



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

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

Beratende Geowissenschaftler BDG und Sachverständige

Hydrogeologische Bewertung zur Verlegung der Bekhauser Bäke

Projekt: 3917-2020

Seitenentnahme Bekhauser Moor

Auftraggeber: Niedersächsische Landesbehörde
für Straßenbau und Verkehr
Geschäftsbereich Oldenburg
Kaiserstr. 27
26122 Oldenburg

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

Bearbeiter: Dr. rer. nat. Mark Overesch
Beratender Geowissenschaftler BDG

Datum: 17. März 2020

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

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

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

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

Inhalt

1	Veranlassung	2
2	Verwendete Unterlagen.....	2
3	Beschreibung des Abbauvorhabens.....	3
4	Zusammenfassung der Aussagen des Hydrogeologischen Gutachtens	4
5	Auswertung Grundwasserbeweissicherung 2014-2019.....	5
6	Aktueller Einfluss des Grundwassers auf die Bekhauser Bäke	6
7	Pot. Auswirkungen des Abbauvorhabens auf die Bekhauser Bäke.....	7
7.1	Auswirkung nach Beendigung des Abbauvorhabens	7
7.2	Auswirkungen während des Bodenabbaus	8
8	Ableitung eines Sicherungskonzeptes für die Bekhauser Bäke.....	9
8.1	Vorgaben für die mindestens einzuhaltenden Grundwasserstände	9
8.2	Vorgaben für den Ablauf des Bodenabbaus.....	11

1 Veranlassung

Die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (NLStBV), Geschäftsbereich Oldenburg, plant den Bau des ersten Abschnittes der Autobahn A20 (von der A28 bei Westerstede bis zur A29 bei Jaderberg). Für den Bau soll im Bereich des Bekhauser Moor an der Grenze zwischen den Gemeinden Wiefelstede und Rastede Sand gewonnen werden.

Für die sog. ‚Seitenentnahme Bekhauser Moor‘ wurde durch das Ingenieurbüro H&M in 2012 ein Hydrogeologischer Fachbeitrag erstellt, welcher in 2014 geändert worden ist. Im Rahmen eines ergänzenden Verfahrens zur 2. Planänderung sollen die Aussagen des Hydrogeologischen Fachbeitrages um eine Prüfung hinsichtlich des pot. Einflusses des Abbauvorhabens auf angrenzende Gewässer gem. Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ergänzt werden. Insbesondere soll ausgeschlossen werden, dass es durch den Bodenabbau zu einem vorhabenbedingten bzw. abbaubedingten temporären Trockenfallen des Fließgewässers Bekhauser Bäke kommt (OWK Obere Wapel + Nebengewässer (Bekhauser Bäke)).

Das Büro für Geowissenschaften M&O GbR (Spelle und Sögel) wurde beauftragt, die vorliegende hydrogeologische Bewertung zu erstellen. In dieser Stellungnahme soll der pot. Einfluss des Abbauvorhabens auf die Bekhauser Bäke erläutert und ein Konzept entwickelt werden, mit Hilfe dessen ein relevanter Einfluss auf das Gewässer ausgeschlossen werden kann.

2 Verwendete Unterlagen

Tabelle 1 zeigt die Unterlagen, die zur Erstellung des vorliegenden Ausgangszustandsberichtes herangezogen worden sind.

Tabelle 1: Verwendete Unterlagen

Nr.	Bezeichnung	Inhalt	Datum	Verfasser/ Herausgeber
1	Abbauplan Unterlage 5.2, Bl. 1D	Abbauvorhaben inkl. der Umlegung der Bekhauser Bäke	03/2020	Kortemeier Brokmann Landschaftsarchitekten
2	Hydrogeologischer Fachbeitrag Unterlage 22.6	Beschreibung des möglichen Einflusses des Abbauvorhabens auf die Grundwasserstände, die die Grundwasserqualität sowie angrenzenden Nutzungen und Gewässer	24.10.2012, geänderte Fassung: 29.09.2014	H&M Ingenieurbüro GmbH
3	Daten Beweissicherung Grundwasserstände	Pegeldaten aus den Grundwassermessstellen GWM SE- 01 bis -12, Zeitraum: 2012-2019	2012-2019	NLStBV

3 Beschreibung des Abbauvorhabens

Anhang 1 zeigt einen Lageplan mit den Abmessungen des Abbauvorhabens und den durchgeführten bzw. geplanten Maßnahmen im Bereich der Bekhauser Bäke. In der geplanten Seitenentnahme Bekhauser Moor soll auf einer Fläche von 35 ha Sand abgebaut werden. Der Abbau erfolgt z.T. über dem Grundwasserspiegel im Trockenabbauverfahren und überwiegend unter dem Grundwasserspiegel im Nassabbauverfahren mittels Saugbagger. Die hergestellte Wasserfläche des Abbaugewässers wird im Endzustand 33 ha betragen.

Der Sand wird aus der Abbaustätte mittels Saugbagger auf die Trasse der A20 gespült. Nach dem Absetzen des Sandes fließt das überstehende Wasser zurück in das Abbaugewässer. Jährlich sollen voraussichtlich etwa 500.000 bis 650.000 m³ Sand abgebaut werden. Die konkrete Abbaumenge hängt aber von dem tatsächlichen Bauablauf ab und kann nicht genau prognostiziert werden.

Die Abbausohle wird im tiefsten Bereich bei -8,9 mNN liegen. Bei der vorliegenden Geländehöhe zwischen rd. 5 und 7 mNN wird die Abbautiefe bei rd. 14 und 16 m liegen. Die mittlere Wassertiefe des Abbaugewässers wird bei der prognostizierten mittleren Seewasserspiegelhöhe von 5,1 mNN (s. Abschn. 4) 14 m betragen. Die tiefer liegenden Randbereiche im Nordosten, Osten und Südosten der Abbaustätte sollen durch einen Bodenauftrag bis 6,2 mNN aufgehöhrt werden, um einen Übertritt des Seewassers auf angrenzende Flächen zu verhindern.

Die Bekhauser Bäke verläuft durch die geplante Abbaustätte. Der Planfeststellungsbeschluss vom 16.04.2018 sieht eine Gewässerverlegung an den südlichen bzw. südöstlichen Rand der Abbaustätte vor. Der Abstand zwischen der Uferlinie beträgt mindestens 20 m.

Im Südwesten der Abbaustätte liegt die Sohlhöhe der Bekhauser Bäche bei $>4,90$ mNN. Aufgrund der Aussagen im Hydrogeologischen Fachbeitrag (s. Abschn. 4) kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich im Bereich der südlichen Grenze der Abbaustätte und der hier aktuell unmittelbar angrenzenden Bäche temporär in trockenen Perioden Grundwasserspiegelhöhen von $<4,90$ mNN einstellen. Daher ist es möglich, dass in diesem Bereich temporär kein Grundwasserzufluss zu dem Fließgewässer stattfindet. Um dies zu vermeiden, soll die Bekhauser Bäche im Süden der Abbaustätte in der vorliegenden Planung (ergänzendes Verfahren zur 2. Planänderung) auf einer Länge von rd. 440 m um rd. 120 m weiter in Richtung Süden verlegt werden. Die Bekhauser Bäche wird somit in einen Bereich verlegt, in dem langfristig kein signifikanter Einfluss des Abbaugewässers auf das Grundwasser mehr zu erwarten ist (s. Anhang 1).

4 Zusammenfassung der Aussagen des Hydrogeologischen Gutachtens

Im Hydrogeologischen Fachbeitrag des Ingenieurbüros H&M vom 24.10.2012 (geändert am 29.09.2014) werden die hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich des Abbauvorhabens auf Grundlage von Daten aus Bohrungen und Grundwassermessstellen detailliert beschrieben. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Im Bereich des Abbauvorhabens liegt ein Grundwasserleiter aus quartären und tertiären Sanden vor, dessen Basis durch tertiäre, schluffige Feinsande gebildet wird. Der Grundwasserleiter setzt sich aus Fein- bis Grobsanden zusammen und ist durch pleistozäne bzw. tertiäre, bindige Schichten in ein oberes und ein unteres Stockwerk unterteilt. Stellenweise, v.a. in quartären Rinnen und Senken, tritt in tieferen Aquiferbereichen Lauenburger Ton auf.

