



**P I E W A K &
PARTNER GmbH**
INGENIEURBÜRO FÜR
HYDROGEOLOGIE
UND UMWELTSCHUTZ

Piewak & Partner GmbH • Jean-Paul-Straße 30 • 95444 Bayreuth

Jean - Paul - Straße 30
95444 Bayreuth
Telefon (0921) 50 70 36 - 0
Telefax (0921) 50 70 36 - 10
E-Mail: info@piewak.de
<http://www.piewak.de>

Geschäftsführer
Dipl.-Geologe Manfred Piewak
Dipl.-Geologe Ralf Wiegand
HRB Bayreuth 1792

Sachverständige und
Untersuchungsstelle
gem. § 18 BBodSchG

Hydrogeologisches Gutachten

für das geplante Sand- und Kiesabbaugebiet östlich von Grafenheinfeld

Stand: 16.03.2022

[in der Fassung vom 12.05.2023]

Auftraggeber:

Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft
Wirsingstraße 15
97424 Schweinfurt

Erkundung • Beratung • Planung • Gutachten

Grundwassererschließung • Trinkwassersanierung • Bohrungen • Tiefbrunnen • Grundwassermessstellen • Grundwassermodellierung
Wasserschutzgebiete • Altlasten • Deponiestandorte • Schadensanalysen • Schadensfallmanagement • Baugrund- und Bodenuntersuchung
Bodenmechanik • Gründungsberatung • Lagerstättenerschließung • Rohstoffsicherung • Geothermie • Strahlenschutz



Projekt: Hydrogeologisches Gutachten
für das geplante Sand- und Kiesabbaugebiet östlich von Grafenheinfeld

Landkreis: Schweinfurt

Auftraggeber: Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft
Schweinfurt

Projektnummer: 18245

Bearbeiter: Lucas Reusen, M.Sc. Geoumwelttechnik

Ort/Datum: Bayreuth den 16.03.2022 in der Fassung vom 12.05.2023



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Veranlassung und Aufgabenstellung | 1 |
| 2 | Verwendete Unterlagen | 2 |
| 3 | Beschreibung der örtlichen Verhältnisse | 3 |
| 4 | Abbauvorhaben | 4 |
| 5 | Geologische und hydrogeologische Verhältnisse | 5 |
| 6 | Bedeutung des Grundwasservorkommens | 5 |
| 7 | Beschreibung der Grundwassersenkungsanlage Grafenrheinfeld | 6 |
| 8 | Durchgeführte Untersuchungsarbeiten | 7 |
| 8.1 | Aufschlussarbeiten | 7 |
| 8.1.1 | Bohrungen | 7 |
| 8.1.2 | Schürfe und Sickerversuche | 7 |
| 8.2 | Probenahme | 9 |
| 8.3 | Bodenphysikalische Laboruntersuchungen | 9 |
| 8.4 | Chemische Laboruntersuchungen | 10 |
| 9 | Ergebnisse der Untersuchungsarbeiten | 11 |
| 9.1 | Schichtaufbau | 11 |
| 9.2 | Bestimmung der Durchlässigkeiten | 12 |
| 9.2.1 | Durchlässigkeiten des Rohstoffs im Abbaubereich | 12 |
| 9.2.2 | Durchlässigkeiten des Verfüllmaterials | 13 |
| 9.3 | Grund- und Schichtwasserverhältnisse | 14 |
| 9.3.1 | Grundwasserstände | 14 |
| 9.3.2 | Grundwasserfließrichtung | 15 |
| 9.3.3 | Grundwasserströmungsverhältnisse | 16 |
| 9.4 | Ergebnisse der chemischen Untersuchungen | 16 |
| 10 | Schutzfunktion der Deckschichten | 17 |
| 11 | Auswirkungen des Vorhabens auf die Grundwasserverhältnisse | 18 |
| 11.1 | Auswirkungen des Abbaus | 18 |
| 11.1.1 | Allgemeines | 18 |
| 11.1.2 | Grundwasserverhältnisse während des Abbaus | 18 |
| 11.2 | Auswirkungen der Verfüllung | 21 |
| 11.3 | Auswirkungen auf die Grundwassersenkungsanlage Grafenrheinfeld | 25 |
| 11.4 | Auswirkungen auf die Messstelle Q3 | 25 |
| 11.5 | Auswirkungen bei extremen Hochwässern | 26 |
| 12 | Zukünftige Wiederverfüllung der Abbauflächen | 26 |
| 12.1 | Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung | 26 |
| 12.2 | Angaben zur Verfüllung | 27 |
| 12.3 | Beweissicherung der Verfüllung und Handlungsempfehlungen | 27 |
| 13 | Zusammenfassung | 28 |



Anlagen

- Anlage 1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000
- Anlage 2 Geologische Karte, Maßstab 1 : 15.000
- Anlage 3 Detaillageplan mit Kennzeichnung der Vorhabensfläche und der Aufschlüsse,
Maßstab 1 : 10.000
- Anlage 4 Darstellung der geologischen Schichtprofile
 - Anlage 4.1 Bohrungen
 - Anlage 4.2 Schürfe
- Anlage 5 Fotodokumentation der Bohrungen
- Anlage 6 Gangliniendiagramme der Wasserstände
 - Anlage 6.1 Wasserstände der Messstellen der GSA Grafenrheinfeld
 - Anlage 6.2 Wasserstände der GWMs 2015
- Anlage 7 Grundwasserhöhengleichenpläne
- Anlage 8 Auswertungen der Sickerversuche
- Anlage 9 Prüfberichte der bodenphysikalischen Laborversuche
- Anlage 10 Berechnungen zum unterstromigen Aufstau
und zu oberstromigen Absenkung bei Baggerseen
- Anlage 11 Prüfberichte der chemischen Laboruntersuchungen
- Anlage 12 Tabellarischer Vergleich der Analytikergebnisse
mit den Zuordnungswerten gemäß Verfüll-Leitfaden
- Anlage 13 Luftbild mit Kennzeichnung möglicher Messstellen für die Beweissicherung



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Zur Sicherstellung der regionalen Versorgung des Oberzentrums Schweinfurt mit Verflechtungsbereichen mit Sand und Kies strebt die Firma Glöckle GmbH & Co. KG eine Erweiterung der Rohstoffgewinnungsflächen im Raum Schweinfurt in der Nähe zum bestehenden Kieswerk im Gemeindegebiet Grafenrheinfeld an.

Um den Bedarf an Sand und Kies in der Region weiterhin zu sichern, beantragt die Firma Glöckle die Förderung von Sanden und Kiesen im Nassabbauverfahren auf einer Fläche von rd. 45,3 ha. In diesem Zusammenhang soll ein Zwischenlager für Abraum auf einer ehemaligen, als Ackerfläche rekultivierten, angrenzenden Abbaufäche mit einer Fläche von rd. 1,9 ha eingerichtet werden. Das gesamte Vorhabengebiet umfasst somit 47,2 ha.

Während und nach dem Abbau ist eine Verfüllung der Abbaufächen gemäß dem Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen vorgesehen.

Im Rahmen des Genehmigungsantrags ist ein hydrogeologisches Gutachten zu erstellen, in dem unter anderem die möglichen Veränderungen der hydrogeologischen Situation durch den Abbau und die Verfüllung diskutiert werden.

Im Gutachten soll auch ein möglicher Einfluss auf die bestehende Grundwassersenkungsanlage (GSA) der Ortschaft Grafenrheinfeld betrachtet werden.

Die Piewak & Partner GmbH, Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz, Bayreuth wurde von der Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft beauftragt, ein hydrogeologisches Gutachten für das Vorhaben zu erstellen.



2 Verwendete Unterlagen

- [U1] BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1982): Geologische Karte von Bayern, Maßstab 1 : 25.000, Blatt Nr. 5927 Schweinfurt; - München
- [U2] BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (1981): Geologische Karte von Bayern, Maßstab 1 : 25.000, Blatt Nr. 6027 Grettstadt; - München
- [U3] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT: Hydrogeologische Karte von Bayern, Maßstab 1 : 500.000, Mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag; Augsburg, 2018
- [U4] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2018): UmweltAtlas – Geologie - Augsburg
- [U5] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM DER FINANZEN UND FÜR HEIMAT (2018): BayernAtlas; - München
- [U6] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ: Einführung des fortgeschriebenen Leitfadens zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen, Stand 23.12.2019
- [U7] HÖLTING, B., COLDEWEY, W. G.: Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie, 8. Auflage, Springer-Verlag
- [U8] HÖLTING, B. ET AL.: Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserdeckschichten, Hannover, 1995
- [U9] SCHNEIDER, G.: Beeinflussung des Grundwasserstroms durch Bauwerke mit räumlicher Erstreckung, Die Bautechnik, Heft 5, 1995
- [U10] PRINZ, H., STRAUß, R.: Ingenieurgeologie, 6. Auflage, Springer-Verlag
- [U11] WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT SCHWEINFURT: Erläuterungsbericht zur Errichtung einer Grundwassersenkungsanlage in Grafenrheinfeld, Schweinfurt, Mai 1957
- [U12] REGIERUNG VON UNTERFRANKEN, HÖHERE LANDESPLANUNGSBEHÖRDE: Landesplanerische Beurteilung für den Abbau von Sand und Kies in der Gemeinde Grafenrheinfeld, Schweinfurt, 30.10.2019
- [U13] PIEWAK & PARTNER GMBH: Hydrogeologisches Gutachten für das Raumordnungsverfahren (neues Sand- und Kiesabbaugebiet) östlich von Grafenrheinfeld, Bayreuth, 07.03.2019

3 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Das Vorhabengebiet liegt im Gemeindegebiet Grafenrheinfeld, südwestlich der Stadt Schweinfurt im Naturraum Schweinfurter Becken - Maintalau. Es erstreckt sich zwischen der Siedlungsbebauung Grafenrheinfelds im Westen und dem Vogelschutzgebiet „Maintal zwischen Schweinfurt und Dettelbach“ sowie Bereichen ehemaliger Rohstoffgewinnungsfelder und Baggerseen im Osten. Nach Norden grenzt die Kreisstraße SW 3 (Gochsheimer Straße). Im Süden schließen weitere Ackerflächen an. Die Ortschaft Grafenrheinfeld befindet sich etwa 450 m von der Vorhabensfläche entfernt.

Das hier beantragte Abbaugelände mit einer Gesamtfläche von rd. 47,2 ha unterliegt bisher ausschließlich einer landwirtschaftlichen Nutzung. Hierbei entfallen rd. 45,9 ha auf intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen (Acker- und Grünlandnutzung). Der verbleibende Flächenanteil verteilt sich auf Wege- und Straßenflächen und sonstige Überbauungen (Scheunen) inklusive angrenzender Saumbereiche sowie kleinflächige Gehölzbereiche im Randbereich des geplanten Erdlagers. Das Vorhabengebiet weist eine sehr flache Morphologie in einer Höhenlage von ca. 205 m ü. NN auf.

Die Haupterschließung der Flächen erfolgt über zwei befestigte Ost-West verlaufende Wirtschaftswege (Kapellenweg, Fronseeweg). Über weitere Grün- und Schotterwege erfolgt in Teilbereichen eine kleinräumigere Erschließung der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Zwei sich am nördlichen Wirtschaftsweg (Kapellenweg) gegenüberstehende Scheunen dienen als landwirtschaftliche Lagerräume.

Die Vorhabensfläche ist, wie in Anlage 3 dargestellt, in vier Bauabschnitte untergliedert (BA-A bis BA-D). Unmittelbar östlich des Bauabschnitts B sowie nördlich und östlich des Bauabschnitts D sind kartierte Biotope vorhanden.

Nördlich der Kreisstraße SW 3 in etwa 800 bis 900 m Entfernung zum Vorhabensgebiet läuft in der Grube Schmachtenberg aktuell eine Verfüllung einer ehemaligen Rohstofflagerstätte durch die Firma Glöckle.

Im Umfeld befinden sich mehrere Grundwassermessstellen, welche im vorliegenden Gutachten betrachtet werden. Davon befinden sich einige Messstellen innerhalb der Ortschaft Grafenrheinfeld. Nordöstlich des Vorhabensgebietes befinden sich fünf im Jahr 2015 errichtete Grundwassermessstellen der Firma Glöckle (GWM 1/15 bis GWM 5/15). Etwa 700 m südwestlich befindet sich mit der Q3 eine Landesmessstelle des Bayerischen Landesamtes für Umwelt.

4 **Abbauvorhaben**

Das gesamte Abbaugbiet weist eine Fläche von 45,3 ha auf. Die Rohstoffgewinnung ist als rotierender Abbaubereich innerhalb des gesamten Abbaugbietes zu beschreiben. Pro Jahr wird auf einer Fläche von ca. 2 ha Sand und Kies gewonnen. Insgesamt wird die Abbaufäche sowie die um jeweils rund ein Jahr verzögert stattfindende Verfüllung und Rekultivierung einen Gesamtumfang von ca. 6 ha nicht überschreiten. Für den Abbau wird insgesamt eine Dauer von 20 Jahren angesetzt. Die anschließende Verfüllung und Rekultivierung sollen wenige Jahre später abgeschlossen sein.

Bei der Rohstoffgewinnung soll das Vorkommen von Sand und Kies bis in eine Tiefe von ca. 8 m u. GOK zur anstehenden Schicht des Unteren Keupers gewonnen werden.

Das Abbaugbiet ist in vier Abschnitte unterteilt. Das Abbaukonzept sieht vor, dass der nördlichste Teil des Gebiets (BA-A) in der Nähe des bestehenden Kieswerkes zuerst erschlossen wird. Danach erfolgt der sukzessive Gewinnungsprozess je nach Flächenverfügbarkeit auf den weiteren Flurstücken des gesamten Abbaugbietes.

Die Sand- und Kiesgewinnung erfolgt anfangs bzw. je nach verfügbaren Flächenzuschnitt mit einem Langstielbagger. Sobald eine wirtschaftlich sinnvoll zusammenhängende Abbaufäche erschlossen ist, erfolgt der Abbau mittels Saugbagger. Über ein Schwimmrohr wird das Rohmaterial (Gemisch aus Sand, Kies und Wasser) dem Schöpfrad am Rande der Abbaustätte zugeführt. Dort werden lagerstätteneigene Feinanteile von Sand- und Kiesanteilen getrennt und verbleiben am Abbaustandort. Tagesaktuelle Haufwerke aus Sand und Kies werden mittels Radlader auf LKWs verladen und in das bestehende Kieswerk verbracht. Eine weitere Aufbereitung (Siebung/Waschung) des gewonnen Rohmaterials erfolgt ausschließlich innerhalb dieses Kieswerkes und ist somit kein Bestandteil der vorliegenden Antragsunterlagen.

Um die Bauabschnitte ist ein Sicherheitsabstand von mindestens 10 m vorgesehen (bei landwirtschaftlichen Nutzflächen, Flurwegen und dem Ellerngraben). Zu angrenzenden Waldflächen wird ein Sicherheitsabstand von 20 m eingehalten und zur Kreisstraße SW 3 ein Sicherheitsabstand von 15 m.

Als Rekultivierungsziel ist die Wiederherstellung einer landwirtschaftlichen Nutzbarkeit vorgesehen. Dabei sollen über 90% der Flächen wiederverfüllt und rekultiviert werden. Lediglich im Bauabschnitt A verbleiben zwei kleine offene Wasserflächen mit naturschutzfachlicher Zielsetzung.

5 Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Maintal, auf der östlichen Mainseite, östlich von Grafenrheinfeld (s. Anlage 3). Es wird von den geologischen Blättern im Maßstab 1 : 25.000 Nr. 5927 (Schweinfurt) [U1] und 6027 Grettstadt [U2] abgedeckt. Ein Auszug der geologischen Karte ist in Anlage 2 dargestellt.

Auf der Vorhabensfläche finden sich überwiegend holozäne Flussablagerungen (Sande und Kiese, teilw. unter Flusslehmen/-mergeln). Im Osten gehen diese Ablagerungen in Aueablagerungen über. Das Schichteneinfallen ist in eine westliche Richtung, auf das Zentrum der Schweinfurter Mulde hin, angelegt.

Wie die Profilschnitte auf den Blättern Schweinfurt und Grettstadt zeigen, werden der Main bzw. die Mainsedimente im Vorhabensbereich von Schichten des Unteren Keupers (überwiegend Tone und Mergel mit zwischengeschalteten Kalksteinen und Sandsteinlagen und -paketen) unterlagert.

Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet sind die quartären Ablagerungen im Maintal. Das Fließgeschehen ist großräumig gesehen auf den Main ausgerichtet. Die Grundwasserfließrichtung erfolgt im Vorhabensgebiet nach Südwesten in Richtung des Mains. Die unter den quartären Ablagerungen anstehenden Schichten des Unteren Keupers bilden die Basis des oberflächennahen relevanten Grundwasserleiters. Insgesamt ist im Bereich des Untersuchungsgebietes von einem Grundwasserflurabstand von < 2 m auszugehen. Die Mächtigkeit des Aquifers liegt somit bei etwa 4 bis 6 m. Die Grundwasserneubildungsrate liegt gemäß der Karte zur Grundwasserneubildung im Maßstab 1 : 500.000 [U3] bei ca. 50-100 mm/a.

6 Bedeutung des Grundwasservorkommens

Dem UmweltAtlas [U4] ist zu entnehmen, dass die Vorhabensfläche weder von einem häufigen noch von einem 100jährigen Hochwasser betroffen ist. Lediglich bei einem extremen Hochwasser wäre die gesamte Fläche überschwemmt. Weite Teile würden eine Wassertiefe von 0,5-1 m aufweisen, vereinzelt wären bis zu 2 m Überschwemmungstiefe (v.a. im Südosten) zu verzeichnen. Nachdem sich die amtlich festgesetzten Überschwemmungsgebiete nach den 100jährigen Hochwässern richten, ist die Vorhabensfläche nicht in einem Überschwemmungsgebiet gelegen.

Die Vorhabensfläche liegt nicht in einem Wasser- oder Heilquellenschutzgebiet. Das nächstgelegene Trinkwasserschutzgebiet Ettleben befindet sich etwa 5 km südwestlich der Vorhabensfläche. Das Grundwasser innerhalb der Untersuchungsfläche hat somit keinen wirtschaftlichen Nutzen.

Der Mindestabstand zur nächsten baulichen Nutzung wird 150 m betragen.

7 Beschreibung der Grundwassersenkungsanlage Grafenrheinfeld

Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) betreibt in der Ortschaft Grafenrheinfeld eine Grundwassersenkungsanlage (GSA). Die Lage der GSA inkl. Pumpwerken ist in der Anlage 3 dargestellt. Sie dient dazu den Grundwasserstand im Ortsbereich so niedrig zu halten, dass keine Feuchtigkeitsschäden entstehen. Die Anlage wurde Ende der 1950er Jahre errichtet. Die Funktionsweise ist in [U11] detailliert beschrieben. Nachfolgend wird die Funktionsweise kurz erläutert.

Bei der Grundwassersenkungsanlage handelt es sich um eine Sickergalerie, die als geschlossenes Polygon um den Ortskern verläuft. Das gesamte Sickersystem ist in drei Abschnitte unterteilt, von denen jeder mit einem Pumpwerk ausgestattet ist. Die Sickerstränge verlaufen mit einem Gefälle von etwa 2 ‰ in Richtung der Pumpwerke. Jedes Pumpwerk besteht aus zwei Tauchmotorpumpen. Die Pumpen sind je nach Wasserstand in Betrieb oder ausgeschaltet, um den Wasserstand im Ortskern konstant zu halten. Exemplarisch für Pumpwerk 3 lässt sich dabei folgendes festhalten:

Liegt der Wasserstand unter 202,50 m ü. NN darf keine Pumpe laufen. Zwischen 202,50 und 202,70 m ü. NN laufen entweder beide Pumpen oder nur eine oder gar keine. Ab 202,70 m ü. NN muss aber mindestens eine Pumpe laufen. Ab 202,80 m ü. NN müssen beide Pumpen laufen. Die Pumpen schalten sich je nach Wasserstand automatisch ein und pumpen so lange, bis die entsprechenden Wasserspiegelmarken erreicht sind, sodass sich eine oder beide Pumpen wieder ausschalten.

Bei Hochwasser besteht die Möglichkeit, dass die Pumpen vom Wasserandrang überfordert sind und keine Wasserspiegelmarke gehalten werden kann, die den Ort noch trocken hält. In diesem Fall pumpen die Pumpen so lange weiter, bis das Wasserniveau wieder beherrschbar ist und fällt. Somit geben die Pumpen im Hochwasserfall keine Garantie, dass die Ortschaft trocken bleibt.

Von den Pumpwerken aus vereinigen sich die Abflussleitungen der Pumpwerke 2 und 3 im Schacht B und folgen von dort aus zum Schacht A. Von hier wird das Wasser in Richtung des Alten Mains geleitet. Der Alte Main verläuft unmittelbar südwestlich von Grafenrheinfeld und fungiert als Vorfluter für das geförderte Wasser. Dieser entwässert dann in den Hauptmain. Im Rahmen des geplanten Abbauvorhabens wird sowohl an der Grundwassersenkungsanlage als auch an dem Abflusssystem baulich nichts verändert. Das gesamte System bleibt wie bislang bestehen.



8 Durchgeführte Untersuchungsarbeiten

8.1 Aufschlussarbeiten

8.1.1 Bohrungen

Um die Mächtigkeit des Rohstoffs und die Grundwasserverhältnisse auf den geplanten Abbauf lächen genau feststellen zu können, wurden zwischen dem 01.03. und 05.03.2021 von der Marquardt Brunnen & bohren GmbH drei Erkundungsbohrungen abgeteuft. Die Endtiefen der Bohrungen lagen zwischen 7,5 und 10,0 m u. GOK.

Die Lage der Ansatzpunkte kann der Anlage 3 entnommen werden. Die geologischen Schichtprofile der Kernbohrungen wurden vor Ort nach EN ISO 14688 (ehemals DIN 4022) aufgenommen und nach DIN 4023 zeichnerisch dargestellt (Anlage 4.1). In der Anlage 5 ist eine Fotodokumentation der Bohrkerne enthalten.

Die Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Zusätzlich wurden die Wasserspiegellagen zur Klärung der Grundwasserverhältnisse in den Aufschlüssen eingemessen.

In der nachfolgenden Tabelle 1 finden sich die wichtigsten Daten zu den einzelnen Aufschlüssen.

| Aufschluss | Flurstück | UTM-Koordinaten | | | Ansatzhöhe [m ü. NN] | Endteufe [m u. GOK*] | Endteufe [m ü. NN] |
|------------|-----------|-----------------|----------|-----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| | | Zone | Ost | Nord | | | |
| B 1/21 | 729 | 32U | 586667,5 | 5539146,1 | 204,48 | 10,00 | 194,48 |
| B 2/21 | 1652/1 | 32U | 586877,4 | 5540135,2 | 205,00 | 8,00 | 197,00 |
| B 3/21 | 2090 | 32U | 587320,4 | 5539241,3 | 204,50 | 7,50 | 197,00 |

Tabelle 1: Koordinaten und Endteufen der Bohrungen

* Geländeoberkante, nachfolgend GOK genannt

8.1.2 Schürfe und Sickerversuche

Etwa 800 bis 900 m nordöstlich des geplanten Abbauvorhabens findet durch die Firma Glöckle derzeit eine Verfüllung der ehemaligen Grube Schmachtenberg statt. In diesem Gebiet wurden am 27.01.2021 und am 15.03.2021 von der Firma Glöckle unter gutachterlicher Betreuung der Piewak & Partner GmbH insgesamt sieben Baggerschürfe innerhalb der Verfüllungen angelegt. Dabei wurden die Schürfe 1 bis 3 am 27.01.2021 im Bereich der fortschreitenden Verfüllung bzw. im Bereich der Anlieferungszuwegung angelegt. Hierbei handelte es sich überwiegend um kiesiges und steiniges Material. Die Schürfe 4 bis 7 wurden am 15.03.2021 in Bereichen angelegt, in denen die Verfüllung schon länger zurückliegt. Hierbei handelte es sich überwiegend um toniges Material.



Die Baggerschürfe dienen dazu, einen Überblick bzw. eine Referenz für die kommende Verfüllung im geplanten Abbaubereich zu erhalten. Dazu wurden auch Sickerversuche in den Baggerschürfen angelegt, um repräsentative Durchlässigkeitswerte für typisches Verfüllmaterial zu gewinnen.

Ebenso wie die Bohrungen wurden auch die Schichtprofile der Schürfe vor Ort nach EN ISO 14688 (ehemals DIN 4022) aufgenommen und nach 4023 zeichnerisch dargestellt (Anlage 4.2). Die Ansatzpunkte wurden durch die Piewak & Partner GmbH mit einem Hand-GPS-Gerät (Genauigkeit etwa 2 bis 3 m) eingemessen. In der Tabelle 2 sind die wichtigsten Daten zu den Schürfen zusammengefasst.

| Aufschluss | UTM-Koordinaten | | | Endtiefe [m u. GOK] | Bemerkungen |
|------------|-----------------|--------|---------|------------------------|---|
| | Zone | Ost | Nord | | |
| Sch 1 | 32U | 587607 | 5541142 | 1,80 | Grundwasser bei 1,20 m |
| Sch 2 | 32U | 587610 | 5541143 | 0,60 | kein Grundwasser |
| Sch 3 | 32U | 587604 | 5541109 | 1,90 | Grundwasser bei 1,40 m |
| Sch 4 | 32U | 587574 | 5540993 | 1,10 | kein Grundwasser |
| Sch 5 | 32U | 587572 | 5540992 | 3,00 | Wasserzutritte nicht genau feststellbar |
| Sch 6 | 32U | 587532 | 5541013 | 1,40 | Grundwasser bei 1,40 m |
| Sch 7 | 32U | 587684 | 5541063 | 1,20 | kein Grundwasser |

Tabelle 2: Koordinaten und Endteufen der Schürfe

Da es sich um eine Nassverfüllung handelt und das Grundwasser im Verfüllbereich oberflächennah ansteht, diente der erste Schurf 1 zur Feststellung des Wasserstands. Im Schurf 2 wurde dann ein Sickerversuch durchgeführt. Der Schurf 3 wurde bis in das Grundwasser angelegt, sodass dort der Anstieg des Wassers im Schurf gemessen wurde.

Die weiteren Sickerversuche wurden am 15.03.2021 durchgeführt. Dabei sollten in den Schürfen 4, 6 und 7 Sickerversuche und im Schurf 5 eine Anstiegsmessung durchgeführt werden. Die Schürfe waren aber teilweise sehr instabil und brachen während der Versuchslaufzeiten ein, sodass für diese Versuche nur bedingt Ergebnisse vorliegen. Beim Schurf 5 konnten weder die genaue Endtiefe noch der genaue Wasserzutritt gemessen werden, da der Schurf extrem instabil war und daher ein ausreichender Sicherheitsabstand zwingend eingehalten werden musste.

8.2 Probenahme

Im Rahmen der Beurteilung der Untergrundverhältnisse sowie zur Durchführung bodenphysikalischer und chemischer Laborversuche wurden aus den Erkundungsbohrungen und den Baggerschürfen insgesamt elf Bodenproben entnommen. Die Probenahme erfolgte dabei horizont- bzw. schichtspezifisch.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die wichtigsten Kenndaten der entnommenen Proben zusammengefasst.

| Aufschluss | Probenbezeichnung | Entnahmetiefe [m] |
|------------|-------------------|-------------------|
| B 1/21 | P B1/21a | 4,50 – 7,50 |
| | P B1/21b | 7,50 – 8,20 |
| B 2/21 | P B2/21a | 0,20 – 2,30 |
| | P B2/21b | 2,70 – 5,30 |
| | P B2/21c | 5,30 – 6,40 |
| B 3/21 | P B3/21a | 1,50 – 3,90 |
| | P B3/21b | 4,50 – 6,10 |
| Sch 2 | P Sch 2a | 0,00 – 0,60 |
| Sch 3 | P Sch 3a | 0,00 – 1,40 |

Tabelle 3: Liste der entnommenen Proben

8.3 Bodenphysikalische Laboruntersuchungen

Zur Ermittlung der Durchlässigkeiten in den Rohstoffen wurden ausgewählte bodenphysikalische Laborversuche als hilfreich erachtet, um die Eigenschaften der einzelnen Schichten festzustellen.

An den Proben P B1/21a, P B2/21b, P B2/21c und P B3/21a wurden die Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 (Nasssiebung und Sedimentation) bestimmt. Die Bestimmung wurde durch die Gartiser, Germann und Piewak GmbH, Ingenieurbüro für Geotechnik und Umwelt, Bamberg durchgeführt. In der folgenden Tabelle 4 finden sich die wichtigsten Daten zu den Untersuchungsergebnissen. Weitere Kenndaten können dem Prüfbericht in Anlage 9 entnommen werden.

| Aufschluss | Probenbezeichnung | Entnahmetiefe [m] | Bodenart | Ungleichförmigkeitszahl U |
|------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------------------|
| B 1/21 | P B1/21a | 4,50 – 7,50 | S, eng gestuft | 5,2 |
| B 2/21 | P B2/21b | 2,70 – 5,30 | S, u' | 9,1 |
| B 2/21 | P B2/21c | 7,50 – 8,20 | S, g*, u' | 37,6 |
| B 3/21 | P B3/21a | 1,50 – 4,50 | S, u' | 5,1 |

Tabelle 4: Ergebnisse der durchgeführten Analysen der Korngrößenverteilungen nach DIN 18123, Nasssiebung und Sedimentation (Kombinierte Analyse)



Nach den Ergebnissen der Analysen beträgt der Schlämmanteil (Ton und Schluff) der Probe P B1/21a 3,63 %, der Sandanteil 94,22 % und der Kiesanteil 2,15 %. Demnach handelt es sich um einen eng gestuften Sand. Die Ungleichförmigkeitszahl U beträgt 5,2.

In der Probe P B2/21b beträgt der Schlämmanteil 9,64 %, der Sandanteil 89,60% und der Kiesanteil 0,76 %. Demnach handelt es sich um einen schwach schluffigen Sand. Die Ungleichförmigkeitszahl U beträgt 9,1.

In der Probe P B2/21c beträgt der Schlämmanteil 10,44 %, der Sandanteil 51,81 % und der Kiesanteil 37,75 %. Demnach handelt es sich um einen schwach schluffigen, stark kiesigen Sand. Die Ungleichförmigkeitszahl U beträgt 37,6.

In der Probe P B3/21a beträgt der Schlämmanteil 6,14 %, der Sandanteil 91,94 % und der Kiesanteil 1,92 %. Demnach handelt es sich um einen schwach schluffigen bis eng gestuften Sand. Die Ungleichförmigkeitszahl U beträgt 5,1.

8.4 Chemische Laboruntersuchungen

Zur Ermittlung der geogenen Hintergrundgehalte wurden zwei Bodenproben chemisch untersucht. Dabei wurde zum einen die Probe P B1/21b aus den Sanden untersucht und zu anderen die Probe P B2/21a, die aus den tonigen Deckschichten entnommen wurde. Die Bodenproben wurden aufbereitet und in der Gesamtfraktion im akkreditierten Prüflabor SGS Institut Fresenius GmbH analysiert. Die Analytik erfolgte dabei auf die folgenden Parameter:

Boden-Feststoff:

Arsen und Schwermetalle (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink)

Boden-Eluat:

Parameter gemäß dem Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen

- pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit
- Chlorid und Sulfat
- Arsen und Schwermetalle
- Cyanide
- Phenolindex

Der Prüfbericht der chemischen Untersuchungen ist der Anlage 11 zu entnehmen.



