnitte 6.4 und 7.1, nach denen aufgrund der äußerst geringen Spiegelunterschiede zwischen See- und Grundwasser nicht von einem merkbaren Zufluss von Grundwasser in den Seewasserkörper auszugehen ist.

7.3 Weitere Seeentwicklung

7.3.1 Während des Abbaubetriebes

Abgesehen von Veränderungen im Wasserhaushalt des Grubensees, auf die in Abschnitt 8 eingegangen wird, ist während des Abbaubetriebes nicht mit größeren Veränderungen des Seewassers selbst zu rechnen. Ursache hierfür ist die bereits mehrfach erwähnte geringe Differenz zwischen See- und Grundwasserspiegeln, die einen Wasseraustausch zwischen diesen beiden Gewässerkörpern nahezu unmöglich macht. Dies gilt auch für mögliche Einträge von Inhaltsstoffen aus dem Grundwasser in das Seewasser und umgekehrt.

Wasserbewegungen und Wasseraustausch sind an die Existenz eines hydraulischen Gradienten gebunden und direkt proportional zu diesem. Dies verhindert vor allem den Zutritt größerer Mengen von versalztem Grundwasser durch die Grubensohle, da die Grundwasserversalzung nach dem vorliegenden Kenntnisstand in einer Tiefe von 17 bis 20 m unter Gelände wirksam wird. Ein zusätzlicher Eintrag von Salzwasser durch die Grubenböschungen ist nicht zu erwarten, da das Grundwasser oberhalb der o.g. Tiefe nicht versalzen ist und nur dann die Böschungen in Richtung Grubensee durchströmen kann, wenn ein entsprechender hydraulischer Gradient vorliegt.

Zusätzlich stabilisierend auf die Salzschiebung im Untergrund wirkt der Dichteunterschied zwischen Salz- und Süßwasser, der auch primär für die Existenz der Salzschiebung im Wasserleiter verantwortlich ist.

Mit zusätzlichen größeren Salzeinträgen aus dem umgebenden tieferen Grundwasser muss nicht gerechnet werden. Sie sind auch in der Vergangenheit nicht aufgetreten. Auch bei einem natürlichen See mit gleichen Dimensionen wäre mit einem Salzeintrag erst dann zu rechnen, wenn der Seegrund die Tiefenlage der Versalzungsoberfläche des Grundwassers deutlich unterschreitet¹.

Durch den Rückspülbetrieb kann es beim Abbau der Sandschichten im Bereich der maximalen Abbautiefe zum Eintrag von versalztem Spülwasser in den See kommen. Die Salzfracht kommt in diesem Fall aus dem Porenraum der geförderten Sedimente. Dieser Vorgang hat mit Sicherheit in der Vergangenheit auch schon stattgefunden. Dies war aber langfristig nur von geringem Einfluss auf die Leitfähigkeit und den Salzgehalt des Seewassers. Die im Rahmen der Überwachung beobachtete Zunahme der Leitfähigkeit und der Salzgehalte findet auf einem äußerst niedrigen Niveau statt und wird sich nicht nennenswert beschleunigen. Wie bereits beschrieben liegen die Salzgehalte des Seewassers weit unterhalb derjenigen des umgebenden Grundwassers in vergleichbaren Tiefen. Bei einem weiteren Abbau ist nicht damit zu rechnen, dass sich hieran etwas ändert.

Aufgrund der Abbau- und Rückspülprozesse ist davon auszugehen, dass sich der Wasserkörper im Grubensee nahezu permanent in Zirkulation befindet. Eine Gewässerschichtung ließ sich – abgesehen von der temporären Überschichtung mit Rückspülwasser – dementsprechend bisher nicht nachweisen. Während des Abbaubetriebes werden für die Zukunft hier keine Veränderungen erwartet. Bezüglich der späteren Zustände wird auf den folgenden Abschnitt verwiesen.

7.3.2 Nach Einstellung des Abbaubetriebes

Nach der Einstellung des Abbaubetriebes hat der Grubensee seine maximale Ausdehnung und Tiefe erreicht. Der wesentliche Unterschied zum Zustand während des Abbaus ist das Fehlen von Zirkulation und Durchmischung.

In natürlichen und künstlichen Seen mit ausreichender Tiefe kommt es durch die sommerliche Erwärmung in der durchlichteten Zone zur Ausbildung einer relativ warmen und spezifisch leichten Wasserschicht oberhalb des nicht erwärmten und damit spezifisch schwereren Tiefenwassers. Der

¹ Dies gilt nur für Bereiche mit geringen Spiegelunterschieden zwischen See- und Grundwasser wie hier in der Marsch. In Geest oder Mittelgebirgsbereichen können größere Spiegelunterschiede auftreten, welche direkte Auswirkungen auf das Gewässer haben.

BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Übergang zwischen diesen beiden Schichten ist nicht fließend, sondern erfolgt durch die Ausbildung einer Sprungschicht, die von einem verhältnismäßig großen Temperaturgradienten ausgebildet wird.

Im Herbst kühlt sich die oberflächennahe Schicht ab. Fällt deren Temperatur auf den Wert der tieferen Wasserschicht, sind die Dichteunterschiede ausgeglichen und es kommt zur Vollzirkulation im Gewässerkörper.

Bei ausreichend tiefen Temperaturen kühlt sich im Winter die obere Wasserschicht auf eine Temperatur von weniger als 4°C ab. Damit nimmt die Dichte des Wassers, die ihr Maximum bei 4°C erreicht, wieder ab und es kommt zur Umkehrung der Gewässerschichtung, da sich kaltes Wasser (und ggf. auch Eis) über wärmerem Tiefenwasser befindet. Auch hier bildet sich eine Sprungschicht aus, in der allerdings geringere Temperaturgradienten als im Sommer angetroffen werden.

Im Frühjahr kommt es bei der Erwärmung der durchlichteten Wasserschicht wieder zum Dichtenausgleich und zur Vollzirkulation, die bei weiterer Erwärmung wieder in die sommerliche Temperaturschichtung überleitet.

Diese Vorgänge werden z.Zt. infolge der abbaubedingten Durchmischung nicht wirksam. Dies wird sich bei Einstellung des Abbaubetriebes ändern.

Bei dem hier vorliegenden windexponierten Standort ist davon auszugehen, dass eine Stagnationsphase mit ausgeprägter Gewässerschichtung bei Wassertiefen von mehr als ca. 8 m auftreten kann. Bei geringeren Wassertiefen sorgt der Wind für eine permanente Vollzirkulation. Da die Seewassertiefen diesen Wert deutlich überschreiten, ist nach dem Ende des Abbaus mit dem Auftreten der o.g. Prozesse zu rechnen. Damit nähert sich der Baggersee einem vergleichbaren natürlichen See an.

In besonders tiefen Seen bleibt eine tiefere Schicht ganzjährig von Zirkulationsvorgängen ausgeschlossen. Diese tiefe Schicht wird Monolimnion genannt. Hier herrschen ganzjährig reduzierende und sauerstoffzehrende Bedingungen. Das Kriterium zum Auftreten eines Monolimnions bildet das Verhältnis von maximaler Wassertiefe T_{\max} (hier 17 m) zur Seefläche A_o (hier ca. 27,5 ha). Für diese Randbedingungen gilt als Voraussetzung zur Bildung eines Monolimnions

$$T_{\max} / A_o^{0,25} > 1.$$

Für die hier angetroffenen Randbedingungen berechnet sich ein Zahlenwert von

$$17 / 275.000^{0,25} = 0,74 < 1,0.$$

Da dieser Wert unterhalb von 1,0 liegt, ist nicht mit der Entwicklung eine Monolimnions zu rechnen.

8 Wasserhaushalt

8.1 Niederschläge

Im Zeitraum von April 2011 bis Mai 2018 liegen archivierte Daten der monatlichen Niederschlagshöhen vom Flughafen Bremen¹ vor. Da es sich bei diesem um die nächstgelegene Station handelt, werden diese Daten für die folgenden Betrachtungen herangezogen.

Die jährlichen Niederschlagshöhen schwanken zwischen 547 mm/a und 779 mm/a. Aufgrund der Kürze der Messreihe sind Angaben zu Mittelwert und Trend nicht sinnvoll. Diesen Niederschlagshöhen entsprechen Niederschlagsvolumina zwischen 5.470 m³/ha·a und 7.790 m³/ha·a.

Anlage 6 zeigt die Ganglinie der monatlichen Niederschlagshöhen, Anlage 7 die Verteilung der mittleren Monatsniederschlagshöhen.

Die monatlichen Niederschlagshöhen schwanken zwischen 2,3 mm/mon und 131,1 mm/mon um einen Mittelwert von 53,4 mm/mon. Der stärkste Monatsniederschlag in der hier ausgewerteten Messreihe überschreitet den schwächsten dementsprechend um einem Faktor von etwas über 50.

Vor allem aus Anlage 7 wird deutlich, dass die größten Monatsniederschläge im Hochsommer zwischen Juni und August sowie im Dezember und im Januar auftreten. Hierbei ist anzunehmen, dass die hohen Monatsniederschläge im Sommer zu einem höheren Anteil auf einzelne Starkregenereignisse (Gewitter) zurückgehen als im Winter, in dem derartige Ereignisse eher selten und wenn, dann fast ausschließlich an Kaltfronten auftreten.

¹ Quelle: www.wetterkontor.de

Zu beachten ist die außergewöhnliche Trockenheit zwischen dem Termin der ersten Stichtagsmessung (20.4.2018) und der zweiten (6.6.2018).

8.2 Grubenwasserhaushalt

Der Wasserhaushalt der Sandgrube ist dadurch gekennzeichnet, dass eine offene Wasserfläche an die Stelle eines bodenbedeckten Grundwasserkörpers, dessen Wasserhaushalt von Vegetationsvorgängen gesteuert wird, getreten ist.

Die Wasserspiegel des Grubensees werden nicht regelmäßig gemessen. Daher liegen keine Daten über minimale und maximale Wasserstände im Grubensee vor. Die bisherigen Messungen an einigen Geländeterminen sowie die Beobachtungen bei den jeweiligen Wasseruntersuchungen erlauben die folgerung, dass der Grubenwasserspiegel lediglich um Zenitmeter oder um maximal 1 – 2 Dezimeter schwankt. Dies ist deutlich geringer als die ebenfalls geringen Schwankungen des Grundwasserspiegels, was vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Speicherkoeffizienten zu erwarten ist (siehe Abschnitt 6.4).

Vor dem Hintergrund dieses geringen Schwankungsbereiches gilt, dass die Lage der Uferlinie nahezu unverändert bleibt oder um maximal wenige Dezimeter schwanken kann. Dies ist im Kartenmaßstab nicht darstellbar und insbesondere ohne Bedeutung für die Standsicherheit der Grubenböschungen (siehe Abschnitt 2, Unterlage 2.5).

Durch die Freilegung der ehemaligen Grundwasseroberfläche tritt daher die Evaporation (Verdunstung aus einer Wasseroberfläche) an die Stelle der Evapotranspiration (Verdunstung aus einer vegetationsbestandenen Landoberfläche).

Die Evaporation ist in unseren Klimabereichen regelmäßig höher als die Evapotranspiration, so dass aus diesem Grund ein Wasserbilanzdefizit im Vergleich zum früheren Zustand auftreten muss.

Zwischen einer Wasseroberfläche und einer vegetationsbestandenen Landoberfläche berechnet sich die Verdunstungsdifferenz ΔV nach

$$\Delta V = \left(1 + \frac{27 \cdot tm}{25 + 3 \cdot tm} \right) \cdot (90 - B - Z)$$

BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

mit:

- tm: mittlere Jahrestemperatur, hier 8°C¹,
- B: Beiwert für die Speicherung des Oberbodens, hier etwa 0 – 10 und
- Z: Beiwert für den Grundwasser-Flurabstand, hier etwa 30 – 45

(siehe auch Unterlage 2.3).

