

Vordimensionierung einer Grundwasserhaltung

Zentralkläranlage Chemnitz – Heinersdorf


Neubau Rechenhalle inkl. Zu- und Ablauf

Auftraggeber Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz
Blankenburgstraße 62

09114 Chemnitz

Umfang 19 Seiten, 2 Anlagen

Datum 03.08.2023

Bearbeiter 
.....
J. Schulze
M. Sc. Hydro- & Ingenieurgeologe

Geschäftsführer 
.....
K. Hartig
Dipl.-Geophysiker



hartig & ingenieure GESELLSCHAFT FÜR INFRASTRUKTUR UND UMWELTPLANUNG mbH

Am alten Bad 4
09111 Chemnitz

Tel 0371 40 30 01 - 20
Fax 0371 40 30 01 - 29
Mail info@hartig-ingenieure.de

Inhalt

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Allgemeines | 4 |
| 1.1 | Veranlassung und Vorhaben | 4 |
| 1.2 | Bauabschnitte | 4 |
| 1.3 | Literaturverzeichnis | 5 |
| 2 | Datengrundlage | 6 |
| 2.1 | Baugrundaufschlüsse | 6 |
| 2.2 | Schichtenfolge | 7 |
| 2.3 | Bemessungswasserstand | 8 |
| 3 | Vordimensionierung | 9 |
| 3.1 | Allgemeines | 9 |
| | Wasserdichter Verbau | 9 |
| | Grundwasserhaltung - Allgemeines | 9 |
| | Geschlossene Grundwasserhaltung | 10 |
| 3.2 | Trennbauwerk und Geröllfang | 11 |
| 3.3 | MID-Schacht und Rechengebäude | 12 |
| 3.4 | Kanalbauwerk – Trennbauwerk bis MID-Schacht | 13 |
| 3.5 | Kanalbauwerk – Rechengebäude bis Fäka-Gebäude | 14 |
| 3.6 | Kanalbauwerk – Provisorium und Anschluss hinter FäKa | 15 |
| 3.7 | Sonstige Kanalbauwerke | 16 |
| | Nördlich Rechengebäude - Abschnitt Revisionsschacht 2 bis S2-RW | 16 |
| | Südlich Rechengebäude – Revisionsschacht 1 bis S1-RW | 16 |
| | Östlich Rechengebäude –S1-RW bis S4-RW | 17 |
| | Südlich Rechengebäude – S1 – AW bis S2- AW | 17 |
| 4 | Umgang mit gefassten Wässern | 18 |
| 4.1 | Aufbereitung | 18 |
| 4.2 | Einleitung | 18 |
| 4.3 | Qualitätssicherung / Bauüberwachung | 18 |

Anlagen

Anlage 1 Lagepläne

Anlage 1.1 Übersichtslageplan

Anlage 1.2 Aufschlusslageplan

Anlage 2 Protokolle

Anlage 2.1 wasserdichter Verbau (Trog-, Sicker- und Niederschlagswasser)

Anlage 2.1.1 BA 1 – Trennbauwerk und Geröllfang

Anlage 2.1.2 BA 2 – MID-Schacht und Rechengebäude

Anlage 2.2 geschlossene Wasserhaltung (Brunnenanlage)

Anlage 2.2.1 BA 1.1 – Kanalbauwerk zw. Trennbauwerk und MID-Schacht

Anlage 2.2.2 Kanalbauwerk zwischen Rechengebäude und Fäka

 Anlage 2.2.2.1 BA 1.1 – Kanalbauwerk zw. Trennbauwerk und MID-Schacht

 Anlage 2.2.2.2 BA 2.1 – Kanalbauwerk zw. Rechengebäude und Fäka

Anlage 2.2.3 BA 2.2 – Kanalbauwerk Provisorium und Anschluss an den Bestand hinter Fäka – Gebäude

1 Allgemeines

1.1 Veranlassung und Vorhaben

Der *Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz (ESC)* plant im Zuge der Neugestaltung der Mischwasserbehandlung am Standort der Zentralkläranlage (ZKA) in Chemnitz – Heinersdorf den Bau einer neuen Rechenhalle.

Neben dem Rechengebäude selbst wird im Zulauf ein neues Trennbauwerk einschließlich Geröllfang errichtet, welches über ein neu zu bauendes Gerinne mit einem MID-Schacht verbunden wird.

Vom Rechengebäude ist ein weiteres Gerinne als Ablauf herzustellen. Im Ablaufbereich ist zunächst ein vorhandener Düker zu queren, ein Notumlaufschacht herzustellen und an den Bestand anzubinden, um anschließend hinter dem Bestandsgebäude der Fäkalienabfuhr (Fäka-Gebäude) umgebunden zu werden. Das Fäka-Gebäude wird möglichst flach gequert. Es sind jedoch umfangreiche Unterfangungsmaßnahmen zur Sicherung vorhandener Einzelfundamente notwendig.

1.2 Bauabschnitte

Im Rahmen der Vordimensionierung der Wasserhaltung werden einzelne Bauabschnitte definiert. Die Abschnitte dienen der Übersichtlichkeit und treffen keine Aussage darüber, inwieweit die Arbeiten parallel oder nacheinander erfolgen.

Unterschieden wird prinzipiell zwischen einem wasserdichten Verbau und einer geschlossenen bzw. offenen Grundwasserhaltung.

Tabelle 1: Bauabschnitte

| Abschnitt | Bezeichnung | Art der Wasserhaltung |
|-----------|--|---|
| 1 | Trennbauwerk und Geröllfang | Wasserdichter Verbau - Überschnittene Bohrpfahlwand |
| 1.1 | Gerinne zw. Trennbauwerk und MID-Schacht | geschlossene Wasserhaltung |
| 2 | MID-Schacht, Rechengebäude | Wasserdichter Verbau - Überschnittene Bohrpfahlwand |
| 2.1 | Gerinne zw. Rechengebäude und FäKa | geschlossene Wasserhaltung |
| 2.2 | Umbindung hinter FäKa | geschlossene Wasserhaltung |
| 2.3 | Sonstige Kanalbauwerke | offene Wasserhaltung |

1.3 Literaturverzeichnis

- [1] Hydro Ingenieure GmbH:** Lagepläne, Schnitte, Skizzen Vorplanung (dwg, pdf), Projekt ZKA Chemnitz – Umbau Zulaufbereich – Ausführungsplanung, per Mail, 07.06.2023
- [2] hartig & ingenieure gmbh:** Konzeptstudie: Umbau Mischwasserbehandlung, 19060.1B, 21.01.2020
- [3] hartig & ingenieure gmbh:** Baugrundgutachten NB Rechenhalle inkl. Zu- und Ablauf, 19060.2B, 12.07.2021
- [4] hartig & ingenieure gmbh:** Hydrogeologisches Gutachten NB Rechenhalle inkl. Zu- und Ablauf, 19060.3B, 18.03.2022
- [5] hartig & ingenieure gmbh:** Geotechnischer Bericht, Nacherkundung 19060.4B, 05.05.2023
- [6] hartig & ingenieure gmbh:** Auszug, Grundwassermonitoring, Stand 27.07.2023
- [7] Türke, Henner:** Statik im Erdbau, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 1999
- [8] Möller, Gerd:** Geotechnik: Teil 2: Grundbau, 1. Auflage, Werner, Düsseldorf 1999
- [9] Prinz, Helmut; Strauß, R.:** Ingenieurgeologie, 5. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2011
- [10] Herdth & Arendts:** Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung, 3. Auflage
- [11] Conrad Boley:** Handbuch Geotechnik: Grundlagen – Anwendungen Praxiserfahrungen, 2. Auflage
- [12] Arcelor RPS:** Stahlspundwand: Die Dichtheit von Spundwandbauwerken, Teil 1: Bemessung; ProfilARbed S.A.