In Bohrungen im Bereich der Abbaustätte wurden bis 40 m unter GOK vorwiegend Feinsande angetroffen. In Oberflächennähe treten zudem stellenweise Ton- und Schlufflagen auf. Im südlichen Bereich der Abbaustätte liegt zudem zwischen 24 und 27 m unter GOK eine Ton- / Schluffschicht vor. Im Fachbeitrag wird von einem zusammenhängenden Grundwasserleiter bis mindestens 40 m Tiefe ausgegangen. In an die Abbaustätte angrenzenden Bereichen reicht der zusammenhängende obere Grundwasserleiter bis 62 m unter GOK.

Auf Grundlage der Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung an Bodenproben aus den Bohrungen im Bereich der Abbaustätte wurde die Wasserdurchlässigkeit (k_f -Wert) nach HAZEN abgeleitet. Die Werte liegen zwischen 4×10^{-5} und $1,5 \times 10^{-4}$ m/s. Im Mittel beträgt der Wert laut Fachbeitrag 1×10^{-4} m/s.

Im Rahmen des Hydrogeologischen Fachbeitrages wurden die Grundwasserstände ausgewertet, die in 2012 in den im Bereich des Abbaugewässers installierten Messstellen GWM SE-01 bis -12 gemessen worden waren. Weiterhin wurden mehrjährige Grundwasserstandsdaten aus Messstellen im Bereich der A20-Trasse sowie aus Messstellen angrenzender Flächen des OOWV ausgewertet. Auf Grundlage dieser Daten sowie z.T. der Seewasserstände vorhandener Abbaugewässer wurden für die Stichtage 30.5.2012 bis 06.06.2012 Grundwassergleichenpläne für das Plangebiet erstellt. Diese zeigen im Bereich der Abbaustätte Grundwasserstände zwischen rd. 4 und 6 mNN. In der Mitte des geplanten Abbaugewässers lag der Grundwasserspiegel bei 5,1 mNN. Das Potenzialgefälle des oberflächennahen Grundwassers ist entsprechend der erstellten Gleichenpläne nach Nordosten gerichtet und beträgt zwischen 1,4 und 1,6 ‰. Im Nordosten wird das Potenzialgefälle vermutlich durch den Einfluss der Bekhauser Bäke nach Osten abgelenkt.

Anhand der oben beschriebenen hydrogeologischen Verhältnisse wurde die Höhe des Seewasserspiegels, welche sich nach der horizontalen Einregelung des Wasserspiegels im vollständig hergestellten Abbaugewässer einstellt, mit 5,1 mNN abgeschätzt. Der Schwankungsbereich des Seewasserspiegels wurde mit 4,7 mNN bis 5,5 mNN angegeben.

Aus der horizontalen Einregelung des Seewasserspiegels bei 5,1 mNN und der Angleichung des Grundwasserspiegels am Rand des Abbaugewässers an diesen Seewasserspiegel ergibt sich eine anstromseitige Grundwasserabsenkung sowie eine abstromseitige Grundwasseraufhöhung von jeweils 0,65 m.

Die Reichweite der Grundwasserstandsänderung für den Endzustand von 0,65 m wurde im Fachbeitrag mit der empirischen Formel nach LÜBBE (1977) berechnet. Die mit der optimierten Formel nach Wrobel (1980a,b) berechnete Reichweite beträgt nur 27 m, wobei die Absenkung rechnerisch nach 12 m bereits zu 90 % wieder abgeklungen ist. Die größere, nach LÜBBE (1977) berechnete Reichweite der zu erwartenden Grundwasserspiegeländerungen ist im Lageplan des Hydrogeologischen Fachbeitrages und im Lageplan in Anhang 1 dieser Unterlage dargestellt.

5 Auswertung Grundwasserbeweissicherung 2014-2019

Anhang 2 zeigt die statistische Auswertung der zwischen 2014 und 2019 in den Grundwassermessstellen GWM SE-01 bis -12 aufgezeichneten Grundwasserspiegelhöhen. In diesem Zeitraum erfolgte in den Messstellen eine tägliche Messung mittels Pegeldatenlogger. Die Lage der Messstellen ist in Anhang 1 dargestellt. Auf Grundlage dieser Beweissicherungsdaten wurden für den Bereich des Abbaugewässers Grundwassergleichenpläne für die Stichtage 03.01.2018 und 09.08.2018 erstellt, an denen in den Messstellen überwiegend annähernd maximale bzw. minimale

Grundwasserspiegelhöhen erreicht worden sind. Weiterhin wurde ein Grundwassergleichenplan auf Grundlage der Mittelwerte für den Zeitraum 2014-2019 erstellt (s. Anhang 3). Die Gleichenpläne zeigen ein überwiegend nordöstlich bis nord-nordöstlich gerichtetes Potenzialgefälle. Dieses betrug in dem betrachteten Zeitraum im Mittel etwa 1,6 ‰.

In der Mitte des geplanten Abbaugewässers lag der Grundwasserspiegel im Zeitraum 2014 bis 2019 im Mittel bei etwa 5,1 mNN (s. Anhang 3.1). Am 03.01.2018 betrug die Grundwasserspiegelhöhe hier bei überwiegend maximalen Werten in den Messstellen etwa 5,3 mNN (s. Anhang 3.2), am 09.08.2018 bei überwiegend minimalen Werten in den Messstellen 4,7 mNN (s. Anhang 3.3). Diese Ergebnisse der Beweissicherung bestätigen die im Hydrogeologischen Fachbeitrag (H&M, 2014) prognostizierte mittlere Seewasserspiegelhöhe von 5,1 mNN sowie die prognostizierte Amplitude zwischen 4,7 bis 5,5 mNN. Weiterhin bestätigen die Ergebnisse die berechnete, zu erwartende Grundwasserstandsänderung von 0,65 m im An- und Abstrom des Abbaugewässers. Es ist daher davon auszugehen, dass die im Hydrogeologischen Fachbeitrag berechneten und dargestellten Reichweiten der Grundwasserspiegeländerungen durch das Abbaugewässer in seinem Endzustand weiterhin zur Bewertung der langfristigen abbaubedingten Auswirkungen angesetzt werden können.

6 Aktueller Einfluss des Grundwassers auf die Bekhauser Bäke

Anhang 4 zeigt einen Vergleich zwischen der Sohlhöhe der Bekhauser Bäke in seinem ursprünglichen Bett im Bereich der Abbaustätte an den Grundwassermessstellen GWM SE-03 und -10 mit den Grundwasserspiegelhöhen in diesen Messstellen. Danach liegt die für den Zeitraum 2014 bis 2019 berechnete mittlere Grundwasserspiegelhöhe in den beiden Messstellen rd. 0,2 bzw. 0,5 m über der Sohle der Bekhauser Bäke im Bereich der Messstellen. Die minimale zwischen 2014 und 2019 beobachtete Grundwasserspiegelhöhe liegt hier dagegen im Bereich der Sohlhöhe bzw. nur 0,10 m darüber. Die Bekhauser Bäke wird hier in ihrem ursprünglichen Zustand entsprechend von Grundwasser gespeist. Der Grundwasserzufluss hat jedoch in besonders trockenen Perioden zumindest stellenweise bis auf ein rel. geringes Maß abgenommen bzw. ist in solchen Perioden ausgefallen.