Bei unveränderten Randbedingungen errechnen sich wie in den älteren Untersuchungen Verdunstungsdifferenzen zwischen Land- und Seeflächen zwischen 189 mm/a und 324 mm/.

Für die Umrechnung von Verdunstungshöhe in Verdunstungsvolumen gilt:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2 = 10 \text{ m}^3/\text{ha} = 1.000 \text{ m}^3/\text{km}^2.$$

Da die Seefläche um ca. 9,9 ha vergrößert werden soll, errechnen sich für das zusätzliche Verdunstungsdefizit ΔV die folgenden Extrema:

- **Minimum:** 189 mm/a = 18.711 m³/a sowie
- **Maximum:** 324 mm/a = 32.024 m³/a.

Die Unterschiede ergeben sich aus den o.g. Beiwerten für den Grundwasser-Flurabstand und die Speicherung des Oberbodens in dem Bereich, der von der Grubenerweiterung betroffen ist.

Die Vergrößerung des Verdunstungsvolumens ist direkt proportional mit der Vergrößerung der Wasserfläche des Grubensees durch die Grubenerweiterung. Daraus ergibt sich, dass diese Volumenzunahme keinen einfluss auf den späteren Seewasserspiegel und den Grundwasserspiegel im Umfeld hat.

¹ <https://www.wetter.de/klima/europa/deutschland/bremen-s102240.html>

9 Zusammenfassung

Die Untersuchungen zu den Grundwasserverhältnissen im Bereich der geplanten Erweiterung der Sandgrube Harmenhausen und den zu erwartenden Veränderungen haben die folgenden Ergebnisse erbracht:

1. Der Untergrund im Umfeld der Sandgrube besteht aus Klei über den hier als Rohstoff genutzten Sanden. Stellenweise sind in dem oberflächennahen Klei Torfe eingelagert.
2. Entsprechend den Standortbedingungen in der Marsch steht das Grundwasser dicht unterhalb der Oberfläche an. Die Grundwasseroberfläche liegt meist oberhalb der Kleibasis.
3. Der mittlere k_f -Wert der Sande liegt bei $3,8 \cdot 10^{-4}$ m/s, was einem guten Wasserleiter entspricht.
4. Die Ganglinien der Grundwasserstände im Umfeld der Sandgrube zeigen Schwankungsbreiten zwischen 0,55 und 0,67 m ohne jeden erkennbaren Trend. Die Grundwasserstände korrelieren hochsignifikant miteinander.
5. Die Grundwasserströmung wird von einer nur sehr gering geneigten Grundwasseroberfläche gesteuert. Dementsprechend ist die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers gering und es herrschen standorttypisch nahezu stagnierende Verhältnisse im Aquifer.
6. Die geringen Niveauunterschiede zwischen Grund- und Seewasser machen einen bedeutenden Austausch zwischen diesen beiden Wasserkörpern unmöglich.
7. Aus demselben Grund ist der vertikale Aufstieg von tieferem Grundwasser durch die Sohle des Grubensees nicht möglich.
8. In tieferen Teilen des Aquifers ist wie bisher der Einfluss der Grundwasserversalzung nachweisbar, wobei sich die Salzgehalte im Grundwasser im Vergleich zu den früheren Untersuchungen etwas verringert haben.
9. Bei den Gewässerprofilvermessungen ließ sich eine Schichtung des Seewassers nachweisen, bei der Wasser mit etwas erhöhtem Salzgehalt über Wasser mit geringerem Salzgehalt liegt. Es wird davon ausgegangen, dass dieses unübliche Phänomen mit dem Einfluss des an der Oberfläche eingeleiteten Wassers aus der Aufbereitung zusammenhängt. In Ausnahmefällen wurde dies auch in der Vergangenheit beobachtet.
10. Die wesentliche Veränderung im Umfeld der Grubenerweiterung wird durch die Vergrößerung der offenen Wasserfläche und die dadurch verursachte Zunahme des Verdunstungsvolumens auf ca. 18.711 bis 32.024 m³/a erwartet, je nach Ansatz der Beiwerte für Böden und ursprünglichen Grundwasserflurabstand. Da sich die Fläche des Grubensees dazu proportional vergrößert, hat dies keinen Einfluss auf den Wasserspiegel des Grubensees.

BGW Geotechnik GmbH

Büro Hohenlockstedt: Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

11. Im Bereich der Erweiterung wird sich die schmale Zone mit nur gedämpften Grundwasserstandsschwankungen wie bisher der Erweiterung folgend verlagern.
12. Abgesehen von temporären Überschichtungen durch eingeleitetes Wasser aus der Sand- und Kiesaufbereitung wird wie bisher davon ausgegangen, dass infolge des Abbaubetriebes keine lang anhaltende Gewässerschichtung auftreten kann.
13. Nach Einstellung des Abbaubetriebes ist davon auszugehen, dass dieselben Prozesse wirken, die einen vergleichbaren natürlichen See charakterisieren. Die fehlende Durchmischung wird zur Ausbildung einer Sommer- und Winterstagnation führen, die von einer Frühjahrs- und einer Herbstzirkulation unterbrochen wird.

Dr.A. Iwanoff
(BGW Geotechnik GmbH)

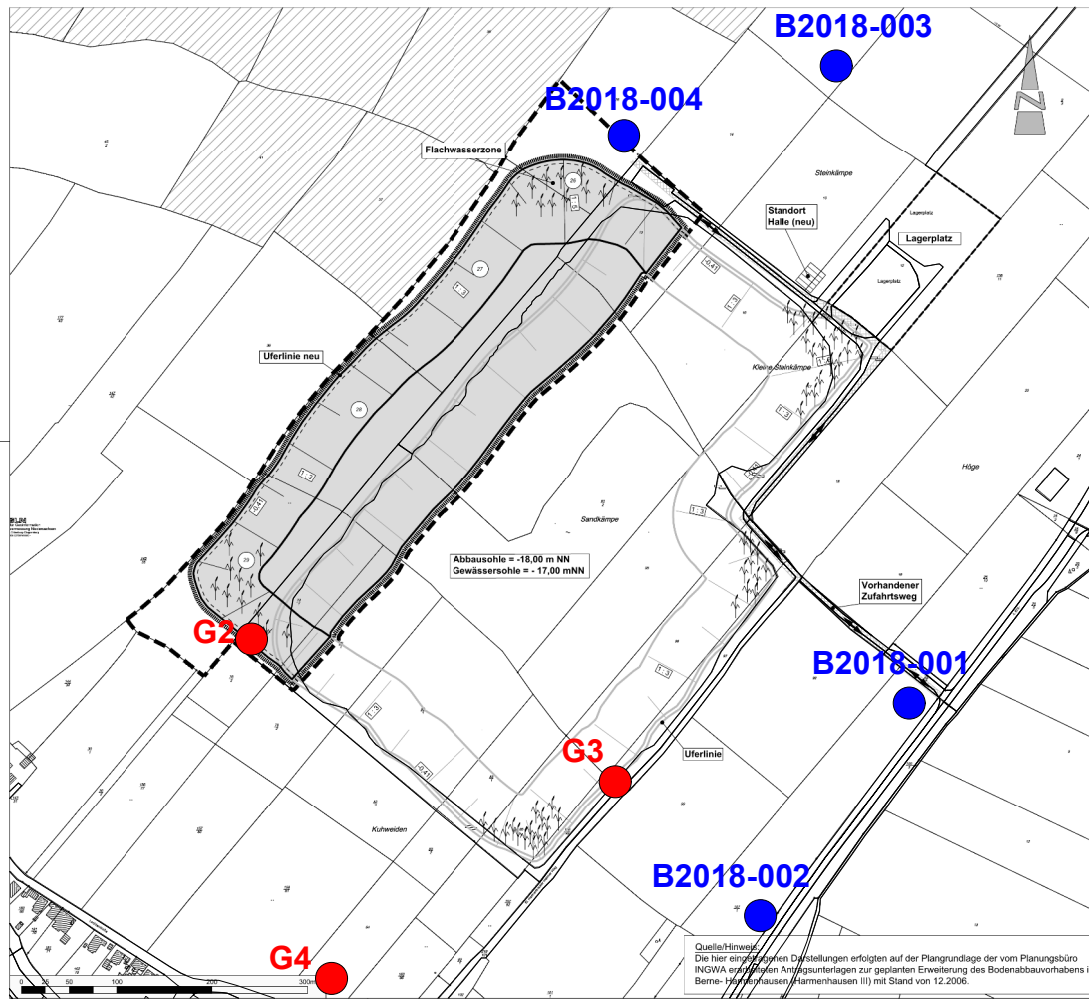
BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Gutachten 2017.1985, Anlage 1: Lageplan

Fa. Wilhelm Wussow

Planfeststellungsverfahren Harmenhausen IV - zur Erweiterung des Sandabbaus Harmenhausen III - in der Gemarkung Berne der Flur 17



Quelle/Hinweis:
Die hier eingezeichneten Dystellungen erfolgten auf der Plangrundlage der vom Planungsbüro INQWA erstellten Aufgabentragungen zur geplanten Erweiterung des Bodenabbauvorhabens in Berne-Harmenhausen (Harmenhausen III) mit Stand von 12.2006.

Planzeichenerklärung

- Grenze der beantragten Erweiterung
- ||||| Abbaufläche der Erweiterung (inkl. Böschung des Abgewässers)
- vorhandener Lagerplatz
- Abbaufläche der Erweiterung
- Zuwegung
- Flurstücksnummer
- Flurstücksnummer der Erweiterungsflächen
- 110 kv-Leitung
- genehmigter Mittlerer Wasserspiegel / genehmigte Uferlinie (in m NN) gemittelter Wert zwischen gemessenen Minimal- und Maximal-Wert (+0,22 m NN und -0,20 m NN)
- Böschungsbereich
- Böschungneigung
- Röhricht
- vorhandene Kompensationsflächen

Antragsteller:
Fa. Wilhelm Wussow
Handwerksstraße 4
27804 Berne



Vorhaben: **Planfeststellungsverfahren Harmenhausen IV - zur Erweiterung des Sandabbaus Harmenhausen III - in der Gemarkung Berne der Flur 17**

Planart: **Übersichtsplan**

Merkmal	Projekt: 15-2124	Datum	Unterschrift
1 : 2.000	Plan-Nr. 1	Bearbeitet: 03/2018 Gezeichnet: 03/2018 Geprüft: 03/2018	Berlin Berlin Dietzenro