2 Datengrundlage

2.1 Baugrundaufschlüsse

In Tabelle 2 sind die für das Vorhaben relevanten Baugrundaufschlüsse aufgeführt. Die technische Erkundung erfolgte unter der Prämisse unterschiedlicher Aufgabenstellungen und wurde zwischen 2019 und 2023 realisiert [2][3][4][5]. Die angegebenen Geländehöhen beziehen sich auf HN76 und sind demnach mit den Angaben der Ausführungsplanung [1] kongruent. Die Umrechnung erfolgte anhand von Vergleichsmessungen vor Ort.

In Tabelle 2 sind Angaben zur Höhe des Grundwasserleiters aufgeführt. Als Grundwasserleiter wurden die kiesig-sandigen Flusskiese definiert. Die Schichtunterkante wurde tlw. nicht eindeutig nachgewiesen, die Mächtigkeitsangaben verstehen sich demnach als Mindestmächtigkeit.

Tabelle 2: Kopfdaten – Baugrundaufschlüsse

| Aufschluss | Lage ¹ | | | Grundwasserleiter | | |
|------------|-------------------|---------|--------|-------------------|------------|-------------|
| | Ost | Nord | Höhe | Oberkante | Unterseite | Mächtigkeit |
| RKS 105 | 352008 | 5637718 | 283,42 | 280,42 | 277,42 | 3,0 |
| RKS 106 | 352026 | 5637774 | 281,85 | 278,25 | 276,35 | 1,9 |
| RKS 107 | 352113 | 5637802 | 281,10 | 279,10 | 276,30 | 2,8 |
| RKS 108 | 352058 | 5637911 | 280,25 | 278,25 | 274,75 | 3,5 |
| RKS 109 | 352018 | 5637964 | 280,45 | 279,45 | 274,45 | 5,0 |
| RKS 111 | 352047 | 5637792 | 281,09 | 278,09 | 276,09 | 2,0 |
| RKS 112 | 352053 | 5637818 | 280,91 | 277,41 | 274,71 | 2,7 |
| RKS 113 | 352073 | 5637833 | 280,64 | 278,44 | 275,84 | 2,6 |
| RKS 114 | 352073 | 5637815 | 280,76 | 277,56 | 274,56 | 3,0 |
| RKS 115 | 352070 | 5637800 | 280,99 | 278,79 | 275,99 | 2,8 |
| RKS 116 | 352112 | 5637823 | 280,91 | 278,96 | 275,21 | 3,75 |
| RKS 117 | 352160 | 5637848 | 280,57 | 279,47 | 274,47 | 5,0 |
| KB 401 | 352090 | 5637821 | 281,11 | 279,31 | 276,51 | 2,8 |
| BS 201 | 352055 | 5637810 | 280,92 | 278,22 | 276,02 | 2,2 |
| BS 202 | 352034 | 5637782 | 281,24 | 277,94 | 276,94 | 1,0 |
| BS 203 | 352028 | 5637761 | 282,13 | 278,53 | 276,73 | 1,8 |
| BS 204 | 352022 | 5637709 | 283,67 | 278,53 | 277,07 | 1,3 |
| GW 0 | 352088 | 5637818 | 281,10 | 279,30 | 276,50 | 2,8 |
| GWM 1 | 352064 | 5637841 | 280,75 | 278,85 | 275,25 | 3,6 |
| GWM 2 | 352030 | 5637791 | 281,51 | 278,01 | 276,31 | 1,7 |
| GWM 3 | 352007 | 5637727 | 283,45 | 279,85 | 276,65 | 3,2 |

Der Vollständigkeit halber weisen wir darauf hin, dass die Baugrunduntersuchungen primär mittels Kleinbohrtechnik im Rammverfahren durchgeführt und dass Aufschlüsse nur punktuell erfolgten. Es handelt sich um ein Baugrundmodell. Abweichungen sind bauzeitlich zu dokumentieren.

¹ WGS86 UTM33, HN76

2.2 Schichtenfolge

Für die Vordimensionierung der Grundwasserhaltung ist eine weitere Idealisierung der Schichtenfolge erforderlich.

Tabelle 3: Idealisiertes Baugrundmodell

| Bezeichnung | Schichten | Schichtenbeschreibung | Bodengruppe nach DIN 18915 | Durchlässigkeit [m/s] | Bemessungswert [m/s] |
|-------------------------|----------------|--|----------------------------|---|----------------------|
| Decklehme | 4a, 4b, 4c | Hanglem, Auelehme (hangend), Auelehm (liegend) | UL, UM, TM, OU | $10^{-8} \dots 10^{-9}$ | 10^{-8} |
| Grundwasserleiter | 4d | Flussskies | GU, GU* | $5 \times 10^{-3} \dots 5 \times 10^{-5}$ | 5×10^{-4} |
| Grundwassergeringleiter | 5a, 5b, 6a, 5b | Schluff-, Ton-, Sandstein (Zersatz und Fels) | TM, ST*, SE, VE – VU | $10^{-5} \dots 10^{-9}$ | 10^{-7} |

Die Durchlässigkeit lässt sich anhand der Bodenansprache, auf der Grundlage tabellierter Erfahrungswerte, durch die Auswertung durchgeführter Laborversuche und Pumpversuche ableiten.

Die Auswertung von Siebanalysen ist im vorliegenden Fall nicht zielführend. Die Kerne wurden im Rammverfahren mit Bohrdurchmessern von 40... 60 mm entnommen. Entsprechend wird der Kies und Steinanteil durch Zertrümmern bzw. Verdrängung unterschätzt und damit der Feinkornanteil überbewertet.

Am Standort wurde ein Pumpversuch an einer bestehenden Messstelle (GWM 0) durchgeführt. Bei der Auswertung ist zu berücksichtigen, dass der Messstellenaufbau nur unzureichend bekannt ist und die im Zuge des Pumpversuchs erzielte Absenkung zur Ableitung der charakteristischen Durchlässigkeit nicht ausreichend groß war [4].

Der gewählte Bemessungswert beruht maßgeblich auf örtlichen Erfahrungen und wird in der Größenordnung durch den Pumpversuch bestätigt. Allgemein ist jedoch darauf hinzuweisen, dass fluviale Ablagerungen örtlich ausgeprägte Varianzen in der Durchlässigkeit aufweisen können (Schlufflinsen, Steinschüttungen...).

Im Hangenden sind i.d.R. Decklehme vorhanden. Unter dem Aspekt der Grundwasserhaltung ist die Art und Ausprägung der einzelnen Schichten nur bedingt relevant, so dass diese zusammengefasst werden können. Grundwasser liegt gespannt vor.

Im Liegenden erfolgt der Übergang zum ordovizischen Festgestein. Eine ordentliche Beschreibung ist ausschließlich anhand von KB 401 möglich, da hier bis zu einer Teufe von 30 m ein durchgehender Bohrkern gewonnen wurde [3]. Aufgeschlossen wurde eine Wechselfolge von Schluff- und Tonstein sowie Sandstein und Konglomeraten. Die Zersatzhorizonte wiesen eine wenigstens steife bzw. halbfeste Konsistenz auf. Die Hangenden Ton- und Schluffsteine waren kompakt, ein weiterer Wasseranschnitt wurde nicht festgestellt.