Im Bereich der Messstellen GWM SE-04 bis -06 lag der niedrigste zwischen 2014 und 2019 ermittelte Grundwasserstand $\geq 0,37$ m über der geplanten Sohlhöhe des neuen Bettes der Bekhauser Bäke auf Höhe der Messstellen. Im Bereich der geplanten Messstellen GWM SE-13 bis -15 lag der niedrigste Grundwasserstand etwa $\geq 0,28$ m über der geplanten Sohlhöhe der Bekhauser Bäke in dem geplanten neuen Abschnitt südlich der Abbaustätte. Die mittleren Grundwasserspiegelhöhen liegen in diesen Bereichen noch deutlicher über der Fließgewässersohle.

Es zeigt sich insgesamt, dass die Bekhauser Bäke im Bereich der Verlegung über weite Strecken tiefer unterhalb des Grundwasserspiegels liegt als in ihrem alten Bett im Bereich der Abbaustätte. Dies liegt daran, dass im nördlichen Bereich der Abbaustätte ein rel. deutlicher Sohlflächenversatz von 4,6 auf 3,8 mNN vorgelegen hat. Das neue Bett wurde dagegen mit einem rel. einheitlichen Gefälle angelegt. Weite Abschnitte der Bekhauser Bäke werden daher langfristig voraussichtlich höhere Wassertiefen aufweisen als im ursprünglichen Zustand des Gewässers.

7 Pot. Auswirkungen des Abbauvorhabens auf die Bekhauser Bäke

Zwischen der Bekhauser Bäke und dem geplanten Abbaugewässer wird es keinen direkten Wasseraustausch geben. Allein für extreme Hochwasserereignisse ist ein Übertritt von Wasser über einen Hochwasserüberlaufschacht vorgesehen. Meromiktische Verhältnisse, bei denen die Bildung von Faulschlamm am Gewässergrund zu einer Verschlechterung der Wasserqualität führen kann, können aufgrund der geplanten Morphologie des Abbaugewässers gem. Berechnungen im Hydrogeologischen Fachbeitrag (H&M, 2014) ausgeschlossen werden. Auch wenn im Bereich des Abbauvorhabens das Grundwasser offengelegt wird, können relevante Schadstoffeinträge über die Luft aufgrund der Lage des Vorhabens ausgeschlossen werden. Gleichzeitig werden Nährstoffeinträge über die Düngung, welche bei der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung der Flächen stattfinden, im Zuge des Abbauvorhabens wegfallen. Die Nährstoffeinträge von der Abbaufäche über das Grundwasser in angrenzende Gewässer werden entsprechend minimiert. Diese Annahmen werden durch chemische Analysen an See- und Grundwasserproben bestätigt, welche im Rahmen der Beweissicherung an vergleichbaren Abbaugewässern in der Region durchgeführt werden. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass ein relevanter negativer Einfluss des Abbauvorhabens auf die ökologische Qualität und das ökologische Potenzial der Bekhauser Bäke allein über den Einfluss auf den Grundwasserspiegel und damit auf den Abfluss und die Wasserstände in der Bäke stattfinden kann. Die Möglichkeit einer solchen Beeinflussung wird im Folgenden erläutert.

7.1 Auswirkung nach Beendigung des Abbauvorhabens

Gem. Hydrogeologischem Fachbeitrag ergibt sich aus der horizontalen Einregelung des Seewasserspiegels im Abbaugewässer im Endzustand eine Grundwasserabsenkung im südlichen gelegenen Grundwasseranstrombereich von 0,65 m. Im nördlich gelegenen Grundwasserabstrombereich ist eine Grundwasseraufhöhung von 0,65 m zu erwarten. Im Bereich der Kippungsachse im zentralen Bereich des Abbaugewässers tritt keine entsprechende Grundwasserspiegeländerung auf. Der Lageplan in Anhang 1 zeigt die

maximal zu erwartende Reichweite der Grundwasserabsenkung im Anstrom und der Grundwasseraufhöhung im Abstrom. Hierbei handelt es sich um die im Hydrogeologischen Fachbeitrag mit der empirischen Formel nach LÜBBE (1977) berechneten Werte, welche über den mit anderen Methoden berechneten Werten liegen. Weiterhin ist in Anhang 1 die Linie der 4,90 mNN-Grundwasserspiegelhöhe dargestellt, die auf Grundlage der Reichweitenberechnung näherungsweise festgelegt worden ist (Quelle: Büro H&M).

Es zeigt sich, dass nur ein kleiner Bereich des neuen Verlaufes der Bekhauser Bäke im Südosten der Abbaustätte innerhalb der maximalen Reichweite der prognostizierten anstromseitigen Grundwasserabsenkung liegt. Der Grundwasserspiegel sollte in diesem Bereich laut Prognose jedoch auch bei Niedrigwasserständen nicht unter 4,90 mNN sinken und damit immer noch mindestens 25 cm über der Sohle der Bekhauser Bäke liegen (s. Anhang 1). Weiterhin wird der nordöstlich der Abbaustätte gelegene Bereich des neuen Verlaufes der Bekhauser Bäke von der prognostizierten Grundwasseraufhöhung im Abstrom des Abbaugewässers erfasst. Ggf. mögliche Grundwasserabsenkungen und -aufhöhungen durch das Abbaugewässer in seinem Endzustand nach Beendigung der Abbaumaßnahme werden sich entsprechend in dem betrachteten Bereich ausgleichen. Ein relevanter Einfluss der langfristigen Grundwasserspiegeländerungen am Abbaugewässer auf die Bekhauser Bäke ist daher nicht zu erwarten.

Neben den Grundwasserstandsänderungen durch die horizontale Einregelung kommt es zu einer gewissen Absenkung des Wasserspiegels im See und des angrenzenden Grundwasserspiegels aufgrund der Tatsache, dass die Evaporation von der offengelegten Wasserfläche i.d.R. größer ist als die Evapotranspiration über den Boden und die Vegetation oberhalb des Grundwasserspiegels. Im Hydrogeologischen Fachbeitrag wird von einer um 150 mm/a höheren Evaporation von der Wasserfläche ausgegangen. Auf die Wasserfläche des Abbaugewässers von 33 ha bezogen ergibt sich hieraus ein Wasserverlust von rd. 50.000 m³/a. Dennoch verbleiben im Bereich der Seefläche ein Wasserbilanzüberschuss und damit eine Grundwasserneubildung von 166 mm/a bzw. 55.000 m³/a. Dieser Überschuss sowie der Überschuss auf den an das Gewässer angrenzenden Bereichen sowie der Grundwasserzufluss zum See führen i.d.R. dazu, dass die erhöhte Evaporation nicht zu Grundwasserspiegeländerungen führt, welche signifikant über das Maß der oben beschriebenen Änderungen aufgrund der horizontalen Einregelung des Wasserspiegels hinausgehen.

7.2 Auswirkungen während des Bodenabbaus

Während des Bodenabbaus werden der unterhalb des Grundwasserspiegels anstehende Sand und das im Porenraum vorliegende Grundwasser mittels Saugbagger entnommen und auf die Trasse der A20 gespült. Das entnommene Wasser wird in das Abbaugewässer

zurück geleitet. Hierbei kommt es jedoch zu gewissen Verlusten durch Versickerung, Verdunstung und den Verbleib einer Restfeuchte im aufgespülten Sand. Das Volumen des Korngerüstes des entnommenen Sandes muss zudem im Abbaugewässer durch Grundwasser ersetzt werden. Im Hydrogeologischen Fachbeitrag wird berechnet, dass bei einer jährlichen Sandentnahme von 150.000 m³/a der Wasserverlust im Zuge der Entnahme durch den Wasserbilanzüberschuss und den Grundwasserzustrom wieder ausgeglichen wird.