Diekmann • Mosebach & Partner Regionalplanung, Stadt- und Landschaftsplanung, Entwicklungs- und Projektmanagement
Oldenburger Straße 66 28180 Rastede Tel. (04402) 91 18 30 Fax 91 18 40

rot: alte Grundwassermessstellen
blau: flache Sondierungen 2018

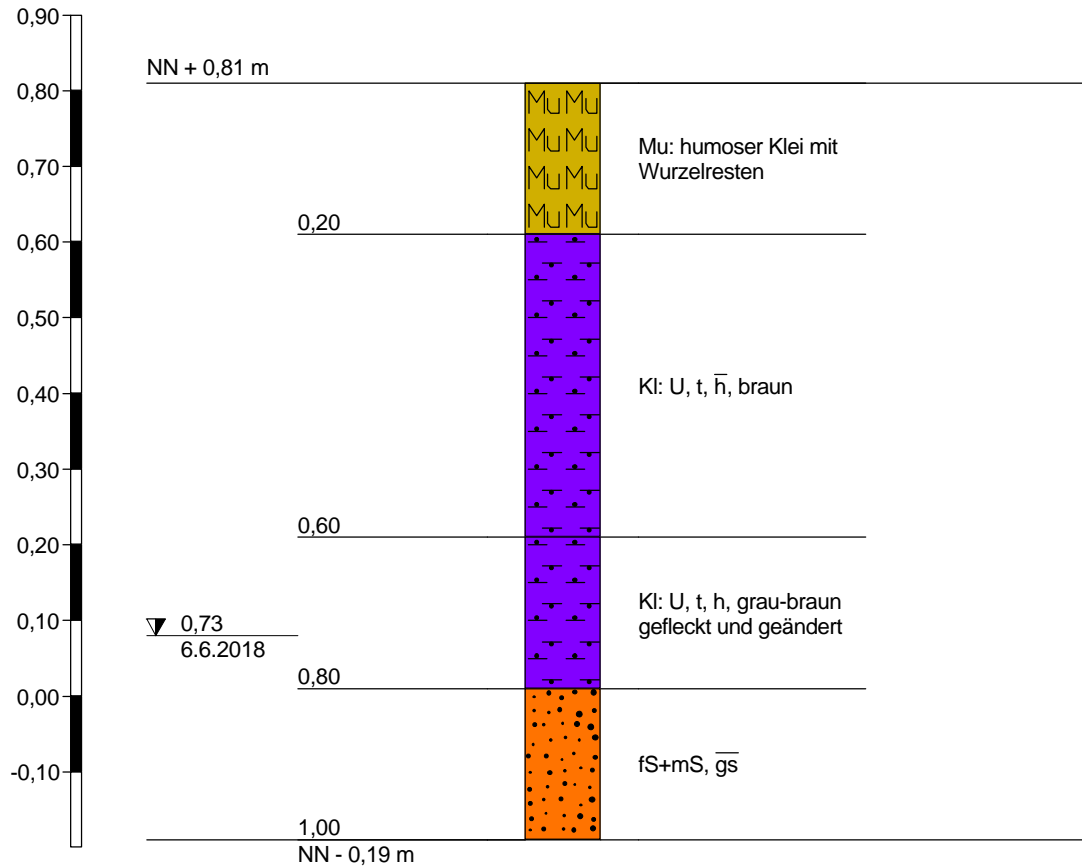
Gutachten 2017.1985, Anlage 1
(Quelle: Büro Diekmann, Mosebach & Partner)

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

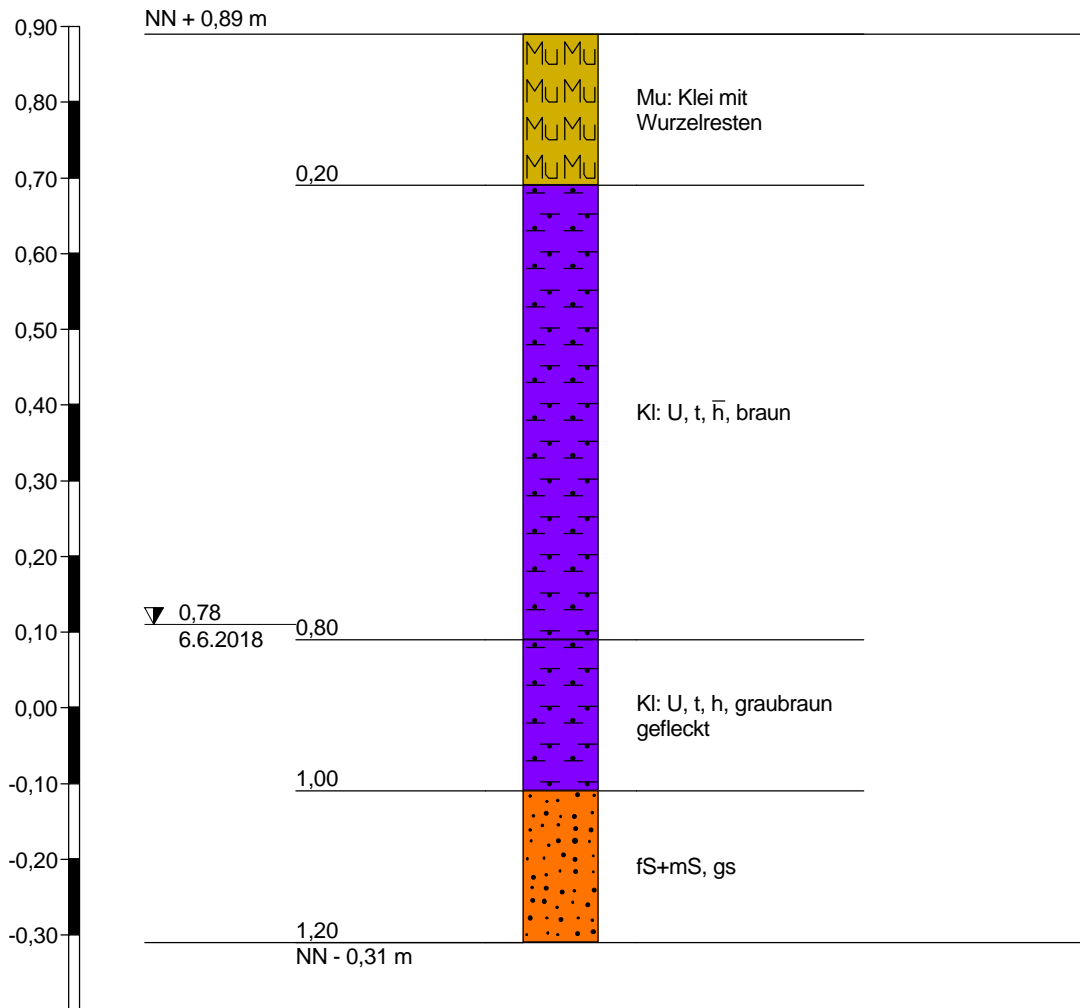
Gutachten 2017.1985, Anlage 2: Säulenprofile der flachen Sondierungen

B2018-001



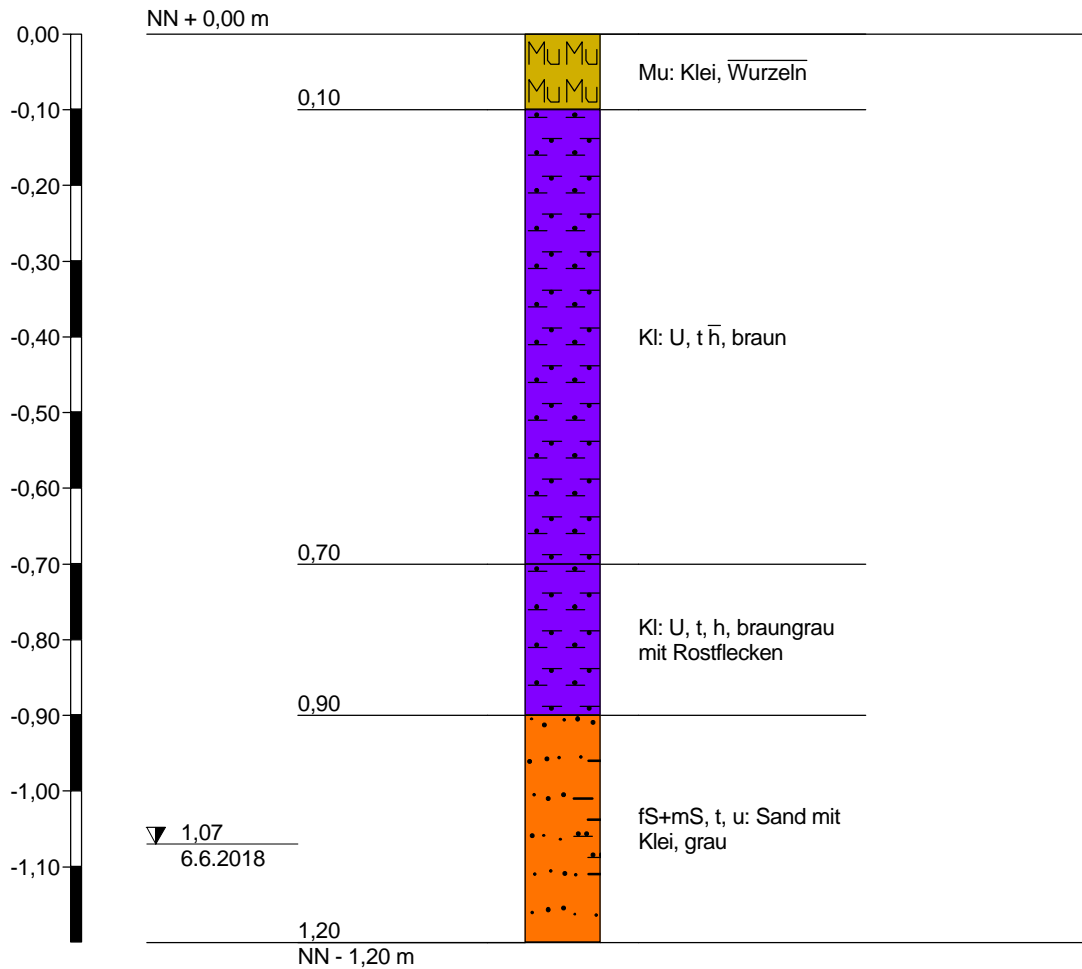
Höhenmaßstab 1:10

B2018-002



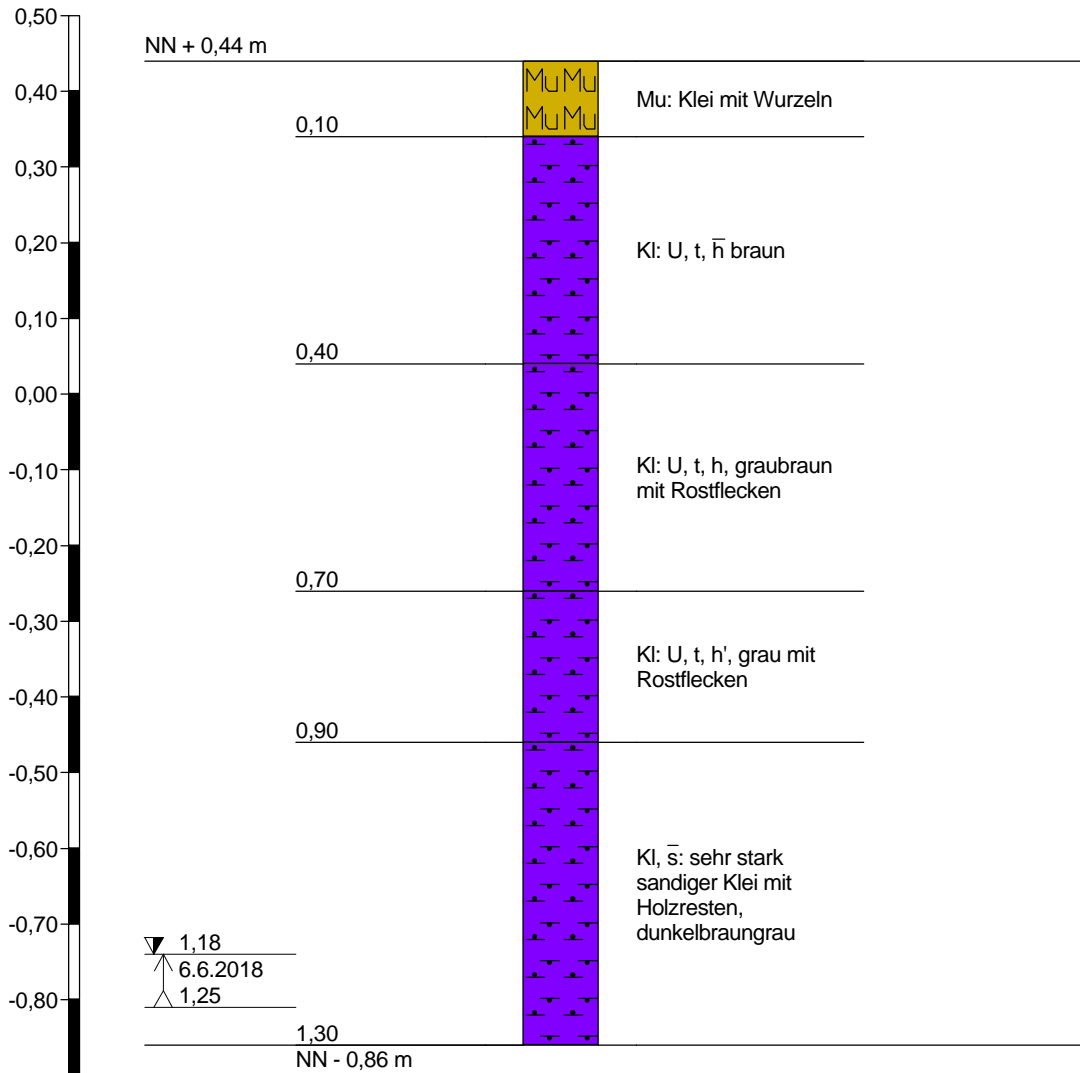
Höhenmaßstab 1:10

B2018-003



Höhenmaßstab 1:10

B2018-004



Höhenmaßstab 1:10

Boden- und Felsarten



Mutterboden, Mu



Klei, Kl



Grobsand, gS, grobsandig, gs



Mittelsand, mS, mittelsandig, ms



Feinsand, fS, feinsandig, fs



Sand, S, sandig, s



Schluff, U, schluffig, u



Ton, T, tonig, t

Korngrößenbereich

f - fein
 m - mittel
 g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
 - - stark (30-40%)