Die Zersatzhorizonte wurden zudem durch zahlreiche Kleinrammbohrungen angeschnitten. Auch wenn teils stark feinsandige Materialien vorgefunden wurden, ergaben die Feld- und Laborversuche erdfeuchte Verhältnisse bzw. einen geringen natürlichen Wassergehalt. Die ordovizischen Schichten bilden die Liegendgrenze des Grundwasserleiters.

2.3 Bemessungswasserstand

Seit dem 23.02.2022 wird der Grundwasserstand an vier Messtellen durch Stichtagsmessungen erfasst [4][6].

Messstelle GWM 03/2022 befindet sich unweit des Trennbauwerks am westlichsten Bauende.

Die Messstellen GWM 0 bis GWM 2/2022 umschließen das zentrale Baufeld um das Rechengebäude. Grundwasserhochstände wurden zwischen Februar und Mai festgestellt. Der größte Grundwasserflurabstand ist im August zu erwarten, wobei der Zeitraum Juni bis Dezember für gewöhnlich ebenfalls durch größere Grundwasserflurabstände gekennzeichnet ist.

Mittlere Grundwasserstände sind in Tabelle 4 zusammengefasst [6].

Tabelle 4: Bemessungswasserstände (Angabe in HN76)

| Grundwasserstand | | Trennbauwerk | MID-Schacht | Rechengebäude | |
|----------------------------|-----|--------------|-------------|---------------|--------|
| | | GWM 03/2022 | GWM 02/2022 | GWM 01/2022 | GWM 0 |
| mittlerer höchster | MHW | 280,14 | 279,72 | 279,37 | 279,40 |
| mittlerer | MW | 279,68 | 279,30 | 278,96 | 278,99 |
| mittlerer niedrigster | MNW | 279,18 | 278,84 | 278,48 | 278,52 |
| jahreszeitliche Schwankung | | ± 0,5 m | | | |

3 Vordimensionierung

3.1 Allgemeines

Wasserdichter Verbau

Für die Bauwerksbereiche Trennbauwerk, Geröllfang, MID-Schacht und Rechengebäude ist ein wasserdichter Verbau notwendig.

Geplant ist die Herstellung einer Dichtwand aus überschrittenen Bohrpfählen, welche wenigstens 0,5 m in wenig durchlässige Schichten einbinden. Die Herstellung der Bohrpfahlwand ($d = 88 \text{ cm}$, $a = 75 \text{ cm}$, C 25/30) soll lärm- und erschütterungsarm im Doppelkopf-Bohrverfahren erfolgen. Im Bereich des Querschnitts weist die Dichtwand eine Dicke von 47 cm auf.

Die Einbindung in den nicht durchlässigen Untergrund hat so zu erfolgen, dass eine Unterströmung auszuschließen ist. Die Bohrarbeiten sind entsprechend zu begleiten und zu dokumentieren. Kann eine Unterströmung nicht ausgeschlossen werden, ist der Nachweis hinsichtlich eines möglichen hydraulischen Versagens zwingend zu führen.

Innerhalb der umschlossenen Baugruben ist anfallendes Niederschlags-, Trog- sowie Sickerwassers sind zu fassen, fördern und abzuleiten.

Die Vorbemessung basiert auf den in [12] vorgestellten Überlegungen.

Grundwasserhaltung - Allgemeines

Für das Vorhaben kommen unterschiedliche Arten der Schwerkraftentwässerung in Frage, deren Anwendungsbereich sich auf eine Spanne der mittleren Durchlässigkeit zwischen $> 10^{-4} \dots < 10^{-2} \text{ m/s}$ erstreckt. Nicht berücksichtigt wird eine Unterdruckentwässerung, da im Untersuchungsgebiet eine höhere Durchlässigkeit anzusetzen ist (Kapitel 2.2).

Eine offene Wasserhaltung, bei welcher Wasser über Gräben und Rinnen Pumpensümpfen zugeführt und von dort gefördert wird, stellt die einfachste Art der Grundwasserhaltung dar. Sie ist jedoch nur bis in geringe Tiefen möglich, da andernfalls die Gefahr der Bodenauflockerung besteht und Standfestig- und Tragfähigkeit des Bodens gefährdet werden. Zudem ist eine vollständig trockene Baugrube nicht bzw. nur mit sehr großem Aufwand herzustellen. Böschungen sind möglichst flach anzulegen, austretendes Wasser über Gräben und Belastungsfilter zu erfassen und abzuleiten.

Nach HERTH & ARNDTS [10] sind demgegenüber schräg oder lotrecht eingebrachte Spülfilteranlagen technisch und wirtschaftlich geeigneter.

Die einfachste Art der geschlossenen Wasserhaltung besteht im Einsatz von Wellpointanlagen. Die Brunnen werden in den Boden eingespült (Spülfilter) und sind demnach schnell und einfach herzustellen. Da sie jedoch nicht über einen ausgebauten Ringraum (Kiesschüttung) verfügen, weisen sie auch ein bedeutend kleineres Fassungsvermögen auf. Die Einzelbrunnen sind über eine gemeinsame

Saugleitung verbunden. Der Unterdruck der Pumpenanlage dient ausschließlich dem Heben des Wassers, welches dem Brunnen ausschließlich infolge der Schwerkraft zufließt. Spülfilter können auch innerhalb der Baugrube schräg durch die Böschungen in den Grundwasserleiter eingebracht werden. Hierdurch erhöht sich das Fassungsvermögen signifikant.

Bei Absenkungen ≤ 4 m ist prinzipiell eine Flachwasserhaltung mit vertikal ausgebauten Brunnen mit Bohrdurchmessern bis 300 mm denkbar. Die Förderung von mehreren Brunnen erfolgt über eine gemeinsame Saugleitung. Der Vorteil besteht in einem reduzierten Materialeinsatz, so wird für mehrere Einzelbrunnen nur eine gemeinsam genutzte Kreiselpumpe benötigt. Die Fehleranfälligkeit ist jedoch sehr hoch. Die Anlagenbetreuung bedarf erhöhter Aufmerksamkeit.

Tiefbrunnen weisen durch größere Bohrdurchmesser (400.... 1500 mm) und den Einsatz von Unterwasserpumpen ein höheres Fassungsvermögen sowie eine höhere Zuverlässigkeit auf. Der Ausfall eines Einzelbrunnens ist weniger kritisch, zudem wird das Wasser durchgehend unter Druck gefördert [10].

Geschlossene Grundwasserhaltung

Die Vordimensionierung der geschlossenen Grundwasserhaltung erfolgt mit dem Programm ProAqua Version 4.3 (06.06.2023), welches auf den Grundlagen nach ARENDTS & HERTH [10] aufbaut.

Der Nachweis erfolgt in zwei Stufen. Zunächst wird der Einzelbrunnennachweis unter Berücksichtigung einer, den Absenkungsbereich als flächengleicher Ersatzbrunnen abbildenden, Hilfsgröße geführt.

Die Brunnenpositionen werden anschließend unter Verwendung der Mehrbrunnenformel nach FORCHHEIMER berücksichtigt.