Höhere Entnahmemengen, wie im vorliegenden Abbauvorhaben geplant (s. Abschn. 3), können dagegen zu einer Absenkung des Grundwasserspiegels im Bereich des Abbaugewässers führen. Die Höhe dieser entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen hängt vor allem von der Größe des Abbaugewässers, von den Wasserbilanzüberschüssen des Gewässers und dessen Einzugsgebietes sowie vom Grundwasserzufluss aus dem Einzugsgebiet ab. Das Einzugsgebiet und damit die Wasserzufuhr aus dem Einzugsgebiet erhöhen sich dabei i.d.R. durch die abbaubedingten Grundwasserabsenkungen. Aufgrund der Komplexität dieser Zusammenhänge fehlen empirische Formeln, mit denen die entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen berechnet werden können. Daher soll durch die Beobachtung des Grundwasserspiegels im Bereich der Bekhauser Bäke und die Anpassung der Abbauabläufe ausgeschlossen werden, dass die Sandentnahme zu Grundwasserabsenkungen führt, welche eine Verschlechterung des Zustandes dieses Fließgewässers mit sich bringen würden (s. Abschn. 8). Nach Beendigung der Sandentnahme entfallen die entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen und es verbleiben nur die in Abschnitt 7.1 beschriebenen Absenkungen.

8 Ableitung eines Sicherungskonzeptes für die Bekhauser Bäke

8.1 Vorgaben für die mindestens einzuhaltenden Grundwasserstände

Gem. der Ausführungen in Abschn. 7.2 ist nicht auszuschließen, dass durch die Sandentnahme bei aktivem Abbaubetrieb Grundwasserabsenkungen auftreten, welche deutlich über das langfristig nach Abbauende zu erwartende Maß hinausgehen können. Während nach Beendigung der Abbautätigkeiten keine relevanten Einflüsse des Abbaugewässers auf die Bekhauser Bäke zu erwarten sind (s. Abschn. 7.1), kann es während der Abbautätigkeit pot. zu einer Abnahme des Wasserspiegels bis hin zu einem Trockenfallen des Fließgewässers in niederschlagsarmen Perioden kommen. Im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot gem. WRRL ist eine solche Grundwasserabsenkung durch den Abbaubetrieb auszuschließen. Daher werden nachfolgend Auslöseschwellen für ausgewählte Beweissicherungsmessstellen definiert, bei deren Unterschreitung zu prüfen ist, ob die Abbaumenge zu drosseln oder der Abbaubetrieb einzustellen ist.

Anhang 4 zeigt den Vergleich zwischen den Grundwasserspiegelhöhen an den flachen Grundwassermessstellen im Bereich der Bekhauser Bäke und den Sohlhöhen des Fließgewässers im Bereich der Messstellen. Der Vergleich erfolgt für die Messstellen GWM SE-03 und -10, welche sich im Bereich des ehemaligen und aktuellen bzw. des ehemaligen Verlaufes der Bekhauser Bäke befinden. Weiterhin erfolgt der Vergleich für die Messstellen, welche zur Beobachtung des Grundwasserspiegels im Bereich der Bekhauser Bäke und die Festlegung der Auslöseschwellen herangezogen werden sollen. Hier handelt es sich um die vorhandenen Messstellen GWM SE-04 bis -06 am aktuellen Verlauf der Bäke sowie die geplanten Messstellen GWM SE-13 bis -15 im Bereich der geplanten weiteren Verlegung des Fließgewässers. Diese Messstellen sind alle ausreichend flach verfiltert, um die Grundwasserverhältnisse im Tiefenbereich der Bekhauser Bäke wiedergeben zu können (s. Anhang 4).

Im Bereich des ehemaligen Verlaufes der Bekhauser Bäke lag im Zeitraum 2014 bis 2019 der mittlere Grundwasserspiegel in den beiden Messstellen GWM SE-03 und -10 rd. 0,2 bzw. 0,5 m über der Sohle der Bekhauser Bäke. Die minimale Grundwasserspiegelhöhe lag hier in diesem Zeitraum näherungsweise im Bereich der Sohlhöhe des Gewässers bzw. 0,10 m darüber. Dies zeigt, dass schon im ursprünglichen Zustand der Bekhauser Bäke temporär Grundwasserstände im Bereich bzw. nur geringfügig über der Sohle vorgelegen haben.

Als Auslöseschwelle wird wie in Anhang 4 gezeigt ein Grundwasserspiegel in den genannten Messstellen festgelegt, welcher 0,20 m über Sohlhöhe der Bekhauser Bäke im Bereich der Messstellen liegt. Dieser Grundwasserspiegel sollte einen ausreichenden Abfluss und Wasserstand in dem Gewässer gewährleisten. Weiterhin werden der Abfluss und der Wasserstand bei Erreichen der Auslöseschwelle noch deutlich höher ausfallen, als es temporär im ursprünglichen Zustand des Gewässers der Fall war (s.o.). Eine Verschlechterung des ökologischen Zustandes und des ökologischen Potenzials der Bekhauser Bäke ist bei Überschreitung der Auslöseschwellen aus Sicht des Verfassers nicht zu erwarten.

Bei einer Unterschreitung der Auslöseschwellen in mehr als einer Messstelle ist zu prüfen, ob diese Unterschreitung witterungsbedingte Ursachen bzw. andere Ursachen als den betrachteten Bodenabbau hat. Hierzu kann der Verlauf der Grundwasserspiegelhöhen in den betroffenen Messstellen mit den Daten aus Messstellen verglichen werden, welche nicht durch das betrachtete Abbaugewässer beeinflusst werden.

Für diesen Vergleich können die beiden Grundwassermessstellen 156 und 157 des OOWV herangezogen werden, welche sich südlich des Abbauvorhabens befinden (s. Hydrogeologischer Fachbeitrag, H&M, 2014). Diese sind zwischen 9 und 11 bzw. zwischen

12 und 14 m unter GOK verfiltert. Oberhalb des Filters liegen hier keine wasserstauenden Schichten vor.

Für die Ermittlung der abbaubedingten Grundwasserabsenkung wird zunächst für die Messstellen im Bereich des Abbaus und die Messstellen des OOWV die Entwicklung nach einem festgelegten Ausgangspunkt vor dem Abbaubeginn bis zu dem betrachteten Zeitpunkt während des Abbaus berechnet. Als Ausgangspunkt bzw. Ausgangswasserspiegel kann z.B. der Mittelwert des Grundwasserstandes im Jahr vor Abbaubeginn herangezogen werden. Die um andere Einflüsse bereinigte, wahrscheinlich der Abbautätigkeit zuzurechnende Grundwasserabsenkung ergibt sich aus der Differenz zwischen der Entwicklung in den Messstellen am betrachteten Abbau und der Entwicklung in den genannten OOWV-Messstellen.

Wird die Auslöseschwelle nur in einer der sechs Messstellen unterschritten, kann dies aus Sicht des Verfassers vernachlässigt werden. In diesem Fall ist noch ein ausreichender Grundwasserzufluss aus den angrenzenden Bereichen zu erwarten, wo die Grundwasserstände $\geq 0,20$ m oberhalb der Gewässersohle liegen.

Die Auswertung der täglich aufgezeichneten Grundwasserspiegeldaten zur Prüfung einer Unterschreitung der Auslöseschwellen soll wöchentlich erfolgen. Eine Unterschreitung in mindestens zwei Messstellen ist der Unteren Wasserbehörde unverzüglich mitzuteilen und durch eine Folgemessung in der darauf folgenden Woche zu verifizieren. Die weitere Prüfung des Sachverhaltes und die Entscheidung einer Drosselung oder Unterbrechung des Bodenabbaus sind mit der Unteren Wasserbehörde abzustimmen.

8.2 Vorgaben für den Ablauf des Bodenabbaus

Um eine Absenkung des Grundwasserspiegels bis unter die in Abschnitt 8.1 beschriebenen Auslöseschwellen zu vermeiden, empfiehlt sich, die im Folgenden erläuterten Vorgaben für den Abbau einzuhalten:

Die Entnahme von Sand und Grundwasser mit dem Saugbagger führt wie in Abschnitt 7.2 erläutert zu einer Absenkung des Wasserspiegels im Abbaugewässer und des angrenzenden Grundwasserspiegels. Diese Absenkung hängt stark von der Größe der bereits geschaffenen Wasserfläche ab. Sie ist zu Beginn des Abbaus maximal und nimmt mit zunehmender Wasserfläche ab. Zu Beginn des Saugbaggereinsatzes können hohe Grundwasserabsenkungen verursacht werden, die bei einem Einsatz in einem kleinen Gewässer deutlich über die Abbaugrenzen hinaus reichen können. Um eine Beeinflussung angrenzender Flächen und vor allem der Bekhauser Bäke zu verhindern, sollte mit der Abbautätigkeit im Zentrum des geplanten Abbaugewässers begonnen werden. Vor dem

Einsatz des Saugbaggers sollte mit dem Löffelbagger ein ausreichend großes Ausgangsgewässer geschaffen werden.