9 Ergebnisse der Untersuchungsarbeiten

9.1 Schichtaufbau

In den drei Erkundungsbohrungen wurden unter dem Mutterboden bindige Deckschichten angetroffen. Die bindigen Deckschichten bestehen hauptsächlich aus Ton. Sie enthalten aber auch schluffige und schwach feinsandige Anteile. Die Tone sind von weicher bis steifer Konsistenz und von brauner Farbe. Die Unterkanten der Tonschichten lag zwischen 1,50 m u. GOK in B 3/21 und 2,70 m u. GOK in B 2/21. In der B 2/21 wurde in einer Tiefe von 2,30 bis 2,70 m eine stark sandige Tonschicht von dunkelgrauer Farbe und weicher Konsistenz angetroffen.

Unter den Tonschichten wurden in allen Aufschlüssen Sande angetroffen. Die Sande enthalten auch geringe schluffige Anteile sowie variable Kiesanteile. Die Farben sind meist braun, grau oder graubraun, zum Teil auch hellbraun. Die Sandschichten reichen von 6,10 m u. GOK in B 3/21 bis 8,20 m u. GOK in B 1/21. In der B 1/21 wurde unter den Sandschichten auch eine Schicht aus Kies angetroffen. Die Mächtigkeit lag bei 0,60 m. Damit ergeben sich für den abbaufähigen Sand und Kies insgesamt folgende Mächtigkeiten:

- B 1/21: 6,40 m Sand und Kies
- B 2/21: 3,70 m Sand und Kies
- B 3/21: 4,60 m Sand und Kies

Bei den bindigen und gemischtkörnigen Deckschichten handelt es sich um quartäre Fluss- und Auenablagerungen des Mains. Unter den gemischtkörnigen Deckschichten wurde in allen Bohrungen der verwitterte Fels angetroffen. Dieser kann in den B 1/21 und B 2/21 als mergeliger Tonstein von dunkelgrauer Farbe beschrieben werden. Der Tonstein ist sehr mürb. In der B 2/21 handelt es sich dagegen eher um halbfesten Tonsteinersatz. Die Tone gehören geologisch gesehen dem Unteren Keuper an.

Die Fotodokumentation der Bohrkerne ist Anlage 5 zu entnehmen.

9.2 Bestimmung der Durchlässigkeiten

9.2.1 Durchlässigkeiten des Rohstoffs im Abbauggebiet

Ausgehend von den bodenphysikalischen Laboruntersuchungen können die Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) empirisch ermittelt werden. Die Berechnung erfolgt nach BEYER [U10] über folgende Beziehung:

$$k_f = C \cdot d_{10}^2$$

d_{10} = Korndurchmesser bei 10 % Siebdurchgang

C = Empirischer Gesteinsbeiwert in Abhängigkeit der Ungleichförmigkeitszahl U

Die aus den Korngrößenverteilungen der vier Laborproben ermittelten k_f -Werte sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

| Probe | d_{10} [mm] | Ungleichförmigkeitszahl U | Empirischer Gesteinsbeiwert C | k_f -Wert nach BEYER [m/s] |
|----------|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| P B1/21a | 0,150 | 5,2 | 0,0085 | $1,9 \cdot 10^{-4}$ |
| P B2/21b | 0,068 | 9,1 | 0,0075 | $3,5 \cdot 10^{-5}$ |
| P B2/21c | 0,057 | 37,6 | 0,0060 | $1,9 \cdot 10^{-5}$ |
| P B3/21a | 0,124 | 5,1 | 0,0085 | $1,3 \cdot 10^{-4}$ |

Tabelle 5: Berechnete Durchlässigkeitsbeiwerte an den Laborproben

Bei den Proben P B1/21a und P B3/21a handelt es sich um sehr schwach bindigen bis eng gestuften Sand. Die berechneten k_f -Werte liegen bei 1 bis $2 \cdot 10^{-4}$ m/s. In der Probe P B2/21b ist der Feinkornanteil etwas höher. Hier wurde nach der Formel von BEYER ein k_f -Wert von $3,5 \cdot 10^{-5}$ m/s ermittelt. Laut Prüfbericht beträgt der k_f -Wert nach HAZEN $3,74 \cdot 10^{-5}$ m/s, was annähernd dem berechneten Wert nach der Formel von BEYER entspricht. Die berechneten Werte sind plausibel und typisch für sandige Grundwasserleiter. In der Probe P B2/21c beträgt der k_f -Wert $1,9 \cdot 10^{-5}$ m/s. Allerdings weist die Probe einen vergleichsweise hohen Grobkornanteil auf womit auch eine sehr hohe Ungleichförmigkeitszahl einhergeht. Die Formel nach BEYER liefert nur für Ungleichförmigkeitszahlen bis 20 belastbare Ergebnisse. Es ist daher davon auszugehen, dass der tatsächliche k_f -Wert aufgrund des Grobkornanteils höher ist als hier berechnet wurde.

Nach den Ergebnissen sind für die anstehenden quartären Sandschichten somit von k_f -Werten um etwa $3 \cdot 10^{-5}$ bis $2 \cdot 10^{-4}$ m/s auszugehen.

9.2.2 Durchlässigkeiten des Verfüllmaterials

Zur Ermittlung von Referenzwerten für die Durchlässigkeiten von typischen Verfüllmaterialien wurden im Bereich der verfüllten Grube Schmachtenberg mehrere Schurfversickerungs- und Anstiegsversuche durchgeführt. Am 27.01.2021 wurde in dem angelegten Schurf 2 ein Sickerversuch durchgeführt. Im Schurf 3 wurde dagegen bis in das Grundwasser ausgebaggert und der Anstieg des Grundwassers im Schurf gemessen. Nach den Ergebnissen des Sickerversuchs beträgt der berechnete k_f -Wert im Schurf 2 $6,93 \cdot 10^{-4}$ m/s. Die spezifische Absenkezeit betrug dabei 0,38 min/cm. Im Schurf 3 wurde dagegen der Anstieg gemessen. Die Anstiegszeit betrug 0,55 min/cm. Dies sind plausible Werte für die in den Schürfen anstehenden Kies- und Steinschichten mit erhöhten Feinkornanteilen.

Die am 15.03.2021 in einem anderen Bereich der Verfüllung durchgeführten Sickerversuche liefern dagegen kaum belastbare Messwerte. Beim Schurf 4 konnte nach über zwei Stunden Versuchszeit keine Änderung des Wasserstands in den tonigen Schichten beobachtet werden. Somit ist zumindest teilweise auch von enorm geringen Durchlässigkeiten auszugehen. Im Schurf 6 wurde ebenfalls die Anstiegszeit gemessen. Die spezifische Anstiegszeit betrug 4 min/cm, was etwa 10-mal langsamer ist als im Schurf 3. Allerdings sind die Wände während der Versuchszeit eingebrochen, sodass der Versuch beendet werden musste. Der Wert ist für die im Schurf angetroffenen sandigen und kiesigen Schluffschichten jedoch realistisch. An den anderen Schürfen liegen keine Ergebnisse vor, da die Schürfe sehr instabil waren und während der Versuche bereits nach wenigen Minuten eingebrochen sind.

Die Protokolle der Sickerversuche sind in der Anlage 8 beigefügt.

Die Ergebnisse zeigen aber, dass die Verfüllung in der Grube Schmachtenberg sehr heterogen zusammengesetzt ist. Dies wird auch für die vorgesehene Abbaufäche der Fall sein, da die Verfüllmaterialien von unterschiedlichen Standorten bezogen werden und die Verfüllung über mehrere Jahre stattfindet. Es werden gut durchlässige Kies- und Steinmaterialien verfüllt werden, aber auch kaum durchlässige tonige Materialien. So kann es der Fall sein, dass die hydraulischen Eigenschaften der Verfüllmaterialien engräumig begrenzt sehr wechselhaft sind. Enge und kleinräumige Wechsellagerungen von hydraulisch gut durchlässigen und undurchlässigen Schichten sind dabei wahrscheinlich.

9.3 Grund- und Schichtwasserverhältnisse

9.3.1 Grundwasserstände

Grundwasser wurde in allen drei Erkundungsbohrungen angetroffen. In der nachfolgenden Tabelle sind die gemessenen Wasserstandsdaten zusammengefasst.

| Aufschluss | Ansatzhöhe [m ü. NN] | Grundwasser angebohrt [m u. GOK] | Grundwasser angebohrt [m ü. NN] | Grundwasser Ruhe [m u. GOK] | Grundwasser Ruhe [m ü. NN] |
|------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| B 1/21 | 204,48 | 2,40 | 202,08 | 1,36 | 203,12 |
| B 2/21 | 205,00 | 2,50 | 202,50 | 1,55 | 203,45 |
| B 3/21 | 204,50 | 1,50 | 203,00 | 0,98 | 203,52 |

Tabelle 6: Gemessene Wasserstände der drei Erkundungsbohrungen

In den drei Bohrungen wurde das Grundwasser während der Bohrarbeiten zunächst unmittelbar bei dem Durchteufen der oberflächennah anstehenden Tonschichten angetroffen. Nach Beendigung der Bohrarbeiten hat sich ein höherer Wasserspiegel in den Bohrlöchern eingestellt. Somit bestehen im Untersuchungsgebiet gespannte Grundwasserverhältnisse.

Zusätzlich existieren im Umfeld des Untersuchungsgebietes weitere Grundwassermessstellen, an denen die Wasserstandsdaten zur Verfügung gestellt wurden. Vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt wurden Wasserstandsdaten der drei Messstellen „Friedhof Betonstraße“, „Herrengasse“ und „Bühlstraße“ für die hochwasserreichen Jahre 2002/2003 und für die Jahre 2016 bis 2020 zur Verfügung gestellt. Die Messstellen befinden sich westlich der Vorhabensfläche.

In den Jahren 2002 und 2003 lagen die Wasserstände an der Messstelle „Friedhof Betonstraße“ zwischen 202,9 und 203,9 m ü. NN. An den anderen Messstellen lagen sie zwischen 202,5 und 202,9 m ü. NN. In den Jahren 2016 bis 2020 lagen die Wasserstände an der „Friedhof Betonstraße“ zwischen 202,5 und 203,6 m ü. NN. An den anderen beiden Messstellen wurden Wasserstände zwischen 202,5 und 202,8 m ü. NN gemessen. Die Gangliniendiagramme sind in der Anlage 6 ersichtlich.

Besonders die beiden Messstellen „Herrengasse“ und „Bühlstraße“, die sich innerhalb der Ortschaft Grafenheinfeld befinden, zeigen über die Jahre nur äußerst geringe Schwankungen auf. Dies hängt damit zusammen, dass der Grundwasserspiegel an den Messstellen durch die Grundwassersenkungsanlage auf einem konstanten Niveau gehalten wird.



Von der Firma Glöckle wurden Wasserstandsdaten für die fünf Messstellen GWM 1/15 bis GWM 5/15 aus den Jahren 2016 bis 2020 zur Verfügung gestellt. Die Messstellen befinden sich nordöstlich der Vorhabensfläche.

Die niedrigsten Wasserstände wurden in der GWM 2/15 gemessen. Diese lagen im Betrachtungszeitraum zwischen 203,2 und 204,1 m ü. NN. In der GWM 1/15 wurden die höchsten Wasserstände gemessen. Diese lagen zwischen 204,2 und 204,7 m ü. NN.

Die Grundwasserschwankungen sind jahreszeitlich bedingt. Die Gangliniendiagramme sind der Anlage 6 beigelegt. Ein Lageplan mit allen Messstellen kann den Anlagen 7 entnommen werden.

9.3.2 Grundwasserfließrichtung

Auf Basis der zur Verfügung gestellten Wasserstandsdaten wurden Grundwasserhöhengleichpläne für fünf verschiedene Zeitpunkte von Januar 2018 bis Juni 2020 erstellt. Diese sind der Anlage 7 zu entnehmen.

Das Grundwasser fließt im Untersuchungsgebiet sowie im engeren Umfeld von Ost-Nordost nach West-Südwest. Somit befinden sich die drei Messstellen „Friedhof Betonstraße“, „Herrengasse“ und „Bühlstraße“ im Abstrom der Vorhabensfläche. Die Grundwassermessstellen GWM 1/15 bis GWM 5/15 befinden sich im Anstrom der Vorhabensfläche.

Anhand der fünf Grundwasserhöhengleichpläne wurde auch das hydraulische Gefälle ermittelt. Dies beträgt auf der geplanten Abbaufäche zwischen 0,06 bis 0,08 %. In den nachfolgenden Berechnungen werden daher hydraulische Gefälle von 0,07 % angesetzt.

9.3.3 Grundwasserströmungsverhältnisse

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln die hydraulischen Kennwerte berechnet wurden, kann nach DARCY der Grundwasserstrom Q innerhalb des Untersuchungsgebietes über die folgende Formel berechnet werden [U7]:

$$Q = k_f * B * M * i$$

B = Durchflussbreite [m]

M = Mächtigkeit des Aquifers [m]

i = Hydraulisches Gefälle

Die Mächtigkeit des nutzbaren Aquifers beträgt im Mittel etwa 5 m. Die gesamte Abbaufäche weist eine Durchflussbreite von etwa 1200 m auf. Das Gefälle beträgt etwa 0,07 %. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

| Parameter | Messwerte |
|-------------------------------|-----------------------------|
| Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] | $3 * 10^{-5} - 2 * 10^{-4}$ |
| Durchflussbreite [m] | 1200 |
| Aquifermächtigkeit [m] | 5 |
| Hydraulisches Gefälle | 0,0007 |
| Zufluss Q [l/s] | 0,13 – 0,84 |

Tabelle 7: Werte für die Abschätzung des Grundwasserzustroms

Wie in der Tabelle zu sehen ist, kann von einem Zustrom von etwa 0,1 bis 1 l/s ausgegangen werden. Da jedoch keine direkten Grundwassermessungen vorliegen, stellt diese Berechnung nur eine Abschätzung dar.

9.4 Ergebnisse der chemischen Untersuchungen

Nach den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen konnten keine geogen erhöhten Schwermetallgehalte in den Feststoffproben festgestellt werden. In beiden Proben werden alle Z0-Zuordnungswerte nach dem Verfüll-Leitfaden unterschritten. Auch im Eluat waren keine erhöhten Konzentrationen nachweisbar. Fast alle gemessenen Konzentrationen lagen unter den jeweiligen Bestimmungsgrenzen.

Der Prüfbericht der chemischen Untersuchungen ist in Anlage 11 enthalten. Ein tabellarischer Vergleich der Analytikergebnisse mit den Zuordnungswerten gemäß Verfüll-Leitfaden ist der Anlage 13 zu entnehmen.

10 Schutzfunktion der Deckschichten

Hinsichtlich der Bewertung der Deckschichten lässt sich folgendes festhalten:

In den hier durchgeführten Erkundungsbohrungen sind die quartären Sande und Kiese von Tonschichten überdeckt. Die Mächtigkeit liegt zwischen 1,5 und 2,7 m. In der Bohrung nördlich des Geländes der Fa. Glöckle sind die quartären Sande und Kiese, die das Grundwasser führen, von ca. 1,2 m Schluff überdeckt.

Bei der Bohrung nahe der Kirche in Grafenheinfeld (östlich der Hauptstraße) sind keine nennenswerten feinkörnigen Deckschichten über den grundwasserführenden Sanden vorhanden. Eine Bohrung im Bereich der Röthleiner Marter, für die allerdings kein Grundwasserstand vorliegt, trägt die schluffige Deckschicht über den quartären Sanden und Kiesen ca. 1,7 m. Großräumig sind offenbar für das Quartär als Grundwasserleiter im Allgemeinen stellenweise Deckschichten vorhanden. Auf dem geplanten Abbaugelände wurden in allen Erkundungsbohrungen bindige Deckschichten festgestellt. Ob diese auch über das gesamte Gelände flächendeckend vorhanden sind, ist nicht sicher. Daher ist eher von einer geringen Schutzfunktion der Deckschichten auszugehen.

Durch den Rohstoffabbau auf der Vorhabensfläche wird das Grundwasser aber vollständig freigelegt, so dass keinerlei Deckschichten und somit keinerlei Schutz durch Deckschichten mehr für das Grundwasser verbleiben.

Die bindigen Deckschichten werden vor Beginn des Abbaus beräumt und seitlich zwischengelagert. Nach Beendigung der Rückverfüllung erfolgt ein lagenweiser Wiedereinbau der bindigen Deckschichten entsprechend dem Bodenschutzkonzept.

11 Auswirkungen des Vorhabens auf die Grundwasserverhältnisse

11.1 Auswirkungen des Abbaus

11.1.1 Allgemeines

Durch den geplanten Sandabbau erfolgt die Ausbildung offener Wasserflächen in den jeweiligen Abbauflächen. Die so entstehenden Seen besitzen hydraulischen Wechselbeziehungen zum umgebenden Grundwasser. Der entstehende See ist in das vorhandene hydraulische Strömungsregime eingebunden. Generell stellt der See einen Bereich mit hoher Durchlässigkeit dar, sodass das umliegende Grundwasser dem See zufließt.

Der Wasserspiegel im See ist horizontal eben, da er wie eine Zone besonders guter Durchlässigkeit im Grundwasser wirkt. Die Höhe des Seewasserspiegels stellt sich bei guter hydraulischer Anbindung zum umgebenden Grundwasserkörper auf die Höhe des Grundwasser- bzw. Druckwasserspiegels etwa in der Mitte zwischen ober- und unterstromigen Ufer ein (sog. Kippungslinie als Schnittlinie zwischen dem ungestörten Grundwasserspiegel und dem Seewasserspiegel). Dadurch kommt es oberstromig des Sees zu einer Absenkung des Grundwassers, während es am unterstromigen Ufer zu einem Aufstau des Grundwassers kommt.

Unterstromig der Kippungslinie ist der Seewasserspiegel gegenüber dem umgebenden Grundwasser erhöht. Diese Höhendifferenz ist besonders abhängig von der Größe der Seewasserfläche, seiner geometrischen Lage zur Grundwasserfließrichtung, dem Grundwassergefälle und der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters. Der unterstromig der Kippungslinie höhere Seewasserstand führt zu einer Erhöhung des Grundwasserspiegels im umgebenden Grundwasserleiter.

11.1.2 Grundwasserverhältnisse während des Abbaus

Es sind die nachfolgend beschriebenen Veränderungen der Grundwasserstände gegenüber den unbeeinflussten Verhältnissen vor Abbaubeginn zu erwarten.

Werden die über den Sanden anstehenden bindigen Deckschichten entfernt und die Sande abgebaut, werden sich die Wasserstände entsprechend der hydraulischen Druckhöhen einstellen. Demnach ist davon auszugehen, dass der Wasserstand in den Gruben etwa 1 m höher sein wird, als dies aktuell bei den gespannten Grundwasserverhältnissen der Fall ist. Der Abbau erfolgt als wandernde Grube mit einer noch zu definierenden Flächenbegrenzung. Die Größe der Grube soll 6 ha jedoch nicht überschreiten. Nach dem vorläufigen Planungsstand könnte die aktive Wasserfläche eine Fläche von 4 ha aufweisen.

Nachfolgend werden Berechnungen für die vier Bauabschnitte durchgeführt. Der Bauabschnitt A weist eine Gesamtfläche von etwa 16 ha auf, sodass während des Abbaus ungefähr ein Viertel der Fläche als offene Wasserfläche (bei max. 4 ha Wasserfläche) verbleiben. Der Bauabschnitt weist eine Länge in Grundwasserfließrichtung von 517 m auf. Wenn ein Viertel als offene Wasserfläche verbleiben, wird diese Wasserfläche eine Längsausdehnung in Fließrichtung von etwa 260 m aufweisen. Hierbei handelt es sich um eine worst-case-Betrachtung. Da aufgrund der Flächenverfügbarkeit eher von mehreren kleinen offenen Wasserflächen auszugehen ist, dürfte die Längsausdehnung tatsächlich geringer ausfallen, wodurch auch die Aufstau- und Absenkungsbeträge geringer ausfallen, als nachfolgend berechnet wurde.

Der Bauabschnitt B weist eine Längsausdehnung in Grundwasserfließrichtung von 413 m auf. Wenn auch hier ein Viertel als offene Wasserfläche verbleiben, weist diese Wasserfläche eine Länge von etwa 206 m auf.

Der Bauabschnitt C weist eine Fläche von etwa 4,5 ha auf. Die Länge des Bauabschnitts in Grundwasserfließrichtung beträgt etwa 380 m. Dies wird auch etwa die maximal mögliche Länge und Breite einer offenen Wasserfläche darstellen, da die Längen und Breiten durch die Flächenverfügbarkeit der Flurstücke bedingt wird.

Der Bauabschnitt D hat eine Gesamtfläche von etwa 10 ha, bei einer Längsausdehnung von 482 m. Die Längsausdehnung einer offenen Wasserfläche mit 4 ha Größe wird daher mit 200 m angesetzt.

Das hydraulische Gefälle ist sehr gering und wird auf allen Bauabschnitten mit 0,07 % angenommen. Beim k_f -Wert wurde in Kapitel 9.2.1 eine Spannbreite von $3 \cdot 10^{-5}$ bis $2 \cdot 10^{-4}$ m/s ermittelt. Aufstau und Absenkung ändern sich je nach k_f -Wert nicht, allerdings erhöht sich die Reichweite der Absenkung bzw. des Aufstaus mit zunehmendem k_f -Wert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die berechneten unterstromigen Aufstau- und oberstromigen Absenkungsbeträge sowie die Reichweiten der Bauabschnitte ersichtlich.

| Bauabschnitt | Oberstromige Absenkung [m] | Oberstromige Reichweite der Absenkung [m] | Unterstromiger Aufstau [m] | Unterstromige Reichweite des Aufstaus [m] |
|--------------|----------------------------|---|----------------------------|---|
| A | 0,08 | 4 / 12 | 0,10 | 2 / 4 |
| B | 0,06 | 4 / 9 | 0,08 | 1 / 3 |
| C | 0,12 | 7 / 17 | 0,15 | 2 / 6 |
| D | 0,06 | 3 / 9 | 0,08 | 1 / 3 |

Tabelle 8: Hydraulische Beeinflussung des Grundwassers durch die offenen Wasserflächen bei k_f -Werten von $3 \cdot 10^{-5}$ (Angabe vor dem Schrägstrich) bis $2 \cdot 10^{-4}$ m/s (Angabe nach dem Schrägstrich)



Somit ergibt sich für den Bauabschnitt A in der Theorie eine berechnete oberstromige Absenkung der hydraulischen Druckhöhe von 0,08 m auf einer Länge von 4 bis 12 m, je nach k_f -Wert. Im Unterstrom ergibt sich ein Anstieg der Druckhöhe von 0,10 m auf einer Länge von 2 bis 4 m.

Für den Bauabschnitt B ergibt sich eine oberstromige Absenkung von 0,06 m auf einer Länge von 4 bis 9 m und ein unterstromiger Aufstau von 0,08 m auf einer Länge von 1 bis 3 m.

Für den Bauabschnitt C ergibt sich eine oberstromige Absenkung von 0,12 m auf einer Länge von 7 bis 17 m und ein unterstromiger Aufstau von 0,15 m auf einer Länge von 2 bis 6 m.

Beim Bauabschnitt D berechnet sich die oberstromige Absenkung zu 0,06 m auf einer Länge von 3 bis 9 m und ein unterstromiger Aufstau von 0,08 m auf einer Länge von 1 bis 3 m.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die berechneten Werte für zusammenhängende offene Wasserflächen gelten. Aufgrund der Flächenverfügbarkeit ist jedoch eher davon auszugehen, dass während des Abbaus mehrere kleine offene Wasserflächen entstehen. Die berechneten Aufstau- und Absenkungswerte dürften in der Realität daher noch geringer ausfallen.

Die berechneten Aufstau- und Absenkungswerte bestehen jedoch nur in unmittelbarer Nähe zum See. Sie verringern sich exponentiell mit zunehmender Entfernung zum See. Somit beschränken sich die Beeinflussungen weitestgehend nur auf die Sicherheitsstreifen. Außerhalb der Sicherheitsstreifen wird die Beeinflussung damit nur noch einen Bruchteil der berechneten Werte betragen oder gar nicht mehr messbar sein. Damit wird der Abbau auch nicht zu einer Beeinflussung der Wasserstände oder der Abflussverhältnisse des Ellerngrabens und des Hirtenbachs führen, da sich diese außerhalb der Sicherheitsstreifen befinden. Die berechneten Werte sind in dem vorliegenden Fall sehr gering und bewegen sich im Rahmen der natürlichen, jahreszeitlichen Wasserspiegelschwankungen.

Die Ergebnisse der Berechnungen sowie die entsprechenden Berechnungsgrundlagen und schematische Skizzen sind in der Anlage 10 aufgeführt.

Im Hinblick auf die Wohnbebauung, die sich in einem Mindestabstand von 150 m befindet, bleibt festzuhalten, dass sich durch die Abbautätigkeit keine Auswirkungen am Grundwasserstand ergeben werden.

Während des Abbaus wird auf natürliche Weise eine Abdichtung (Kolmation) der Seen stattfinden. Dies geschieht, wenn feinkörniges Material die Poren in den Flanken und an der Sohle des Sees zusetzt. Beschleunigt wird dieser Prozess, wenn feinkörniges Material für die Verfüllung verwendet wird. Der Prozess der Abdichtung führt dazu, dass sich der unterstromige Aufstau erhöht, während gleichzeitig die Absenkung im Anstrom vermindert wird. Je stärker die Abdichtung ist, desto wahrscheinlicher ist es, dass der See vom Grundwasser umflossen wird. Dabei kommt es zum Aufstau des Grundwassers im Anstrom.

Im Hochwasserfall können die Seen Grundwasser aufnehmen und langsam wieder abgeben. Die Verzögerung hängt sehr stark vom Grad der Kolmation und der Durchlässigkeit des Aquifers ab. Entsprechende Abschätzungen werden im folgenden Kapitel getroffen.

Durch die frei liegende Grundwasseroberfläche ist eine direkte Zufuhr von Niederschlagswasser zum Grundwasser möglich. Dieser direkte Zugang zur Wasserfläche hat aber eine verstärkte Verdunstung zur Folge. Auch Wasser, das am abtransportierten Sand und Kies haftet oder das neu entstandene Hohlräume füllen muss, führt zu Defiziten in der Wasserbilanz. Bei Abbauebene stellt sich schließlich ein Gleichgewichtszustand ein. Ist die Kolmationsschicht erstmal ausgebildet, wirkt der See nur noch wenig auf die Umgebung. Teilweise wird die Absenkung durch die Verfüllung ausgeglichen.

Darüber hinaus wird die offen liegende Wasseroberfläche auch Auswirkungen auf den Grundwasserchemismus haben. Durch die Abgrabung der Sande werden die bindigen Deckschichten entfernt und die Grundwasseroberfläche offengelegt. Durch den Kontakt mit der Atmosphäre kann vermehrt Sauerstoff in das Wasser gelangen. Auch die Gefahr von anderen Stoffeinträgen ist erhöht. Im Umgang mit Maschinen ist daher besondere Vorsicht geboten.

11.2 Auswirkungen der Verfüllung

Bereits parallel zum Abbau und im Anschluss daran, werden die Flächen wieder verfüllt und rekultiviert. Dabei ist die Verfüllung mit Fremdmaterial vorgesehen.

Wie sich die Grundwasserbeschaffenheit nach dem Abbau entwickelt, hängt sehr stark von dem verwendeten Material ab, das verfüllt wird. Die Sickerversuche in der Grube Schmachtenberg haben gezeigt, dass die Durchlässigkeiten der Materialien innerhalb eines Verfüllkörpers sehr stark schwanken können. Engräumig stark wechselnde Durchlässigkeiten sind nicht auszuschließen.

Wird Material mit mindestens gleich hoher oder höherer hydraulischer Durchlässigkeit verfüllt, ergeben sich keine gravierenden Änderungen der Grundwasserverhältnisse und des Fließregimes.

Häufig weisen für die Verfüllungen verwendete Materialien jedoch geringere Durchlässigkeiten auf als die ursprünglichen, sandigen Rohstoffe. Weniger gut durchlässiges Material wird vom Grundwasser eher um- als durchströmt. Theoretisch wäre auch eine Unterströmung des Verfüllmaterials möglich. Da in der Praxis aber der Sand bis auf den anstehenden Grundwasserstauer (Tonstein) abgebaut wird, kann von einer reinen Umströmung ohne Unterströmung ausgegangen werden. Wenn das Verfüllmaterial umströmt wird, kommt es daneben auch zu einem Aufstau des Grundwassers im Anstrom des Verfüllkörpers. Gleichzeitig kommt es im Abstrom zu einer Absenkung des Grundwassers.

Die Höhe Δh des Aufstaus kann nach SCHNEIDER [U9] über die folgende Formel vereinfachend berechnet werden:

$$\Delta h = \frac{i * a}{\sqrt{\pi}}$$

i = Hydraulisches Gefälle

a = Länge des grundwasserstauenden Objekts senkrecht zur Fließrichtung [m]

Zur Zeit der Gutachtenerstellung steht die Planungsvariante im Raum, dass nur innerhalb des Bauabschnittes A offene Wasserflächen verbleiben. Dabei sollen zwei offene Wasserflächen zu jeweils maximal 1 ha entstehen. Die offenen Wasserflächen sollen mittig innerhalb des Bauabschnittes A entstehen. Dadurch trifft das strömende Grundwasser nicht direkt auf die offene Wasserfläche, sondern auf einen Teil des Verfüllkörpers. Auf das gesamte Untersuchungsgebiet betrachtet, wird das Grundwasser im Anstrom also immer auf die Verfüllung treffen. Für die Berechnungen einer worst-case-Betrachtung kann der Einfachheit halber daher angenommen werden, dass die gesamte Abbaufäche verfüllt wird.

Wird die gesamte Abbaufäche verfüllt, ergibt sich daraus eine Länge des grundwasserstauenden Objekts zur Fließrichtung von 1200 m.

Die Ergebnisse der Aufstauberechnungen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

| Bauabschnitt | Länge des grundwasserstauenden Objekts [m] | Oberstromiger Aufstau Δh [m] |
|---------------|---|---|
| Gesamte Länge | 1200 | 0,47 |

Tabelle 9: Berechneter Grundwasseraufstau im Anstrom bei vollständiger Umströmung

Damit ergibt sich ein oberstromiger Aufstau von 0,47 m, für den Fall, dass die gesamte Fläche umströmt wird. Die Werte sind bezogen auf den aktuellen Grundwasserstand.

SCHNEIDER entwickelte zusätzlich eine analytische Lösung, mit der sowohl der Aufstau im Anstrom als auch die Absenkung im Abstrom bei reiner Umströmung für jeden beliebigen, von der Objektmitte entfernten Punkt berechnet werden kann. Im Gegensatz zu der oben verwendeten vereinfachten Formel, die nur den Aufstau bei senkrechter Anströmung berücksichtigt, geht in die analytische Lösung auch der Winkel ϑ der Anströmung mit ein.