Bei der Vordimensionierung werden allerhand Verallgemeinerungen getroffen, welche nur bedingt zutreffen. Hierzu zählen:

- eine ebene Geländeoberkante
- eine gleichbleibende Mächtigkeit des Aquifers
- ein homogener Aquifer mit gleicherbleibender horizontaler und vertikaler Durchlässigkeit
- eine unendliche Ausdehnung des Aquifers

Insbesondere können somit örtliche Randbedingungen wie:

- erhöhte Durchlässigkeit im Bereich querender Kanalzonen / Leitungen
- reduzierte / verhinderte Durchlässigkeit im Bereich von Fundamenten / Dichtwänden

nicht berücksichtigt werden.

Die Lage der Brunnen ist ggf. unter Berücksichtigung bauseitiger Zwänge (Zugänglichkeit, Verbau...) und vorhandener Medien etc. zu verändern.

Die Bemessung erfolgt auf der Grundlage der in Kapitel 2 zusammengefassten Vereinfachungen. Eine örtlich ggf. höhere Durchlässigkeit kann für gewöhnlich durch eine Erhöhung der Förderrate kompensiert werden. Eine geringere Durchlässigkeit führt dazu, dass eine höhere Brunnenanzahl erforderlich ist, als jene welche sich aus der Vordimensionierung ergibt. Entsprechende Pegel sind für den Bedarfsfall vorzusehen.

3.2 Trennbauwerk und Geröllfang

Das Trennbauwerk wird auf einer Fläche von ca. 480 m² durch eine Bohrpfahlwand von ca. 92 m Umfang umschlossen.

Als Referenzprofile können die Sondierungen RKS 105 (2019), GWM 03 (2022) und BS 204 (2023) herangezogen werden.

Als Bemessungswasserstand wird der im Zuge des laufenden Grundwassermonitorings ermittelte mittlere Hochwasserstand (280,14 m HN76 siehe Tabelle 4) gewählt. Die Unterkante des Aquifers wurde anhand von Aufschluss BS 204 mit 277,07 m HN76 festgelegt [5].

Nach vorliegendem Schalplan (Zeichn.-Nr.: 4376_05_0402_V_SP) befindet sich der tiefste Punkt des Bauwerks unter Berücksichtigung einer Sauberkeitsschicht von 10 cm bei 277,2 m HN76 [1]. Die mittlere Geländeoberkante wird mit 283,5m HN76 angenommen.

Hieraus ergibt sich eine wenigstens erforderliche Bohrpfahlwandtiefe von > 7 m.

Trogwasser ist einmalig zum Absenken des innerhalb des Baugrubenverbaus gefangenen Wassers zu fördern. Erfahrungsgemäß bieten sich hierzu ein bis zwei Brunnen größeren Durchmessers (DN 1000) an, welche schrittweise rückgebaut und bauzeitlich als Pumpensumpf fungieren können.

Rechnerisch ergibt sich ein dauerhaft zu fassender Sickerwasserzufluss von etwa 600 l/h. Aufgrund der zu erwartenden Schwierigkeit eines wasserdichten Anschlusses an den Bestand wird ein Zuschlag von 200 % angesetzt (Anlage 2.1.1).

Zur Bemessung der im Niederschlagsfall zu fassenden und abzuleitenden Wassermengen wurde ein 15 minütiger Starkniederschlag mit einem Wiederkehrintervall von einem Jahr gewählt (KOSTRA Atlas). Es wird davon ausgegangen, dass das Wasser binnen einer Stunde vollständig abzuführen ist.

Tabelle 5: Wasserandrang Trennbauwerk / Geröllfang

| | Wassermenge | Erfordernis |
|--------------------------|-----------------------|-------------|
| Trogwassermenge | 290 m ³ | einmalig |
| Sickerwasserzufluss | 2 m ³ /h | dauerhaft |
| Niederschlagswassermenge | 5,5 m ³ /h | temporär |

3.3 MID-Schacht und Rechengebäude

MID-Schacht, Rechengebäude sowie die dazwischen befindlichen Gerinne sollen vollständig von einer überschnittenen Bohrfahlwand umschlossen werden.

Zum Stand der Ausführungsplanung soll durch eine Dichtwand von ca. 225,5 m eine Fläche von insgesamt ca. 1.985 m² umfasst werden.

Der im MID-Schacht angeordnet Pumpensumpf gründet bei 275,9 m HN76 und stellt den tiefsten Punkt innerhalb der Baugrube dar (Zeichn-Nr.: 4376_05_0211 – BW).

Als Referenzprofile können im Bereich des MID-Schachtes u.a. BS 202, GWM 02, RKS 11 herangezogen werden. Der Bereich des Rechengebäudes lässt sich anhand der Aufschlüsse BS 201, RKS 112, RKS 113, RKS 114, RKS 115, KB 401 und GWM 01 abbilden.

Die mittlere Geländehöhe wird auf 281 m HN76 gemittelt. In BS 114 wurde erfolgte der Übergang zum Festgesteinszersatz in einer Teufe von ca. 274,6 m HN76 und dient als Bemessungsgröße, da in den übrigen Aufschlüssen die Liegendgrenze der Grundwasserleiters bereits oberhalb dieser Teufe erreicht wurde.

Die mindestens erforderliche Bohrfahrtiefe ergibt sich rechnerisch mit > 7 m.

Auf der sicheren Seite liegend, wird als Bemessungswasserstand der in GWM 02 beobachtete mittlere Hochwasserstand bei 279,72 m HN76 angesetzt (Tabelle 4).

Die Mächtigkeit der wassererfüllten Schicht variiert zwischen 2... 3,6 m. Für die Abschätzung der zu hebenden Trogwassermenge wurde eine mittlere Mächtigkeit von 2,7 m angesetzt.

Aufgrund der Größe der Baugrube empfehlen wir drei großkalibrige Brunnen (DN >600 mm) zum fassen und fördern von Trog- und Sickerwasser sowie temporär anfallendem Niederschlagswasser (Tabelle 6, Anlage 2.1.2).

Tabelle 6: Wasserandrang MID-Schacht und Rechengebäude

| | Wassermenge | Erfordernis |
|--------------------------|------------------------|-------------|
| Trogwassermenge | 1.100 m ³ | einmalig |
| Sickerwasserzufluss | 4,5 m ³ /h | dauerhaft |
| Niederschlagswassermenge | 22,8 m ³ /h | temporär |

3.4 Kanalbauwerk – Trennbauwerk bis MID-Schacht

Zwischen dem Geröllfang im Südwesten und dem MID-Schacht ist auf einer Länge von ca. 45 m die Verlegung einer GFK-Rohrleitung DN 1800 auf einer Betonbettung vorgesehen (Zeichn.-Nr. 4376_05_0300_ - _LS).

Die Kanalsohle befindet sich zwischen 279,26 m HN76 und 279,1 m HN76 [1].

Als Referenzprofile sind die Aufschlüsse GWM 03, BS 203, RKS 106 und BS 202 heranzuziehen.

Die Vordimensionierung erfolgt auf der Grundlage von BS 203, welcher sich etwa mittig außerhalb des geplanten Kanalbauwerks befindet [5]:

- mittlere Geländehöhe 282,13 m HN76
- Oberkante Grundwasserleiter 278,53 m HN76
- Unterkante Grundwasserleiter 276,73 m HN76

Der Bemessungswasserstand wird unter Verweis auf den in GWM 03 festgestellten mittleren Grundwasserstand mit 279,68 m HN76 angesetzt (Tabelle 4).

Näherungsweise ist von einem gespannten Grundwasserverhältnis auszugehen.