Der Nassabbau sollte in Teilabschnitten erfolgen. Die ersten Abschnitte sollten vor allem den Nordwesten der Abbaufäche erfassen. Die im Osten und Süden der Abbaustätte anstehenden Sande bleiben dabei als Schutzstreifen zwischen Bodenabbau und der Bekhauser Bäke erhalten. Wenn sich der Abbau dann der Bekhauser Bäke nähert, liegt bereits ein rel. großes Abbaugewässer vor, welches die entnahmebedingten Wasserspiegelabsenkungen puffert. Die Grundwasserabsenkungen im Bereich des Fließgewässers während der Sandentnahme können so minimiert werden.

Spelle, 17. März 2020

Dr. rer. nat. Mark Overesch

Literatur

- LÜBBE, E. (1977): Baggerseen – Bestandsaufnahme, Hydrologie und planerische Konsequenzen. 2. Aufl. Parey, Hamburg, Berlin.
- 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.

Anhänge

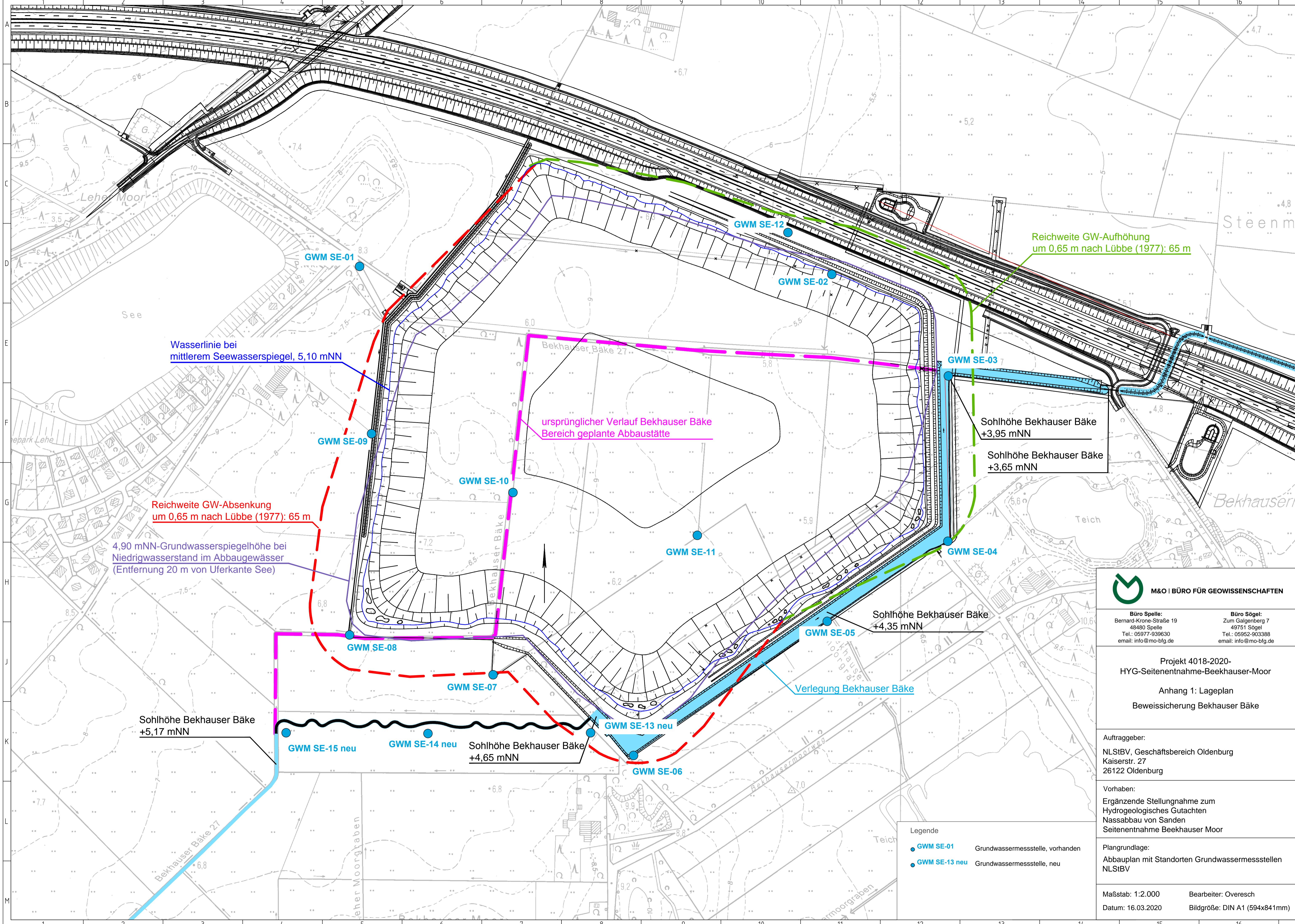
Anhang 1: Lageplan

Anhang 2: Statistische Kennwerte Grundwassermessstellen GWM SE-01 bis -12, 2014-2019

Anhang 3: Grundwassergleichenpläne, Minima, Maxima und Mittelwerte, Zeitraum 2012-2019

Anhang 4: Vergleich Sohlhöhen Bekhauser Bäke und Grundwasserspiegelhöhen in den angrenzenden Messstellen sowie abgeleitete Auslöseschwellen

Anhang 1: Lageplan



Wasserlinie bei
mittlerem Seewasserspiegel, 5,10 mNN

Reichweite GW-Absenkung
um 0,65 m nach Lübbe (1977): 65 m

4,90 mNN-Grundwasserspiegelhöhe bei
Niedrigwasserstand im Abbaugewässer
(Entfernung 20 m von Uferkante See)

Sohlhöhe Bekhauser Bäche
+5,17 mNN

ursprünglicher Verlauf Bekhauser Bäche
Bereich geplante Abbaustätte

Reichweite GW-Aufhöhung
um 0,65 m nach Lübbe (1977): 65 m

Sohlhöhe Bekhauser Bäche
+3,95 mNN

Sohlhöhe Bekhauser Bäche
+3,65 mNN

Sohlhöhe Bekhauser Bäche
+4,35 mNN

Sohlhöhe Bekhauser Bäche
+4,65 mNN

Verlegung Bekhauser Bäche

Legende

- GWM SE-01 Grundwassermessstelle, vorhanden
- GWM SE-13 neu Grundwassermessstelle, neu



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

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

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

Projekt 4018-2020-
HYG-Seitenentnahme-Bekhauser-Moor

Anhang 1: Lageplan
Beweissicherung Bekhauser Bäche

Auftraggeber:
NLStBV, Geschäftsbereich Oldenburg
Kaiserstr. 27
26122 Oldenburg

Vorhaben:
Ergänzende Stellungnahme zum
Hydrogeologisches Gutachten
Nassabbau von Sanden
Seitenentnahme Bekhauser Moor

Plangrundlage:
Abbauplan mit Standorten Grundwassermessstellen
NLStBV

Maßstab: 1:2.000
Datum: 16.03.2020

Bearbeiter: Overesch
Bildgröße: DIN A1 (594x841mm)

Anhang 2:

Statistische Kennwerte Grundwassermessstellen

GWM SE-01 bis -12, 2014-2019

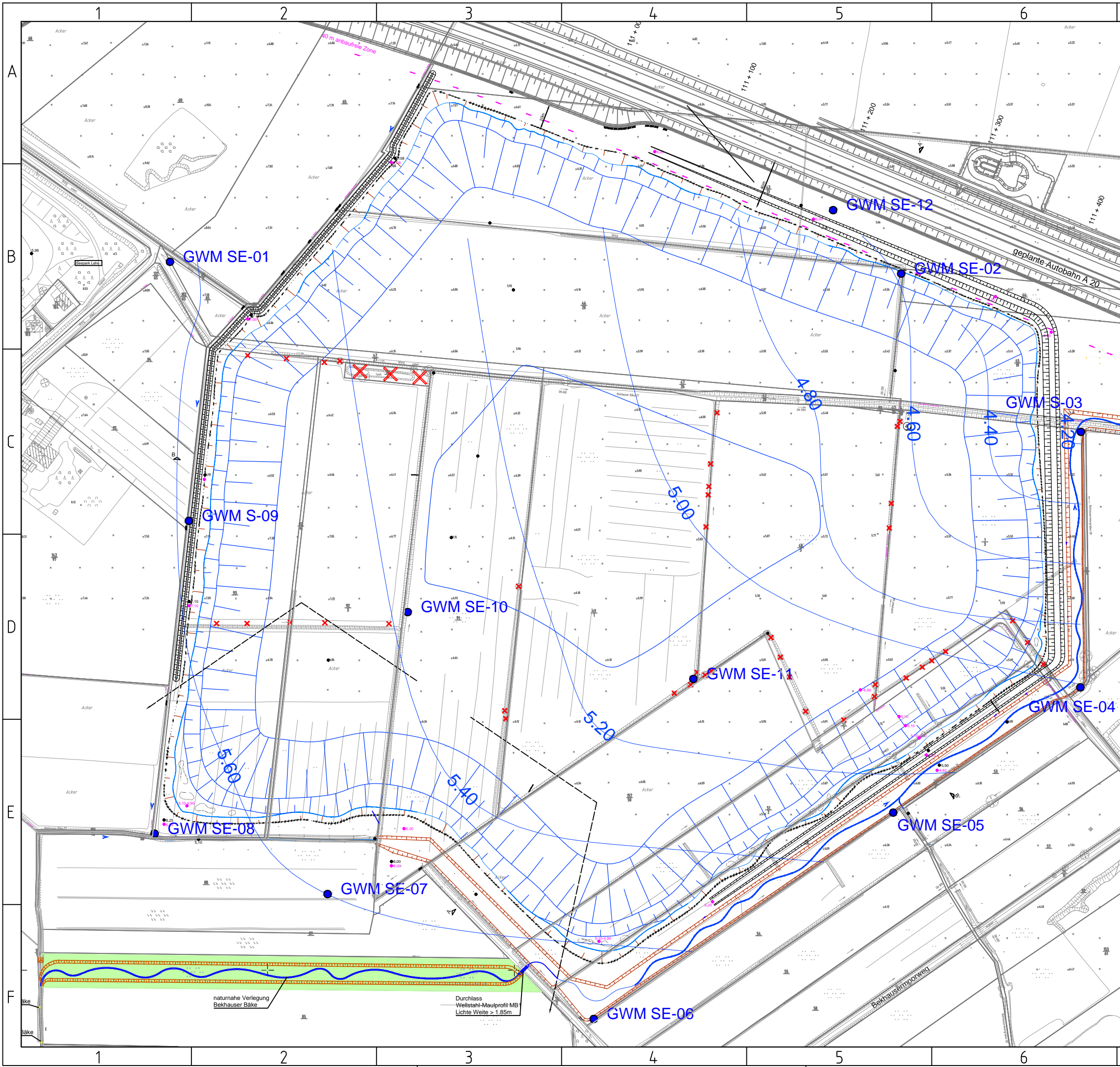
Anhang 2

Statistische Kennwerte Grundwassermessstellen GWM SE-01 bis -12, 2014-2019

		GWM SE-01	GWM SE-02	GWM SE-03	GWM SE-04	GWM SE-05	GWM SE-06	GWM SE-07	GWM SE-08	GWM SE-09	GWM SE-10	GWM SE-11	GWM SE-12
Abflussjahr 2015 (Nov.'14 - Okt.'15)	Mittelwert (MW)	5,52	4,60	4,12	4,92	5,20	5,64	5,48	5,64	5,42	5,32	5,04	4,60
	MW Winterhalbjahr	5,54	4,64	4,14	4,95	5,24	5,72	5,50	5,66	5,45	5,33	5,07	4,64
	MW Sommerhalbjahr	5,50	4,56	4,10	4,90	5,16	5,57	5,45	5,63	5,40	5,31	5,01	4,55
	Höchster Wert	5,84 04.04.15	4,97 02.04.15	4,39 02.04.15	5,24 02.04.15	5,54 02.04.15	6,19 02.04.15	5,82 02.04.15	5,99 02.04.15	5,86 02.04.15	5,68 02.04.15	5,30 02.04.15	4,99 02.04.15
	Niedrigster Wert	5,18 07.12.14	4,31 06.12.14	3,97 06.12.14	4,65 05.12.14	4,89 06.12.14	5,32 06.12.14	5,21 06.12.14	5,40 06.12.14	5,10 08.12.14	5,04 06.12.14	4,82 06.12.14	4,28 06.12.14
	HW-NW	0,66	0,66	0,42	0,59	0,65	0,88	0,61	0,60	0,76	0,64	0,48	0,71
Abflussjahr 2016 (Nov.'15 - Okt.'16)	Mittelwert (MW)	5,73	4,74	4,17	5,08	5,34	5,84	5,60	5,75	5,60	5,43	5,14	4,74
	MW Winterhalbjahr	5,83	4,84	4,21	5,13	5,42	5,96	5,67	5,81	5,70	5,50	5,19	4,85
	MW Sommerhalbjahr	5,63	4,64	4,13	5,03	5,27	5,72	5,53	5,69	5,51	5,36	5,09	4,63
	Höchster Wert	6,11 23.02.16	5,12 22.02.16	4,61 18.11.15	5,35 22.02.16	5,59 22.02.16	6,42 22.02.16	5,92 22.02.16	6,10 22.02.16	6,08 22.02.16	5,81 18.11.15	5,35 18.11.15	5,15 22.02.16
	Niedrigster Wert	5,41 28.10.16	4,47 16.10.16	4,07 22.05.16	4,85 17.10.16	5,07 17.10.16	5,50 15.10.16	5,39 28.09.16	5,57 26.09.16	5,32 15.10.16	5,24 26.09.16	4,94 15.10.16	4,44 16.10.16
	HW-NW	0,71	0,66	0,54	0,50	0,52	0,93	0,53	0,53	0,76	0,57	0,41	0,71
Abflussjahr 2017 (Nov.'16 - Okt.'17)	Mittelwert (MW)	5,61	4,66	4,16	5,00	5,24	5,73	5,54	5,70	5,51	5,38	5,05	4,65
	MW Winterhalbjahr	5,60	4,67	4,14	4,99	5,25	5,76	5,54	5,69	5,50	5,37	5,05	4,65
	MW Sommerhalbjahr	5,62	4,66	4,19	5,00	5,23	5,70	5,54	5,71	5,51	5,39	5,05	4,65
	Höchster Wert	5,89 09.10.17	4,97 20.03.17	4,38 20.03.17	5,25 20.03.17	5,44 21.03.17	6,18 20.03.17	5,80 20.03.17	5,95 20.03.17	5,83 21.03.17	5,64 20.03.17	5,19 14.01.17	4,96 20.03.17
	Niedrigster Wert	5,41 01.11.16	4,43 23.06.17	4,05 21.06.17	4,81 23.06.17	4,96 24.06.17	5,45 27.06.17	5,31 23.06.17	5,49 23.06.17	5,28 27.06.17	5,17 23.06.17	4,86 23.06.17	4,41 23.06.17
	HW-NW	0,48	0,54	0,33	0,44	0,48	0,73	0,49	0,46	0,56	0,47	0,34	0,55
Abflussjahr 2018 (Nov.'17 - Okt.'18)	Mittelwert (MW)	5,69	4,66	4,18	5,04	5,21	5,78	5,55	5,70	5,56	5,38	5,01	4,65
	MW Winterhalbjahr	5,95	4,89	4,29	5,22	5,42	6,07	5,73	5,86	5,81	5,55	5,16	4,89
	MW Sommerhalbjahr	5,43	4,44	4,07	4,86	5,01	5,50	5,37	5,54	5,31	5,20	4,87	4,41
	Höchster Wert	6,25 20.01.18	5,14 03.01.18	4,63 03.01.18	5,40 03.01.18	5,54 04.01.18	6,50 19.01.18	5,96 03.01.18	6,15 03.01.18	6,17 04.01.18	5,88 03.01.18	5,30 03.01.18	5,17 03.01.18
	Niedrigster Wert	5,19 20.10.18	4,24 09.08.18	3,93 07.08.18	4,66 22.10.18	4,72 09.08.18	5,29 11.08.18	5,17 08.08.18	5,36 08.08.18	5,11 22.10.18	5,00 09.08.18	4,66 09.08.18	4,22 08.08.18
	HW-NW	1,06	0,90	0,70	0,74	0,82	1,21	0,79	0,79	1,07	0,88	0,64	0,95
Abflussjahr 2019 (Nov.'18 - Okt.'19)	Mittelwert (MW)	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	MW Winterhalbjahr	5,50	4,60	4,13	4,92	5,16	5,67	5,48	5,64	5,42	5,32	5,01	4,59
	MW Sommerhalbjahr	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	Höchster Wert	5,83 18.03.19	4,93 15.03.19	4,33 15.03.19	5,19 15.03.19	5,38 15.03.19	6,13 15.03.19	5,77 15.03.19	5,91 15.03.19	5,80 15.03.19	5,61 15.03.19	5,20 15.03.19	4,95 15.03.19
	Niedrigster Wert	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	HW-NW	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Zeitraum 2015-2018 (Nov.'14 - Okt.'18)	Mittelwert (MW)	5,64	4,67	4,16	5,01	5,25	5,75	5,54	5,70	5,52	5,37	5,06	4,66
	MW Winterhalbjahr	5,73	4,76	4,19	5,08	5,33	5,88	5,61	5,75	5,62	5,44	5,12	4,76
	MW Sommerhalbjahr	5,55	4,58	4,12	4,95	5,17	5,62	5,48	5,64	5,43	5,31	5,01	4,56
	Höchster Wert	6,25 20.01.18	5,14 03.01.18	4,63 03.01.18	5,40 03.01.18	5,59 22.02.16	6,50 19.01.18	5,96 03.01.18	6,15 03.01.18	6,17 04.01.18	5,88 03.01.18	5,35 18.11.15	5,17 03.01.18
	Niedrigster Wert	5,18 07.12.14	4,24 09.08.18	3,93 07.08.18	4,65 05.12.14	4,72 09.08.18	5,29 11.08.18	5,17 08.08.18	5,36 08.08.18	5,10 08.12.14	5,00 09.08.18	4,66 09.08.18	4,22 08.08.18
	HW-NW	1,07	0,90	0,70	0,75	0,87	1,21	0,79	0,79	1,07	0,88	0,69	0,95