Der Aufstau bzw. die Absenkung Δh berechnet sich dann über folgende Formel:

$$\Delta h = \pm \frac{i \cdot \cos(\vartheta) \cdot \sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{\sqrt{(x^2 - y^2 + t^2)^2 + 4 \cdot x^2 \cdot y^2 + x^2 - y^2 + t^2} - i \cdot x \cdot \cos(\vartheta)}$$

i = hydraulisches Gefälle

ϑ = Anströmwinkel

t = halbe Länge des grundwasserstauenden Objekts quer zur Fließrichtung

x = Entfernung aus der Objektmitte in Fließrichtung

y = Entfernung aus der Objektmitte quer zur Fließrichtung

Da sich in der Mitte des grundwasserstauenden Objekts der höchste Aufstau ergibt, wird nur der Aufstau in diesem Punkt betrachtet. In dem Fall sind x und y gleich Null. Der Aufstau und die Absenkung verringern sich je größer der Anstromwinkel wird.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der folgenden Tabelle für verschiedene Anstromwinkel ϑ dargestellt.

| Bauabschnitt | Halbe Länge des grundwasserstauenden Objekts [m] | Oberstromiger Aufstau [m] bei $\vartheta = 0^\circ$ | Oberstromiger Aufstau [m] bei $\vartheta = 10^\circ$ | Oberstromiger Aufstau [m] bei $\vartheta = 20^\circ$ |
|--------------------|--|---|--|--|
| A, B, C, D einzeln | 150 | 0,11 | 0,09 | 0,04 |
| Gesamte Länge | 600 | 0,42 | 0,35 | 0,17 |

Tabelle 10: Berechneter Grundwasseraufstau im Anstrom bei vollständiger Umströmung nach analytischem Ansatz

Die mit dem analytischen Ansatz berechneten Werte sind etwas geringer als die nach dem vereinfachten Ansatz. Wird zusätzlich ein Anstromwinkel in die Berechnung miteinbezogen, verringert sich der Aufstau deutlich. Die Werte sind bezogen auf den aktuellen Grundwasserstand.

Die berechneten Werte gelten jedoch für die Extremfälle, dass Wasserwegsamkeiten durch die Verfüllkörper vollständig unterbunden werden. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass es flächendeckend keine vollständige Abdichtung geben wird.

Vielmehr sind nur teilweise und engräumig begrenzte Abdichtungen zu erwarten.

Die Sickerversuche in der Grube Schmachtenberg haben gezeigt, dass bei der Verfüllung von sehr grobem Material teilweise sogar höhere hydraulische Durchlässigkeiten erzielt werden können als in den natürlich anstehenden Sanden. Die tatsächlichen Aufstaubeträge sollten demnach geringer ausfallen. Sie sollten alleine schon deswegen geringer ausfallen, weil sich – wie im vorherigen Kapitel beschrieben – mit dem Anlegen offener Wasserflächen eine anstromige Absenkung und ein abstromiger Aufstau ausbildet. Im Rahmen der Verfüllung passiert, wie oben beschrieben, genau das Gegenteil. Das bedeutet, dass sich die Veränderungen der Wasserstände durch Abbau und Verfüllungen zumindest zum Teil wieder aufheben.

Durch das Anlegen offener Wasserflächen entsteht eine Absenkung im Anstrom während sich dann bei der Verfüllung wieder ein Aufstau ergibt. Von dem in diesem Kapitel berechneten Aufstau muss demnach noch die zuvor berechnete Absenkung subtrahiert werden.

Die Berechnungen sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

| | Abschnitt A | Abschnitt B | Abschnitt C | Abschnitt D | Gesamt |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------|
| Oberstromige Absenkung durch Abbau | -0,08 | -0,06 | -0,12 | -0,06 | -0,08* |
| Oberstromiger Aufstau durch Verfüllung | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,42 |
| Differenzbetrag für den Oberstrom | 0,03 | 0,05 | -0,01 | 0,05 | 0,34 |
| Unterstromiger Aufstau durch Abbau | 0,10 | 0,08 | 0,15 | 0,08 | 0,10* |
| Unterstromige Absenkung durch Verfüllung | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,42 |
| Differenzbetrag für den Unterstrom | -0,01 | -0,02 | 0,04 | -0,03 | -0,32 |

Tabelle 11: Zusammenstellung der berechneten Aufstau- und Absenkungsbeträge

* Mittelwert der Bauabschnitte

Für die Berechnung der oberstromigen Absenkung durch den Abbau wurde ein Durchschnittswert von 0,08 m herangezogen, der sich aus den Einzelwerten der vier Abschnitte ergibt (letzte Spalte in Tabelle 11). Bei einem oberstromigen Aufstau durch die Verfüllung von 0,42 m auf der Gesamtfläche, ergibt sich somit ein Differenzbetrag von 0,34 m. Demzufolge würde in der Variante, dass alle Abschnitte verfüllt werden, am Ende im **Oberstrom** ein ca. 34 cm höher liegender Grundwasserspiegel (bezogen auf die aktuellen Verhältnisse) vorliegen.

Im **Abstrom** ergibt sich (bezogen auf die heutigen Verhältnisse) ein Absenkungsbetrag von 0,32 m für den Fall, dass alle Abschnitte verfüllt werden.

Die berechneten Veränderungen der Wasserstände liegen somit im Bereich der jahreszeitlichen Schwankungen. Auch hier gelten die berechneten Werte für die unmittelbare Nähe zum Verfüllkörper. Sie verringern sich mit zunehmender Entfernung. Damit ist auch bei einer anschließenden Rückverfüllung der offenen Wasserflächen nicht davon auszugehen, dass die Wasserstände und Fließverhältnisse des Ellerngrabens und des Hirtenbachs in irgendeiner Form beeinträchtigt werden, da sich diese außerhalb der Sicherheitsstreifen befinden.

Wie zuvor bereits erwähnt, gelten die berechneten Werte jedoch nur für die Extremfälle, dass Wasserwegsamkeiten durch die Verfüllung vollständig unterbunden werden. Es ist aber davon auszugehen, dass der Verfüllkörper als Grundwasserleiter agieren wird. Dabei wird die Verfüllung im Bereich der bisher bestehenden Sande und Kiese eingebracht. Über dem Verfüllkörper werden die bestehenden bindigen Deckschichten wieder aufgebracht. Gemäß den Vorgaben des Bodenschutzkonzeptes erfolgt dabei ein lagenweiser Wiedereinbau der bindigen

Deckschichten, um den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen. Eine Verkippung der Deckschichten mittels LKW findet nicht statt. Dadurch wird sichergestellt, dass auch die ursprünglichen Geländehöhen wieder hergestellt werden. Bislang bestehen im Untersuchungsgebiet gespannte Grundwasserverhältnisse. Wenn die bindigen Deckschichten, wie bisher, wieder aufgebracht werden, ist davon auszugehen, dass sich somit erneut gespannte Grundwasserverhältnisse einstellen werden.

11.3 Auswirkungen auf die Grundwassersenkungsanlage Grafenrheinfeld

Die Ortschaft Grafenrheinfeld und die Grundwassersenkungsanlage befinden sich etwa 650 m westlich und damit im Abstrom der Vorhabensfläche. Nach den Vorgaben des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes darf die GSA durch das geplante Vorhaben nicht beeinflusst werden. Die Berechnungen in den vorangegangenen Kapiteln haben aber gezeigt, dass die Einwirkungen des Vorhabens auf die Wasserstände nur geringe Auswirkungen haben. Diese liegen im Bereich weniger Zenti- bis Dezimeter und bewegen sich somit im natürlichen, jahreszeitlich bedingten Schwankungsbereich der Wasserstände. Darüber hinaus treten die größten Auswirkungen nur im unmittelbaren An- und Abstrom der Flächen auf. Der Einfluss verringert sich mit zunehmendem Abstand von den Abbauflächen. Die Berechnungen haben gezeigt, dass die Beeinflussungen bereits wenige Meter von den Abbauflächen entfernt nicht mehr nachweisbar sind. Es ist daher davon auszugehen, dass im Ortskern von Grafenrheinfeld und damit auch an der GSA sowie an der Schleuse Garstadt keine Beeinflussungen durch das Abbauvorhaben auftreten werden. Auch bei extremen Hochwässern werden die Hochwässer im Bereich der Ortschaft Grafenrheinfeld durch das Abbauvorhaben nicht noch zusätzlich verstärkt. Unabhängig von dem geplanten Vorhaben gibt die GSA keine Garantie, dass die Ortschaft bei einem extremen Hochwasser trocken gehalten werden kann. Auf den generellen Einfluss von extremen Hochwässern wird im übernächsten Kapitel noch einmal gesondert eingegangen.

11.4 Auswirkungen auf die Messstelle Q3

Die Grundwassermessstelle Q3 des Landesmessnetzes des LfU befindet sich etwa 700 m südwestlich der Vorhabensfläche. Nach den Vorgaben des LfU darf die Messstelle durch den Abbau und die Verfüllung weder hydrologisch noch chemisch beeinflusst werden. Für die Q3 lässt sich jedoch ähnliches festhalten, wie für die GSA. Die Einwirkungen des Vorhabens auf die Wasserstände liegen im Bereich weniger Zenti- bis Dezimeter und das auch nur im unmittelbaren An- und Abstrom. Der Einfluss verringert sich mit zunehmendem Abstand. Ein grundlegender Einfluss auf die Wasserstände ist daher nicht zu erwarten.



Im Rahmen des Abbaus und der Verfüllung ist zu gewährleisten, dass die Messstelle auch geochemisch nicht beeinflusst wird. Aufgrund der südwestlichen Lage der Messstelle und der Entfernung von etwa 700 m, befindet sich diese jedoch nur im seitlichen Abstrom der Vorhabensflächen. Ein direkter Einfluss ist daher höchst unwahrscheinlich.

11.5 Auswirkungen bei extremen Hochwässern

Bei einem extremen Hochwasser wäre die gesamte Vorhabensfläche vollständig überschwemmt. Weite Teile würden einen Wasserstand von 0,5 bis 1,0 m über dem Gelände aufweisen, unabhängig von dem geplanten Vorhaben. Der Einfluss des Vorhabens auf die Wasserstände liegt im unmittelbaren An- und Abstrom bei wenigen Zenti- bis Dezimetern. Der Einfluss des Vorhabens, der somit zusätzlich auf die extremen Hochwasserstände wirken würde, ist sehr gering und würde an der Überschwemmungsfläche nichts ändern.

Bei Überschwemmungsgefahr müssen sämtliche Fahrzeuge, Maschinen, Geräte und sonstige Materialien gegen Abschwemmen gesichert werden und es muss dafür gesorgt werden, dass kein Übergang von wassergefährdenden Stoffen in das Wasser stattfindet.

12 Zukünftige Wiederverfüllung der Abbauflächen

12.1 Wasserwirtschaftliche Standortbeurteilung

Für die Verfüllung der Abbauflächen mit Fremdmaterial sind die Vorgaben des Leitfadens zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen [U6] einzuhalten.

Nachdem der Abbau ins Grundwasser geführt wird und somit der für einen Trockenstandort im Verfüll-Leitfaden geforderte Mindestflurabstand von 1,5 m unterschritten wird, handelt es sich somit um einen sehr empfindlichen Standort und beim Vorhaben und damit um einen **Nassabbau**. Der Standort ist wasserwirtschaftlich damit als sehr empfindlich einzustufen.

Im Rahmen der Verfüllung mit Fremdmaterial ist nach dem Verfüll-Leitfaden lediglich eine Verfüllung von unbelastetem Material bis **Z0** zulässig. Sind keine geogenen Hintergrundwerte bekannt, dann gelten für vorgegebene Parameter als Höchstgrenze die festgelegten Zuordnungswerte für Feststoff und Eluat entsprechend den Anlagen 2 und 3 des Verfüll-Leitfadens. Es kann eine Anpassung an den geogenen Hintergrund erfolgen. Dazu sind Gesteinsproben in ausreichender Anzahl zu entnehmen und zu untersuchen. Die Untersuchungsergebnisse sind statistisch auszuwerten. Nach den Ergebnissen der chemischen Untersuchungen liegen jedoch keine Hinweise für das Vorhandensein erhöhter geogener Hintergrundgehalte vor.

12.2 Angaben zur Verfüllung

Die Verfüllung mit externem Material erfolgt bis Oberkante des ursprünglichen Sand- und Kiesvorkommens. Hiermit wird die Anbindung des Grundwassers an die oberen Bodenschichten (bindiger Unterboden und Oberboden) gewährleistet, da das Sand- und Kiesvorkommen unterhalb des hiesigen Grundwasserstandes liegt.

Der Antransport der Verfüllmaterials zur Nassverfüllung erfolgt über die Kreisstraße SW3 (Gochsheimer Straße) in das bestehende Werksgelände der Firma Glöckle.

12.3 Beweissicherung der Verfüllung und Handlungsempfehlungen

Im Zuge der Verfüllung sind gemäß dem Verfüll-Leitfaden Eigen- und Fremdüberwachungen durchzuführen. Dazu sind Feststoff- und Grundwasserproben in bestimmten Abständen zu entnehmen und auf die im Verfüll-Leitfaden bzw. auf die im Genehmigungsbescheid festgesetzten Parameter zu untersuchen. Darüber hinaus sind Jahresberichte zu erstellen.

Da sich im Umfeld bereits Messstellen befinden, können diese für das Grundwassermonitoring und für die Entnahme der Wasserproben im Rahmen der Überwachung verwendet werden. Aufgrund der Lage und der Grundwasserfließverhältnisse kämen dafür vor allem die Messstellen GWM 2/15 und GWM 5/15 als anstromige Messstellen infrage. Es müssten aber noch zusätzliche Messstellen errichtet werden. Dazu sollte im Anstrom noch mindestens eine weitere Messstelle errichtet werden. Im Abstrom sollten mindestens vier Messstellen errichtet werden.

In der Anlage 13 ist ein Lageplan mit Kennzeichnung der zusätzlichen Messstellen für die Überwachung enthalten. Hierbei handelt es sich um vorgeschlagene Bereiche, die jeweils mehrere Flurstücke umfassen. Die Bereiche schließen auch die Sicherheitsstreifen mit ein. Die exakte Lage der einzelnen Messstellen ist abhängig von der Flächenverfügbarkeit und kann im Rahmen der weiteren Planung genauer definiert werden.

13 Zusammenfassung

Die Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft, Schweinfurt, plant östlich von Grafenheinfeld den Abbau von Rohstoffen (Sand und Kies) auf einer Fläche von etwa 45,3 ha. Während und nach dem Abbau ist eine Verfüllung der Abbauflächen gemäß dem Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen vorgesehen.

Die Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz, Bayreuth wurde von der Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft beauftragt, ein hydrogeologisches Gutachten für das Vorhaben zu erstellen.

Im Rahmen der Untersuchungen wurden auf der geplanten Vorhabensfläche insgesamt drei Erkundungsbohrungen abgeteuft. Zusätzlich wurden in der verfüllten Grube Schmachtenberg mehrere Schürfe angelegt und Sickerversuche durchgeführt. Dies diente dazu einen repräsentativen Überblick über typische Verfüllmaterialien zu gewinnen. Hinsichtlich der Untersuchungsergebnisse lässt sich folgendes festhalten:

In den Erkundungsbohrungen wurde eine Rohstoffmächtigkeit zwischen 3,7 und 6,4 m festgestellt. Hierbei handelt es sich überwiegend um Sand mit geringen Schluffanteilen sowie variablen Kiesanteilen. Die Sande werden von bindigen Deckschichten überlagert, sodass im Untersuchungsgebiet gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen. Es besteht im Untersuchungsgebiet eine westliche bis südwestliche Grundwasserfließrichtung zum Main hin. Der Durchlässigkeitsbeiwert wurde zwischen $3 \cdot 10^{-5}$ und $2 \cdot 10^{-4}$ m/s berechnet und das hydraulische Gefälle liegt bei etwa 0,07 %.

Durch das Ausbaggern der Sande entstehen offene Wasserflächen auf den Abbauflächen, die sich horizontal eben einstellen. Dabei kommt es im anstromig der Wasserflächen zu einer Absenkung und abstromig zu einem Aufstau des Grundwassers. Diese liegen aber nur im Bereich weniger Zentimeter. Die Reichweite der Absenkung bzw. des Aufstaus beträgt nur wenige Meter und beläuft sich im Wesentlichen auf die Sicherheitsstreifen.

Werden die Abbauflächen mit Materialien verfüllt, die schlechtere hydraulische Durchlässigkeiten aufweisen als die Sande, kommt es zu einer Umströmung der weniger durchlässigen Bereiche. Gleichzeitig entsteht im Anstrom ein Aufstau des Grundwassers. Dieser wird sich im Bereich weniger Dezimeter bewegen, für den Fall, dass der Weg durch den Verfüllkörper vollständig blockiert wird. Da es sich dabei jedoch um einen Extremfall handelt, dürfte der Aufstau in der Realität geringer ausfallen.



Die Wasserstandsveränderungen, die sich durch den Abbau und die Verfüllung ergeben, liegen selbst bei worst-case-Betrachtungen nur bei wenigen Zentimetern bis Dezimetern und damit im Bereich der natürlichen, jahreszeitlichen Schwankungen. Die Reichweiten dieser Einflüsse beschränken sich dabei im Wesentlichen auf die Sicherheitsstreifen. Damit ist durch das Vorhaben nicht von einer negativen Beeinflussung des Ellerngrabens oder des Hirtenbachs auszugehen.

Da sich die Grundwassersenkungsanlage der Ortschaft Grafenrheinfeld in etwa 650 m Entfernung von den Vorhabenflächen befindet, ist auch hier nicht von einer Beeinflussung durch den Abbau oder durch die Verfüllung auszugehen.

Durch das Vorhaben werden die Deckschichten über dem Grundwasser vollständig entfernt, sodass keinerlei schützende Deckschichten verbleiben. Im Rahmen des Abbaus und der Verfüllung ist daher besondere Vorsicht geboten. Durch das Vorhaben darf keine nachteilige Beeinträchtigung des Grundwasserchemismus entstehen.

Im Rahmen der geplanten Verfüllung sind die Vorgaben des Verfüll-Leitfadens zu beachten. Da es sich um eine Nassverfüllung handelt, darf nur abraumeigenes Material oder unbedenkliches Material mit Zuordnungswerten bis Z0 verwendet werden.

Piewak & Partner GmbH
Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz
Bayreuth den 16.03.2022 // 12.05.2023

- Bearbeiter -

Lucas Reusen
M.Sc. Geoumwelttechnik

- Bearbeiterin -

Sabrina Zorn
Diplom-Geologin

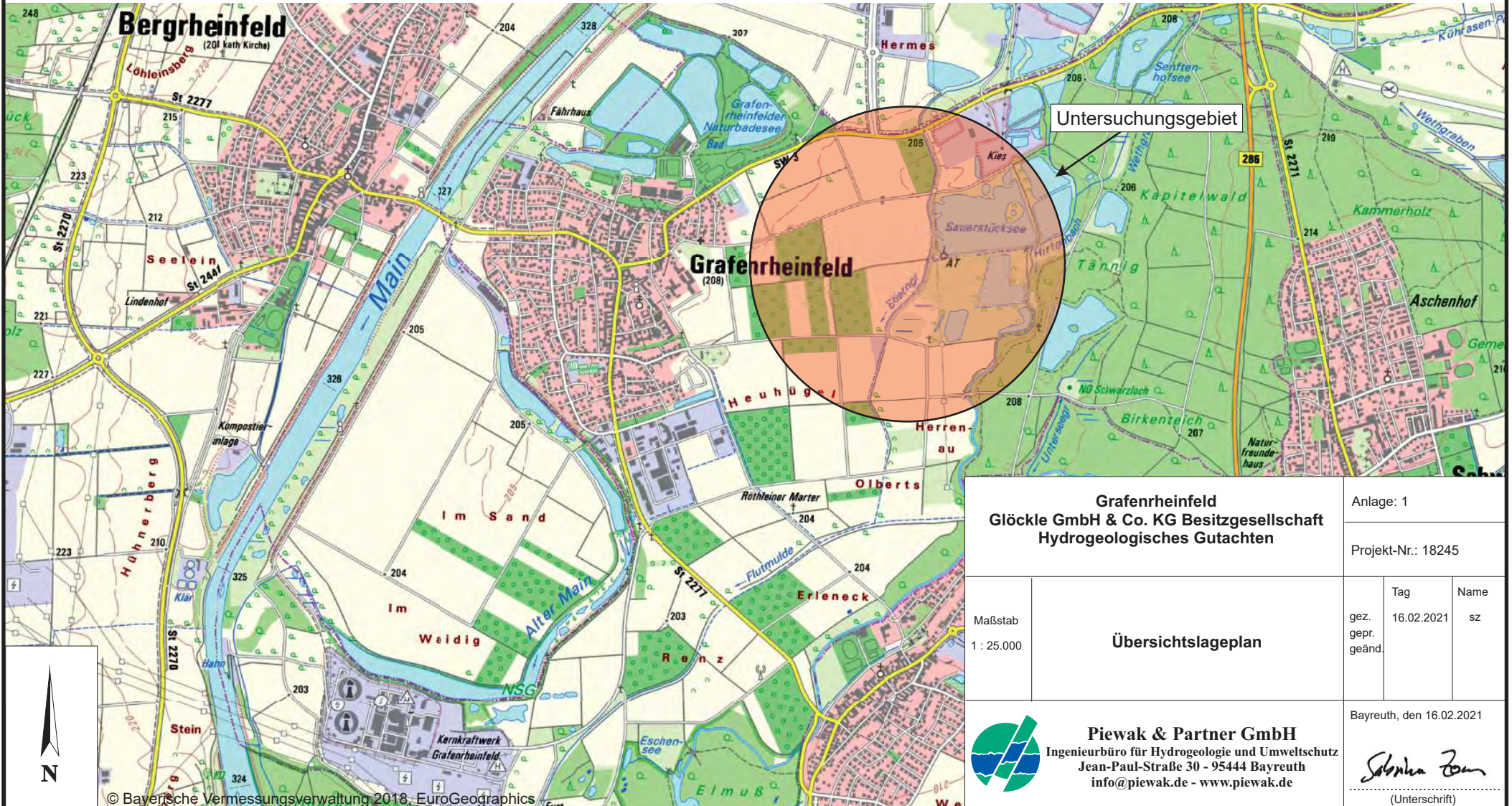
- Geschäftsführer -

Manfred Piewak
Diplom-Geologe
Sachverständiger nach
§ 18 BBodSchG



Anlage 1

Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000

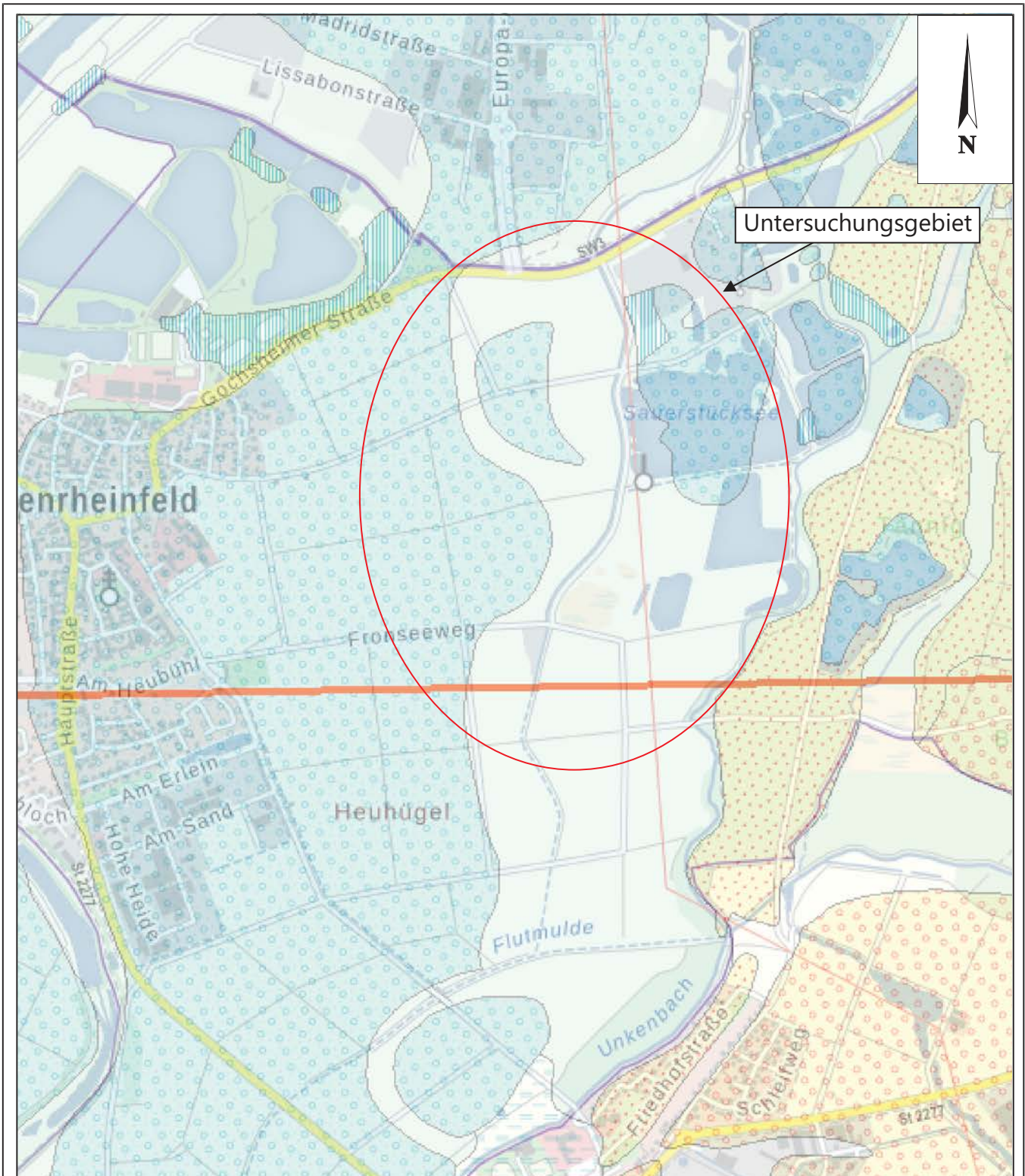








| | | | |
|--|----------------------------------|--|------------------|
| <p>Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten</p> | | Anlage: 1 | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | |
| <p>Maßstab 1 : 25.000</p> | <p>Übersichtslageplan</p> | Tag | Name |
| | | gez. gepr. geänd. | 16.02.2021 sz |
| <p>Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth info@piewak.de - www.piewak.de</p> | | <p>Bayreuth, den 16.02.2021</p> <p><i>Sabina Zorn</i> (Unterschrift)</p> | |



Anlage 2

Geologische Karte, Maßstab 1 : 15.000



-  Flussablagerung, alt- mittelholozän
Ältere bis mittlere Postglazialterrasse
-  Auenablagerung
-  Flussschotter, mitteleozän
-  Flussschotter, oberpleistozän
(Niederterrasse)
-  Flussschotter, unterpleistozän
-  Flussschotter, unter- bis mitteleozän


| | | | |
|---|--|--|------------|
| Grafenrheinfeld, Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 2 | |
| Maßstab 1 : 15.000 | | Projekt-Nr.: 18245 | |
| Geologischer Überblick | | Tag 16.02.2021 | Name LR |
|  Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 Fax: 0921-50703610 | | Bayreuth, den 16.02.2021  (Unterschrift) | |


Legende Fachdaten


digitale Geologische Karte 1:25.000 (dGK25)


Geologische Haupteinheit

 Talfüllung, polygenetisch, pleistozän bis holozän


 Abschwemmasse, pleistozän bis holozän

 Künstliche Ablagerung

 Anmoor bis Torf, holozän


 Niedermoortorf, holozän

 Löß oder Lößlehm


 Flugsand, pleistozän

 Myophorienschichten


 Grundgipsschichten (Untere Myophorienschichten)

 Obere Tonstein-Gelbkalkschichten

 Grenzdolomit

 Flussablagerung, alt- bis mittelholozän (Ältere bis Mittlere Postglazialterrasse)

 Auenablagerung

 Flussschotter, mittelpleistozän

 Flussschotter, oberpleistozän (Niederterrasse)

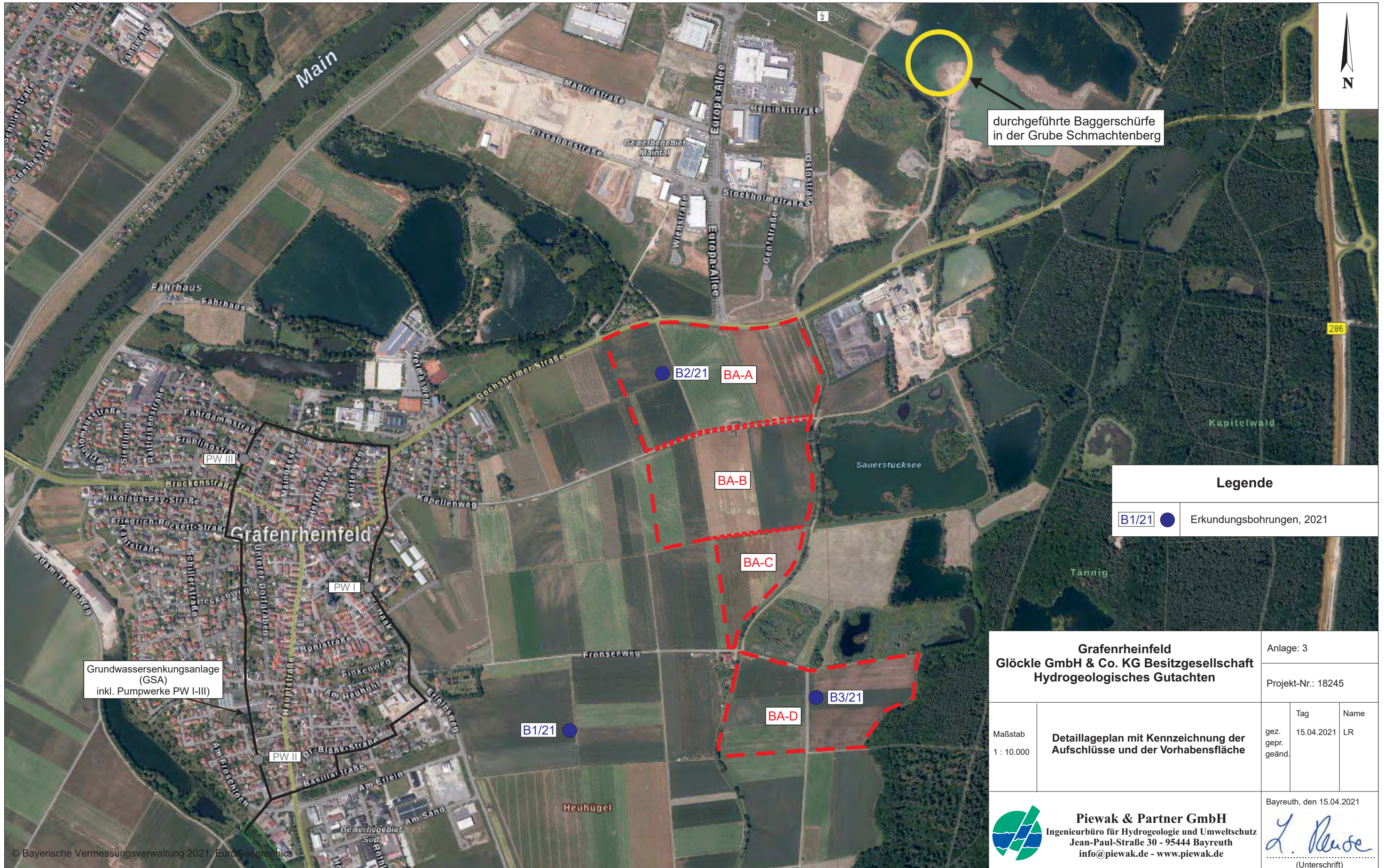
 Flussschotter, unterpleistozän

 Flussschotter, unter- bis mittelpleistozän



Anlage 3

Detallageplan mit Kennzeichnung der Vorhabensfläche und der Aufschlüsse, Maßstab 1 : 10.000



durchgeführte Baggerschürfe
in der Grube Schmachtenberg

Grundwassersenkungsanlage
(GSA)
inkl. Pumpwerke PW I-III

| Legende | |
|---------|---------------------------|
| B1/21 | Erkundungsbohrungen, 2021 |

| | | | |
|---|---|--------------------|------------|
| Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 3 | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | |
| Maßstab 1: 10.000 | Detaillageplan mit Kennzeichnung der Aufschlüsse und der Vorhabensfläche | gez. | Tag |
| | | gepr. | 15.04.2021 |
| | | geänd. | Name |
| | | | LR |

| | |
|--|---|
|  Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth info@piewak.de - www.piewak.de | Bayreuth, den 15.04.2021  (Unterschrift) |
|--|---|