Grundwasser

▽ 1,00
 27.06.2018 Grundwasser am 27.06.2018 in 1,00 m unter Gelände angebohrt

▽ 1,00
 27.06.2018 Grundwasser in 1,80 m unter Gelände angebohrt, Anstieg des Wassers auf 1,00 m unter Gelände am 27.06.2018
 ▲ 1,80

▽ 1,00
 27.06.2018 Grundwasser nach Beendigung der Bohrarbeiten am 27.06.2018

▼ 1,00
 27.06.2018 Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch

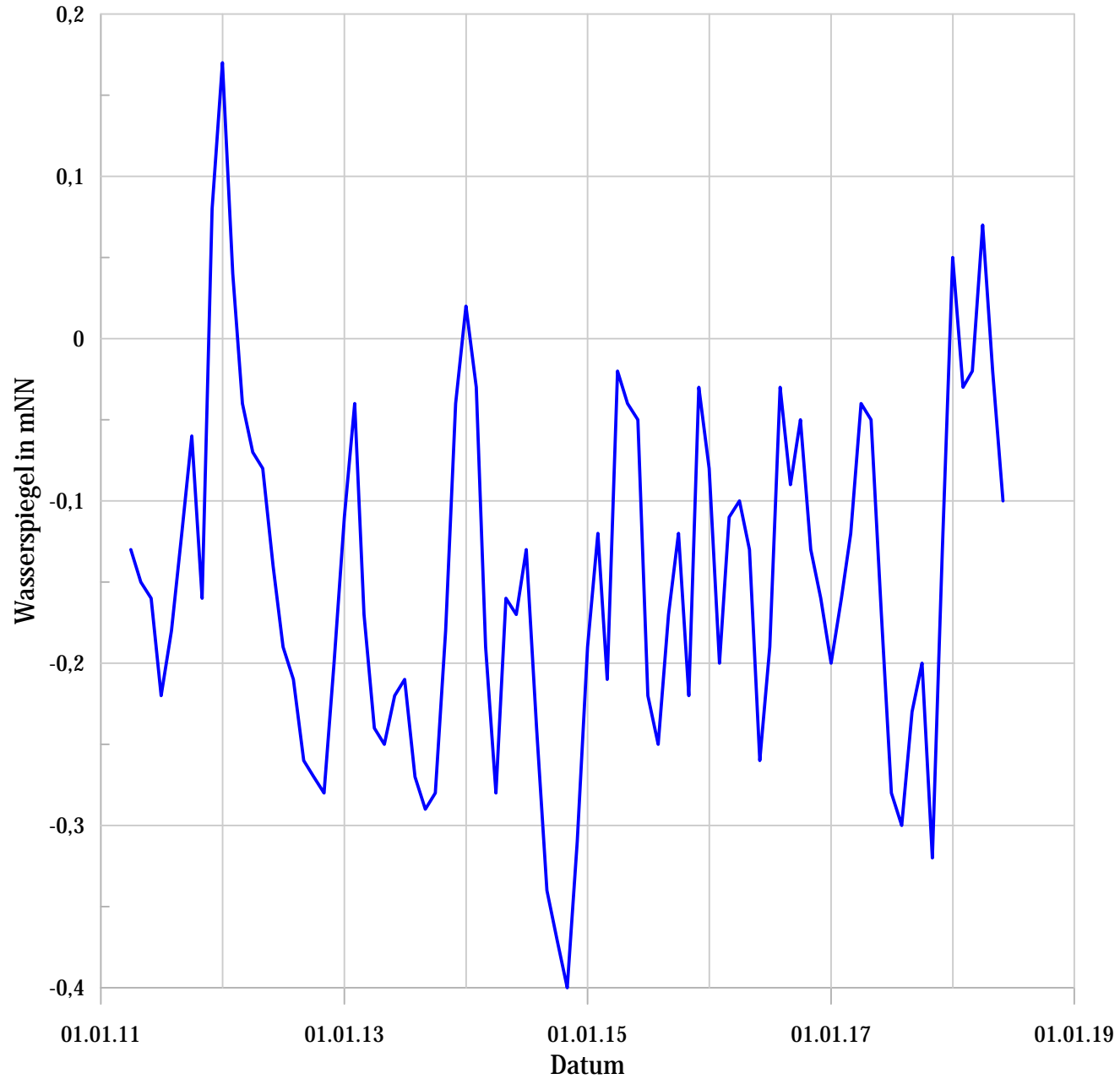
▽ 1,00
 27.06.2018 Wasser versickert in 1,00 m unter Gelände
 ↓

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Gutachten 2017.1985, Anlage 3: Ganglinien der Grundwasserstände

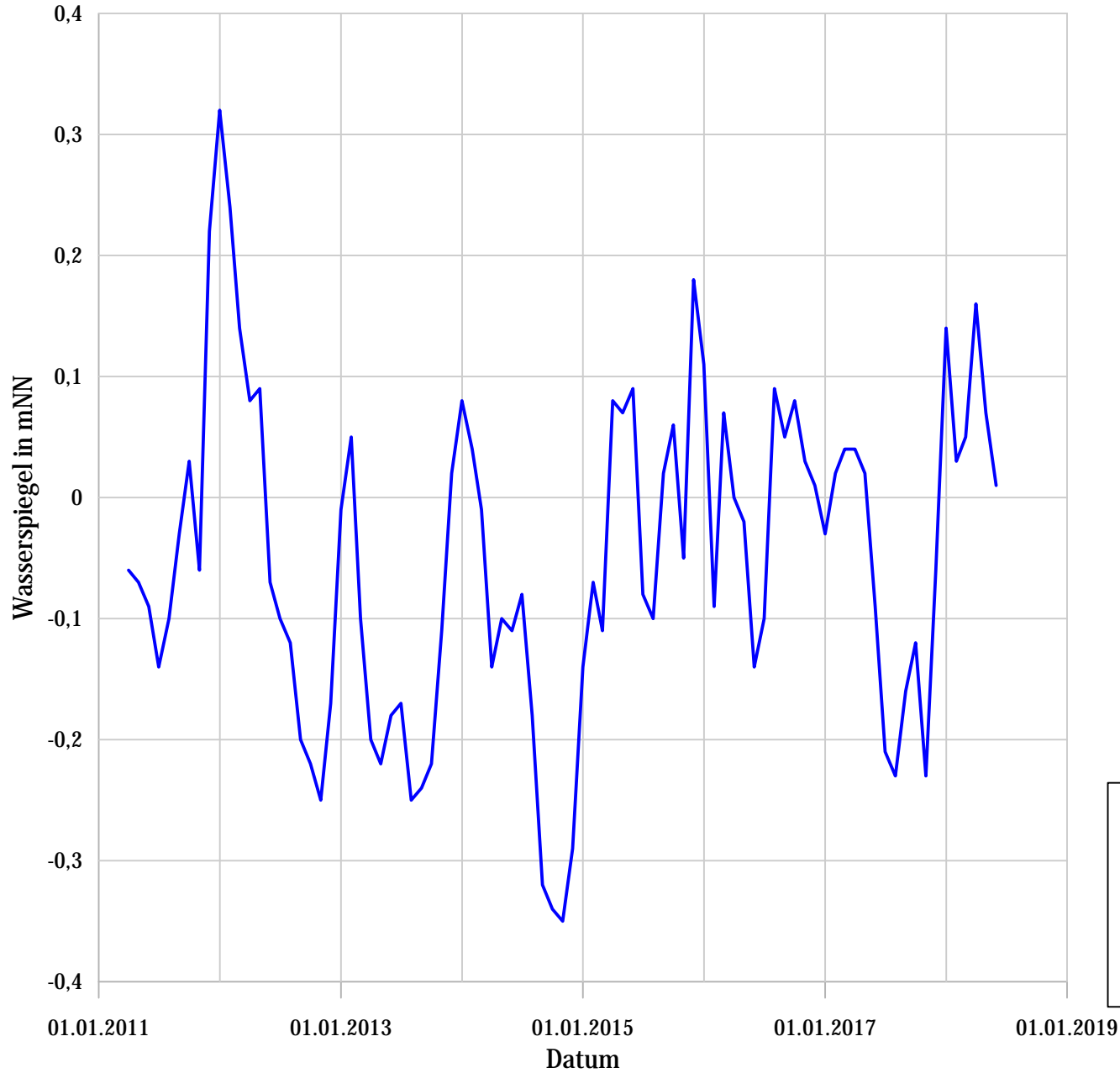
Ganglinie Brunnen G2



Erweiterung Sandgrube Harmenhausen:
Ganglinien Brunnen G2
Gutachten 2017.1985, Anlage 3.1
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10 - 25551 Hohenlockstedt