Anhang 3:


Grundwassergleichenpläne, Minima, Maxima und Mittelwerte,
Zeitraum 2012-2019



Legende:

5.20

Isohypsen / Grundwassergleichen:
Mittelwert 2014 - 2019

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

Projekt: 4018-2020-HYG

Anhang 3.1: Grundwassergleichenplan
Mittelwerte 2014-2019

Auftraggeber:
Niedersächsische Landesbehörde
für Straßenbau und Verkehr,
Geschäftsbereich Oldenburg

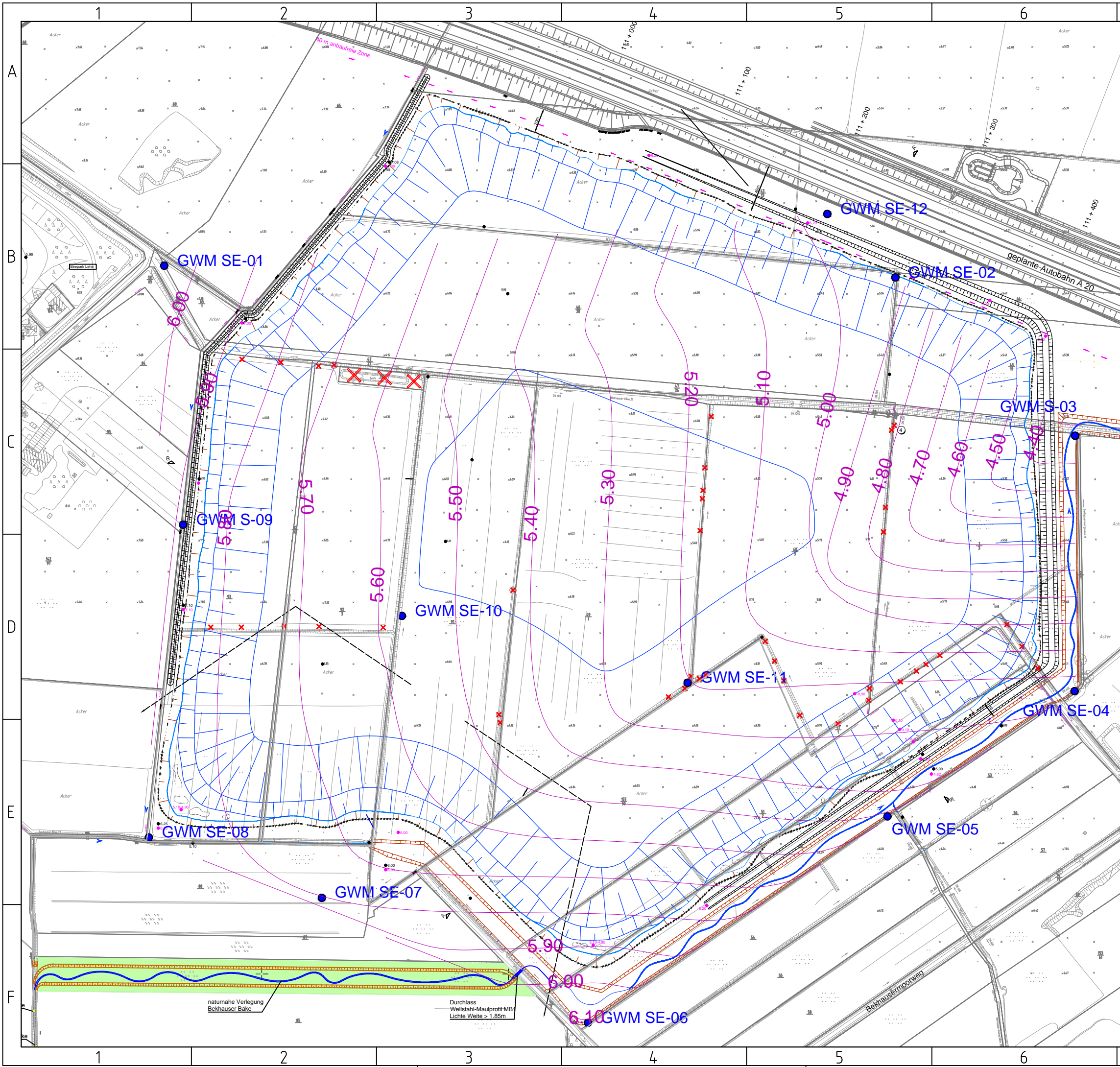
Vorhaben:
Seitenentnahme
Bekhauser Moor

Planungsgrundlage:
Lageplan zur Seitenentnahme (Abbauplan), NLStbV, 28.04.2015

Maßstab:
1:3.000 (DIN A3)