Anlage 4

Darstellung der geologischen Schichtenprofile

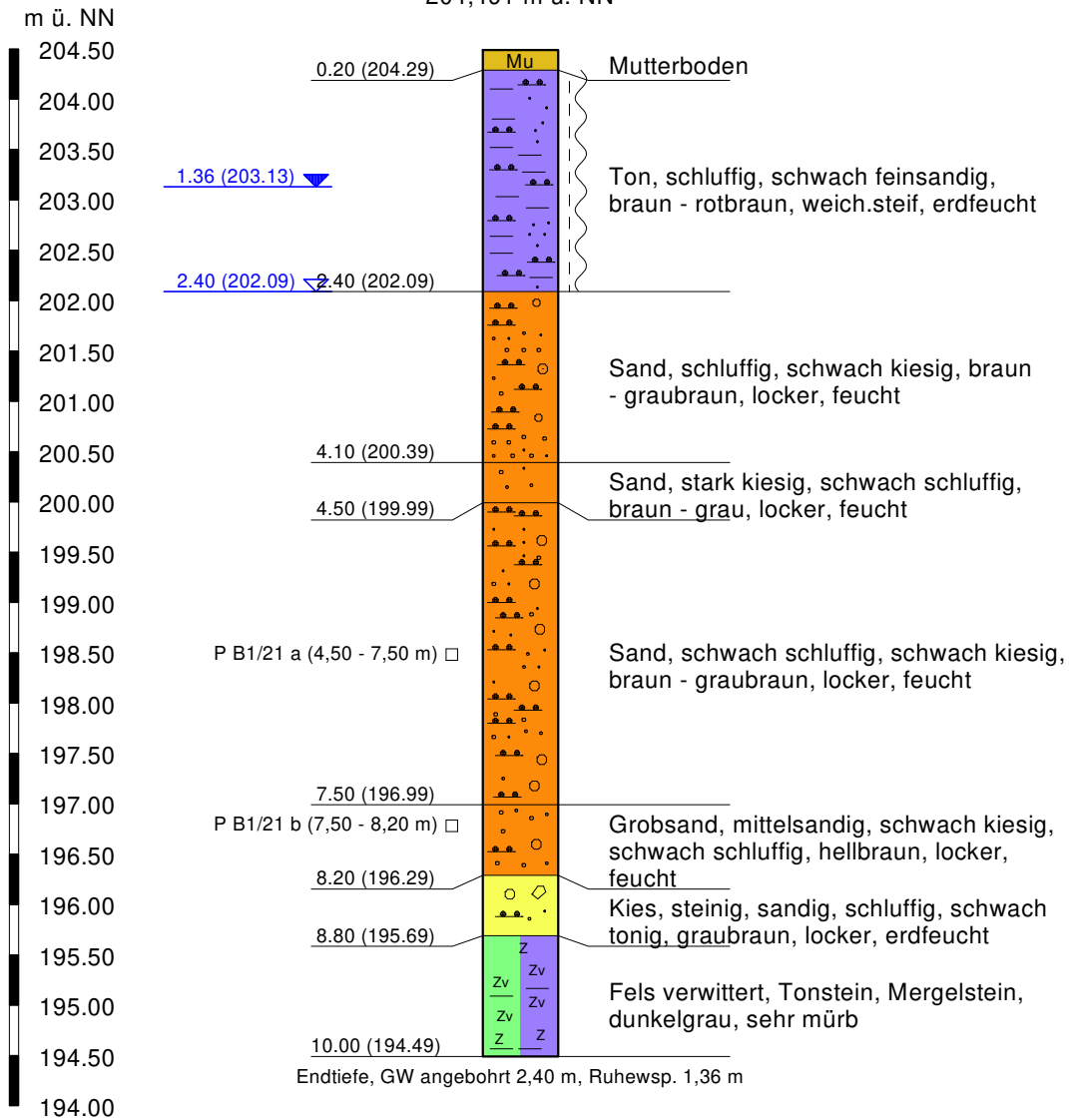


Anlage 4.1

Bohrungen

B 1/21

204,491 m ü. NN



Grafenrheinfeld, Firma Glöckle Hydrogeologisches Gutachten

Bohrung (32U 058667,5; 5539146, 1

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.1.1

Datum: 01.03.2021

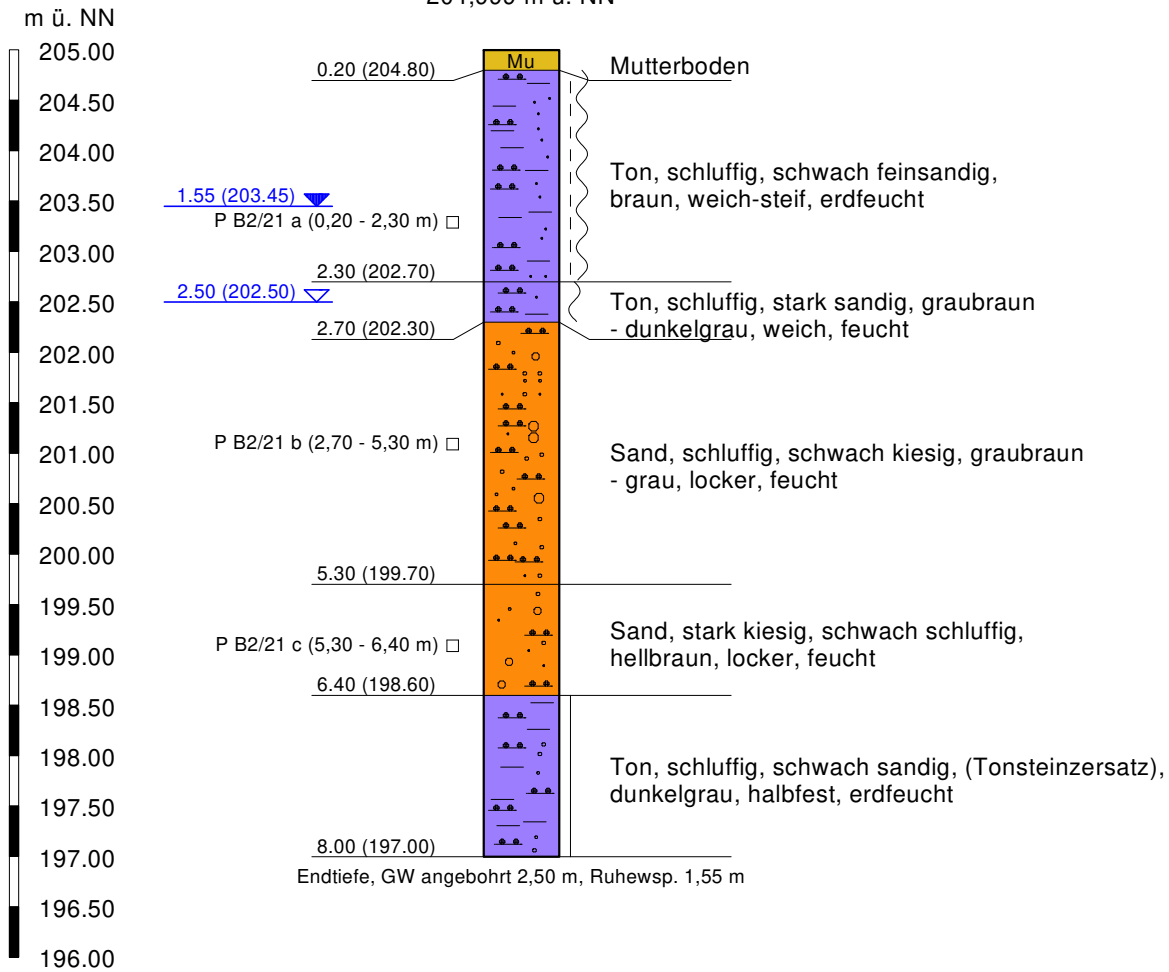
Projektnummer: 18245

Maßstab vert.: 1:75

Maßstab horiz.: nicht maßstäblich

B 2/21

204,999 m ü. NN



Grafenrheinfeld, Firma Glöckle Hydrogeologisches Gutachten

Bohrung (32U 0586877,4; 5540135,2)

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.1.2

Datum: 02.03.2021

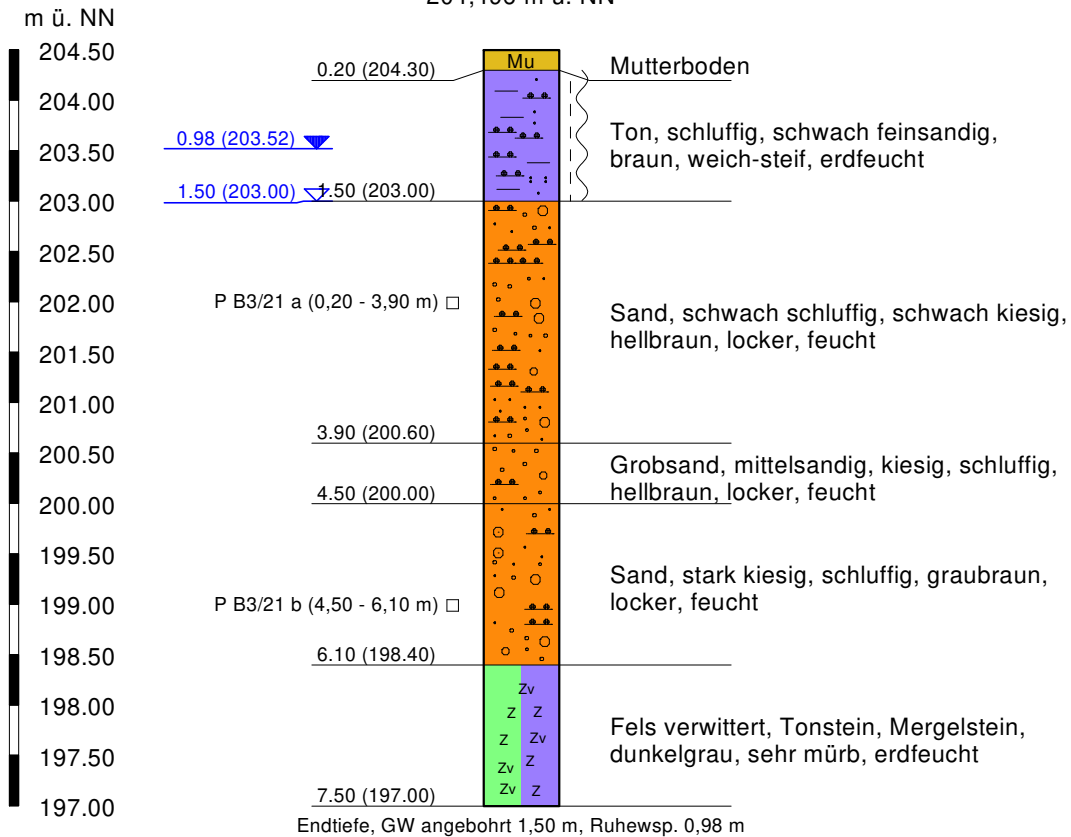
Projektnummer: 18245

Maßstab vert.: 1:75

Maßstab horiz.: nicht maßstäblich

B 3/21

204,496 m ü. NN



Grafenrheinfeld, Firma Glöckle Hydrogeologisches Gutachten

Bohrung (32U 0587320,4; 5539241,3)

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.1.3

Datum: 03.03.2021

Projektnummer: 18245

Maßstab vert.: 1:75

Maßstab horiz.: nicht maßstäblich



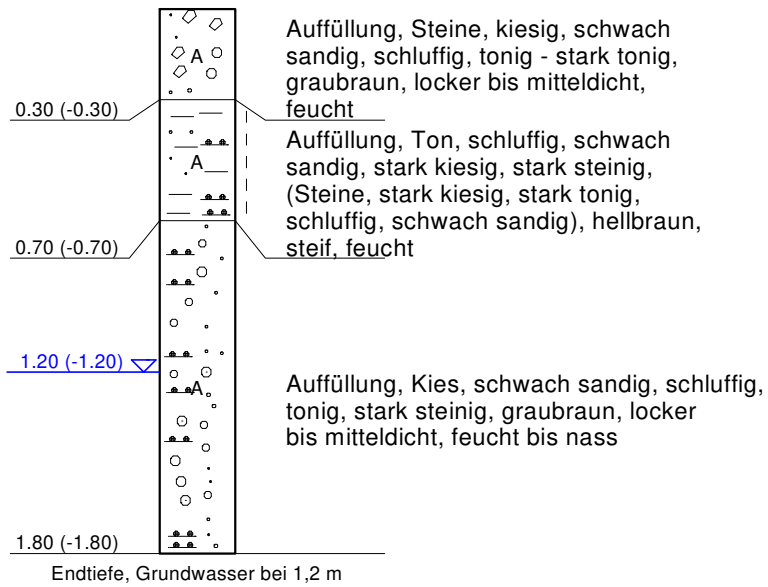
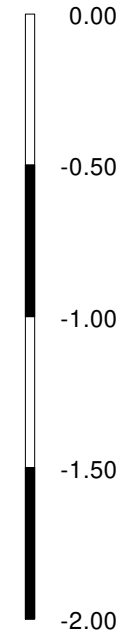
Anlage 4.2

Schürfe

Schurf 1

0 m u. GOK

m u. GOK



Grafenrheinfeld, Firma Glöckle Hydrogeologisches Gutachten

Schurf (32U 587607, 5541142)

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.2.1

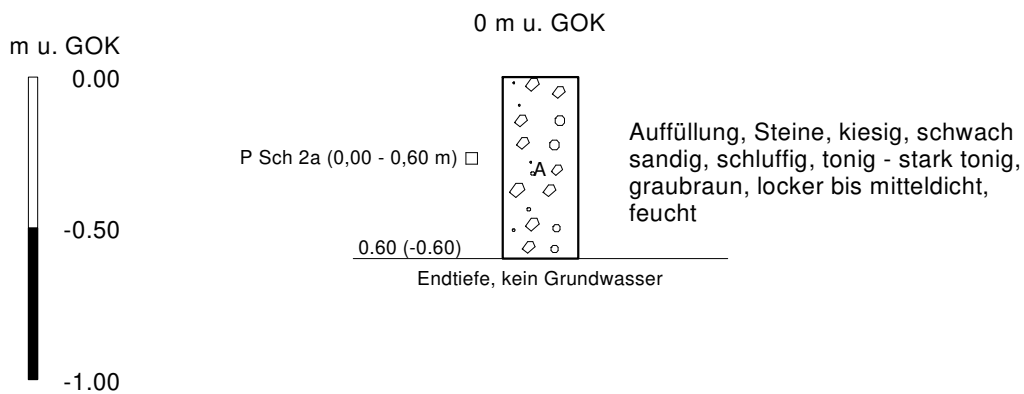
Datum: 27.01.2021

Projektnummer: 18245

Maßstab vert.: 1:25

Maßstab horiz.: nicht maßstäblich

Schurf 2



**Grafenrheinfeld, Firma Glöckle
Hydrogeologisches Gutachten**

Schurf (32U 587610, 5541143)

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.2.2

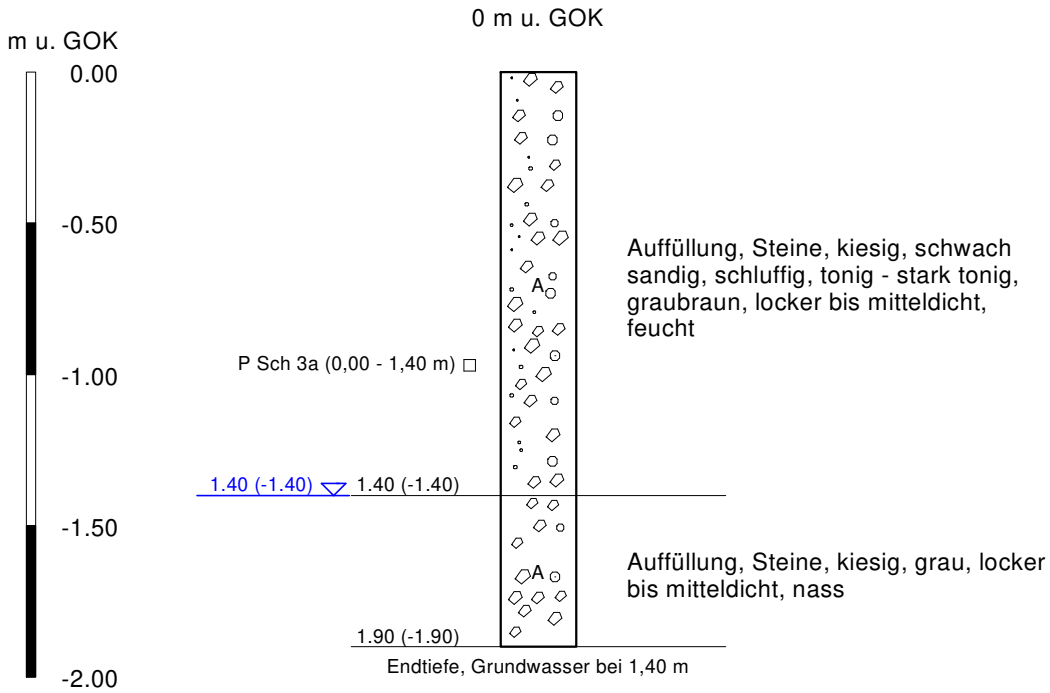
Datum: 27.01.2021


Projektnummer: 18245

Maßstab vert.: 1:25

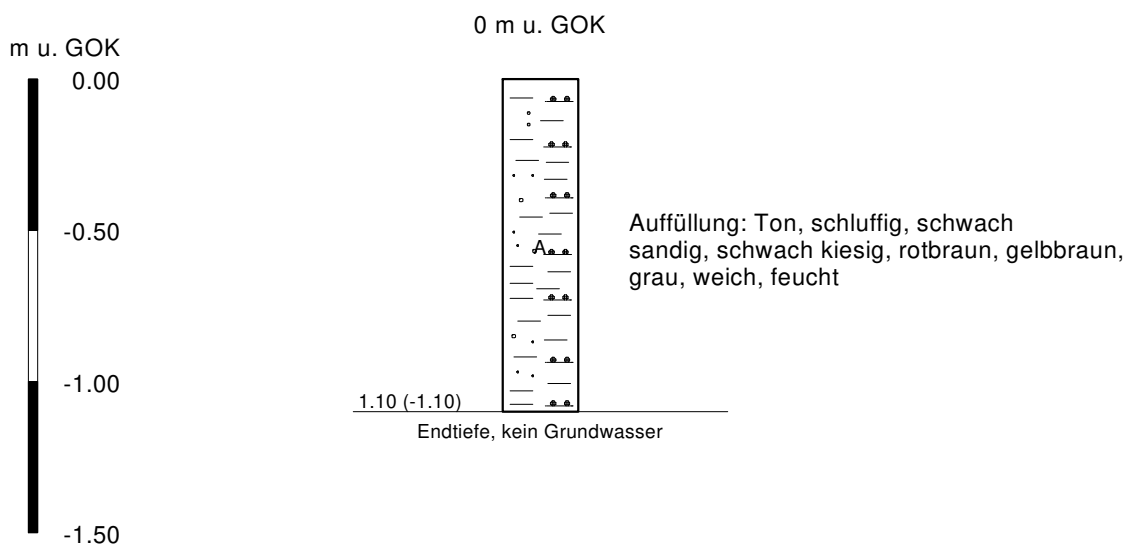
Maßstab horiz.: nicht maßstäblich

Schurf 3



| | |
|--|-----------------------------------|
| Grafenrheinfeld, Firma Glöckle Hydrogeologisches Gutachten | |
| Schurf (32U 587604, 5541109) | |
| <p style="text-align: center;">Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz</p>  <p>Jean-Paul-Straße 30 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 Fax: 0921-50703610</p> | Anlage: 4.2.3 |
| | Datum: 27.01.2021 |
| | Projektnummer: 18245 |
| | Maßstab vert.: 1:25 |
| | Maßstab horiz.: nicht maßstäblich |

Schurf 4



**Grafenrheinfeld, Firma Glöckle
Hydrogeologisches Gutachten**

Schurf (32U 587574, 5540993)

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.2.4

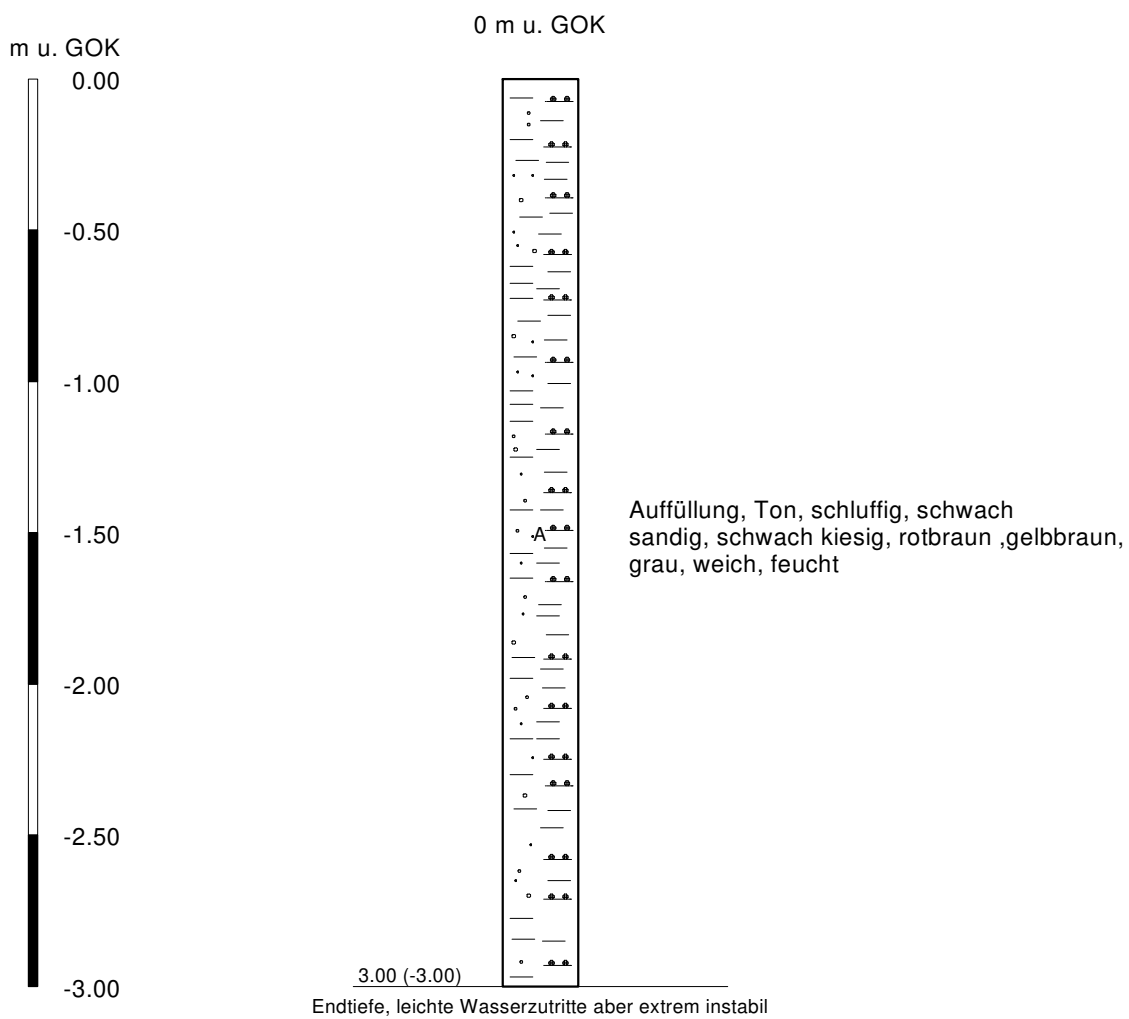
Datum: 16.03.2021

Projektnummer: 18245

Maßstab vert.: 1:25

Maßstab horiz.: nicht maßstäblich

Schurf 5



Grafenrheinfeld, Firma Glöckle Hydrogeologisches Gutachten

Schurf (32U 587572, 5540992)

Piewak & Partner GmbH
Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.2.5

Datum: 16.03.2021

Projektnummer: 18245

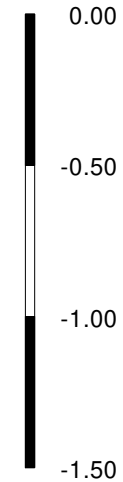
Maßstab vert.: 1:25

Maßstab horiz.: nicht maßstäblich

Schurf 6

0 m u. GOK

m u. GOK



Auffüllung, Schluff, sandig, tonig,
kiesig, braun, hellbraun, rotbraun,
weich - steif, feucht

1.40 (-1.40) ∇ 1.40 (-1.40)

Endtiefe, Schurf instabil, Wasserzutritt bei 1,40 m

Grafenrheinfeld, Firma Glöckle Hydrogeologisches Gutachten

Schurf (32U 587532, 5541013)

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.2.6

Datum: 16.03.2021

Projektnummer: 18245

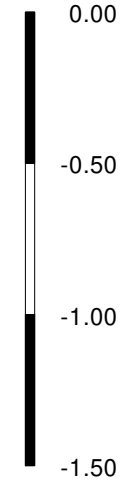
Maßstab vert.: 1:25

Maßstab horiz.: nicht maßstäblich

Schurf 7

0 m u. GOK

m u. GOK



Auffüllung, Ton, schluffig, sandig,
schwach kiesig, hellbraun ,gelbbraun,
grau - dunkelgrau, weich, feucht

1.20 (-1.20)

Endtiefe, Schurf instabil, kein Grundwasser

**Grafenrheinfeld, Firma Glöckle
Hydrogeologisches Gutachten**

Schurf (32U 587684, 5541063)

Piewak & Partner GmbH

Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz



Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth
Tel.: 0921-5070360
Fax: 0921-50703610