Zur Reduzierung möglicher Setzungen wurde ein Bodenaustausch bis auf OK Flusskies (= Grundwasserleiter) vorgeschlagen [3]. Das Erfordernis ist im Zuge der Erdarbeiten gutachterlich festzulegen. Liegen die Decklehme im Bereich der Kanalsohle in wenigstens steifer Konsistenz vor, kann auf den Bodenaustausch verzichtet werden.

Zur Dimensionierung der Wasserhaltung wird von einer Baugrubensohltiefe von 278,53 m HN76 (= OK Grundwasserleiter) ausgegangen.

Die Absenkung sollte i.d.R. bis 0,5 m u. Aushubsohle erfolgen. Nach HERTH & ARENDTS kann dieser Betrag bei grobkörnigen Böden jedoch reduziert werden. Insbesondere, da ohnehin ein Bodenaustausch von mehreren Dezimetern vorgesehen ist, halten wir es für angebracht, den Betrag auf 30 cm zu reduzieren.

Tabelle 7: Vordimensionierung Grundwasserhaltung Kanalbau zwischen Trennbauwerk und MID-Schacht

| | Wassermenge |
|-------------------------------------|------------------------|
| Absenziel | 278,23 m HN76 |
| Anzahl Brunnen | 5 |
| max. Wasserandrang inc. Zuschläge | 18,3 m ³ /h |
| Bemessungswassermenge | 17 m ³ /h |
| Vorlaufzeit | ca. 2,5 h |
| erforderliche Brunneneinzelleistung | 3,7 m ³ |
| vorhandene Brunneneinzelleistung | 6,0 m ³ |

Die in Tabelle 4 (Anlage 2.2.2.1) aufgeführten Angaben sind als sehr konservativ anzusehen. Wird auf den Bodenaustausch verzichtet, ist eine offene Wasserhaltung als Tagwasserhaltung bzw. zum Fassen und Abführen von über die Grabensohle zutretendem Sickerwasser ausreichend. Zwei bzw. drei Förderbrunnen können zur Entspannung der Baugrubensohle eingesetzt werden. Diese sind aber nicht zwingend erforderlich.

3.5 Kanalbauwerk – Rechengebäude bis Fäka-Gebäude

Das Rechengebäude wird über einen ca. 70 m langen Ortbetonablaufkanal an den Bestand angeschlossen (Zeichn.-Nr. 4376_05_0472_SP bis 4376_05_0478_SP).

Unmittelbar hinter dem Neubau (Rechengebäude) ist hierbei ein vorhandener Düker zu queren (Zeichn.-Nr.: 4376_05_0420_V_SP). Der Bereich stellt einen lokalen Tiefpunkt dar, da der Ortbetonkanal durch seitlich anzuordnende Einzelfundamente abgefangen werden soll. Hierzu ist eine örtliche Vertiefung der Baugrube bis 276,77 m HN76 und somit ca. 1,5 m unterhalb der übrigen Aushubsohle (278,27... 278,11 m HN76) erforderlich. Eine so weitreichende Absenkung ist mit erheblichen Mehraufwendungen verbunden und wird daher nicht berücksichtigt.

Etwa 30 m östlich des Rechengebäudes ist ein Notumlaufschacht angeordnet. Die Aushubsohle wird mit 277,71 m HN76 angesetzt. Über einen ca. 8 m langen Stich in Richtung Süden wird eine Verbindung zum Bestand hergestellt (278,68 m HN76).

Der Ortbetonkanal wird, ausgehend vom Notumlaufschacht, über eine Strecke von etwa 25 m durch das Gebäude der Fäkalienabfuhr (FäKa) geführt. Die Anbindung an den Bestand erfolgt hinter dem FäKa-Gebäude über einen ca. 6 m langen Kanalabschnitt. Für die Dimensionierung wird eine Aushubtiefe von 277,96 m HN72 angenommen. Die erforderliche Tieferführung im Bereich der Umbindung bis 276,9 wird erst in Kapitel 3.6 berücksichtigt.

Der Baugrund lässt sich über KB 401, RKS 116 und RKS 117 beschreiben. Zu berücksichtigen ist, dass die Aquifermächtigkeit tendenziell entlang des Ablaufkanals von Westen nach Osten zunimmt.

Der Bereich um KB 401 wird primär durch den Verbau des Rechengebäudes sowie vorhandene Strukturen (Zulaufdüker) beeinflusst. Zur Dimensionierung wurde als Referenzprofil die mittig entlang des Trassenabschnittes gelegene RKS 116 herangezogen [3]:

- mittlere Geländehöhe 280,91 m HN76
- Unterkante Grundwasserleiter 275,21 m HN76

Als Bemessungswasserstand wurde der Mittelwasserstand an GWM 0 bei 278,99 m HN76 gewählt.

Als Absenkziel wurde die Aushubsohle zzgl. eines Sicherheitszuschlages von 35 cm gewählt. Der Grundwasserspiegel liegt überwiegend frei vor.

Tabelle 8: Vordimensionierung Grundwasserhaltung Kanalbau zwischen Rechengebäude und FäKa

| | Wassermenge |
|-------------------------------------|------------------------|
| Absenkziel | 277,36...278,33 m HN76 |
| Anzahl Brunnen | 11 |
| max. Wasserandrang inc. Zuschläge | 45,4 m ³ /h |
| Bemessungswassermenge | 41,3 m ³ /h |
| Vorlaufzeit | ca. 4 Tage |
| erforderliche Brunneneinzelleistung | 4,2 m ³ |
| vorhandene Brunneneinzelleistung | 17,5 m ³ |

Schnitt 4-4 (Anlage 2.2.2.2) bildete den kritischen Schnitt im Bereich des Zulaufdükers ab. Im Beharrungszustand wird rechnerisch eine Absenkung bis ca. 277,6 m HN76 erreicht. Erforderlich wäre eine um wenigstens 80 cm tiefere Absenkung. Diese ist durch eine Vorabsenkung mittels geschlossener Wasserhaltung technisch und wirtschaftlich nicht umsetzbar. Aufgrund der Nähe zur Unterkante des

Grundwasserleiters wird eine wasserdichter Verbau mit Trogwasserhaltung empfohlen. Alternativ ist eine Betonage unter / im Wasser vorzuschlagen.

3.6 Kanalbauwerk – Provisorium und Anschluss hinter FäKa

Hinter bzw. westlich des FäKa-Gebäudes sollen ein Verbindungsbauwerk einschließlich eines Provisoriums hergestellt werden (Zeichn.-Nr. 4376_05_0478).

Die Aushubsohle wird nach Abstimmung mit dem Planer mit 276,9 m HN76 angesetzt.

Als Referenzprofil wird RKS 117 herangezogen. Die Sondierung endet ohne sicheren Nachweis der Liegendgrenze des Aquifers. Für die Dimensionierung der geschlossenen Wasserhaltung wird das Sondierende mit der Unterkante des Grundwasserleiters gleichgesetzt. Da das Fassungsvermögen der Einzelbrunnen den limitierenden Faktor darstellt, ist dies eine auf der sicheren Seite liegende Annahme.

- mittlere Geländehöhe 280,57 m HN76
- Unterkante Grundwasserleiter 274,47 m HN76

Als Bemessungswasserstand wurde aufgrund fehlender anderweitiger Informationen der Mittelwasserstand an GWM 0 bei 278,99 m HN76 angesetzt. Es handelt sich hierbei um eine konservative Annahme, da insbesondere in der trockenen Jahreszeit ein gegenüber der Messstelle um ca. 20 cm tieferer Grundwasserstand zu erwarten ist.