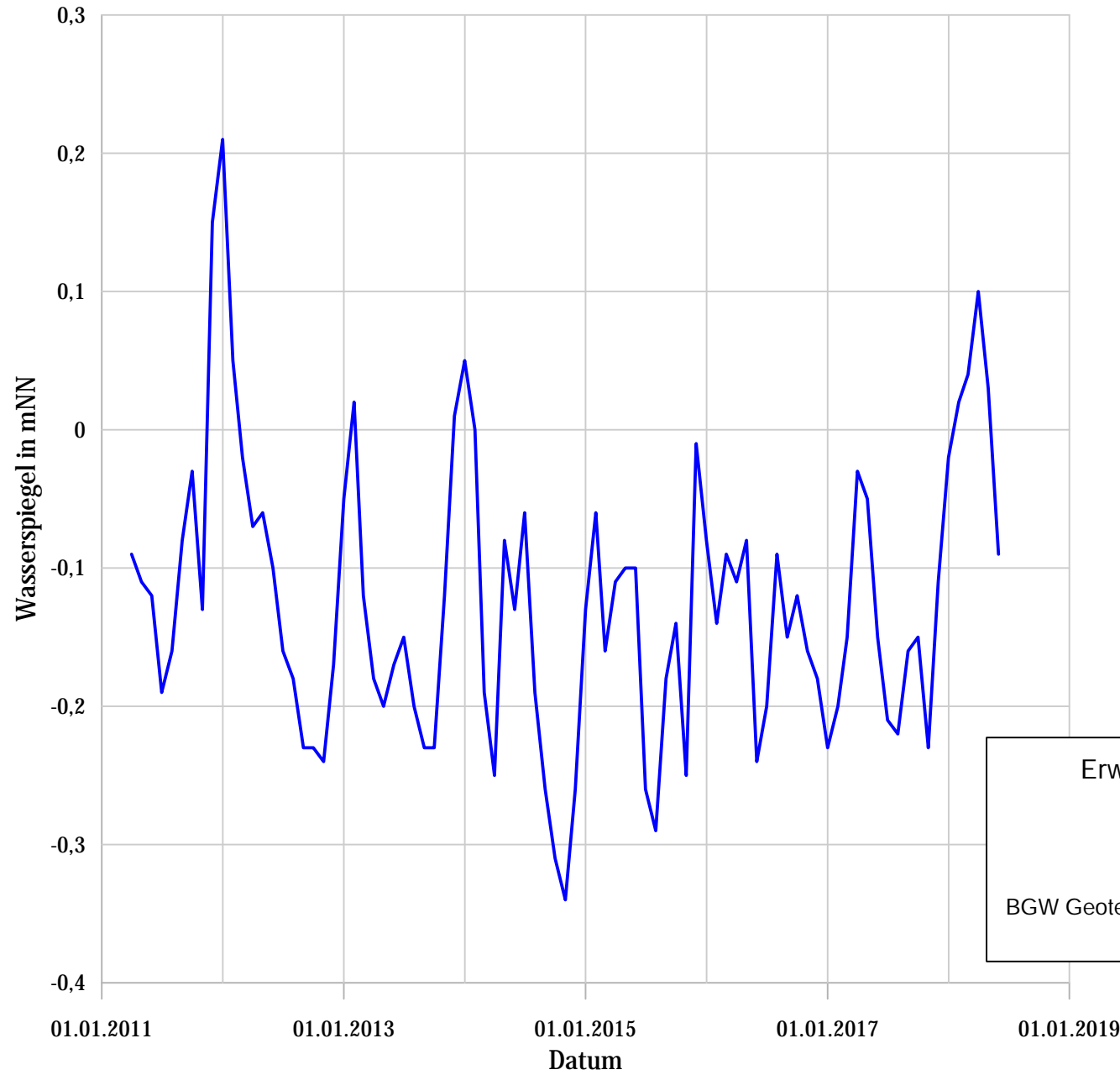
Ganglinie G3



Erweiterung Sandgrube Harmenhausen:
Ganglinien Brunnen G3
Gutachten 2017.1985, Anlage 3.2
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10 - 25551 Hohenlockstedt

Ganglinie G4



Erweiterung Sandgrube Harmenhausen:
Ganglinien Brunnen G4
Gutachten 2017.1985, Anlage 3.3
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

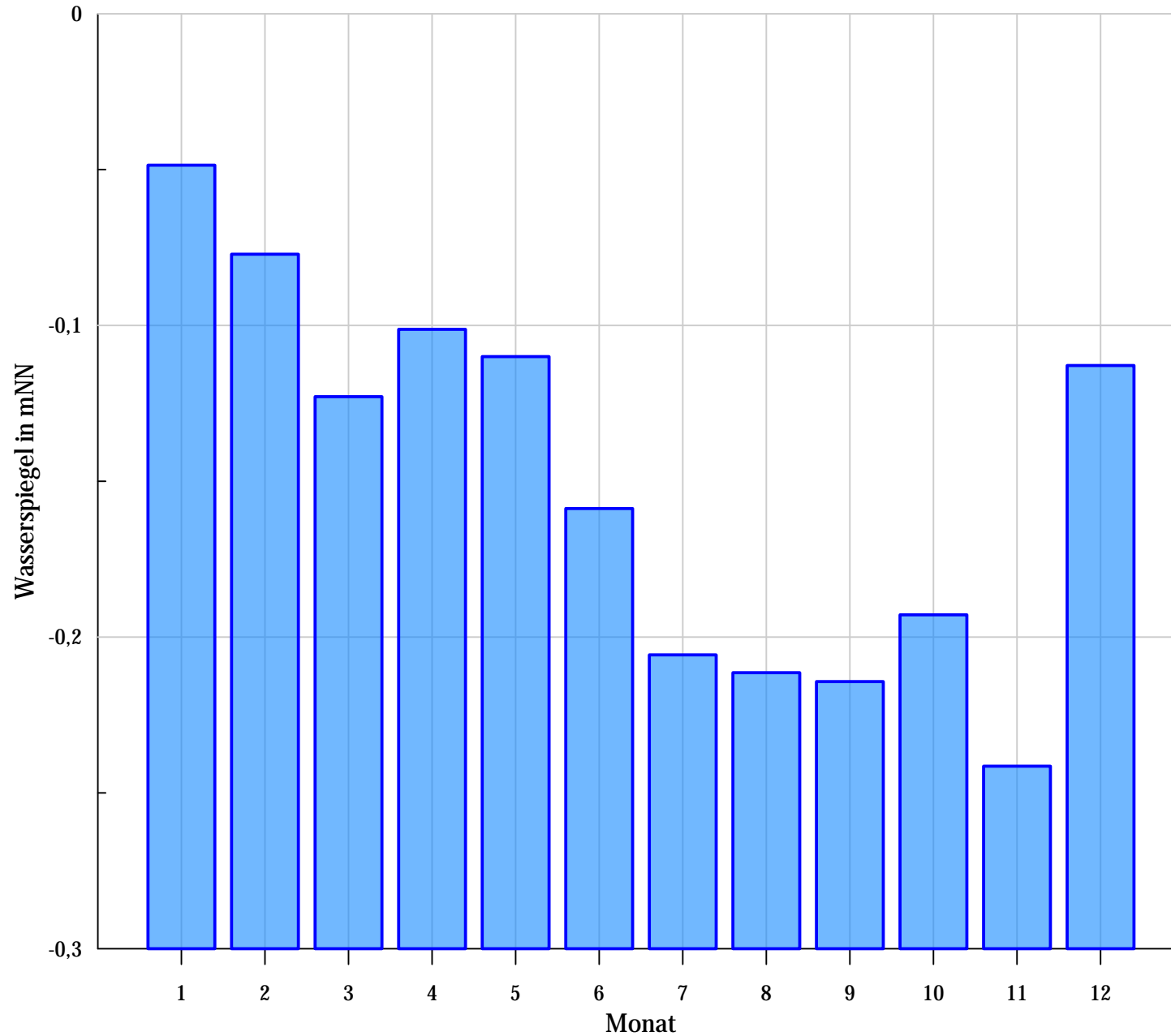
BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10 - 25551 Hohenlockstedt

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Gutachten 2017.1985, Anlage 4: Mittlere monatliche Grundwasserstände im Jahresgang

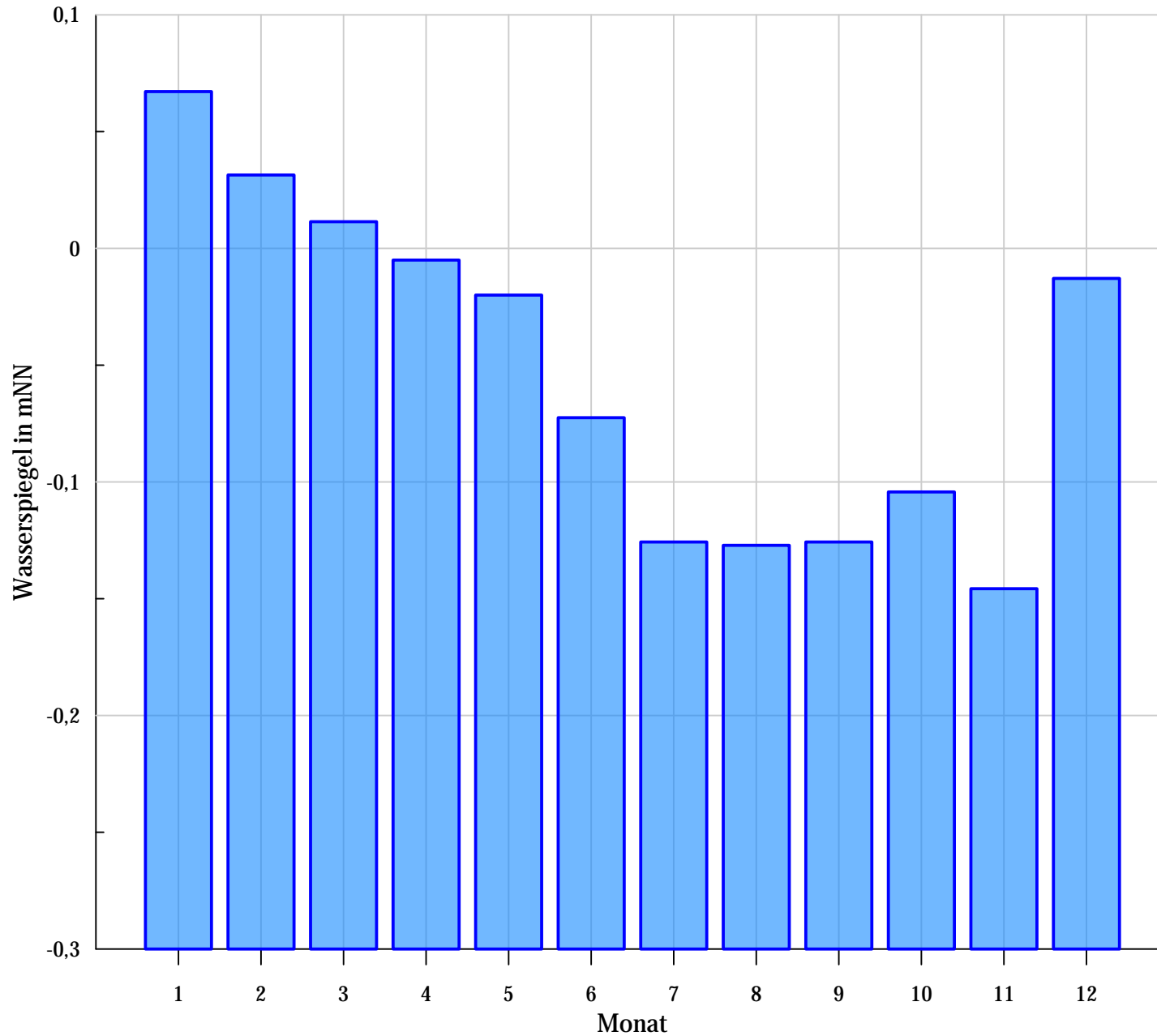
Mittlere monatliche Grundwasserspiegel, Brunnen G2



Erweiterung Sandgrube
Harmenhausen:
Monatsmittel GW-Stände Brunnen G2
Gutachten 2017.1985, Anlage 4.1
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10
25551 Hohenlockstedt