Anlage: 4.2.7

Datum: 15.03.2021

Projektnummer: 18245

Maßstab vert.: 1:25

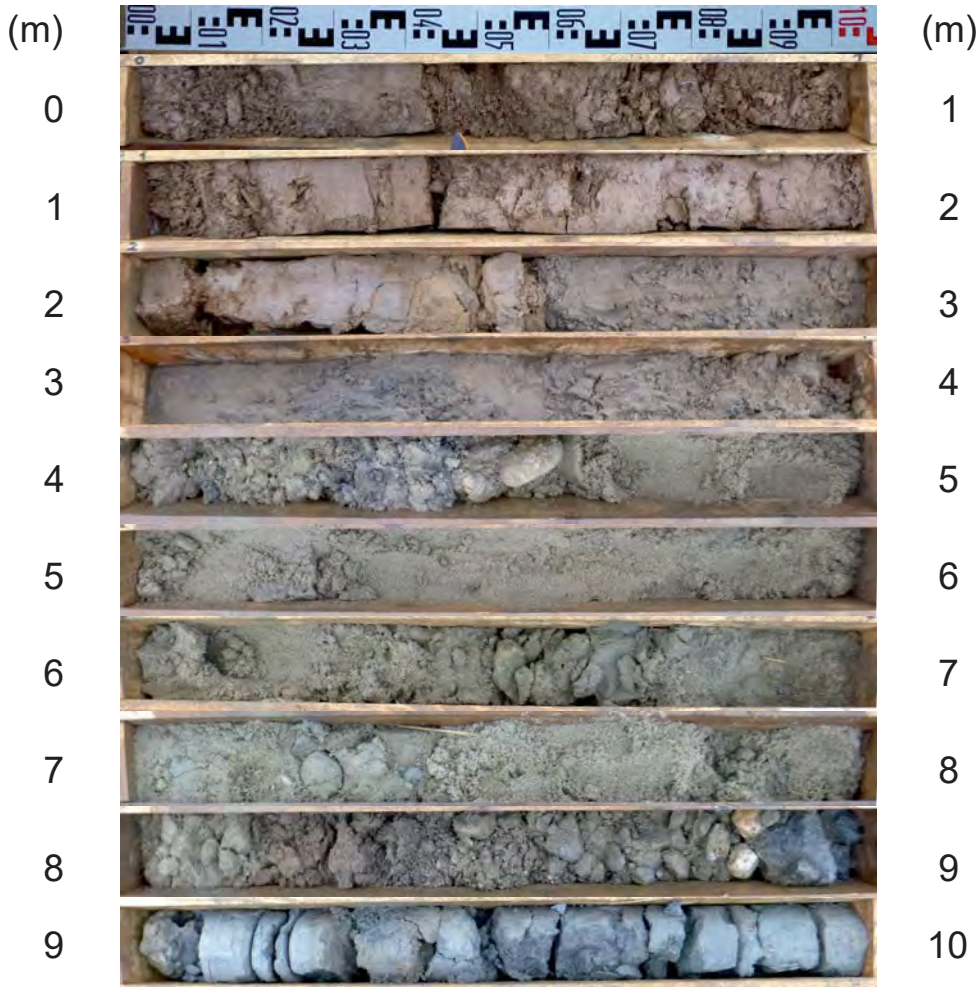
Maßstab horiz.: nicht maßstäblich





Anlage 5

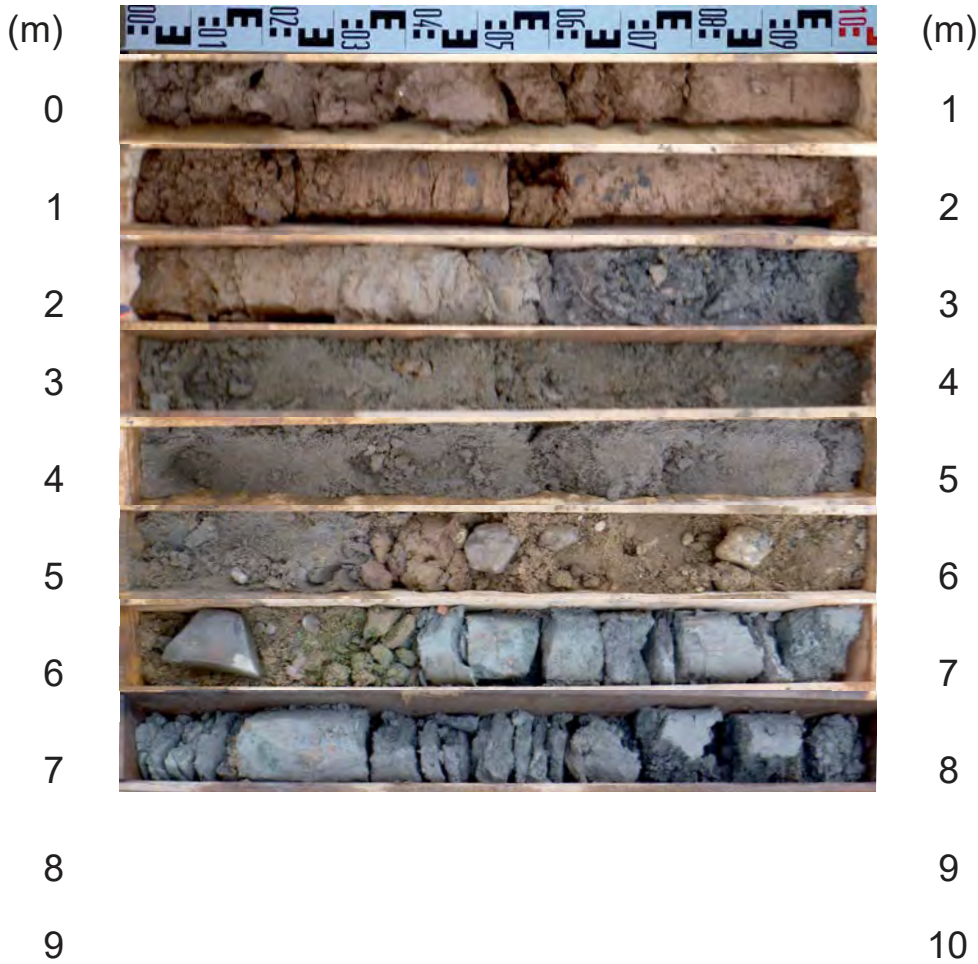
Fotodokumentation der Bohrungen



Projekt-Nr.: 18245
 Bohrung: B1/21
 Endtiefe: 10,0 m
 Maßstab: 1:10



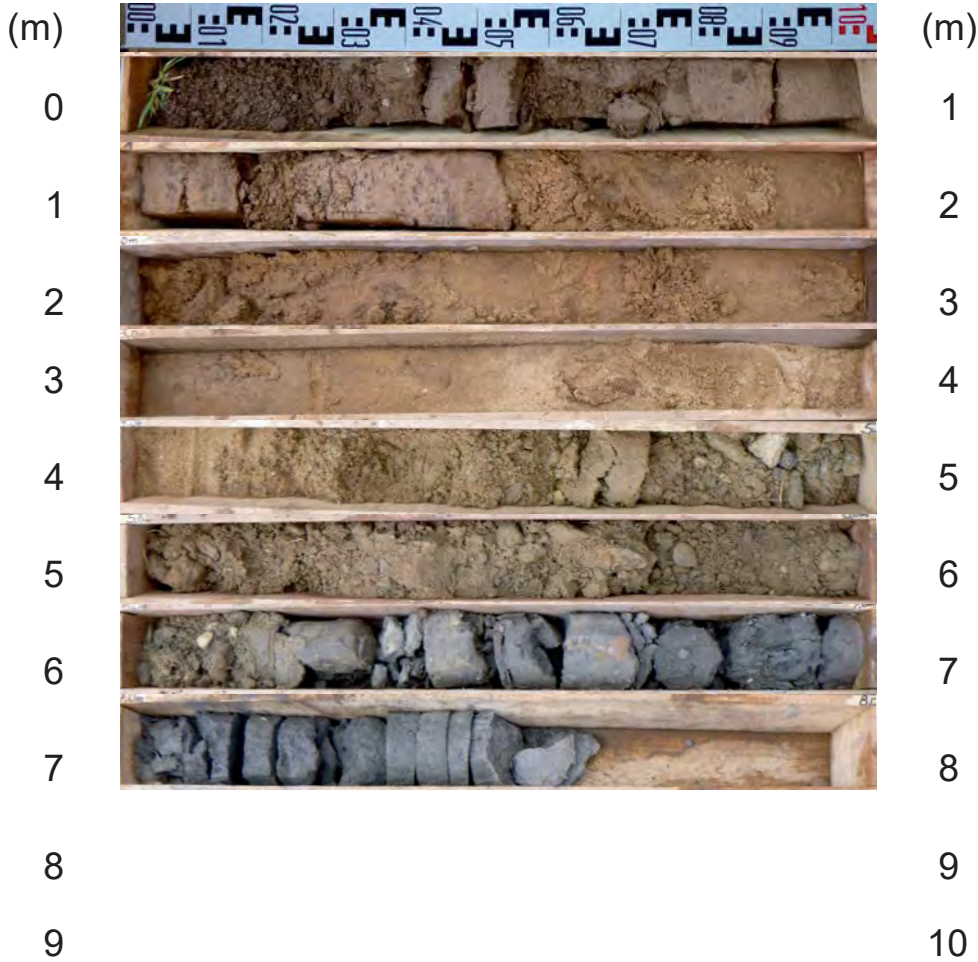
| | | | | |
|---|---|--|-------------------|------------|
| Sand- und Kiesabbaugebiet östlich von Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 5.1 | | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | | |
| Maßstab 1 : 10 | Fotodokumentation der Bohrung B1/21 | gez. gepr. geänd. | Tag 01.03.2021 | Name lr |
|  Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 Fax: 0921-50703610 info@piewak.de - www.piewak.de | | Bayreuth, den 16.03.2021  (Unterschrift) | | |



Projekt-Nr.: 18245
 Bohrung: B2/21
 Endtiefe: 8,00 m
 Maßstab: 1:10



| | | | | |
|---|---|--|-------------------|------------|
| Sand- und Kiesabbaugebiet östlich von Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 5.2 | | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | | |
| Maßstab 1 : 10 | Fotodokumentation der Bohrung B2/21 | gez. gepr. geänd. | Tag 02.03.2021 | Name lr |
|  Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 Fax: 0921-50703610 info@piewak.de - www.piewak.de | | Bayreuth, den 16.03.2021  (Unterschrift) | | |

Projekt-Nr.: 18245
 Bohrung: B3/21
 Endtiefe: 7,50 m
 Maßstab: 1:10



| | | | | |
|---|---|--|-------------------|------------|
| Sand- und Kiesabbaugebiet östlich von Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 5.3 | | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | | |
| Maßstab 1 : 10 | Fotodokumentation der Bohrung B3/21 | gez. gepr. geänd. | Tag 04.03.2021 | Name Ir |
|  Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth Tel.: 0921-5070360 Fax: 0921-50703610 info@piewak.de - www.piewak.de | | Bayreuth, den 16.03.2021  (Unterschrift) | | |



Anlage 6

Gangliniendiagramme der Wasserstände

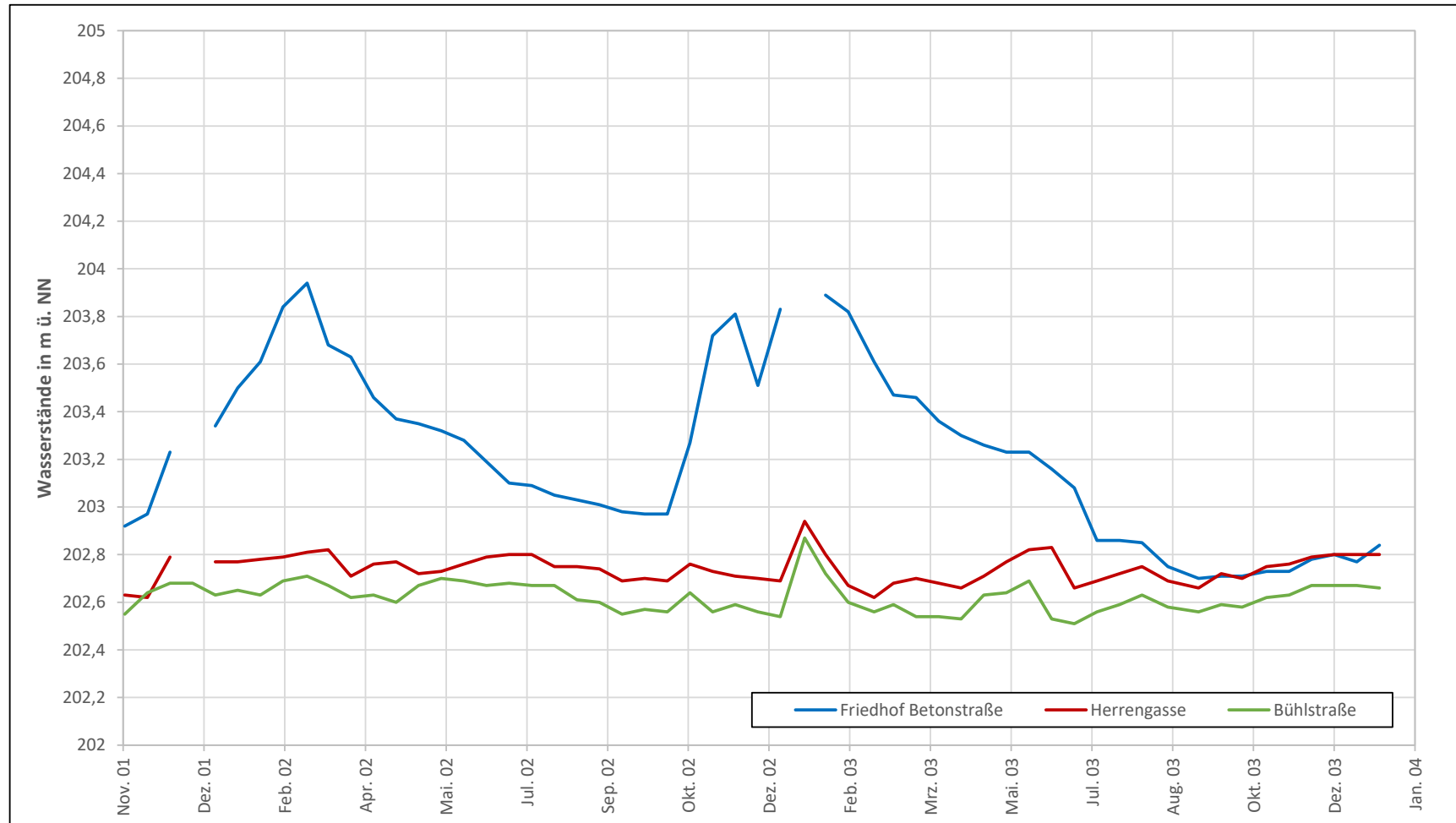


Anlage 6.1

Wasserstände der Messstellen der GSA Grafenrheinfeld

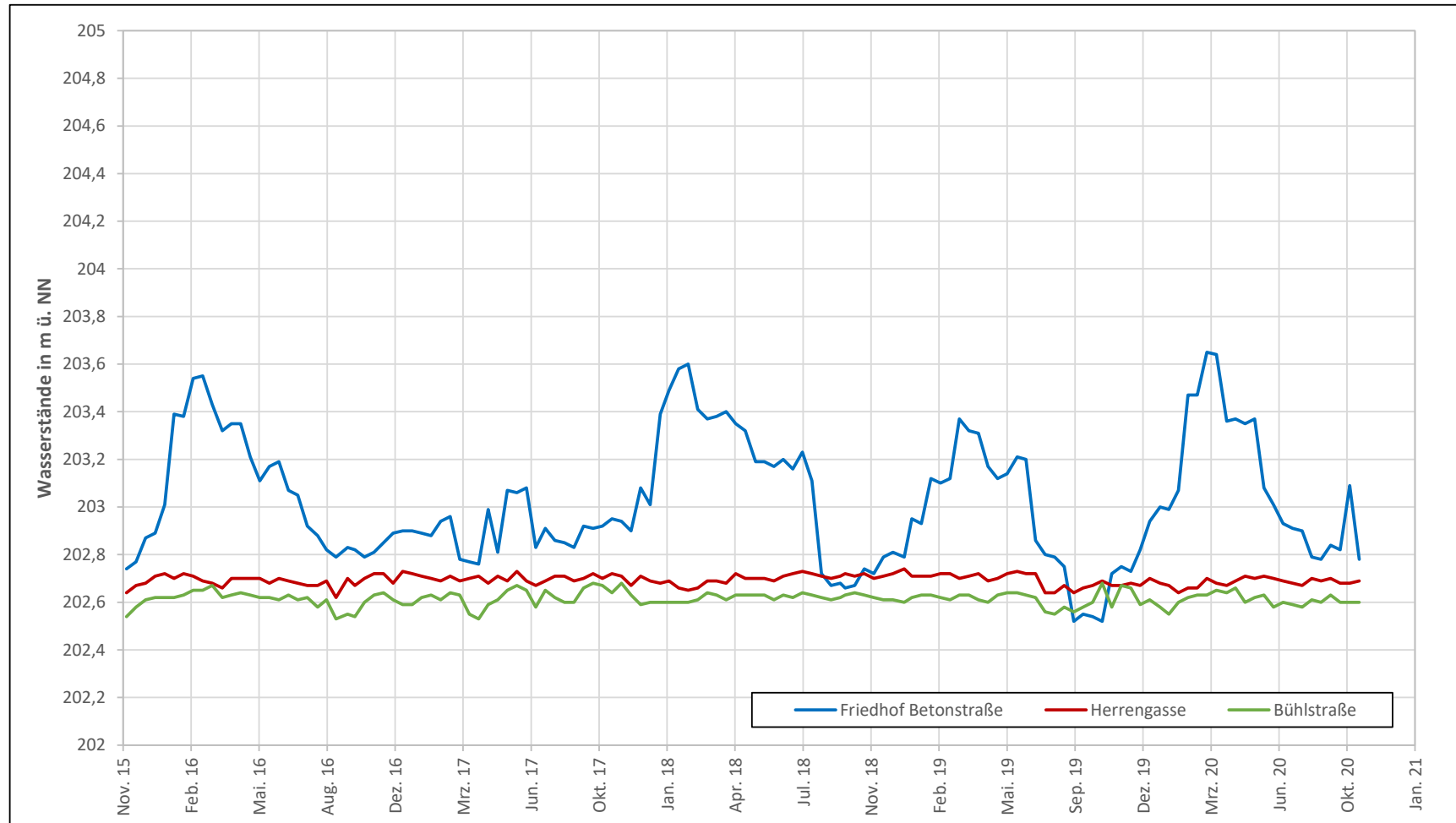


18245 - Grafenrheinfeld, Wasserstände





18245 - Grafenrheinfeld, Wasserstände



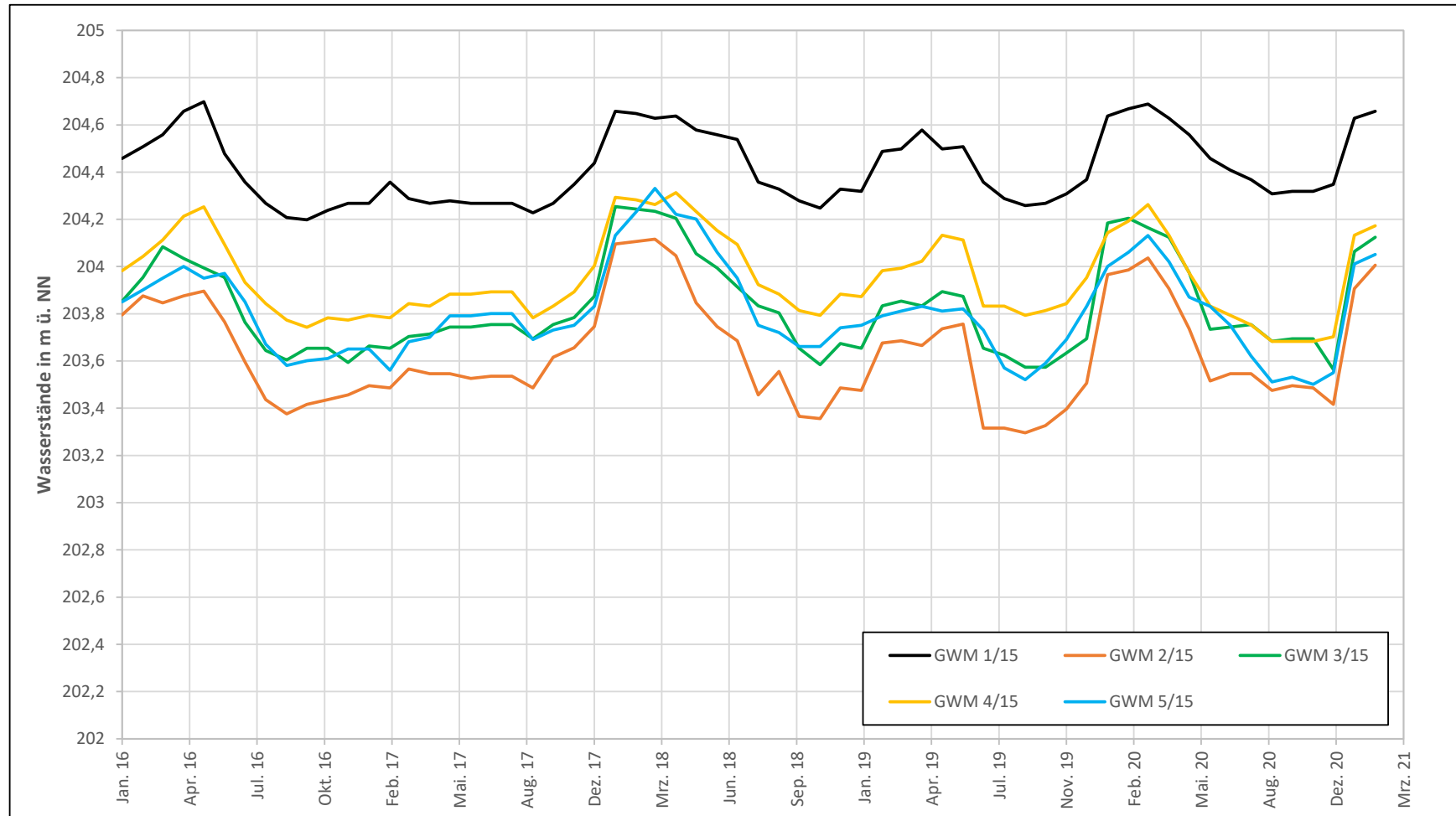


Anlage 6.2

Wasserstände der GWMs 2015



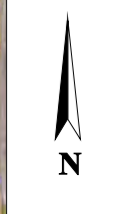
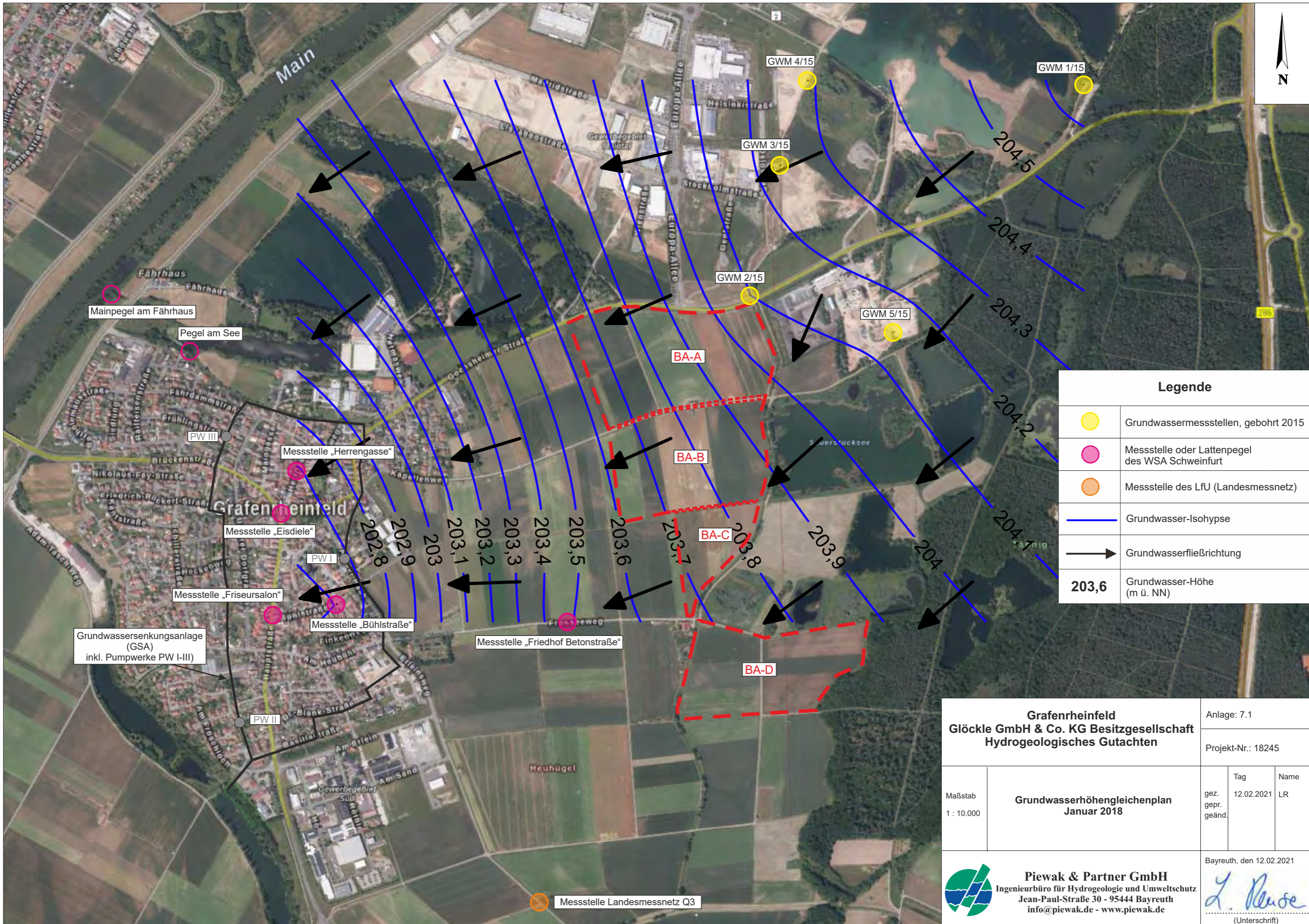
18245 - Grafenrheinfeld, Wasserstände





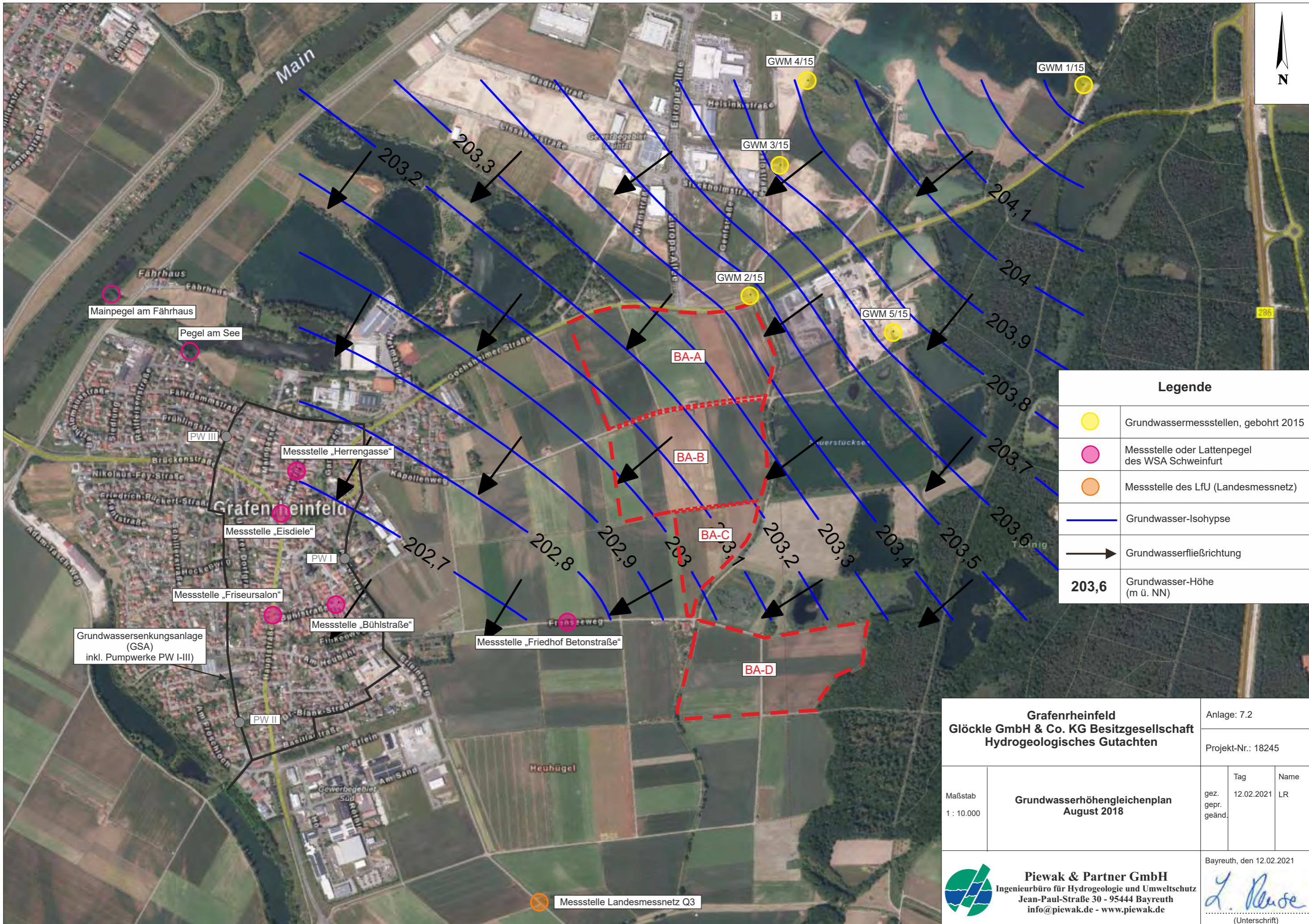
Anlage 7

Grundwasserhöhengleichenpläne



| Legende | |
|--------------|---|
| | Grundwassermessstellen, gebohrt 2015 |
| | Messstelle oder Lattenpegel des WSA Schweinfurt |
| | Messstelle des LfU (Landesmessnetz) |
| | Grundwasser-Isohypse |
| | Grundwasserfließrichtung |
| 203,6 | Grundwasser-Höhe (m ü. NN) |

| | | | |
|--|---|--|------------|
| Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 7.1 | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | |
| Maßstab 1 : 10.000 | Grundwasserhöhengleichenplan Januar 2018 | gez. | Tag |
| | | gepr. | 12.02.2021 |
| | | geänd. | Name |
| | | | LR |
| Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth info@piewak.de - www.piewak.de | | Bayreuth, den 12.02.2021 (Unterschrift) | |



| Legende | |
|--------------|---|
| | Grundwassermessstellen, gebohrt 2015 |
| | Messstelle oder Lattenpegel des WSA Schweinfurt |
| | Messstelle des LfU (Landesmessnetz) |
| | Grundwasser-Isohypse |
| | Grundwasserfließrichtung |
| 203,6 | Grundwasser-Höhe (m ü. NN) |

| | | | | |
|--|---|--|------------|------|
| Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 7.2 | | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | | |
| Maßstab 1 : 10.000 | Grundwasserhöhengleichenplan August 2018 | gez. | Tag | Name |
| | | gepr. | 12.02.2021 | LR |
| | | geänd. | | |
| Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth info@piewak.de - www.piewak.de | | Bayreuth, den 12.02.2021 (Unterschrift) | | |

Mainpegel am Fährhaus

Pegel am See

Messstelle „Herrengasse“

Messstelle „Eisdiele“

Messstelle „Friseursalon“

Messstelle „Bühlstraße“

Messstelle „Friedhof Betonstraße“

Grundwassersenkungsanlage (GSA) inkl. Pumpwerke PW I-III

Messstelle Landesmessnetz Q3

BA-A

BA-B

BA-C

BA-D

GWM 4/15

GWM 1/15

GWM 3/15

GWM 2/15

GWM 5/15

203,2

203,3

204,1

204

203,9

203,8

203,7

203,6

202,7

202,8

202,9

203,1

203,2

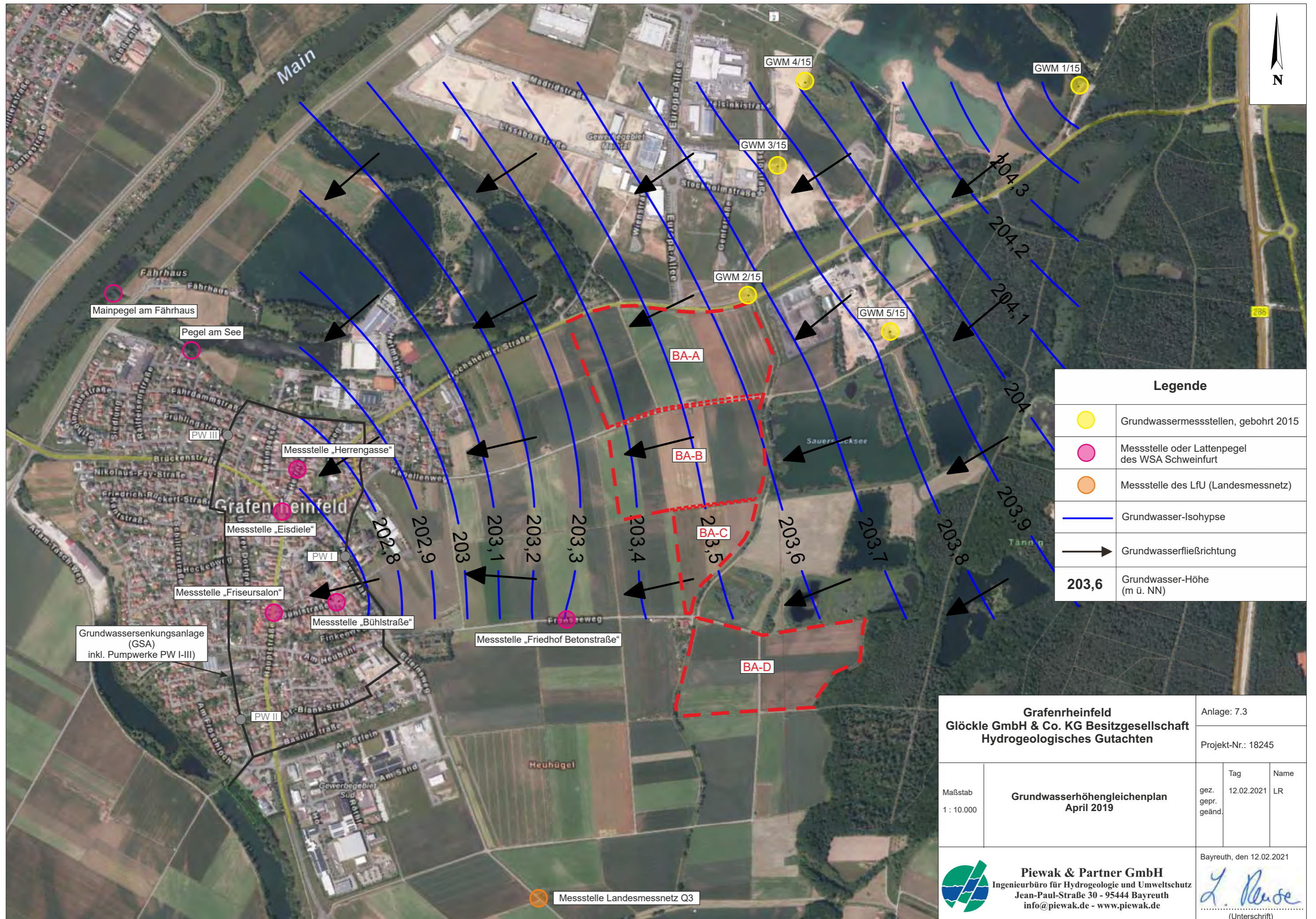
203,3

203,4

203,5

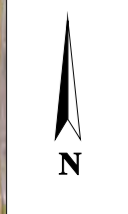
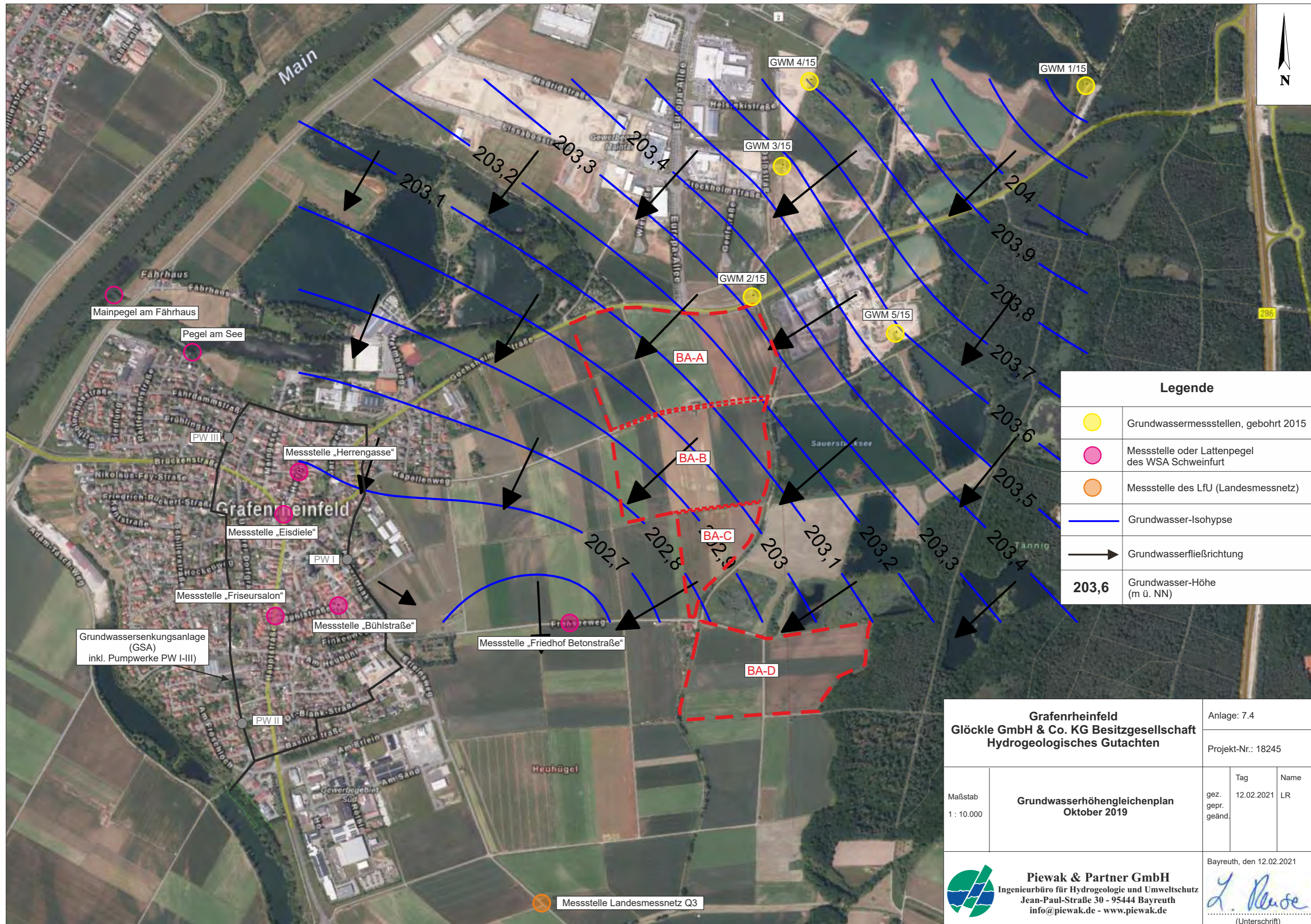
203,6