Tabelle 9: Vordimensionierung Grundwasserhaltung Kanalbau Provisorium und Anschluss hinter FäKa

| | Wassermenge |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Absenckziel | 276,9 m HN76 |
| Anzahl Brunnen | 7 (5 vorhandene, 2 zusätzliche) |
| max. Wasserandrang inc. Zuschläge | 39,7 m³/h |
| Bemessungswassermenge | 36,1 m³/h |
| Vorlaufzeit | ca. 6 Tage |
| erforderliche Brunneneinzelleistung | 5,7m³ |
| vorhandene Brunneneinzelleistung | 10,7 m³ |

Bei der Bemessung wurde vollständig auf eine Absenkung unterhalb der Baugrubensohle verzichtet. Nach [11] kann der Sicherheitszuschlag dann entfallen, wenn die Aushubsohle rückschreitend – ohne Auflockerung – hergestellt und unverzüglich versiegelt wird.

Die Sauberkeitsschicht von 10 cm Stärke wurde bereits berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass die Baugrubensohle nicht trocken ist. Ggf. kann eine etwas höhere Absenkung durch eine zusätzlich in der Baugrube vorgesehene offene Wasserhaltung erzielt werden.

3.7 Sonstige Kanalbauwerke

Nördlich und südlich des Rechengebäudes (Neubau) sowie im Bereich der Verkehrsfläche östlich des Rechengebäudes zwischen Regenüberlaufbecken, Rechengebäude und FäKa sind weitere Leitungen und Kanäle zu verlegen. Die Arbeiten können teilweise erst nach Rückbau / Öffnung der Bohrpfahlwand erfolgen.

Die Ausführungen beziehen sich auf die in Zeichn.-Nr.: 4376_05_0104_LP_RW (Stand 26.07.2023) aufgeführten Leitungen einschließlich der am 28.07.2023 zur Verfügung gestellten Längsschnitte.

Nördlich Rechengebäude - Abschnitt Revisionsschacht 2 bis S2-RW

Vorgesehen ist die Verlegung von Rohrleitungen DN 200 bzw. DN 250 PVC-U. Die Rohrsohle befindet sich zwischen Höhenkote 280,13.... 279,40 m HN76. Die Aushubsohle ist unter Berücksichtigung der Bettung überschlägig mit 279,05 m anzusetzen.

In der Aushubsohle stehen überwiegend bindige Erdstoffe (Auelehm) an.

Als Referenzmessstellen und Referenzprofil kann GMW 01 herangezogen werden.

Der Bemessungswasserstand als mittlerer Grundwasserstand beträgt 278,96 m HN76. In der trockenen Jahreszeit zwischen Juni und Dezember liegt der Grundwasserstand i. M. ca. 20 cm tiefer.

Es ist eine Tagwasserhaltung vorzusehen. Ggf. kann auch eine zusätzliche Absenkung bis 50 cm unter Aushubsohle durch eine offene Wasserhaltung realisiert werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann diese jedoch entfallen, wenn die Arbeiten in den Sommermonaten erfolgen.

Südlich Rechengebäude – Revisionsschacht 1 bis S1-RW

Auf einer Länge von ca. 45 m soll eine Rohrleitung DN 200 PVC-U verlegt werden. Der Leitungsverlauf erfolgt parallel zur südlichen Bauwerksseite des Rechengebäudes zwischen 280,45... 280,05 m HN76.

Als Bemessungswasserstand wird der mittlere Wasserstand von GWM 02 herangezogen (279,30 m HN76). Es handelt sich um eine sehr konservative Annahme, da der zu erwartende Wasserstand eher dem von GWM 01 entsprechen dürfte.

Eine Grundwasserabsenkung ist nicht erforderlich. Wir empfehlen jedoch, eine Tagwasserhaltung vorzusehen.

Östlich Rechengebäude –S1-RW bis S4-RW

S1-RW fungiert analog zu S2-RW als Absturzscht. Die Kanalsohle liegt zwischen 277,89... 277,66 m HN76. Bezogen auf den Bemessungswasserstand (GMW 0 - 278,99 m H76) ist demnach eine Absenkung um ca. 1,5 m erforderlich. Da eine offene Wasserhaltung auf eine Absenkung um 0,5... 1,0 m zu begrenzen ist, empfehlen wir, zusätzlich eine Vorabsenkung durch eine geschlossene Wasserhaltung zu berücksichtigen.

Ist die Wasserhaltung nach Anlage 2.2.2.1 in Betrieb ist noch in einem Abstand von ca. 18 m vom Ablaufkanal eine Absenkung bis etwa 277,76 m HN76 gegeben. Die entspricht etwa der Lage von S2-RW. Eine offene Wasserhaltung zur Absenkung des Grundwasserspiegels um etwa 0,5... 1,0 m wäre möglich.

Zu empfehlen ist die Anordnung eines weiteren Brunnens zwischen S2-RW und S4-RW und eine vorseilende Absenkung.

Südlich Rechengebäude – S1 – AW bis S2- AW

Westlich von S1 – AW ist auf einer Länge von 20 m die Verlegung einer Leitung DN 200 PP vorgesehen. Die Kanalsohle befindet sich zwischen 280,5... 280,35 m.

Der Bemessungswasserstand orientiert sich an GWM 02 (279,3 m HN76). Da im Teufenbereich der Kanalsohle bindige Böden anstehend sind, ist eine Tagwasserhaltung ausreichend.

Zwischen S1-AW und S2-AW verbreitert sich der Nenndurchmesser auf 250 mm (PVC-U), westlich von S2-AW auf DN 300. Die Kanalsohle befindet sich zwischen 279,70... 279,11 m HN76.

Der Bemessungswasserstand wird anhand GWM 0 bei 278,99 m HN76 festgelegt. Wir empfehlen die Durchführung innerhalb der trockenen Jahreszeit. Die zur Stabilisierung der Aushubsohle ggf. erforderliche Absenkung im westlichen Abschnitt ist durch die vorhandenen Brunnen (Anlage 2.2.2.1) zu realisieren.

4 Umgang mit gefassten Wässern

4.1 Aufbereitung

Eine Aufbereitung gefasster Wässer ist nicht erforderlich. Nach vorliegender Analytik sind keine chemischen Auffälligkeiten zu erwarten.

Bei einem Pumpversuch gehobenes Grundwasser war bereits nach kurzer Pumpzeit klar und ohne größere Schwebstofffracht.

Prinzipiell sind Schwebstoffe soweit technisch möglich vollständig zu entfernen:

1. Reduzierung von Schwebstoffen durch die Hebung über einen ausgebauten Pumpensumpf; hierbei wirken Geotextilien, sowie Kies-Sand-Schüttungen als Filter.
2. Nachgeschaltete Absetzbecken können bei Bedarf zu einer weiteren Reduktion der Schwebstofffrachten beitragen. Ergänzend können zusätzlich Kiesfilter eingesetzt werden.

Die genaue Wahl der Technologie ist durch den Auftragnehmer zu treffen. Vorgaben der wasserrechtlichen Genehmigungen bzw. der unteren Behörden sind einzuhalten.

4.2 Einleitung

Vorgesehen ist die Einleitung gefasster Wässer in den Bahrebach. Angaben zur Einleitstelle sind den Unterlagen des AG zu entnehmen.