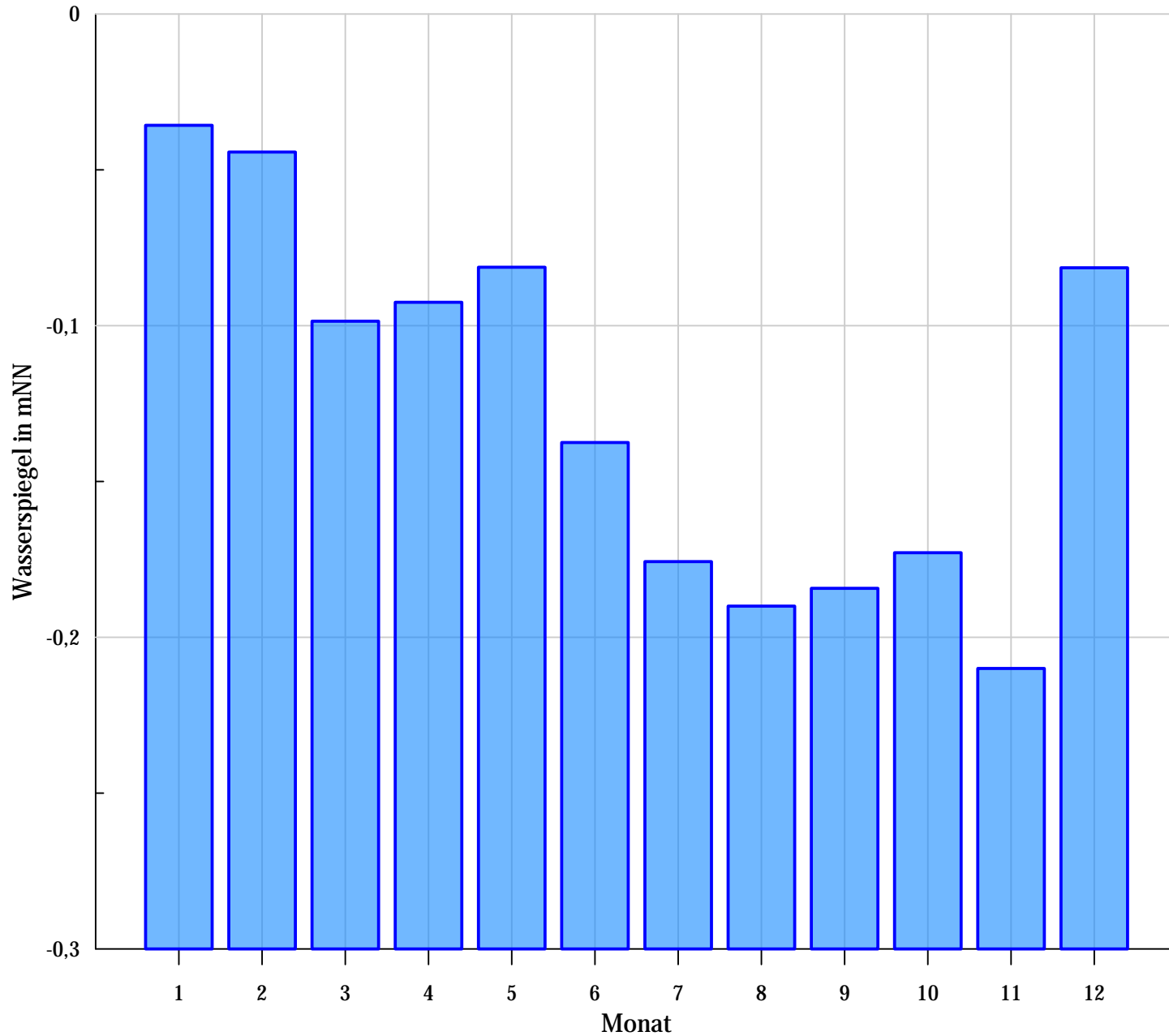
Mittlere monatliche Grundwasserspiegel Brunnen G3



Erweiterung Sandgrube
Harmenhausen:
Monatsmittel GW-Stände Brunnen G3
Gutachten 2017.1985, Anlage 4.2
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10
25551 Hohenlockstedt

Mittlere monatliche Grundwasserspiegel Brunnen G4



Erweiterung Sandgrube
Harmenhausen:
Monatsmittel GW-Stände Brunnen G4
Gutachten 2017.1985, Anlage 4.3
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

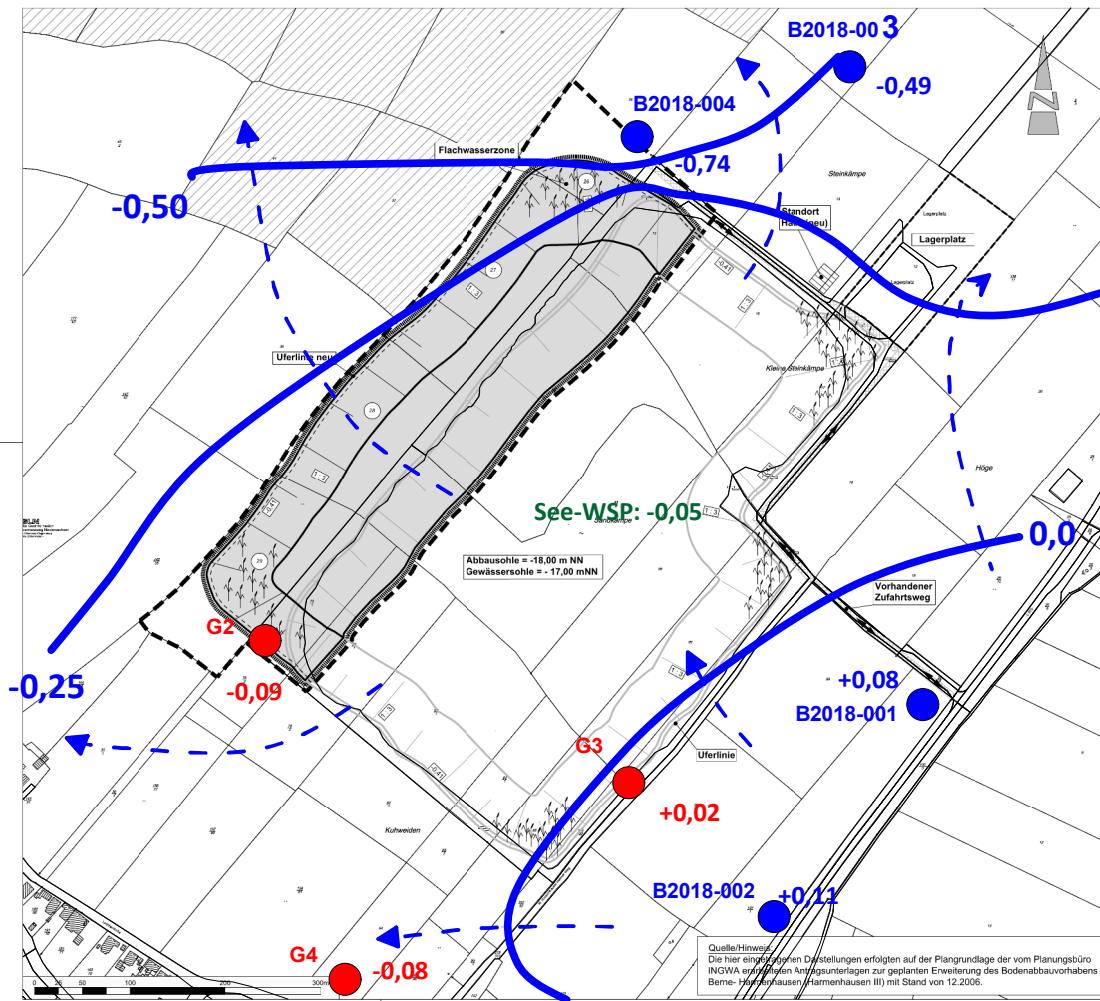
BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10
25551 Hohenlockstedt

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Gutachten 2017.1985, Anlage 5: Plan der Grundwasserspiegelgleichen

Fa. Wilhelm Wussow
Planfeststellungsverfahren Harmenhausen IV - zur Erweiterung des Sandabbaus Harmenhausen III -
in der Gemarkung Berne der Flur 17



Quelle: Hiltner
 Die hier angegebenen Darstellungen erfolgten auf der Plangrundlage der vom Planungsbüro
 INGWA ermittelten Anlagensunterlagen zur geplanten Erweiterung des Sandabbaus in
 Berne - Harmenhausen (Harmenhausen III) mit Stand von 12.2006.

- Planzeichenerklärung**
- Grenze der beantragten Erweiterung
 - ▨ Abbaufläche der Erweiterung (inkl. Böschung des Altgewässers)
 - ▭ vorhandener Lagerplatz
 - ▭ Abbaufläche der Erweiterung
 - ▭ Zuwegung
 - ▭ Flurstücknummer
 - ② Flurstücknummer der Erweiterungsfächen
 - 110 kv-Leitung
 genehmigter Mittlerer Wasserspiegel / genehmigte Uferlinie (in m NN)
 genehmigter Wert zwischen gemessenen Minimal- und Maximalwert
 (-0,32 m NN und -0,50 m NN)
 - ▨ Böschungsbereich
 - 1:3 Böschungneigung
 - ⊥ Rohrtricht
 - ▨ vorhandene Kompensationsflächen

Antragsteller:
Fa. Wilhelm Wussow
 Handwerksstraße 4
 27804 Berne

WUSSOW
 Lohnbetrieb

Vorhaben: **Planfeststellungsverfahren Harmenhausen IV**
 - zur Erweiterung des Sandabbaus Harmenhausen III -
 in der Gemarkung Berne der Flur 17

Planart: **Übersichtsplan**

Metastab	Projekt: 15-2124	Bearbeitet: 03/2018	Datum: Berlin	Unterschrift:
1 : 2.000	Plan-Nr.: 1	Gezeichnet: 03/2018	Beinh.	
		Geprüft: 03/2018	Diekmann	

Diekmann • Mosebach & Partner Regionalplanung, Stadt- und Landschaftsplanung
 Entwicklungs- und Projektmanagement

Odenburger Straße 86 26160 Rastade Tel. (04462) 91 16 30 Fax 91 16 40

rot: alte Grundwassermessstellen
blau: flache Sondierungen 2018

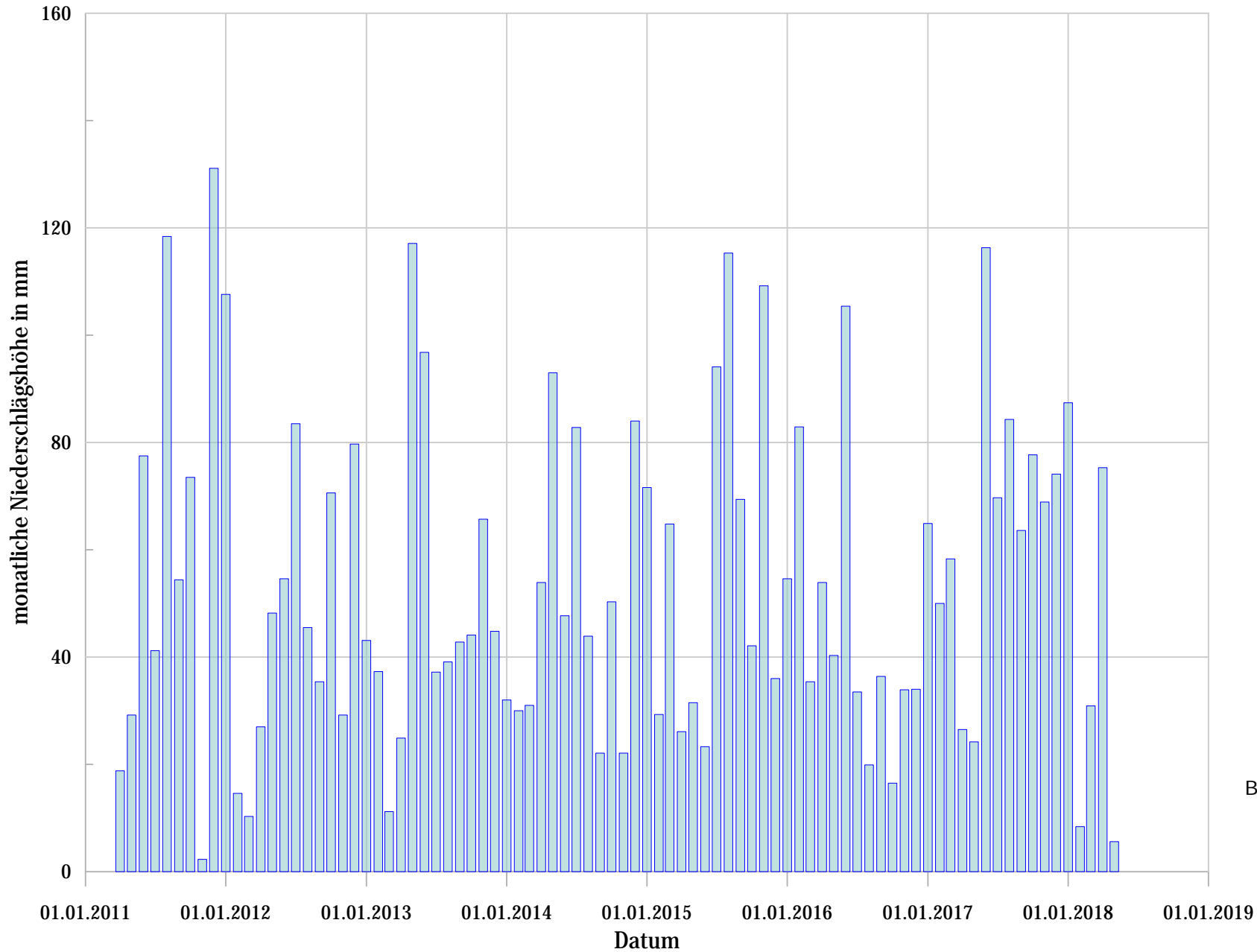
Erweiterung Sand- und Kiesgrube Harmenhausen:
 Grundwasserspiegelleichen und -fließrichtungen
 (alle Angaben in mNN)
 Gutachten 2017.1985, Anlage 5
 (Kartengrundlage: Büro Diekmann, Mosebach & Partner)