Heuhügel



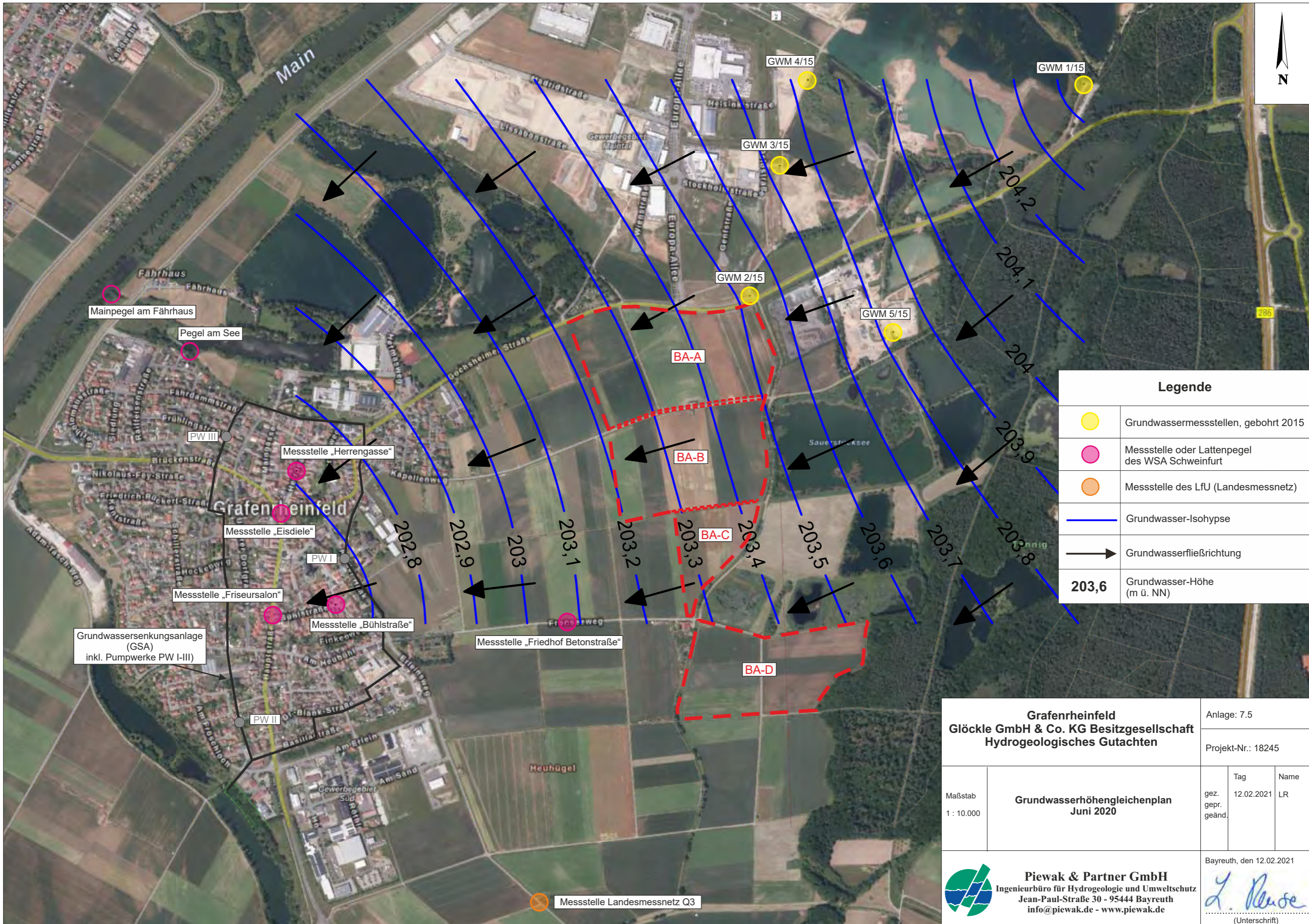
| Legende | |
|--------------|---|
| | Grundwassermessstellen, gebohrt 2015 |
| | Messstelle oder Lattenpegel des WSA Schweinfurt |
| | Messstelle des LfU (Landesmessnetz) |
| | Grundwasser-Isohypse |
| | Grundwasserfließrichtung |
| 203,6 | Grundwasser-Höhe (m ü. NN) |

| | | | | |
|--|--|--|------------|------|
| Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 7.3 | | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | | |
| Maßstab 1 : 10.000 | Grundwasserhöhengleichenplan April 2019 | gez. | Tag | Name |
| | | gepr. | 12.02.2021 | LR |
| | | geänd. | | |
| Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth info@piewak.de - www.piewak.de | | Bayreuth, den 12.02.2021 (Unterschrift) | | |



| Legende | |
|--------------|---|
| | Grundwassermessstellen, gebohrt 2015 |
| | Messstelle oder Lattenpegel des WSA Schweinfurt |
| | Messstelle des LfU (Landesmessnetz) |
| | Grundwasser-Isohypse |
| | Grundwasserfließrichtung |
| 203,6 | Grundwasser-Höhe (m ü. NN) |

| | | | | |
|--|--|--|------------|------|
| Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 7.4 | | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | | |
| Maßstab 1 : 10.000 | Grundwasserhöhengleichenplan Oktober 2019 | gez. | Tag | Name |
| | | gepr. | 12.02.2021 | LR |
| | | geänd. | | |
| Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth info@piewak.de - www.piewak.de | | Bayreuth, den 12.02.2021 (Unterschrift) | | |



| Legende | |
|--------------|---|
| | Grundwassermessstellen, gebohrt 2015 |
| | Messstelle oder Lattenpegel des WSA Schweinfurt |
| | Messstelle des LfU (Landesmessnetz) |
| | Grundwasser-Isohypse |
| | Grundwasserfließrichtung |
| 203,6 | Grundwasser-Höhe (m ü. NN) |

| | | | | |
|--|---|--------------------------|------------|------|
| Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 7.5 | | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | | |
| Maßstab 1 : 10.000 | Grundwasserhöhengleichenplan Juni 2020 | gez. | Tag | Name |
| | | gepr. | 12.02.2021 | LR |
| | | geänd. | | |
| | | Bayreuth, den 12.02.2021 | | |
| Piewak & Partner GmbH Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth info@piewak.de - www.piewak.de | | (Unterschrift) | | |
| | | | | |

Messstelle Landesmessnetz Q3



Anlage 8

Auswertungen der Sickerversuche



Felddatenblatt - Sickertest

| | | | |
|-----------------------------------|--|------------------------|-------------------|
| Anlage | 8.1 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 | Rechtswert: 32U 587610 | Hochwert: 5541143 |
| Bezeichnung | Schurf 2 | | |

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 4,50 | Breite (m): | 2,20 | Tiefe (m): | 0,60 |
| Fläche (qm): | 9,90 | | | | |

Versickerungsprofil: siehe in Anlage Schichtenprofil
Bemerkung: Setzungsdauer 15 min

Sickertest

| | |
|---|-----------|
| Beginn der Messung | 10:33 Uhr |
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,4 m |

| Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle | Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle |
|---------|-------------------------------|---------|-------------------------------|
| 10:12 | 0,400 | | |
| 10:17 | 0,240 | | |
| 10:22 | 0,110 | | |
| 10:27 | 0,000 | | |
| | Wiederauffüllen | | |
| 10:33 | 0,400 | | |
| 10:38 | 0,260 | | |
| 10:43 | 0,130 | | |
| 10:48 | 0,010 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Unterschrift

**Formblatt für Sickertest**

| | | | |
|-----------------------------------|--|--------------------|--|
| Anlage | 8.1 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 | | |
| Bezeichnung | Schurf 2 | | |
| Ort | Grafenrheinfeld | Flur-Nr.: | |
| Stadt/Gemeinde | Grafenrheinfeld | Eigentümer: | |
| Landkreis | Schweinfurt | | |

Lage der Schürfgrube im Grundstück: siehe Lageplan

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 4,50 | Breite (m): | 2,20 | Tiefe (m): | 0,60 |
| Fläche (qm): | 9,90 | | | | |

Angetroffene Schichten: siehe in Anlage Schichtenprofil**Versickerungshorizont:****Sickertest**

Sättigungsdauer des Untergrundes vor Beginn der Messung: 15 min

| | |
|---------------------|---------------|
| Beginn der Messung | 10:33 Uhr |
| Ende der Messung | 10:48 Uhr |
| Messzeitraum | 15 min |

| | |
|--|---------|
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,400 m |
|--|---------|

| | |
|--|---------|
| Wasserstand am Ende der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,010 m |
|--|---------|

| | |
|-------------------------|---------------|
| Absenkungsbetrag | 0,39 m |
|-------------------------|---------------|

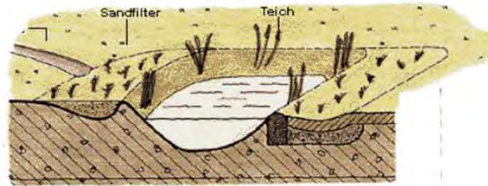
| | |
|---|---------------|
| Absenkzeit in m je 15 min | 0,3900 |
| Absenkzeit in cm je 15 min | 39,00 |
| spezifische Absenkzeit in min/cm | 0,38 |

Wertung des Ergebnisses siehe Anlage "Berechnung der Sickerrate"**Unterschrift**



Berechnung der Sickerrate aus einem Sickertest

nach DWA-Arbeitsblatt A 138



| | |
|-----------------------------------|--|
| Anlage | 8.1 |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft |
| Projekt-Nr.: | 18245 |
| Bearbeiter | L. Reusen |
| Sickertest-Daten | siehe Anlage (Formblatt für Sickertest) |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 |
| Bezeichnung | Schurf 2 |

Hydraulisches Gefälle I

| | |
|---|-------|
| ls (Abstand Schurfsohle-GW-Spiegel, in m) | 0,6 |
| z (Höhe Wasserspiegel im Schurf, in m) | 0,400 |

$$I = \frac{ls + z}{ls + 0,5 \cdot z}$$

I **1,250000**

Versickerungsrate Q

| | |
|---|--------|
| As,w (Versickerungsfläche, qm) | 9,90 |
| s (durchschnittliche Absenkung in m in 15 min) | 0,3900 |
| s (durchschnittliche Absenkung in cm in 15 min) | 39,00 |

$$Q = A_{s,w} \cdot s$$

| | |
|------------------------|-----------------|
| Q m ³ /s | 4,29E-03 |
| Q in l/s | 4,29E+00 |
| Q in m ³ /d | 3,71E+02 |
| Q in l/d | 370656 |

Filtergeschwindigkeit v_{f,u}

4,33E-04 m/s

$$v_{f,u} = \frac{Q}{A_{s,w}}$$

Wasserdurchlässigkeitswert k_{f,u} der ungesättigten Zone

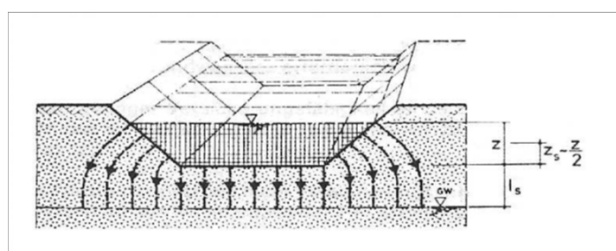
3,47E-04 m/s

$$k_{f,u} = \frac{v_{f,u}}{I}$$

Wasserdurchlässigkeitswert k_f der gesättigten Zone

6,93E-04 m/s

$$k_f = 2 \cdot k_{f,u}$$



Darstellung der Parameter ls und z nach DWA A138



Felddatenblatt - Sickertest

| | | | |
|-----------------------------------|--|------------------------|-------------------|
| Anlage | 8.2 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 | Rechtswert: 32U 587604 | Hochwert: 5541109 |
| Bezeichnung | Schurf 3 | | |

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|-------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 4,50 | Breite (m): | 2,50 | Tiefe (m): | 1,90 |
| Fläche (qm): | 11,25 | | | | |

Versickerungsprofil: siehe in Anlage Schichtenprofil
Bemerkung: Setzungsdauer 15 min

Sickertest

| | |
|--|-----------|
| Beginn der Messung | 11:00 Uhr |
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,185 m |

| Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle | Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle |
|---------|-------------------------------|---------|-------------------------------|
| 11:00 | 0,185 | | |
| 11:05 | 0,315 | | |
| 11:10 | 0,400 | | |
| 11:15 | 0,460 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Unterschrift *L. Reuse*

**Formblatt für Sickertest**

| | | | |
|-----------------------------------|--|--------------------|--|
| Anlage | 8.2 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 | | |
| Bezeichnung | Schurf 3 | | |
| Ort | Grafenrheinfeld | Flur-Nr.: | |
| Stadt/Gemeinde | Grafenrheinfeld | Eigentümer: | |
| Landkreis | Schweinfurt | | |

Lage der Schürfgrube im Grundstück: siehe Lageplan

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|-------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 4,50 | Breite (m): | 2,50 | Tiefe (m): | 1,90 |
| Fläche (qm): | 11,25 | | | | |

Angetroffene Schichten: siehe in Anlage Schichtenprofil**Versickerungshorizont:****Sickertest**

Sättigungsdauer des Untergrundes vor Beginn der Messung:

| | |
|---------------------|---------------|
| Beginn der Messung | 11:00 Uhr |
| Ende der Messung | 11:15 Uhr |
| Messzeitraum | 15 min |

| | |
|---|---------|
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,185 m |
|---|---------|

| | |
|---|---------|
| Wasserstand am Ende der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,460 m |
|---|---------|

| | |
|-----------------------|----------------|
| Anstiegsbetrag | 0,275 m |
|-----------------------|----------------|

| | |
|--|---------------|
| Anstiegzeit in m je 15 min | 0,2750 |
| Anstiegzeit in cm je 15 min | 27,50 |
| spezifische Anstiegzeit in min/cm | 0,55 |

**Wertung des
Ergebnisses** siehe Anlage "Berechnung der Sickerrate"**Unterschrift**



Felddatenblatt - Sickertest

| | | | |
|-----------------------------------|--|------------------------|-------------------|
| Anlage | 8.3 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 | Rechtswert: 32U 587574 | Hochwert: 5540993 |
| Bezeichnung | Schurf 4 | | |

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 5,00 | Breite (m): | 1,50 | Tiefe (m): | 1,10 |
| Fläche (qm): | 7,50 | | | | |

Versickerungsprofil: siehe in Anlage Schichtenprofil
Bemerkung: Setzungsdauer 15 min

Sickertest

| | |
|---|-----------|
| Beginn der Messung | 10:05 Uhr |
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,550 m |

| Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle | Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle |
|---------|-------------------------------|---------|-------------------------------|
| 10:05 | 0,550 | | |
| 10:15 | 0,550 | | |
| 10:45 | 0,550 | | |
| 11:30 | 0,550 | | |
| 12:15 | 0,550 | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Unterschrift *L. Reusen*

**Formblatt für Sickertest**

| | | | |
|-----------------------------------|--|--------------------|--|
| Anlage | 8.3 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 | | |
| Bezeichnung | Schurf 4 | | |
| Ort | Grafenrheinfeld | Flur-Nr.: | |
| Stadt/Gemeinde | Grafenrheinfeld | Eigentümer: | |
| Landkreis | Schweinfurt | | |

Lage der Schürfgrube im Grundstück: siehe Lageplan

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 5,00 | Breite (m): | 1,50 | Tiefe (m): | 1,10 |
| Fläche (qm): | 7,50 | | | | |

Angetroffene Schichten: siehe in Anlage Schichtenprofil**Versickerungshorizont:****Sickertest**

Sättigungsdauer des Untergrundes vor Beginn der Messung: 15 min

| | |
|---------------------|----------------|
| Beginn der Messung | 10:05 Uhr |
| Ende der Messung | 12:15 Uhr |
| Messzeitraum | 130 min |

| | |
|--|---------|
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,550 m |
|--|---------|

| | |
|--|---------|
| Wasserstand am Ende der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,550 m |
|--|---------|

| | |
|-------------------------|------------|
| Absenkungsbetrag | 0 m |
|-------------------------|------------|

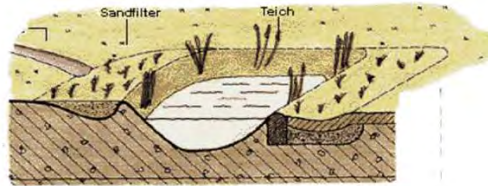
| | |
|--|---------------|
| Absenkezeit in m je 15 min | 0,0000 |
| Absenkezeit in cm je 15 min | 0,00 |
| spezifische Absenkezeit in min/cm | 0,00 |

Wertung des Ergebnisses siehe Anlage "Berechnung der Sickerrate"**Unterschrift**



Berechnung der Sickerrate aus einem Sickertest

nach DWA-Arbeitsblatt A 138



| | |
|-----------------------------------|--|
| Anlage | 8.3 |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft |
| Projekt-Nr.: | 18245 |
| Bearbeiter | L. Reusen |
| Sickertest-Daten | siehe Anlage (Formblatt für Sickertest) |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 |
| Bezeichnung | Schurf 4 |

Hydraulisches Gefälle I

| | |
|---|-------|
| l _s (Abstand Schurfsohle-GW-Spiegel, in m) | 0,6 |
| z (Höhe Wasserspiegel im Schurf, in m) | 0,400 |

$$I = \frac{l_s + z}{l_s + 0,5 \cdot z}$$

I **1,250000**

Versickerungsrate Q

| | |
|---|--------|
| A _{s,w} (Versickerungsfläche, qm) | 7,50 |
| s (durchschnittliche Absenkung in m in 15 min) | 0,0000 |
| s (durchschnittliche Absenkung in cm in 15 min) | 0,00 |

$$Q = A_{s,w} \cdot s$$

| | |
|------------------------|-----------------|
| Q m ³ /s | 0,00E+00 |
| Q in l/s | 0,00E+00 |
| Q in m ³ /d | 0,00E+00 |
| Q in l/d | 0 |

Filtergeschwindigkeit v_{f,u}

0,00E+00 m/s

$$v_{f,u} = \frac{Q}{A_{s,w}}$$

Wasserdurchlässigkeitswert k_{f,u} der ungesättigten Zone

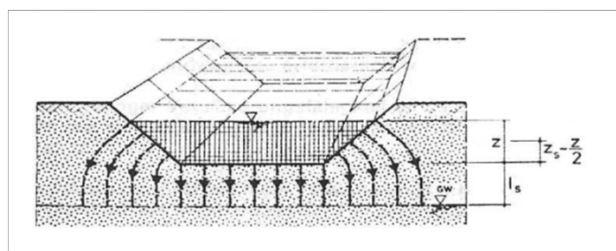
0,00E+00 m/s

$$k_{f,u} = \frac{v_{f,u}}{I}$$

Wasserdurchlässigkeitswert k_f der gesättigten Zone

0,00E+00 m/s

$$k_f = 2 \cdot k_{f,u}$$



Darstellung der Parameter l_s und z nach DWA A138



Felddatenblatt - Sickertest

| | | | |
|-----------------------------------|--|------------------------|-------------------|
| Anlage | 8.4 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchs- durchführung | 27.01.2021 | Rechtswert: 32U 587532 | Hochwert: 5541013 |
| Bezeichnung | Schurf 6 | | |

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 4,50 | Breite (m): | 1,50 | Tiefe (m): | 1,90 |
| Fläche (qm): | 6,75 | | | | |

Versickerungsprofil: siehe in Anlage Schichtenprofil
Bemerkung: Setzungsdauer 15 min

Sickertest

| | |
|---|-----------|
| Beginn der Messung | 11:00 Uhr |
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,000 m |

| Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle | Uhrzeit | Wasserstand [m] bez. Sohle |
|---------|-------------------------------|---------|-------------------------------|
| 11:00 | 0,000 | | |
| 11:15 | 0,037 | | |
| 11:25 | Schurf eingebrochen | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Unterschrift 

**Formblatt für Sickertest**

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------------|--|
| Anlage | 8.4 | | |
| Projekt | Grafenrheinfeld: Hydrogeologisches Gutachten Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft | | |
| Projekt-Nr.: | 18245 | | |
| Bearbeiter | L. Reusen | | |
| Versuchsdurchführung | 27.01.2021 | | |
| Bezeichnung | Schurf 6 | | |
| Ort | Grafenrheinfeld | Flur-Nr.: | |
| Stadt/Gemeinde | Grafenrheinfeld | Eigentümer: | |
| Landkreis | Schweinfurt | | |

Lage der Schürfgrube im Grundstück: siehe Lageplan

Schürfgrube

| | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------------|------|
| Länge (m): | 4,50 | Breite (m): | 1,50 | Tiefe (m): | 1,90 |
| Fläche (qm): | 6,75 | | | | |

Angetroffene Schichten: siehe in Anlage Schichtenprofil**Versickerungshorizont:****Sickertest**

Sättigungsdauer des Untergrundes vor Beginn der Messung:

| | |
|---------------------|---------------|
| Beginn der Messung | 11:00 Uhr |
| Ende der Messung | 11:15 Uhr |
| Messzeitraum | 15 min |

| | |
|--|---------|
| Wasserstand zu Beginn der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,000 m |
|--|---------|

| | |
|--|---------|
| Wasserstand am Ende der Messung (bez. Schurfsohle) | 0,037 m |
|--|---------|

| | |
|-----------------------|----------------|
| Anstiegsbetrag | 0,037 m |
|-----------------------|----------------|

| | |
|--|---------------|
| Anstiegzeit in m je 15 min | 0,0370 |
| Anstiegzeit in cm je 15 min | 3,70 |
| spezifische Anstiegzeit in min/cm | 4,05 |

Wertung des Ergebnisses siehe Anlage "Berechnung der Sickerrate"**Unterschrift**



Anlage 9

Prüfbericht der bodenphysikalischen Laborversuche



**GARTISER
GERMANN
& PIEWAK**
INGENIEURBÜRO FÜR
GEOTECHNIK UND UMWELT GMBH

Gartiser, Germann & Piewak GmbH • Schützenstr. 5 • 96047 Bamberg

Piewak & Partner GmbH
Jean-Paul-Straße 30
95444 Bayreuth

Schützenstraße 5
96047 Bamberg
☎ 0951 302069-0
✉ 0951 302069-20
info@geologie-franken.de
www.geologie-franken.de
Geschäftsführer
Dipl.-Geol. Andreas Gartiser
Dipl.-Geol. Christoph Germann
HRB Bamberg 2516
Bankverbindung
Sparkasse Bamberg, IBAN:
DE77 7705 0000 0000 0916 11
BIC: BYLADEM1SKB

| | | | |
|--|---|---------------------|---------------------|
| Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom 18245 | Unser Zeichen 164974-CM_Prüfbericht.docx | Bearbeiter se/ni | Datum 12.04.2021 |
|--|---|---------------------|---------------------|

Prüfbericht

Projekt: 18245 – Grafenrheinfeld Hydrogeologisches Gutachten

Projekt-Nr.: 18245

Beauftragung: 19.03.2021

Prüfungs-Nr.: (intern) 164974-CM

Probeneingang: 19.03.2021

Probenahme: 15.03.2021

**Probenehmer/
Projektleitung:** L. Reusen/S. Zorn

Bearbeiter: S. Sendag, N. Struharik

Zeichen: se/ni

Unterschrift:

Anlagen: Körnungslinie P B 1/21 a
Siebprotokoll P B 1/21 a
Körnungslinie P B 2/21 b
Siebprotokoll P B 2/21 b
Körnungslinie P B 2/21 c
Siebprotokoll P B 2/21 c
Körnungslinie P B 3/21 a
Siebprotokoll P B 3/21 a



**GARTISER
GERMANN
& PIEWAK**
INGENIEURBÜRO
FÜR GEOTECHNIK
UND UMWELT GMBH

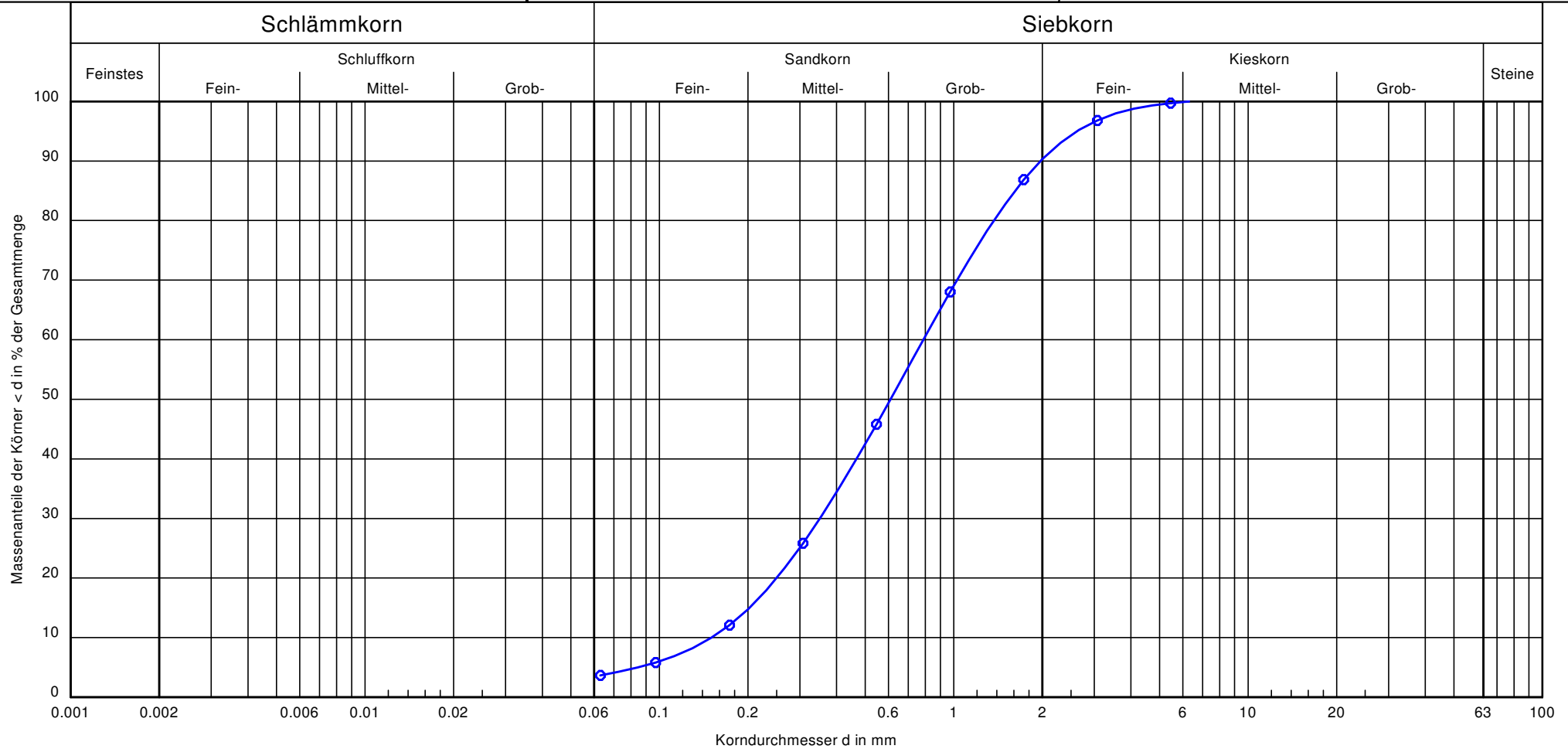
Bearbeiter: se
Datum: 18.03.2021
Unterschrift Bearbeiter:

S. Seibert

Körnungslinie

Grafenrheinfeld
Hydrogeologisches Gutachten

Prüfungsnummer: 164974
Probe entnommen am: 15.03.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4



| | |
|------------------------------|-------------|
| Bezeichnung/ Entnahmestelle: | P B 1/21 a |
| Tiefe: | 4,5 - 7,5 m |
| Bodenart: | |
| Bodengruppe: | SE |
| k [m/s] (Hazen): | - |
| U/Cc | 5.2/1.0 |