4.3 Qualitätssicherung / Bauüberwachung

Nachfolgend werden einige vorzuschlagenden Maßnahmen zur Überwachung der Wasserhaltungsanlage aufgeführt:

- In den ersten vier Wochen nach der Errichtung der Grundwasserabspernung und Absenkung innerhalb des Baufeldes sind die Grundwasserstände an allen vier Grundwassermessstellen an fünf Tagen die Woche (Montag bis Freitag) zu dokumentieren.
- Anschließend werden für die Dauer der Baumaßnahme wöchentliche Messungen durchgeführt. Der Wiederanstieg bei Öffnung der Grundwasserabspernung ist engmaschig (stündlich – täglich) bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustandes zu überwachen.

- Fördermenge & -rate werden durch Durchflussmengenmessung kontinuierlich erfasst. Die Auslesung und Dokumentation erfolgt im selben Intervall wie die Wasserspiegelmessungen zunächst Mo-Fr, anschließend wöchentlich.
- Mit dem Beginn der Grundwasserabsenkung wird zunächst eine Wasserprobe nach Vorgabe der unteren Behörde (siehe wasserrechtliche Genehmigung) entnommen und analysiert. Anschließend erfolgt wöchentlich eine Dokumentation der Vorortparameter (Temperatur, pH-Wert, Leitfähigkeit, organoleptischer Befund, Trübung). Werden signifikante Änderungen festgestellt, ist unmittelbar eine erneute Beprobung zu veranlassen.

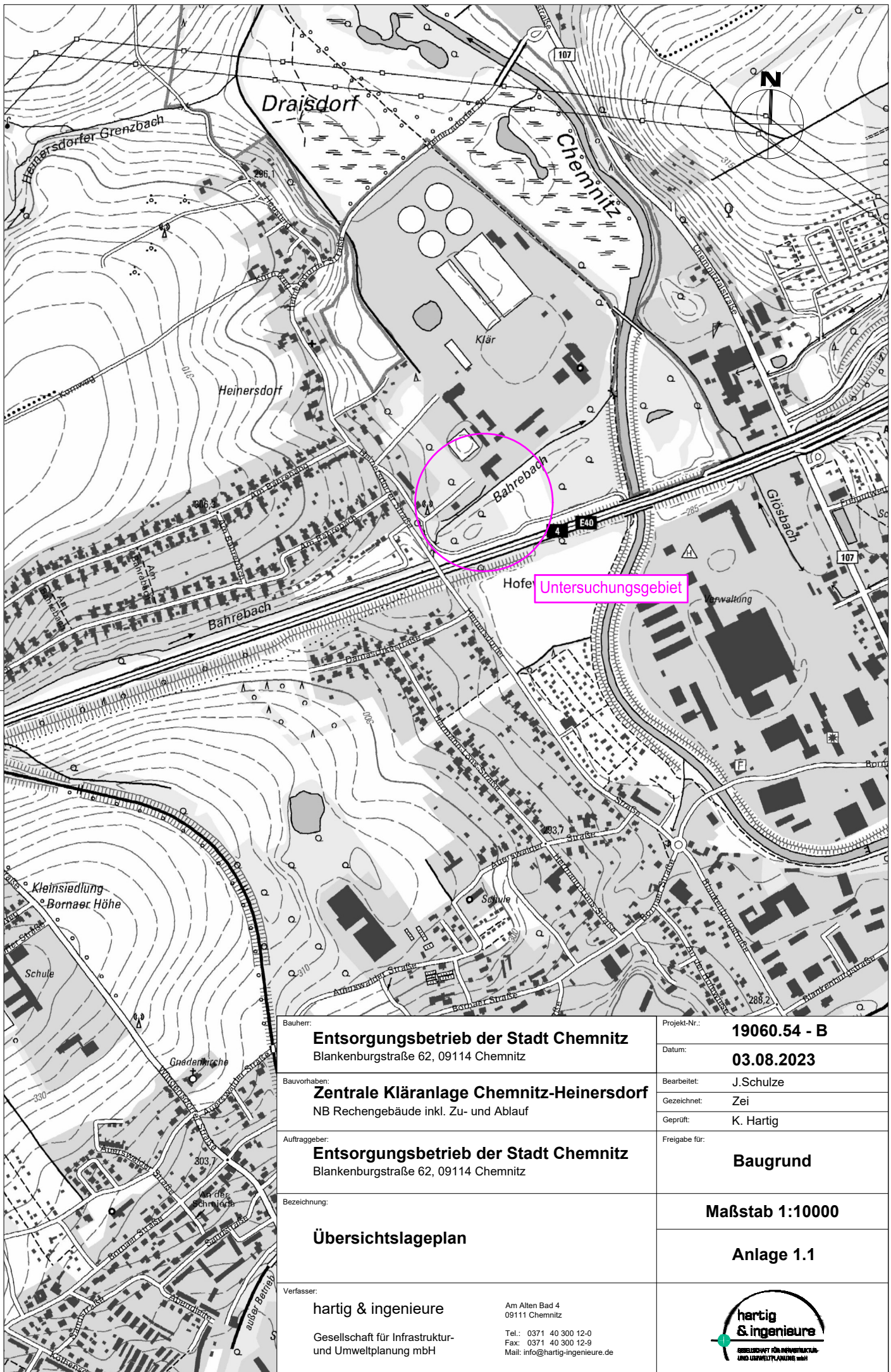
Für Fragen zu den vorangehenden Ausführungen stehen die Projektbearbeiter der hartig & ingenieure gmbh gern zur Verfügung.

Chemnitz, 03. August 2023

Anlage 1

Lagepläne

| | |
|------------|--------------------|
| Anlage 1.1 | Übersichtslageplan |
| Anlage 1.2 | Detaillageplan |



| | |
|--|----------------------------------|
| Bauherr: Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz Blankenburgstraße 62, 09114 Chemnitz | Projekt-Nr.: 19060.54 - B |
| | Datum: 03.08.2023 |
| Bauvorhaben: Zentrale Kläranlage Chemnitz-Heinersdorf NB Rechengebäude inkl. Zu- und Ablauf | Bearbeitet: J.Schulze |
| | Gezeichnet: Zei |
| Auftraggeber: Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz Blankenburgstraße 62, 09114 Chemnitz | Geprüft: K. Hartig |
| | Freigabe für: Baugrund |
| Bezeichnung: Übersichtslageplan | Maßstab 1:10000 |
| | Anlage 1.1 |
| Verfasser: hartig & ingenieure Gesellschaft für Infrastruktur- und Umweltplanung mbH | |
| Am Alten Bad 4 09111 Chemnitz Tel.: 0371 40 300 12-0 Fax: 0371 40 300 12-9 Mail: info@hartig-ingenieure.de | |
| | |

BA 1 -
Trennbauwerk
und Geröllfang
(Anlage 2.1.1)

BA 1.1 -
Kanalbauwerk zw.
Trennbauwerk und
Rechengebäude
(Anlage 2.2.1)

BA 2 - MID-Schacht
und Rechengebäude
(Anlage 2.1.2)