Datum:
03.03.2020


Bearbeiter:
Schlenzek



Legende:

5.00

Isohypsen / Grundwassergleichen:
Abstich 03.01.2018

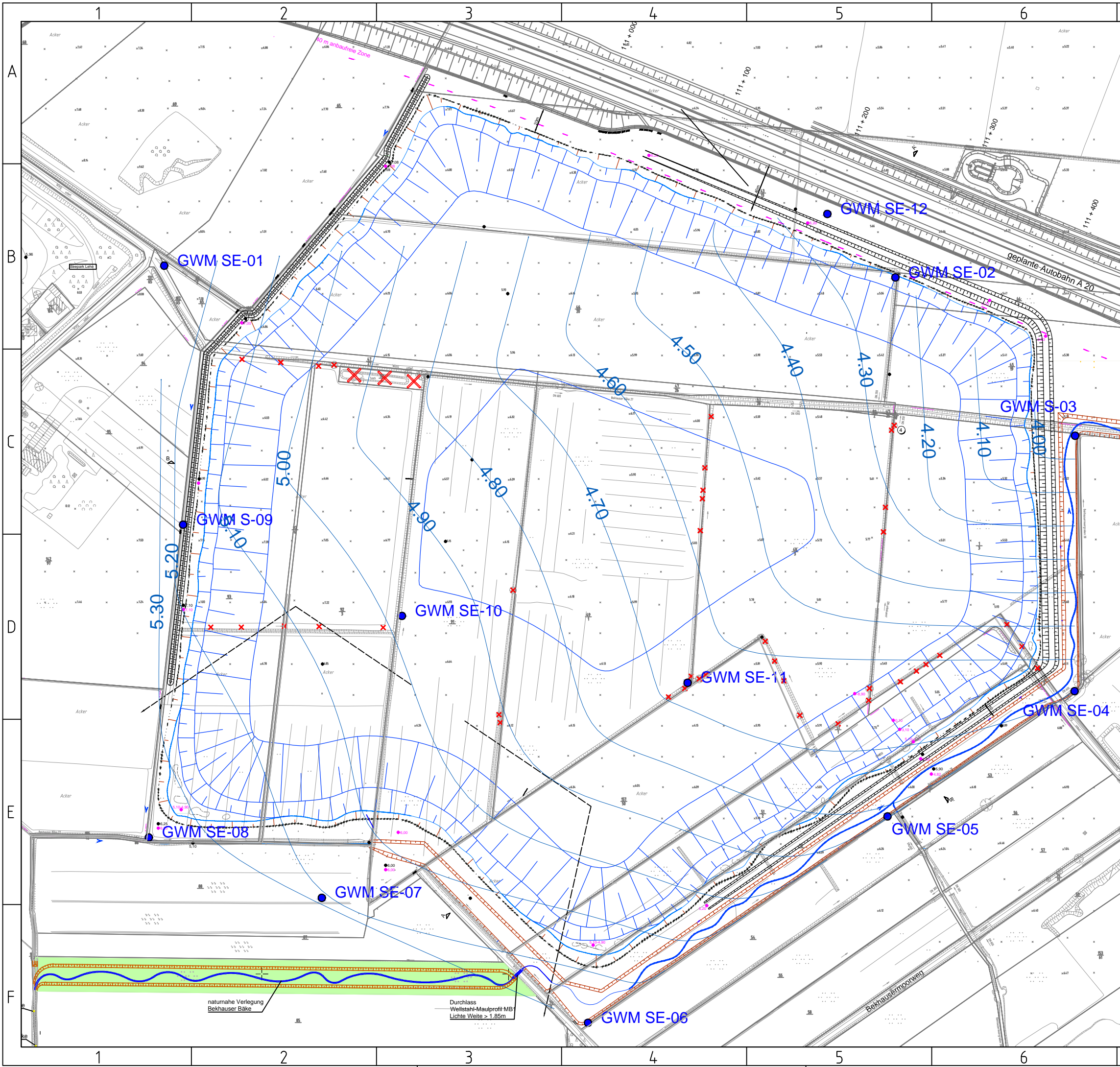
 **M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN**
Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de

Projekt: 4018-2020-HYG
Anhang 3.2: Grundwassergleichenplan
Stichtag 03.01.2018

Auftraggeber: Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr, Geschäftsbereich Oldenburg	Vorhaben: Seitenentnahme Bekhauser Moor
--	---

Planungsgrundlage:
Lageplan zur Seitenentnahme (Abbauplan), NLStbV, 28.04.2015

Maßstab: 1:3.000 (DIN A3)	Datum: 03.03.2020	Bearbeiter: Schlenzek
------------------------------	----------------------	--------------------------



Legende:

5.20

Isohypsen / Grundwassergleichen:
Abstich 09.08.2018

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

Projekt: 4018-2020-HYG
Anhang 3.3: Grundwassergleichenplan
Stichtag 09.08.2018

Auftraggeber:
Niedersächsische Landesbehörde
für Straßenbau und Verkehr,
Geschäftsbereich Oldenburg

Vorhaben:
Seitenentnahme
Bekhauser Moor

Planungsgrundlage:
Lageplan zur Seitenentnahme (Abbauplan), NLStbV, 28.04.2015

Maßstab:
1:3.000 (DIN A3)

Datum:
03.03.2020

Bearbeiter:
Schlenzek

Anhang 4:

Vergleich Sohlhöhen Bekhauser Bäke und
Grundwasserspiegelhöhen in den angrenzenden Messstellen sowie
abgeleitete Auslöseschwellen

Anhang 4:

Vergleich Sohlhöhen Bekhauser Bäche und Grundwasserspiegelhöhen in den angrenzenden Messstellen sowie abgeleitete Auslöseschwellen

Mess-stelle	Status Messstelle	Tiefe Filter [m unter GOK]	Sohlhöhe Bekhauser Bäke im Bereich der Messstelle [mNN]	Status Bekhauser Bäke	Grundwasserspiegelhöhen 2014-2019 (ohne Einfluss Abbaugewässer)				zu erwartende Grundwasser- absenkung durch horizontale Einregelung des Wasserspiegels im Abbaugewässer ^a	Auslöse- schwelle [mNN] ^b	Anmerkungen
					mittlerer Grundwasserstand		Grundwasser- niedrigstand				
					[mNN]	[m über Sohle Bekhauser Bäke]	[mNN]	[m über Sohle Bekhauser Bäke]			
Messstellen Bereich geänderter Verlauf Bekhauser Bäke											
GWM SE-04	vorhanden	6,0	4,15	geplanter Zustand	5,01	0,86	4,65	0,50	0,0	4,35	
GWM SE-05		6,0	4,35		5,25	0,90	4,72	0,37	0,0	4,55	
GWM SE-06		3,5	4,65		5,75	1,10	5,29	0,64	<0,1	4,85	Wasserstauer (U, t, fs') ab 3,6 m unter GOK
GWM SE-13	geplant	ca. 5,0	4,65		>5,6	>0,95	>5,2	>0,55	0,0	4,85	
GWM SE-14		ca. 5,0	4,90		>5,7	>0,80	>5,3	>0,40	0,0	5,10	
GWM SE-15		ca. 5,0	5,12		>5,8	>0,68	>5,4	>0,28	0,0	5,32	
Vergleichsmessstellen Bereich ursprünglicher Verlauf Bekhauser Bäke											
GWM SE-03	vorhanden	6,0	3,95	ursprünglicher + geplanter Zustand	4,16	0,21	3,93	-0,02 ^c	0,0	-	
GWM SE-10			6,0	4,90	ursprünglicher Zustand	5,37	0,47	5,00	0,10 ^c	-	-

^a entsprechend Reichweitenberechnung nach LÜBBE (1977)

^b = Sohlhöhe Bekhauser Bäche + 0,20 m

^c Vergleichswert Grundwasserniedrigstand 2014 - 2019 über Sohlhöhe Bekhauser Bäche im aktuellen Zustand; Grundlage für die Bemessung der Auslöseschwelle