Bemerkungen:

Bericht:
18245
Anlage:



Körnungslinie

Grafenrheinfeld

Hydrogeologisches Gutachten

Bearbeiter: se

Datum: 18.03.2021

Prüfungsnummer: 164974

Probe entnommen am: 15.03.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4

Bezeichnung/ Entnahmestelle: P B 1/21 a
Tiefe: 4,5 - 7,5 m
Bodenart:
Bodengruppe: SE
k [m/s] (Hazen): -
U/Cc 5.2/1.0
d10/d30/d60 [mm]: 0.150 / 0.351 / 0.788
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 455.40

Siebanalyse

| Korngröße [mm] | Rückstand [g] | Rückstand [%] | Siebdurch- gänge [%] |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 6.3 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2.0 | 9.78 | 2.15 | 97.85 |
| 0.63 | 215.54 | 47.45 | 50.40 |
| 0.2 | 189.84 | 41.79 | 8.60 |
| 0.063 | 22.58 | 4.97 | 3.63 |
| Schale | 16.50 | 3.63 | - |
| Summe | 454.24 | | |
| Siebverlust | 1.16 | | |



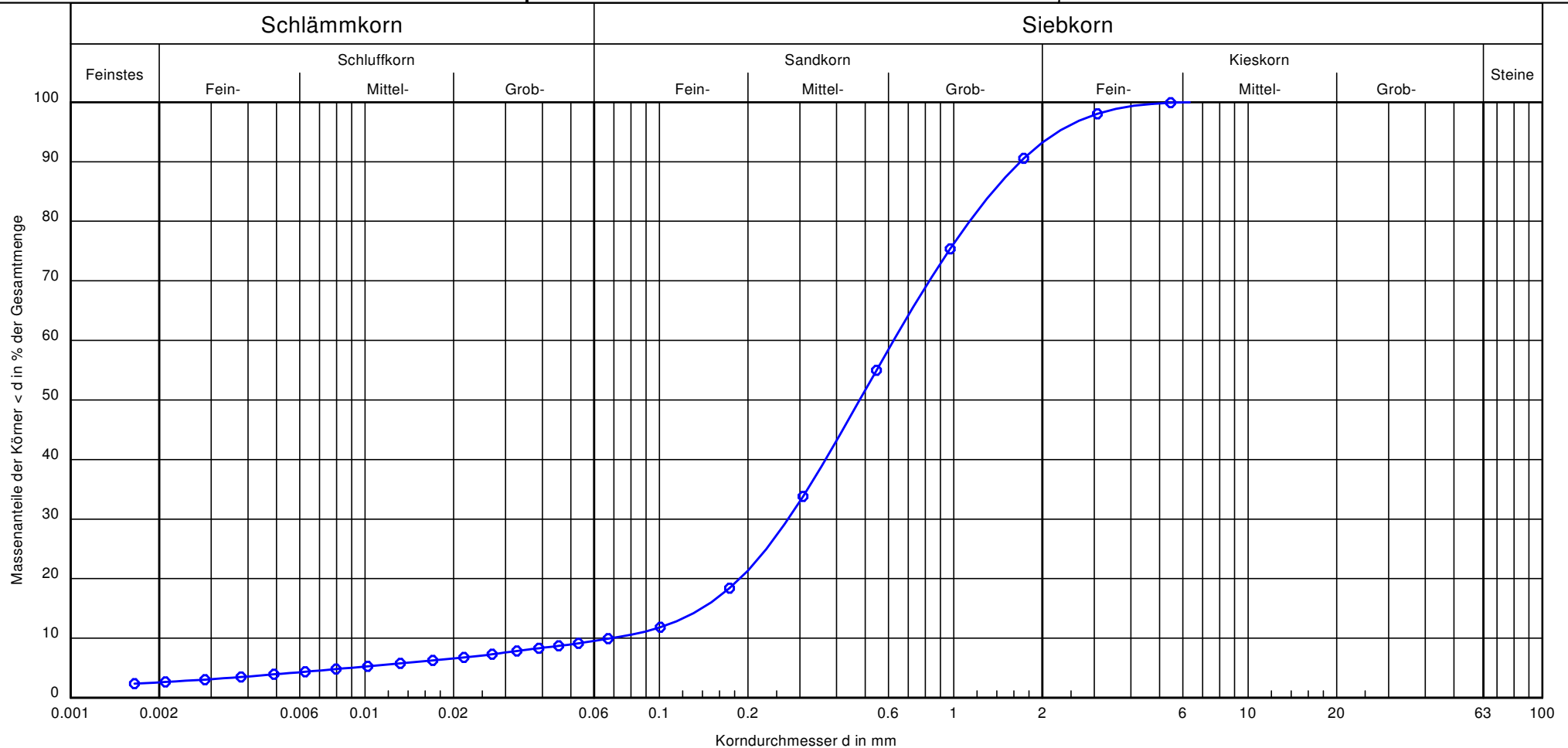
**GARTISER
GERMANN
& PIEWAK**
INGENIEURBÜRO
FÜR GEOTECHNIK
UND UMWELT GMBH

Bearbeiter: ni
Datum: 01.04.2021
Unterschrift Bearbeiter:

Körnungslinie

Grabenrheinfeld
Hydrogeologisches Gutachten

Prüfungsnummer: 164974
Probe entnommen am: 15.03.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4



| | | | |
|------------------------------|---------------------|--------------|------------------------------|
| Bezeichnung/ Entnahmestelle: | P B 2/21 b | Bemerkungen: | Bericht: 18245 Anlage: |
| Tiefe: | 2,7 - 5,3 m | | |
| Bodenart: | fgrSa | | |
| Bodengruppe: | SU | | |
| k [m/s] (Hazen): | $3.7 \cdot 10^{-5}$ | | |
| U/Cc | 9.1/1.8 | | |



Körnungslinie

Grafenrheinfeld

Hydrogeologisches Gutachten

Bearbeiter: ni

Datum: 01.04.2021

Prüfungsnummer: 164974

Probe entnommen am: 15.03.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4

Bezeichnung/ Entnahmestelle: P B 2/21 b
Tiefe: 2,7 - 5,3 m
Bodenart: fgrSa
Bodengruppe: SU
k [m/s] (Hazen): 3.741E-5
U/Cc 9.1/1.8
d10/d30/d60 [mm]: 0.068 / 0.273 / 0.624
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 504.00
Schlammanalyse:
Trockenmasse [g]: 43.50
Korndichte [g/cm³]: 2.650
Aräometer:
Bezeichnung: DIN-Aräometer
Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55
Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27
Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00
Länge der Skala [cm]: 14.50
Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50
Meniskuskorrektur C_m: 0.00

Siebanalyse

| Korngröße [mm] | Rückstand [g] | Rückstand [%] | Siebdurch- gänge [%] |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 6.3 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2.0 | 3.80 | 0.76 | 99.24 |
| 0.63 | 185.40 | 36.99 | 62.25 |
| 0.2 | 241.60 | 48.20 | 14.05 |
| 0.063 | 22.10 | 4.41 | 9.64 |
| Schale | 48.30 | 9.64 | - |
| Summe | 501.20 | | |
| Siebverlust | 2.80 | | |

Schlammanalyse

| Zeit [h] | Zeit [min] | R' [g] | R = R' + C _m [g] | Korngröße [mm] | T [°C] | C _T [g] | R + C _T [g] | Durchgang [%] |
|-------------|---------------|-----------|--------------------------------|-------------------|-----------|-----------------------|---------------------------|------------------|
| 0 | 0.5 | 26.50 | 26.50 | 0.0657 | 14.5 | -0.82 | 25.68 | 9.14 |
| 0 | 1 | 25.50 | 25.50 | 0.0474 | 14.5 | -0.82 | 24.68 | 8.78 |
| 0 | 2 | 23.50 | 23.50 | 0.0348 | 14.5 | -0.82 | 22.68 | 8.07 |
| 0 | 5 | 20.00 | 20.00 | 0.0234 | 14.5 | -0.82 | 19.18 | 6.82 |
| 0 | 15 | 17.50 | 17.50 | 0.0140 | 14.5 | -0.82 | 16.68 | 5.93 |
| 0 | 45 | 14.50 | 14.50 | 0.0084 | 15.0 | -0.76 | 13.74 | 4.89 |
| 2 | 0 | 12.00 | 12.00 | 0.0052 | 16.0 | -0.63 | 11.37 | 4.04 |
| 6 | 0 | 9.50 | 9.50 | 0.0031 | 15.5 | -0.70 | 8.80 | 3.13 |
| 24 | 0 | 7.50 | 7.50 | 0.0016 | 14.0 | -0.88 | 6.62 | 2.36 |



**GARTISER
GERMANN
& PIEWAK**
INGENIEURBÜRO
FÜR GEOTECHNIK
UND UMWELT GMBH

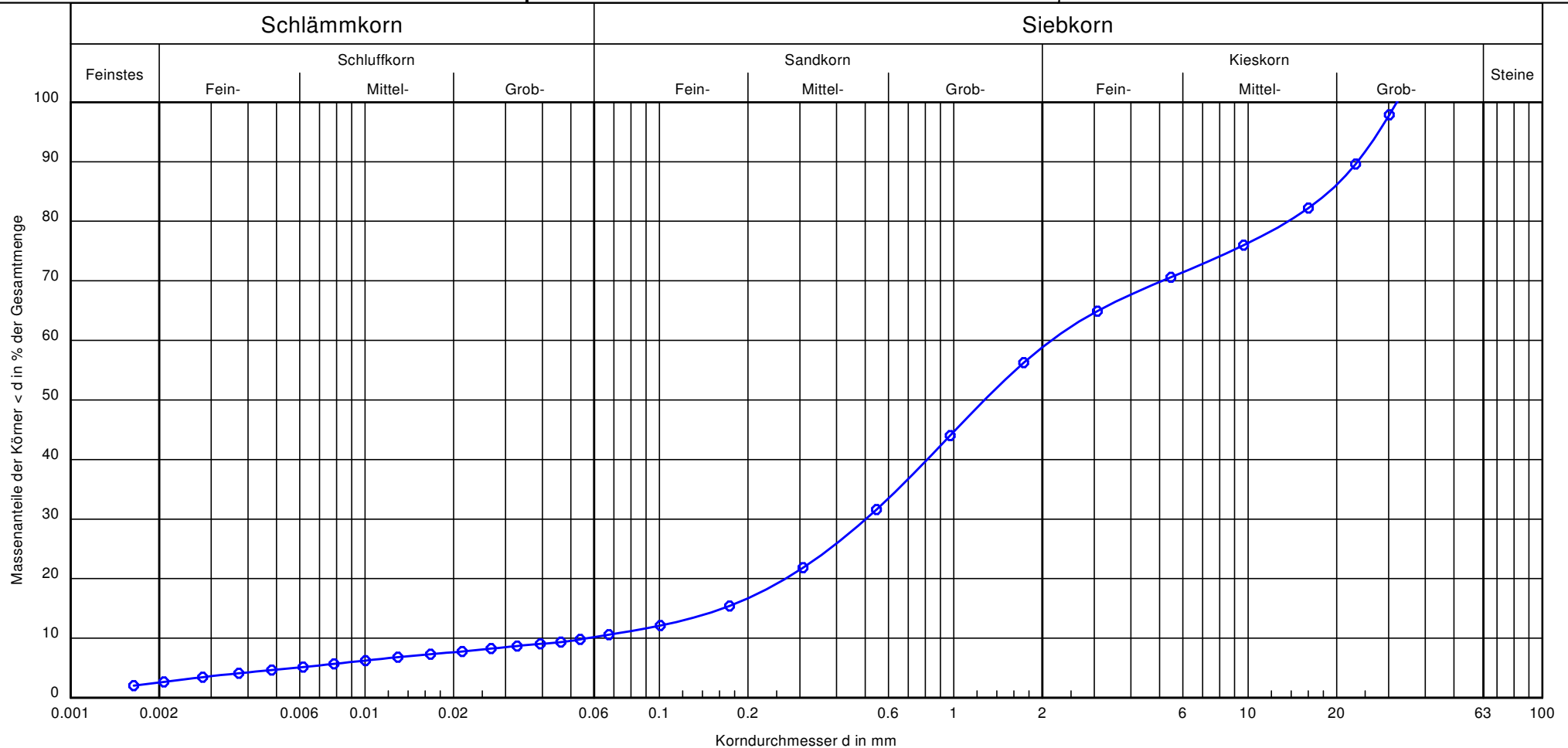
Bearbeiter: se
Datum: 18.03.2021
Unterschrift Bearbeiter:

S. Seibert

Körnungslinie

Grabenrheinfeld
Hydrogeologisches Gutachten

Prüfungsnummer: 164974
Probe entnommen am: 15.03.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4



| | | | |
|------------------------------|-------------|--------------|------------------------------|
| Bezeichnung/ Entnahmestelle: | P B 2/21 c | Bemerkungen: | Bericht: 18245 Anlage: |
| Tiefe: | 5,3 - 6,4 m | | |
| Bodenart: | fgrogrmgrSa | | |
| Bodengruppe: | GU | | |
| k [m/s] (Hazen): | - | | |
| U/Cc | 37.6/2.1 | | |



Körnungslinie

Grafenrheinfeld

Hydrogeologisches Gutachten

Bearbeiter: se

Datum: 18.03.2021

Prüfungsnummer: 164974

Probe entnommen am: 15.03.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4

Bezeichnung/ Entnahmestelle: P B 2/21 c
Tiefe: 5,3 - 6,4 m
Bodenart: fgrcgrmGrSa
Bodengruppe: GU
k [m/s] (Hazen): -
U/Cc 37.6/2.1
d10/d30/d60 [mm]: 0.057 / 0.502 / 2.147
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 2466.40
Schlammanalyse:
Trockenmasse [g]: 40.30
Korndichte [g/cm³]: 2.650
Aräometer:
Bezeichnung: DIN-Aräometer
Volumen Aräometerbirne [cm³]: 70.55
Fläche Messzylinder [cm²]: 28.27
Länge Aräometerbirne [cm]: 16.00
Länge der Skala [cm]: 14.50
Abstd. OK Birne - UK Skala [cm]: 1.50
Meniskuskorrektur C_m: 0.00

Siebanalyse

| Korngröße [mm] | Rückstand [g] | Rückstand [%] | Siebdurchgänge [%] |
|----------------|---------------|---------------|--------------------|
| 32.0 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 20.0 | 418.29 | 16.96 | 83.04 |
| 6.3 | 284.15 | 11.52 | 71.51 |
| 2.0 | 228.41 | 9.26 | 62.25 |
| 0.63 | 730.32 | 29.62 | 32.63 |
| 0.2 | 453.25 | 18.38 | 14.25 |
| 0.063 | 93.74 | 3.80 | 10.44 |
| Schale | 257.50 | 10.44 | - |
| Summe | 2465.66 | | |
| Siebverlust | 0.74 | | |

Schlammanalyse

| Zeit [h] | Zeit [min] | R' [g] | R = R' + C _m [g] | Korngröße [mm] | T [°C] | C _T [g] | R + C _T [g] | Durchgang [%] |
|----------|------------|--------|-----------------------------|----------------|--------|--------------------|------------------------|---------------|
| 0 | 0.5 | 24.00 | 24.00 | 0.0674 | 16.0 | -0.63 | 23.37 | 9.73 |
| 0 | 1 | 23.00 | 23.00 | 0.0486 | 16.0 | -0.63 | 22.37 | 9.31 |
| 0 | 2 | 22.00 | 22.00 | 0.0350 | 16.0 | -0.63 | 21.37 | 8.89 |
| 0 | 5 | 19.50 | 19.50 | 0.0231 | 16.0 | -0.63 | 18.87 | 7.85 |
| 0 | 15 | 17.50 | 17.50 | 0.0137 | 16.0 | -0.63 | 16.87 | 7.02 |
| 0 | 45 | 14.50 | 14.50 | 0.0083 | 16.0 | -0.63 | 13.87 | 5.77 |
| 2 | 0 | 12.00 | 12.00 | 0.0052 | 17.0 | -0.49 | 11.51 | 4.79 |
| 6 | 0 | 9.50 | 9.50 | 0.0031 | 17.0 | -0.49 | 9.01 | 3.75 |
| 24 | 0 | 5.50 | 5.50 | 0.0016 | 16.0 | -0.63 | 4.87 | 2.03 |



**GARTISER
GERMANN
& PIEWAK**
INGENIEURBÜRO
FÜR GEOTECHNIK
UND UMWELT GMBH

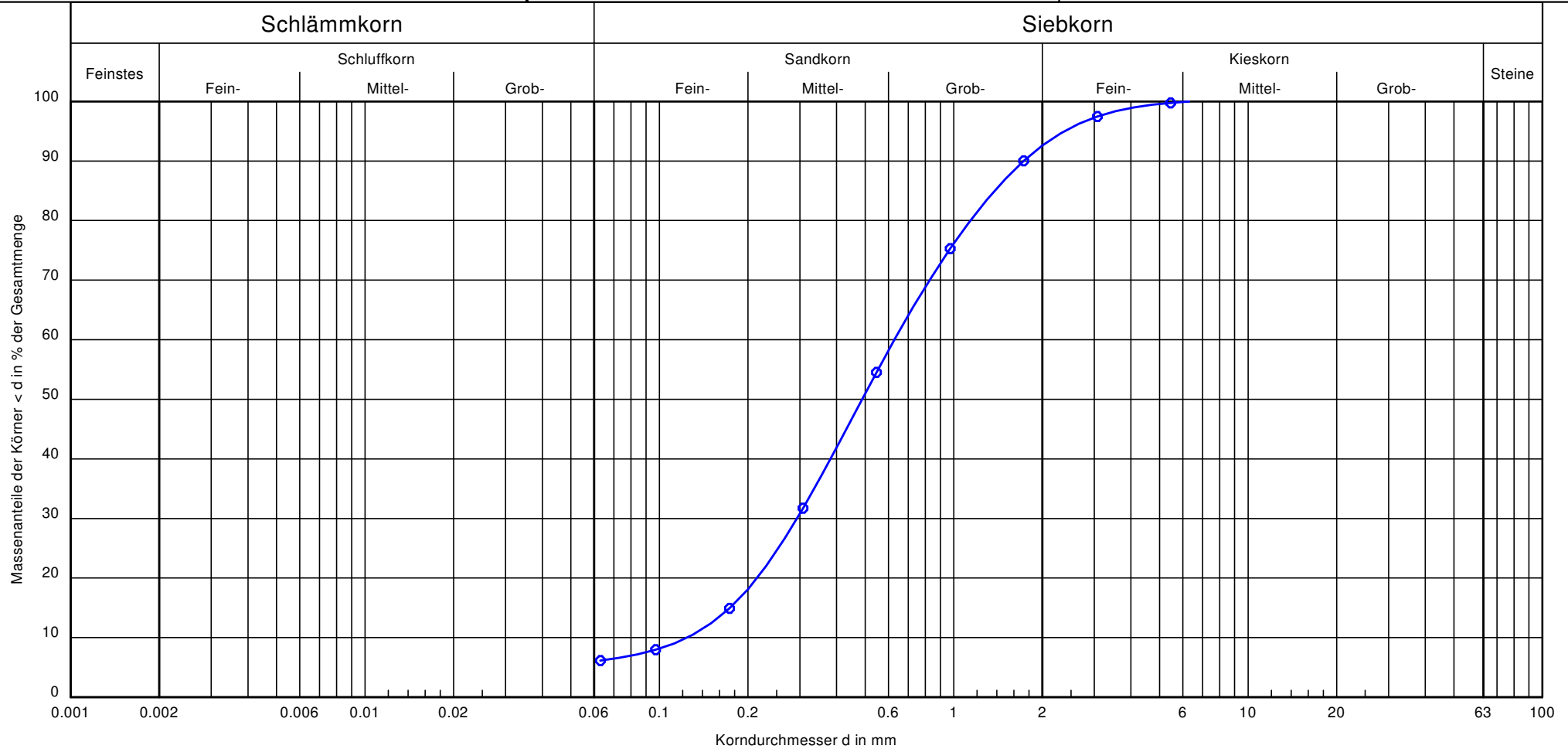
Bearbeiter: se
Datum: 18.03.2021
Unterschrift Bearbeiter:

S. Seibert

Körnungslinie

Grafenrheinfeld
Hydrogeologisches Gutachten

Prüfungsnummer: 164974
Probe entnommen am: 15.03.2021
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4



| | |
|------------------------------|-----------------|
| Bezeichnung/ Entnahmestelle: | P B 3/21 a |
| Tiefe: | 1,5 - 4,5 m |
| Bodenart: | csifgrfsacsaMSa |
| Bodengruppe: | SU |
| k [m/s] (Hazen): | - |
| U/Cc | 5.1/1.1 |

Bemerkungen:

Bericht:
18245
Anlage:



Körnungslinie

Grafenrheinfeld

Hydrogeologisches Gutachten

Bearbeiter: se

Datum: 18.03.2021

Prüfungsnummer: 164974

Probe entnommen am: 15.03.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: DIN EN ISO 17892-4

Bezeichnung/ Entnahmestelle: P B 3/21 a
Tiefe: 1,5 - 4,5 m
Bodenart: csifgrfsacsMSa
Bodengruppe: SU
k [m/s] (Hazen): -
U/Cc 5.1/1.1
d10/d30/d60 [mm]: 0.124 / 0.293 / 0.628
Siebanalyse:
Trockenmasse [g]: 507.30

Siebanalyse

| Korngröße [mm] | Rückstand [g] | Rückstand [%] | Siebdurch- gänge [%] |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------------|
| 6.3 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2.0 | 9.73 | 1.92 | 98.08 |
| 0.63 | 176.49 | 34.83 | 63.25 |
| 0.2 | 270.68 | 53.42 | 9.83 |
| 0.063 | 18.72 | 3.69 | 6.14 |
| Schale | 31.10 | 6.14 | - |
| Summe | 506.72 | | |
| Siebverlust | 0.58 | | |



Anlage 10

Berechnungen zum unterstromigen Aufbau und zur oberstromigen Absenkung bei Baggerseen



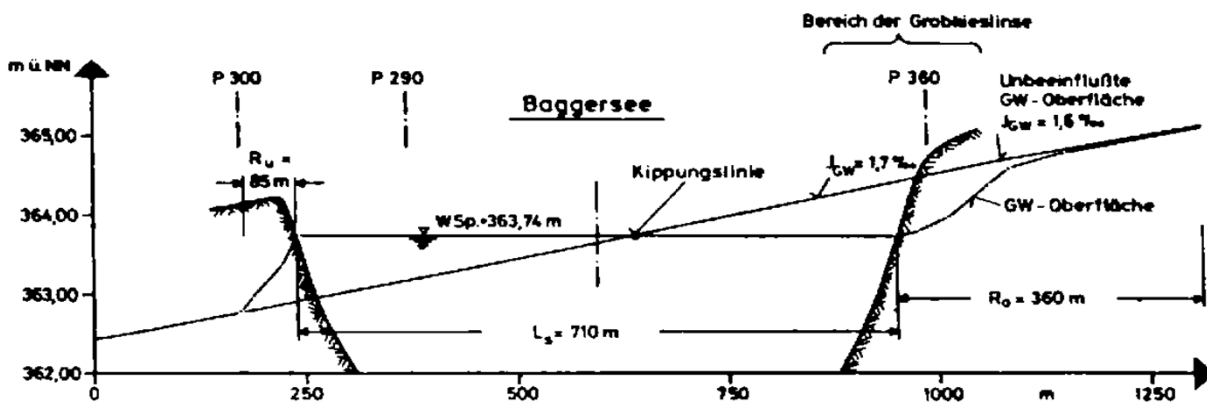
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage 10

Berechnung für den Bauabschnitt A

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, WSp. = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 260 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 3,00E-05 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

Berechnete oberstromige Absenkung:
 $H_o = 0,08 \text{ m}$

Berechnete oberstromige Reichweite:
 $R_o = 4 \text{ m}$

Berechneter unterstromiger Aufstau:
 $H_u = 0,10 \text{ m}$

Berechnete unterstromige Reichweite:
 $R_u = 2 \text{ m}$



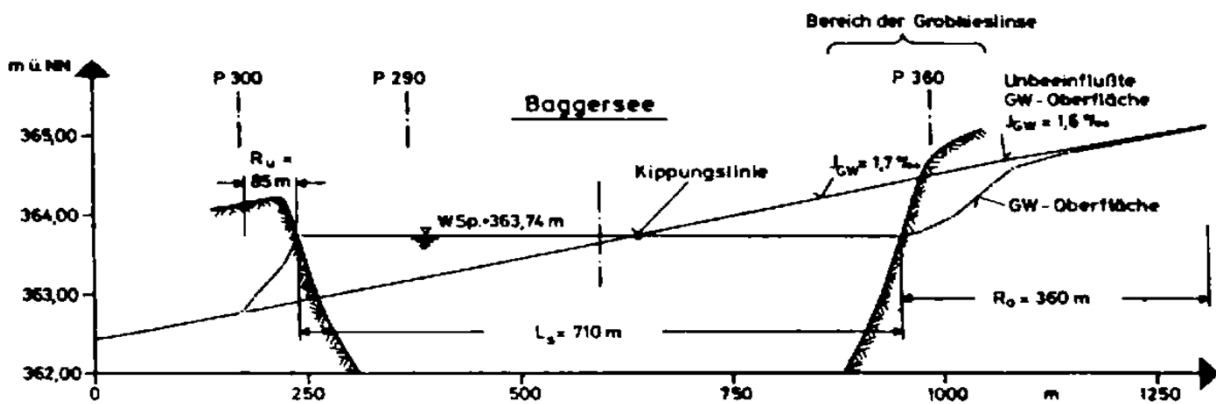
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage: 10

Berechnung für den Bauabschnitt A

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, WSp. = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 260 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 2,00E-04 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

| | | |
|---|------|---|
| Berechnete oberstromige Absenkung: | | |
| $H_o =$ | 0,08 | m |

| | | |
|--|----|---|
| Berechnete oberstromige Reichweite: | | |
| $R_o =$ | 12 | m |

| | | |
|--|------|---|
| Berechneter unterstromiger Aufstau: | | |
| $H_u =$ | 0,10 | m |

| | | |
|---|---|---|
| Berechnete unterstromige Reichweite: | | |
| $R_u =$ | 4 | m |



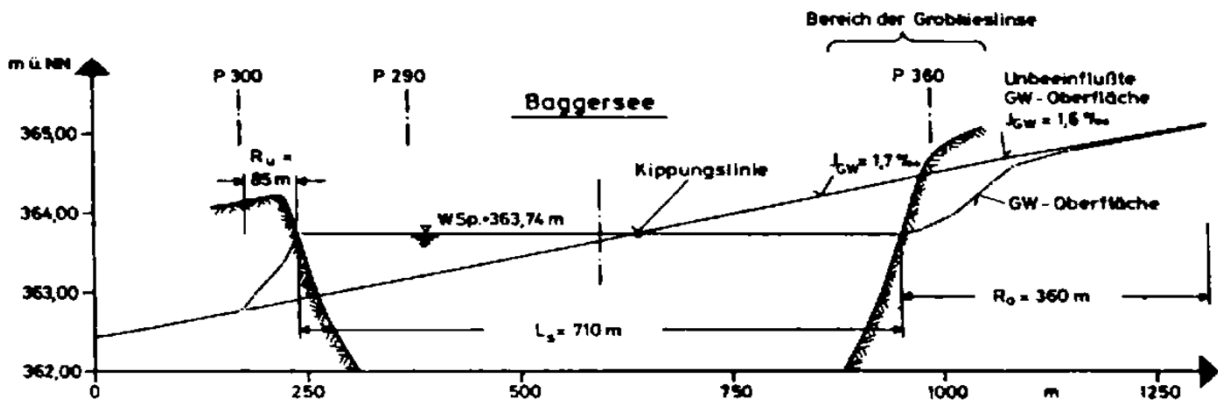
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage: 10

Berechnung für den Bauabschnitt B

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, WSp. = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 206 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 3,00E-05 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

| | | |
|---|------|---|
| Berechnete oberstromige Absenkung: | | |
| $H_o =$ | 0,06 | m |

| | | |
|--|---|---|
| Berechnete oberstromige Reichweite: | | |
| $R_o =$ | 4 | m |

| | | |
|--|------|---|
| Berechneter unterstromiger Aufstau: | | |
| $H_u =$ | 0,08 | m |

| | | |
|---|---|---|
| Berechnete unterstromige Reichweite: | | |
| $R_u =$ | 1 | m |



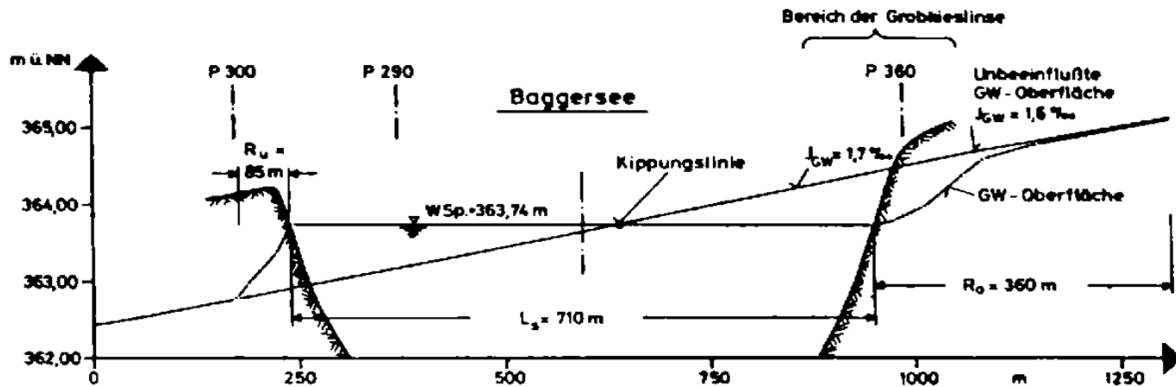
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage 10

Berechnung für den Bauabschnitt B

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, $Wsp.$ = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 206 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 2,00E-04 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

Berechnete oberstromige Absenkung:

$H_o = 0,06$ m

Berechnete oberstromige Reichweite:

$R_o = 9$ m

Berechneter unterstromiger Aufstau:

$H_u = 0,08$ m

Berechnete unterstromige Reichweite:

$R_u = 3$ m



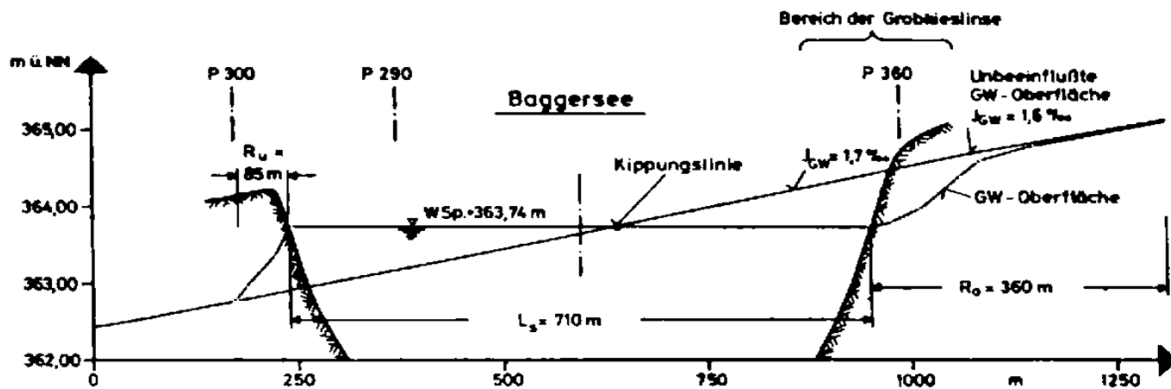
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage 10