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Gutachten 2017.1985, Anlage 6: Monatsniederschlagshöhen

Monatsniederschläge



Erweiterung Sandgrube
Harmenhausen:
Monatsniederschlagshöhen
Gutachten 2017.1985, Anlage 6
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

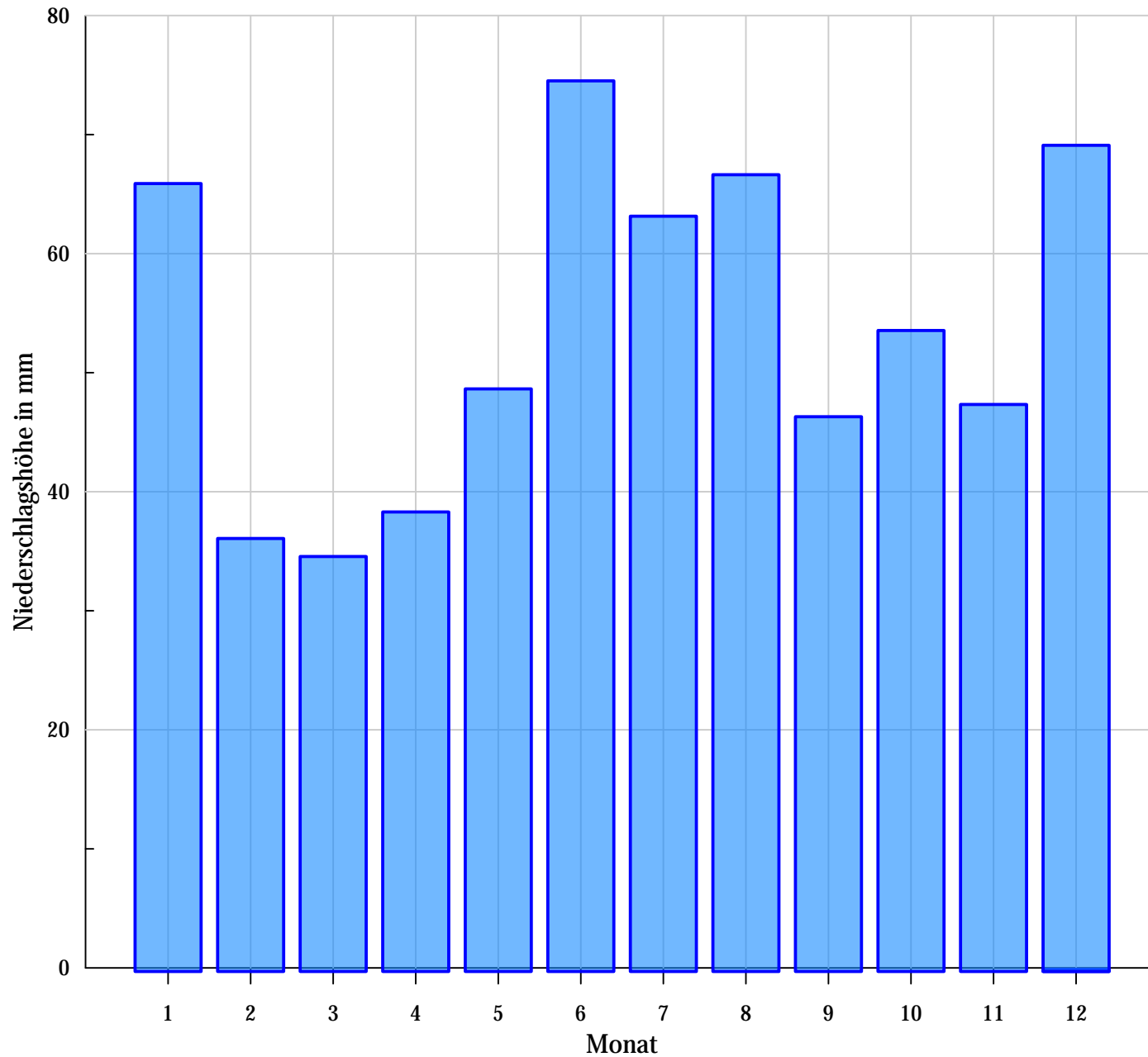
BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10
25551 Hohenlockstedt

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Gutachten 2017.1985, Anlage 7: Mittlere Monatsniederschlagshöhen im Jahresgang

Mittlere monatliche Niederschlagshöhen



Erweiterung Sandgrube
Harmenhausen:
mittlere monatliche Niederschlagshöhen
Gutachten 2017.1985, Anlage 7
Dr. A. Iwanoff, 11.6.2018

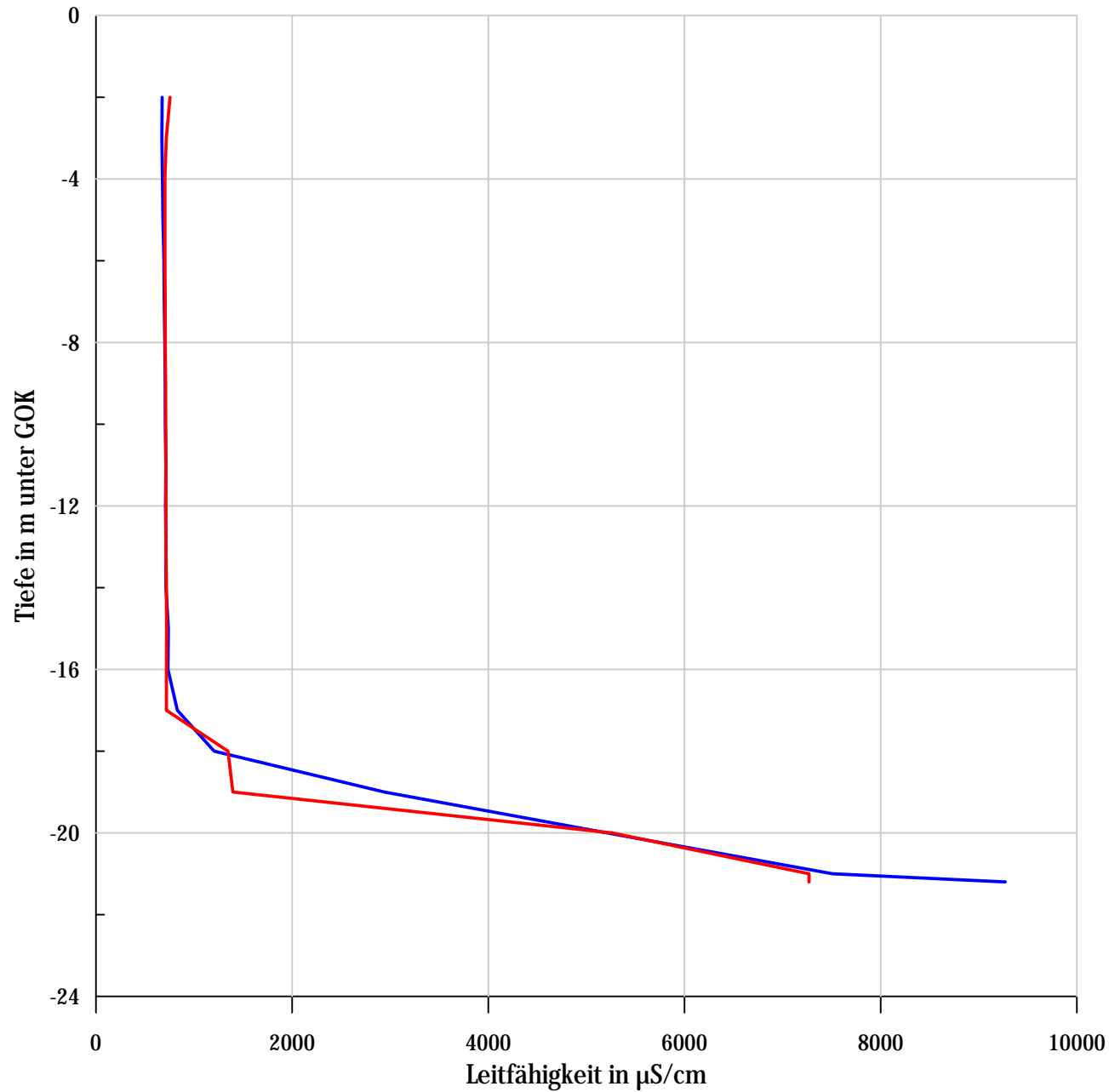
BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10
25551 Hohenlockstedt

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

**Gutachten 2017.1985, Anlage 8:
Leitfähigkeitsprofile des Grundwassers in den Brunnen
G2 bis G4**

Leitfähigkeitsprofil Brunnen G2



Farblegende:

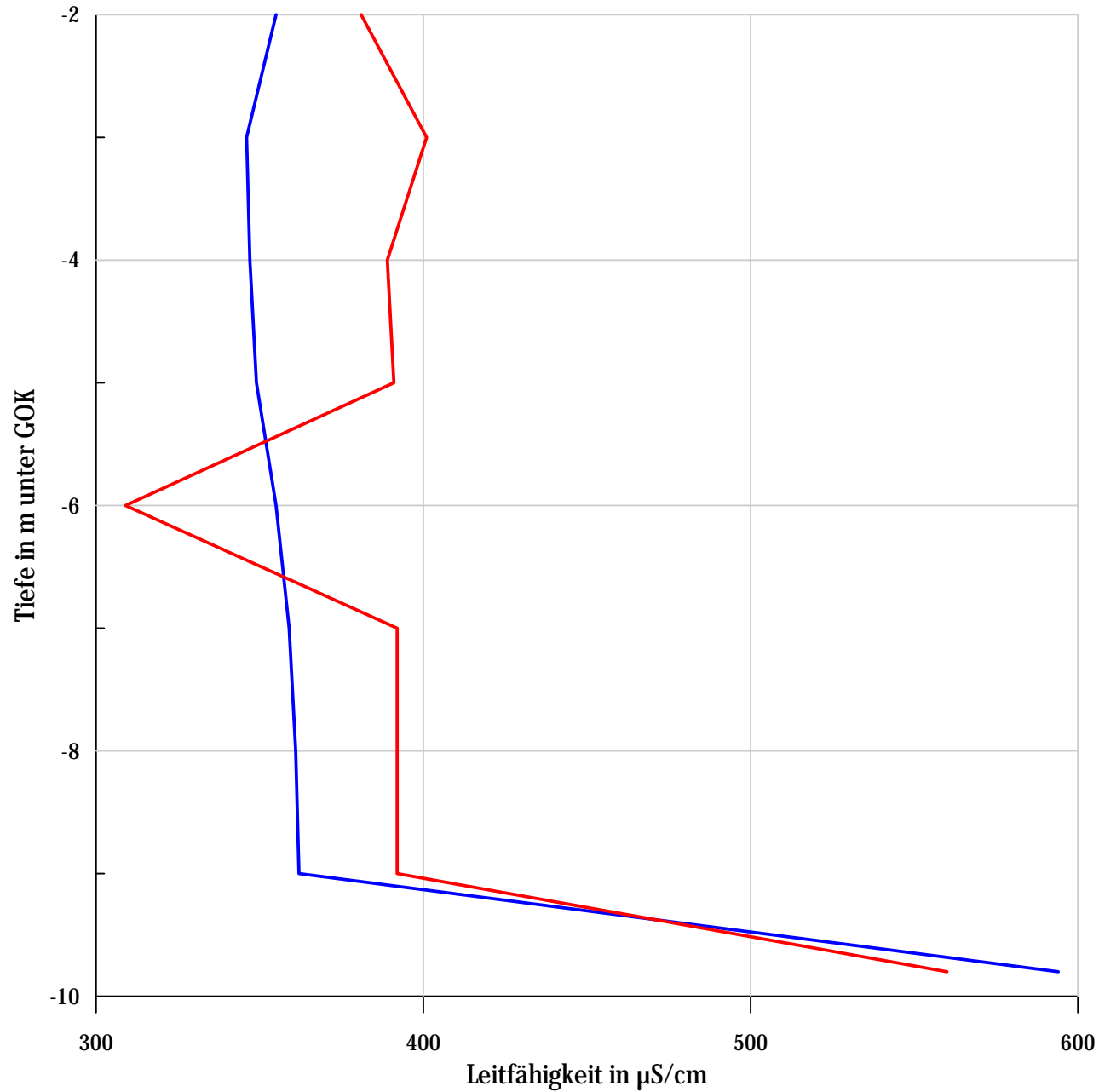
blau: 22.4.2018

rot: 6.6.2.18

**Erweiterung Sand- und Kiesgrube
Harmenhausen:**
Leitfähigkeitsprofile der Grundwassermessstellen
Gutachten 2017.1985, Anlage 8.1

BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10 - 25551 Hohenlockstedt

Leitfähigkeitsprofil Brunnen G3



Farblegende:

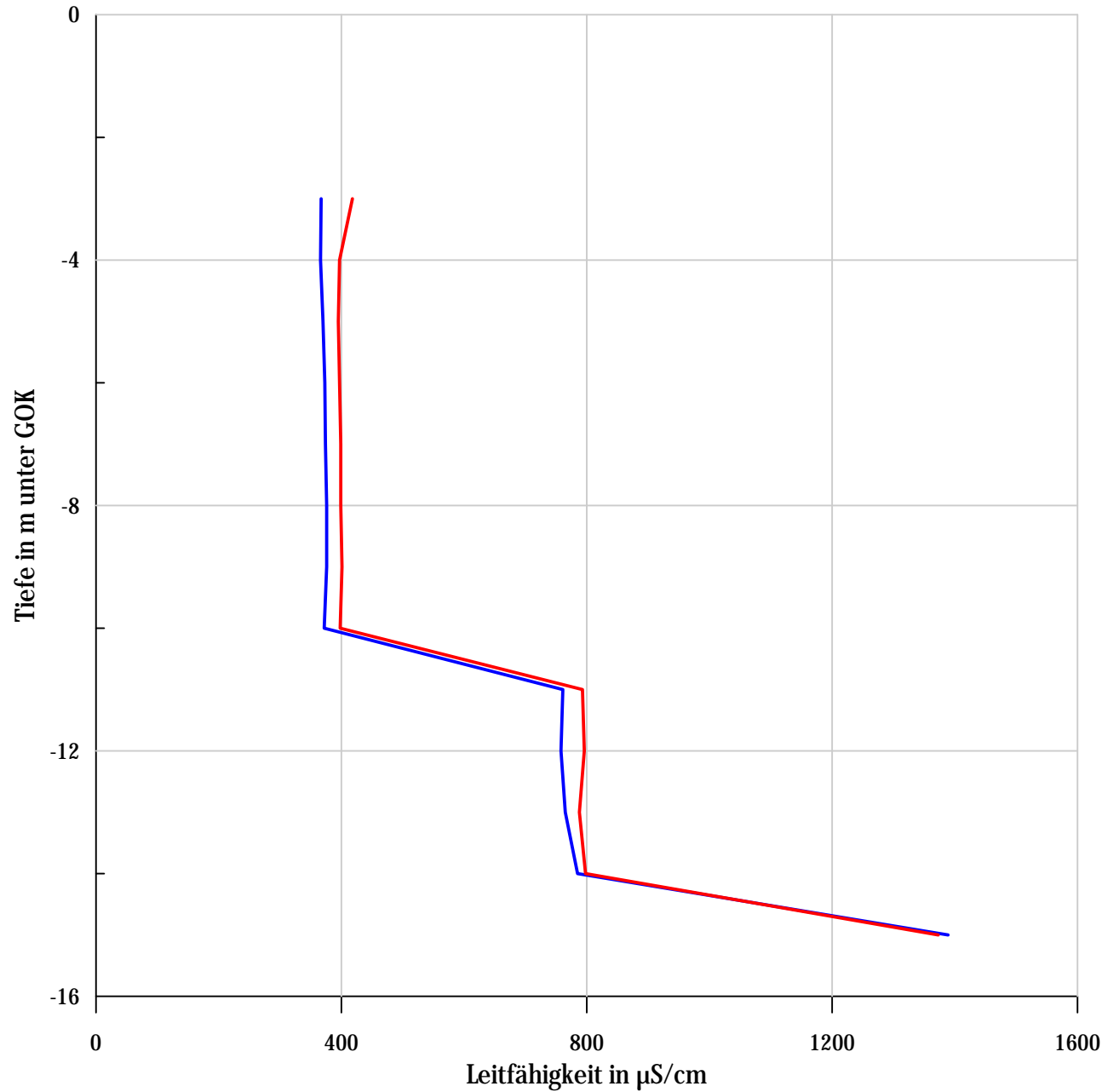
blau: 22.4.2018

rot: 6.6.2.18

Erweiterung Sand- und Kiesgrube
Harmenhausen:
Leitfähigkeitsprofile der Grundwassermessstellen
Gutachten 2017.1985, Anlage 8.2

BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10 - 25551 Hohenlockstedt

Leitfähigkeitsprofil Brunnen G4



Farblegende:

blau: 22.4.2018

rot: 6.6.2.18

Erweiterung Sand- und Kiesgrube
Harmenhausen:
Leitfähigkeitsprofile der Grundwassermessstellen
Gutachten 2017.1985, Anlage 8.3

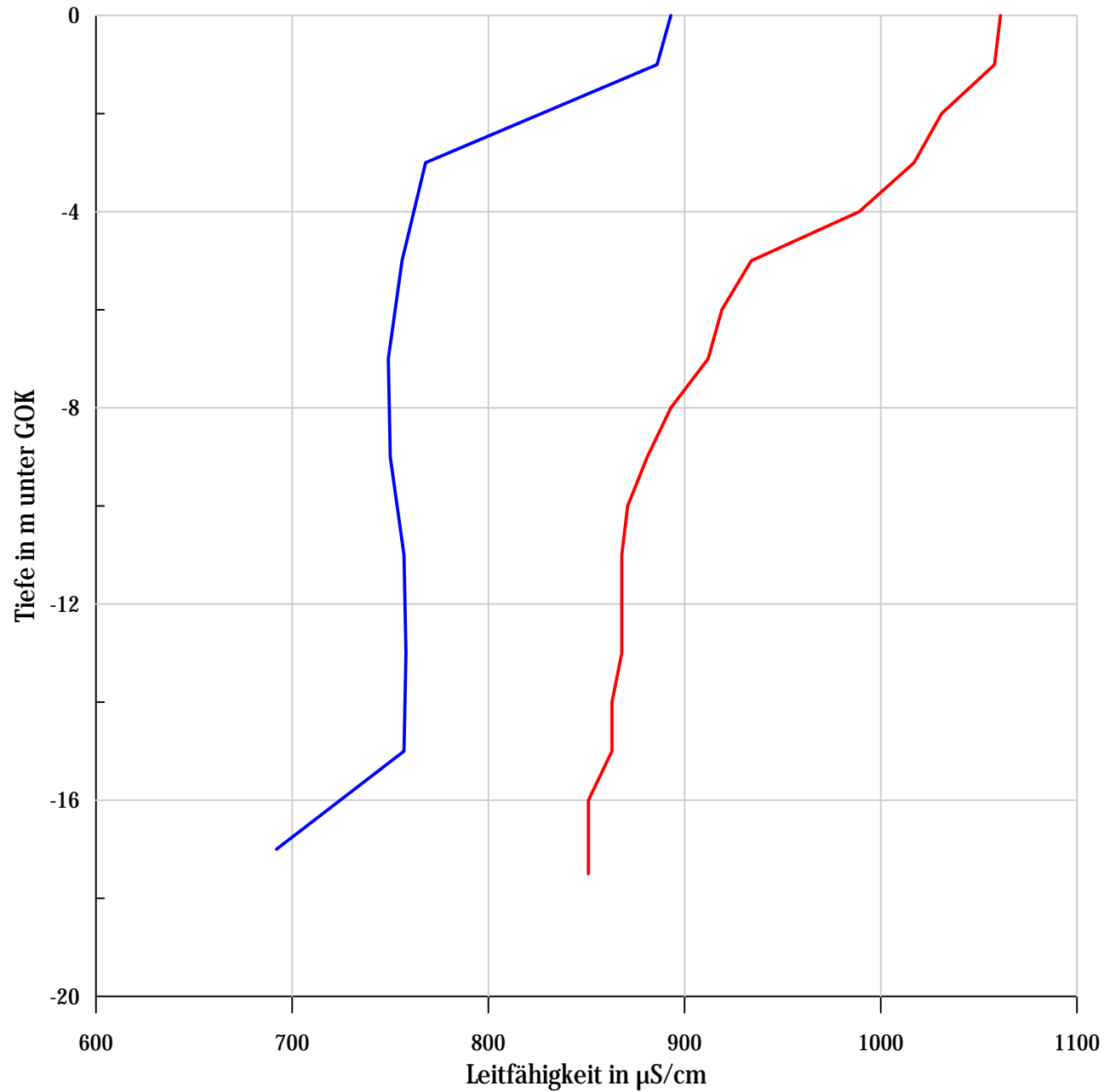
BGW Geotechnik GmbH - Towerstr. 10 - 25551 Hohenlockstedt

BGW Geotechnik GmbH

Towerstr. 10, 25551 HOHENLOCKSTEDT, Tel.: 04826-9504111, email: webmaster@bgw-geotechnik.de

Gutachten 2017.1985, Anlage 9: Leitfähigkeitsprofile im Wasser des Grubensees

Leitfähigkeitsprofil Seewasser



Farblegende:

blau: 22.4.2018

rot: 6.6.2018

**Erweiterung Sand- und Kiesgrube
Harmenhausen:**

Leitfähigkeitsprofile des Grubensees
Gutachten 2017.1985, Anlage 9