Berechnung für den Bauabschnitt C

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, WSp. = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 380 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 3,00E-05 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

| | |
|---|--------|
| Berechnete oberstromige Absenkung: | |
| $H_o =$ | 0,12 m |

| | |
|--|-----|
| Berechnete oberstromige Reichweite: | |
| $R_o =$ | 7 m |

| | |
|--|--------|
| Berechneter unterstromiger Aufstau: | |
| $H_u =$ | 0,15 m |

| | |
|---|-----|
| Berechnete unterstromige Reichweite: | |
| $R_u =$ | 2 m |



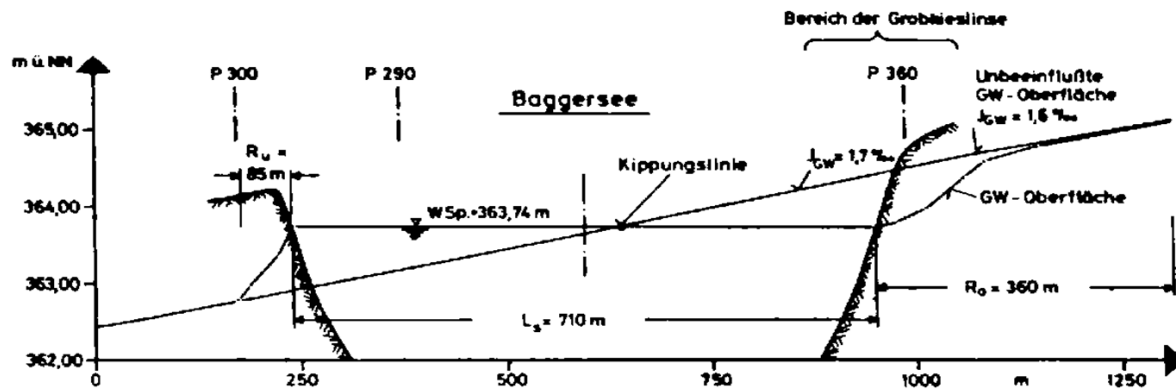
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage 10

Berechnung für den Bauabschnitt C

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, $Wsp.$ = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 380 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 2,00E-04 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

Berechnete oberstromige Absenkung:

$$H_o = 0,12 \text{ m}$$

Berechnete oberstromige Reichweite:

$$R_o = 17 \text{ m}$$

Berechneter unterstromiger Aufstau:

$$H_u = 0,15 \text{ m}$$

Berechnete unterstromige Reichweite:

$$R_u = 6 \text{ m}$$



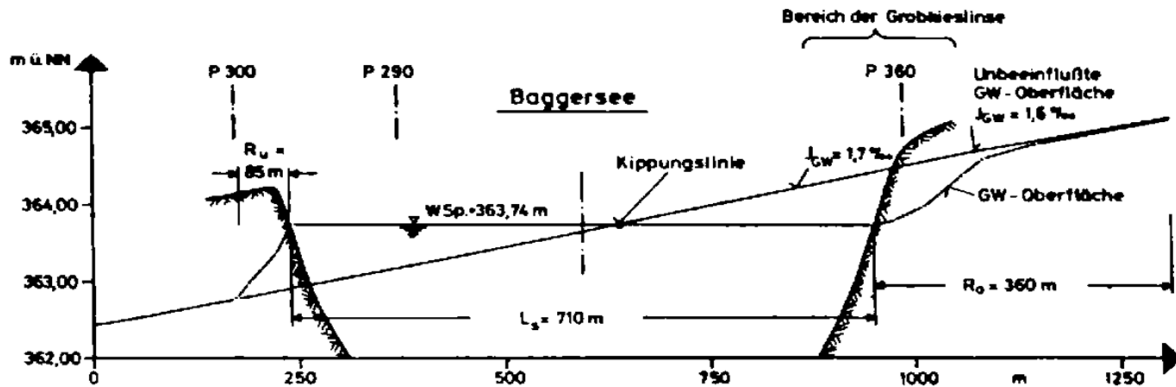
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage 10

Berechnung für den Bauabschnitt D

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, W_{Sp} = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 200 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 3,00E-05 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

Berechnete oberstromige Absenkung:

$H_o = 0,06$ m

Berechnete oberstromige Reichweite:

$R_o = 3$ m

Berechneter unterstromiger Aufstau:

$H_u = 0,08$ m

Berechnete unterstromige Reichweite:

$R_u = 1$ m



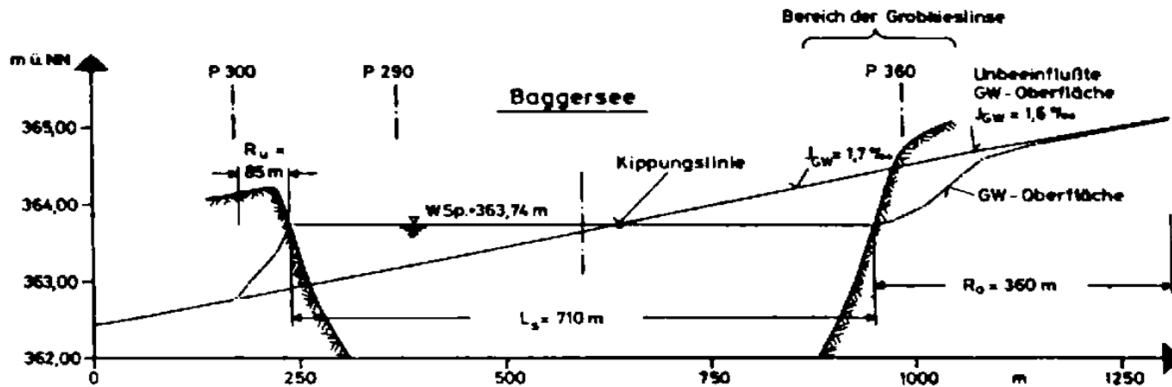
Unterstromiger Aufstau und oberstromige Absenkung des Grundwasserspiegels in Baggerseen

Projekt: Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten für den geplanten Sand- und Kiesabbau
Projekt-Nr.: 18245
Anlage 10

Berechnung für den Bauabschnitt D

Literatur: HANS SCHNEIDER (1988): Die Wassererschließung; Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis. Vulkan-Verlag, Essen.

Definition: Der unterstromige Aufstau (H_u) und die oberstromige Absenkung (H_o) hängen vom Grundwasserspiegelgefälle (J_{GW}), der Seeausdehnung (L_s) in Längsrichtung und der Verschiebung der Kippungslinie in Richtung Oberwasser ab (SCHNEIDER 1988, S. 384 - 385).



Beispiel für ein GW-Gefälleprofil durch einen Baggersee (R_o = oberstromige Reichweite, R_u = unterstromige Reichweite, W_{Sp} = Wasserspiegel)

Formeln:

Reichweite nach LÜBBE in Sanden und Kiesen

$$H_o = 0,45 \times J_{GW} \times L_s$$

Oberstromige Absenkung

$$R_o = 10000 \times H_o \times \sqrt{k_f}$$

Oberstromige Reichweite

$$H_u = 0,55 \times J_{GW} \times L_s$$

Unterstromiger Aufstau

$$R_u = 3000 \times H_u \times \sqrt{k_f}$$

Unterstromige Reichweite

Eingabe: L_s 200 Seeausdehnung in Längsrichtung in m
 J_{GW} 0,0007 Grundwasserspiegelgefälle in
 k_f 2,00E-04 Durchlässigkeitsbeiwert in m/s

Ergebnis:

| | |
|---|--------|
| Berechnete oberstromige Absenkung: | |
| $H_o =$ | 0,06 m |

| | |
|--|-----|
| Berechnete oberstromige Reichweite: | |
| $R_o =$ | 9 m |

| | |
|--|--------|
| Berechneter unterstromiger Aufstau: | |
| $H_u =$ | 0,08 m |

| | |
|---|-----|
| Berechnete unterstromige Reichweite: | |
| $R_u =$ | 3 m |



Anlage 11

Prüfbericht der chemischen Laboruntersuchungen

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Oberkonnersreutherstr. 3 D-95448 Bayreuth

Piewak & Partner GmbH
Ingenieurbüro f. Hydrogeologie
und Umweltschutz
Jean-Paul-Str. 30
95444 Bayreuth

Prüfbericht 5211860
Auftrags Nr. 5703932
Kunden Nr. 5280600

Frau Tanja Mayr-Kießling
Telefon +49 921/53049-34
Fax +49 921/53049-35
TANJA.MAYR-KIESSLING@SGS.COM



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Oberkonnersreutherstr. 3
D-95448 Bayreuth

Bayreuth, den 23.03.2021

Ihr Auftrag/Projekt: 18245 Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle
Ihr Bestellzeichen: .
Ihr Bestelldatum: 16.03.2021

Probeneingang Standort Bayreuth: 17.03.2021 09:00 Uhr

Prüfzeitraum von 18.03.2021 bis 22.03.2021
erste laufende Probenummer 210261821
Probeneingang am 17.03.2021

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Tanja Mayr-Kießling
Customer Service

i.A. Irena Bock
Customer Service

Seite 1 von 3

Proben von Ihnen gebracht Matrix: Feststoff

Probennummer 210261821
Bezeichnung P B1/21 b
 15.03.2021

Eingangsdatum: 17.03.2021

| Parameter | Einheit | | Bestimmungs Methode -grenze | Lab |
|-----------|---------|--|--------------------------------|-----|
|-----------|---------|--|--------------------------------|-----|

Feststoffuntersuchungen :

| | | | | | |
|-----------------|---------|------|-----|--------------|----|
| Trockensubstanz | Masse-% | 92,4 | 0,1 | DIN EN 14346 | HE |
|-----------------|---------|------|-----|--------------|----|

Metalle im Feststoff :

| | | | | | |
|-----------------------|----------|-------|-----|------------------|----|
| Königswasseraufschluß | | | | DIN EN 13657 | HE |
| Arsen | mg/kg TR | 2 | 2 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Blei | mg/kg TR | 2 | 2 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Cadmium | mg/kg TR | < 0,2 | 0,2 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Chrom | mg/kg TR | 4 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Kupfer | mg/kg TR | 3 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Nickel | mg/kg TR | 5 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Quecksilber | mg/kg TR | < 0,1 | 0,1 | DIN EN 1483 | HE |
| Zink | mg/kg TR | 9 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |

Eluatuntersuchungen :

| | | | | | |
|-----------------------------|-------|---------|-------|--------------------|----|
| Eluatansatz | | | | DIN EN 12457-4 | HE |
| pH-Wert | | 9,4 | | DIN EN ISO 10523 | HE |
| Elektr.Leitfähigkeit (25°C) | µS/cm | 50 | 1 | DIN EN 27888 | HE |
| Chlorid | mg/l | 0,8 | 0,5 | DIN EN ISO 10304-1 | HE |
| Sulfat | mg/l | 2 | 1 | DIN EN ISO 10304-1 | HE |
| Cyanide, ges. | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 14403-2 | HE |
| Phenol-Index, wdf. | mg/l | < 0,01 | 0,01 | DIN EN ISO 14402 | HE |

Metalle im Eluat :

| | | | | | |
|-------------|------|----------|--------|------------------|----|
| Arsen | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Blei | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Cadmium | mg/l | < 0,001 | 0,001 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Chrom | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Kupfer | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Nickel | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Quecksilber | mg/l | < 0,0002 | 0,0002 | DIN EN ISO 12846 | HE |
| Zink | mg/l | < 0,01 | 0,01 | DIN EN ISO 11885 | HE |

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):

DIN EN 12457-4 2003-01

| | |
|--------------------|---------|
| DIN EN 13657 | 2003-01 |
| DIN EN 14346 | 2007-03 |
| DIN EN 1483 | 2007-07 |
| DIN EN 27888 | 1993-11 |
| DIN EN ISO 10304-1 | 2009-07 |
| DIN EN ISO 10523 | 2012-04 |
| DIN EN ISO 11885 | 2009-09 |
| DIN EN ISO 12846 | 2012-08 |
| DIN EN ISO 14402 | 1999-12 |
| DIN EN ISO 14403-2 | 2012-10 |

Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.
Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrag handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle, aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Oberkonnersreutherstr. 3 D-95448 Bayreuth

Piewak & Partner GmbH
Ingenieurbüro f. Hydrogeologie
und Umweltschutz
Jean-Paul-Str. 30
95444 Bayreuth

Prüfbericht 5211861
Auftrags Nr. 5703932
Kunden Nr. 5280600

Frau Tanja Mayr-Kießling
Telefon +49 921/53049-34
Fax +49 921/53049-35
TANJA.MAYR-KIESSLING@SGS.COM



Environment, Health and Safety

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH
Oberkonnersreutherstr. 3
D-95448 Bayreuth

Bayreuth, den 23.03.2021

Ihr Auftrag/Projekt: 18245 Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle
Ihr Bestellzeichen: .
Ihr Bestelldatum: 16.03.2021

Probeneingang Standort Bayreuth: 17.03.2021 09:00 Uhr

Prüfzeitraum von 18.03.2021 bis 22.03.2021
erste laufende Probenummer 210261822
Probeneingang am 17.03.2021

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Tanja Mayr-Kießling
Customer Service

i.A. Irena Bock
Customer Service

Seite 1 von 3

| Proben von Ihnen gebracht | | Matrix: Feststoff | | | |
|-----------------------------------|----------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|-----|
| Probennummer | | 210261822 | | | |
| Bezeichnung | | P B2/21 a 15.03.2021 | | | |
| Eingangsdatum: | | 17.03.2021 | | | |
| Parameter | Einheit | | Bestimmungs Methode -grenze | | Lab |
| Feststoffuntersuchungen : | | | | | |
| Trockensubstanz | Masse-% | 83,2 | 0,1 | DIN EN 14346 | HE |
| Metalle im Feststoff : | | | | | |
| Königswasseraufschluß | | | | DIN EN 13657 | HE |
| Arsen | mg/kg TR | 13 | 2 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Blei | mg/kg TR | 16 | 2 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Cadmium | mg/kg TR | 0,2 | 0,2 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Chrom | mg/kg TR | 34 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Kupfer | mg/kg TR | 15 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Nickel | mg/kg TR | 31 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Quecksilber | mg/kg TR | < 0,1 | 0,1 | DIN EN 1483 | HE |
| Zink | mg/kg TR | 66 | 1 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Eluatuntersuchungen : | | | | | |
| Eluatansatz | | | | DIN EN 12457-4 | HE |
| pH-Wert | | 8,3 | | DIN EN ISO 10523 | HE |
| Elektr.Leitfähigkeit (25°C) µS/cm | | 49 | 1 | DIN EN 27888 | HE |
| Chlorid | mg/l | 1,2 | 0,5 | DIN EN ISO 10304-1 | HE |
| Sulfat | mg/l | 3 | 1 | DIN EN ISO 10304-1 | HE |
| Cyanide, ges. | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 14403-2 | HE |
| Phenol-Index, wdf. | mg/l | < 0,01 | 0,01 | DIN EN ISO 14402 | HE |
| Metalle im Eluat : | | | | | |
| Arsen | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Blei | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Cadmium | mg/l | < 0,001 | 0,001 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Chrom | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Kupfer | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Nickel | mg/l | < 0,005 | 0,005 | DIN EN ISO 11885 | HE |
| Quecksilber | mg/l | < 0,0002 | 0,0002 | DIN EN ISO 12846 | HE |
| Zink | mg/l | 0,02 | 0,01 | DIN EN ISO 11885 | HE |

Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):
 DIN EN 12457-4 2003-01

| | |
|--------------------|---------|
| DIN EN 13657 | 2003-01 |
| DIN EN 14346 | 2007-03 |
| DIN EN 1483 | 2007-07 |
| DIN EN 27888 | 1993-11 |
| DIN EN ISO 10304-1 | 2009-07 |
| DIN EN ISO 10523 | 2012-04 |
| DIN EN ISO 11885 | 2009-09 |
| DIN EN ISO 12846 | 2012-08 |
| DIN EN ISO 14402 | 1999-12 |
| DIN EN ISO 14403-2 | 2012-10 |

Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs2.pdf>.

*** Ende des Berichts ***

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter www.sgsgroup.de/agb zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.
 Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrag handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle, aus der die Probe(n) angeblich/tatsächlich entnommen wurde(n).



Anlage 12

Tabellarische Bewertung der Analytikergebnisse mit den Zuordnungswerten gemäß Verfüll-Leitfaden



Projekt: Grafenrheinfeld, Fa. Glöckle, Hydrogeologisches Gutachten
Projekt-Nr.: 18245

Ergebnisse der chemischen Untersuchungen für Feststoff und Eluat nach Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen, Anlage 2, Tabelle 1 und Anlage 3, Tabelle 2 (Stand: 23.12.2019)

| Parameter | Einheit | Zuordnungswert Feststoff | | | | | | P B1/21 b | P B2/21 a |
|----------------|---------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------|-------|------|-----------|-----------|
| | | Z 0 ¹⁾²⁾ | | | Z 1.1 | Z 1.2 | Z 2 | | |
| | | Sand | Lehm/Schluff | Ton | | | | | |
| Arsen | mg/kg | 20 | 20 | 20 | 30 | 50 | 150 | 2 | 13 |
| Blei | mg/kg | 40 | 70 ⁴⁾ | 100 ⁴⁾ | 140 | 300 | 1000 | 2 | 16 |
| Cadmium | mg/kg | 0,4 | 1 ⁴⁾ | 1,5 ⁴⁾ | 2 | 3 | 10 | <0,2 | 0,2 |
| Chrom (gesamt) | mg/kg | 30 | 60 | 100 | 120 | 200 | 600 | 4 | 34 |
| Kupfer | mg/kg | 20 | 40 | 60 | 80 | 200 | 600 | 3 | 15 |
| Nickel | mg/kg | 15 | 50 ⁴⁾ | 70 ⁴⁾ | 100 | 200 | 600 | 5 | 31 |
| Quecksilber | mg/kg | 0,1 | 0,5 | 1 | 1 | 3 | 10 | <0,1 | <0,1 |
| Zink | mg/kg | 60 | 150 ⁴⁾ | 200 ⁴⁾ | 300 | 500 | 1500 | 9 | 66 |

| Parameter | Einheit | Zuordnungswert Eluat | | | | P B1/21 b | P B2/21 a |
|---|---------|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|-----------|
| | | Z 0 | Z 1.1 | Z 1.2 | Z 2 | | |
| pH-Wert ¹⁾ | | 6,5 - 9 | 6,5 - 9 | 6 - 12 | 5,5 - 12 | 9,4 | 8,3 |
| elektrische Leitfähigkeit ¹⁾ | µS/cm | 500 | 500/2000 ²⁾ | 1000/2500 ²⁾ | 1500/3000 ²⁾ | 50 | 49 |
| Chlorid | mg/l | 250 | 250 | 250 | 250 | 0,8 | 1,2 |
| Sulfat | mg/l | 250 | 250 | 250/300 ²⁾ | 250/600 ²⁾ | 2,0 | 3,0 |
| Cyanid (gesamt) | µg/l | 10 | 10 | 50 | 100 ³⁾ | <5 | <5 |
| Phenolindex ⁴⁾ | µg/l | 10 | 10 | 50 | 100 | <10 | <10 |
| Arsen | µg/l | 10 | 10 | 40 | 60 | <5 | <5 |
| Blei | µg/l | 20 | 25 | 100 | 200 | <5 | <5 |
| Cadmium | µg/l | 2 | 2 | 5 | 10 | <1 | <1 |
| Chrom (gesamt) | µg/l | 15 | 30/50 ²⁾⁵⁾ | 75 | 150 | <5 | <5 |
| Kupfer | µg/l | 50 | 50 | 150 | 300 | <5 | <5 |
| Nickel | µg/l | 40 | 50 | 150 | 200 | <5 | <5 |
| Quecksilber ⁶⁾ | µg/l | 0,2 | 0,2/0,5 ²⁾ | 1 | 2 | <0,2 | <0,2 |
| Zink | µg/l | 100 | 100 | 300 | 600 | <10 | 20 |

n.n. - nicht nachweisbar (Konzentrationen der Einzelverbindungen liegen unter der jeweiligen Nachweisgrenze)

Einbauklasse Z 0
Einbauklasse Z 1.1
Einbauklasse Z 1.2
Einbauklasse Z 2
Ablagerung nach
Verfüll-Leitfaden nicht möglich

Quelle: Leitfaden zur Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen; Anlage 2, Tabelle 1 und Anlage 3, Tabelle 2

F u ß n o t e n ¹⁾ bis ⁴⁾ für Feststoff und ¹⁾ bis ⁶⁾ für Eluat -> siehe Beiblatt



Fußnoten

Leitfaden zur Verfüllung von Gruben, Brüchen und Tagebauen, Anlagen 2 und 3 (Stand: 23.12.2019)

Fußnoten ¹⁾ bis ⁴⁾ für die Zuordnungswerte Feststoff

Die Parameter für die Zuordnungswerte Feststoff stellen keine abschließende Aufzählung dar. Liegen aufgrund des Herkunftsnachweises (Verantwortliche Erklärung) Hinweise auf Belastungen mit Stoffen im Verfüllmaterial vor, die nicht in dieser Tabelle aufgeführt sind (z. B. Antimon), sind diese durch den Abfallerzeuger ebenfalls zu untersuchen und zu bewerten. Die für diese Stoffe eventuell zusätzlich notwendigen Zuordnungswerte für den Verfüllstandort sind unter Berücksichtigung aller anderen Anforderungen im Leitfaden von den örtlich zuständigen Behörden festzulegen. Von den örtlich zuständigen Behörden ist ebenfalls festzulegen, ob die zusätzlichen Schadstoffparameter auch in das Grundwasserüberwachungsprogramm aufzunehmen sind, wenn das Material verfüllt wird.

Zu den Analytik- und Probenahmeverfahren wird auf die Anlage 9 verwiesen.

- 1) Ist bei Trockenverfüllungen eine Zuordnung zu einer der in Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV genannten Bodenarten möglich, gelten die entsprechenden Kategorien. Ist eine Zuordnung nicht möglich (z. B. Verfüllung mit Material unterschiedlicher Herkunftsorte) gilt die Kategorie Lehm und Schluff.
- 2) Für Nassverfüllungen gelten hilfsweise die Z0-Werte wie für Sand aus Spalte 1, bzw. abhängig von der zu verfüllenden Bodenart maximal bis Spalte 2, also wie für Lehm und Schluff.
- 3) Die Summe ist nur aus den Konzentrationen der 6 in der DIN 12766-2 genannten PCB-Indikator-Kongenerere (PCB-28, -52, -101, -138, -153, -180) zu ermitteln. Es erfolgt **keine** Multiplikation mit dem Faktor 5.
- 4) Bei pH-Werten < 6,0 gelten für Cd, Ni, und Zn und bei pH-Werten < 5,0 für Pb jeweils die Werte der nächst niedrigeren Kategorie.

Fußnoten ¹⁾ bis ⁶⁾ für die Zuordnungswerte Eluat

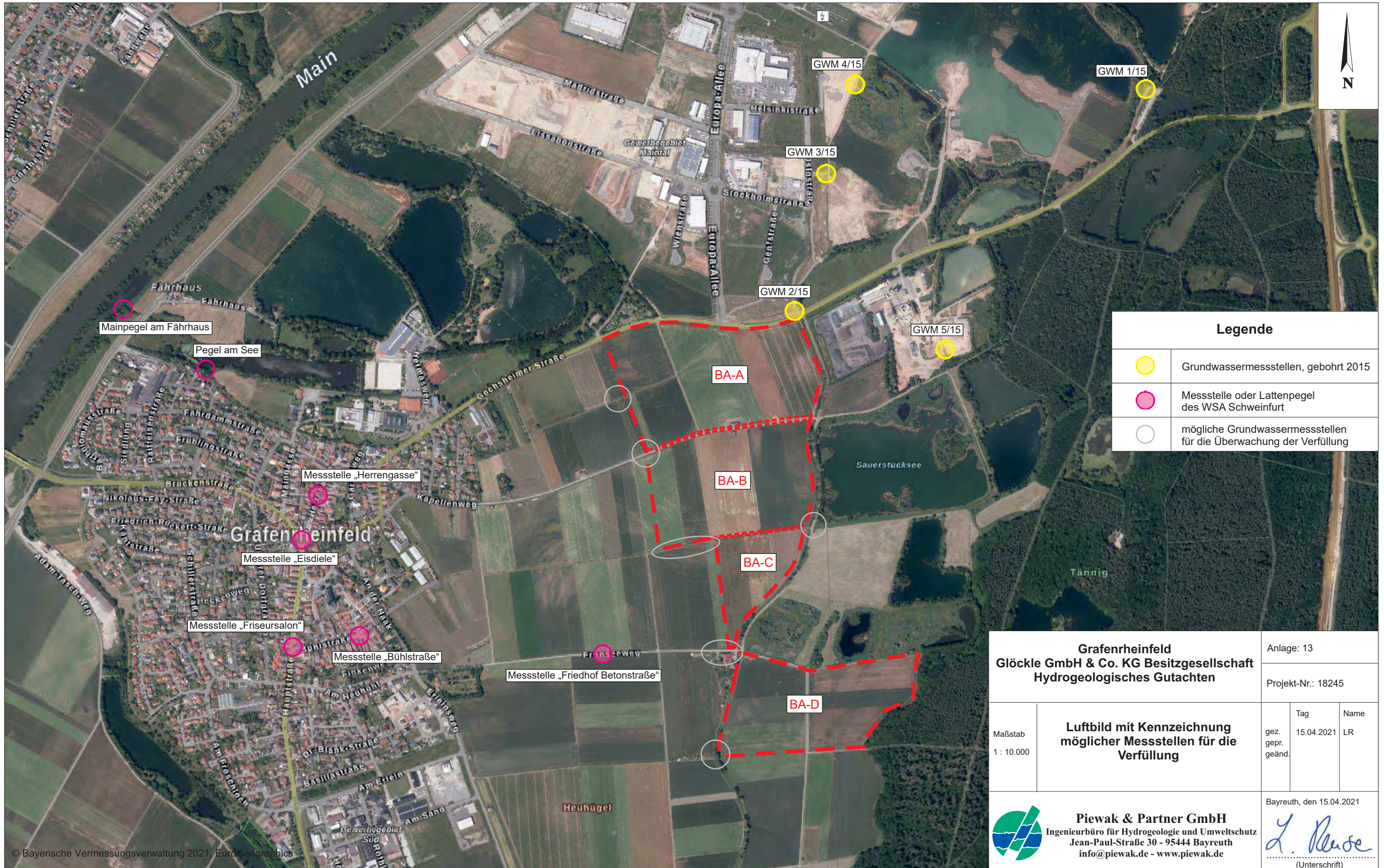
Die Parameter für die Zuordnungswerte Eluat stellen keine abschließende Aufzählung dar. Liegen aufgrund des Herkunftsnachweises (Verantwortliche Erklärung) Hinweise auf Belastungen mit Stoffen im Verfüllmaterial vor, die nicht in dieser Tabelle aufgeführt sind (z. B. Antimon), sind diese durch den Abfallerzeuger ebenfalls zu untersuchen und zu bewerten. Die für diese Stoffe eventuell zusätzlich notwendigen Zuordnungswerte für den Verfüllstandort sind unter Berücksichtigung aller anderen Anforderungen im Leitfaden von den örtlich zuständigen Behörden festzulegen. Von den örtlich zuständigen Behörden ist ebenfalls festzulegen, ob die zusätzlichen Schadstoffparameter auch in das Grundwasserüberwachungsprogramm aufzunehmen sind, wenn das Material verfüllt wird. Zu den Analytik- und Probenahmeverfahren wird auf die Anlage 9 verwiesen.

- 1) Abweichungen von den Bereichen der Zuordnungswerte für den pH-Wert und/oder die Überschreitung der elektrischen Leitfähigkeit im Eluat stellen allein kein Ausschlusskriterium dar, die Ursache ist im Einzelfall zu prüfen und zu dokumentieren.
- 2) Im Rahmen der erlaubten Verfüllung mit Bauschutt (vgl. Abschnitt A-5) ist eine Überschreitung der Zuordnungswerte für Sulfat, die elektrische Leitfähigkeit, Chrom (gesamt) und Quecksilber bis zu den jeweils höheren Werten zulässig. Für die genannten Parameter dürfen die erhöhten Werte auch gleichzeitig bei allen diesen Parameter auftreten. Die höheren Werte beziehen sich ausschließlich auf das erlaubte Bauschuttkontingent (max. ein Drittel der jährlichen Verfüllmenge) und haben keine Gültigkeit für das restliche Verfüllkontingent. Für dieses gelten die Zuordnungswerte für Boden. Im Rahmen des erlaubten Bauschuttkontingents darf auch Boden mit den für Bauschutt gültigen Zuordnungswerten verfüllt werden. Bei Untersuchung von Bodenaushub- und Bauschuttgemenge im Rahmen der Fremdüberwachung gelten die für die erlaubte Verfüllung zulässigen höheren Werte.
- 3) Verwertung für Z 2 > 100 µg/l ist zulässig, wenn Z 2 Cyanid (leicht freisetzbar) < 50 µg/l.
- 4) Bei Überschreitungen ist die Ursache zu prüfen. Höhere Gehalte, die auf Huminstoffe zurückzuführen sind, stellen kein Ausschlusskriterium dar.
- 5) Bei Überschreitung des Z 1.1-Werts für Chrom (gesamt) von 30 µg/l ist der Anteil an Cr(VI) (Chromat) zu bestimmen. Der Cr (VI)-Gehalt darf für eine Z 1.1-Einstufung 8 µg/l nicht überschreiten. Diese Regel gilt bis zu einem maximalen Chrom (gesamt)-Wert von 50 µg/l. Überschreitet das Material den Cr (VI)-Wert von 8 µg/l, ist das Material als Z 1.2 einzustufen. Für Material der Klasse Z 1.2 und Z 2 ist eine Bewertung des Cr (VI)-Eluatwerts nicht vorgesehen und nicht einstufigsrelevant, es genügt die Bestimmung von Chrom (gesamt).
- 6) Bezogen auf anorganisches Quecksilber. Organisches Quecksilber (Methyl-Hg) darf nicht enthalten sein (Nachweis).



Anlage 13

Luftbild mit Kennzeichnung möglicher Messstellen für die Beweissicherung



| Legende | |
|---------|--|
| | Grundwassermessstellen, gebohrt 2015 |
| | Messstelle oder Lattenpegel des WSA Schweinfurt |
| | mögliche Grundwassermessstellen für die Überwachung der Verfüllung |

| | | | |
|---|--|--------------------|------------|
| Grafenrheinfeld Glöckle GmbH & Co. KG Besitzgesellschaft Hydrogeologisches Gutachten | | Anlage: 13 | |
| | | Projekt-Nr.: 18245 | |
| Maßstab 1 : 10.000 | Luftbild mit Kennzeichnung möglicher Messstellen für die Verfüllung | gez. | Tag |
| | | gepr. | 15.04.2021 |
| | | geänd. | Name |
| | | | LR |

Piewak & Partner GmbH
 Ingenieurbüro für Hydrogeologie und Umweltschutz
 Jean-Paul-Straße 30 - 95444 Bayreuth
 info@piewak.de - www.piewak.de

Bayreuth, den 15.04.2021

 (Unterschrift)