BA 2.2.3 -
nördlich Rechengebäude

BA 2.2.3 -
östlich Rechengebäude

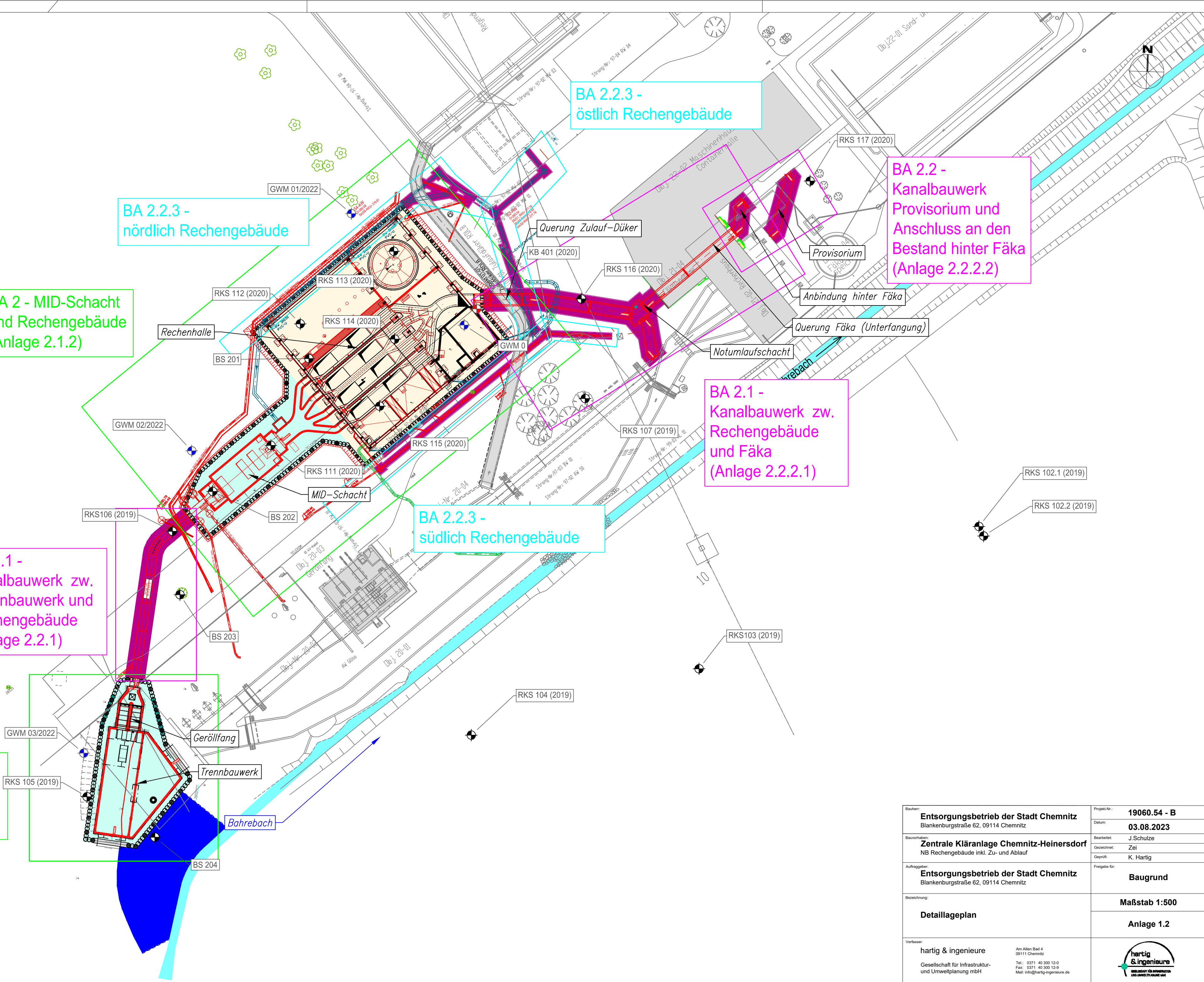
BA 2.2 -
Kanalbauwerk
Provisorium und
Anschluss an den
Bestand hinter Fäka
(Anlage 2.2.2)

BA 2.1 -
Kanalbauwerk zw.
Rechengebäude
und Fäka
(Anlage 2.2.2.1)

BA 2.2.3 -
südlich Rechengebäude

Heinersdorfer Straße

| | |
|--|-------------------------------------|
| Bauherr: Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz Blankenburgstraße 62, 09114 Chemnitz | Projekt-Nr.: 19060.54 - B |
| Bauvorhaben: Zentrale Kläranlage Chemnitz-Heinersdorf NB Rechengebäude inkl. Zu- und Ablauf | Datum: 03.08.2023 |
| Auftraggeber: Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz Blankenburgstraße 62, 09114 Chemnitz | Bearbeitet: J.Schulze |
| Bezeichnung: Detaillageplan | Gezeichnet: Zei |
| Vorfasser: hartig & ingenieure Gesellschaft für Infrastruktur- und Umweltplanung mbH | Gepflegt: K. Hartig |
| | Freigabe für: Baugrund |
| | Maßstab 1:500 |
| | Anlage 1.2 |
| <div><div><div>19060.5B_LP; BXH = 594x 420[mm]</div></div><div><div>Am Alten Bad 4 09111 Chemnitz Tel.: 0371 40 300 12-0 Fax: 0371 40 300 12-9 Mail: info@hartig-ingenieure.de</div><div><div>hartig & ingenieure</div><div>INGENIEURFÜR INFRASTRUKTUR UND UMWELTPLANUNG mbH</div></div></div></div> | |



Anlage 2

Protokolle

| | |
|----------------|--|
| Anlage 2.1 | wasserdichter Verbau (Trog-, Sicker- und Niederschlagswasser) |
| Anlage 2.1.1 | <i>BA 1 – Trennbauwerk und Geröllfang</i> |
| Anlage 2.1.2 | <i>BA 2 – MID-Schacht und Rechengebäude</i> |
| Anlage 2.2 | geschlossene Wasserhaltung (Brunnenanlage) |
| Anlage 2.2.1 | <i>BA 1.1 – Kanalbauwerk zw. Trennbauwerk und MID-Schacht</i> |
| Anlage 2.2.2 | Kanalbauwerk zwischen Rechengebäude und Fäka |
| Anlage 2.2.2.1 | <i>BA 2.1 – Kanalbauwerk zw. Rechengebäude und Fäka</i> |
| Anlage 2.2.2.2 | <i>BA 2.2 – Kanalbauwerk Provisorium und Anschluss a. d. Bestand hinter Fäka</i> |

Projekt ZKA NB Rechengebäude
Projekt Nr. 19060.5B

Datum: 01.08.2023
Bearbeiter: J. Schulze

Ort: 09114 Chemnitz, Heinersdorfer Straße 42



Bezeichnung Wasserhaltung mittels Dichtwand
 (Abschätzung der Wassermengen)

Baugrubengeometrie

Bezeichnung Trennbauwerk - Überschnittene Bohrpfahlwand
Referenzmessstelle GWM 03/2022

Baugrube

| | | |
|-----------|----------------------|-------------------------|
| A_{BG} | 478,0 m ² | Fläche |
| U_{BG} | 92,0 m | Umfang |
| | 283,50 m HN76 | Geländeoberkante |
| H_{BGS} | 277,20 m HN76 | Baugrubensohle |

Dichtwand

| | | |
|-------------------|--------------|--------------------------------------|
| $d_{Dichtwand}$ | 0,47 m | Breite |
| $k_{f,Dichtwand}$ | 1,00E-08 m/s | Durchlässigkeit der Dichtwand |

Hydrologische Kennwerte

Aquifereigenschaften

| | | |
|-----------------|---------------|------------------------------------|
| $H_{Bemessung}$ | 280,14 m HN76 | Bemessungswasserstand |
| $k_{f,Aquifer}$ | 5,00E-04 m/s | Durchlässigkeit des Leiters |
| H_{GWL} | 277,07 m HN76 | Unterseite GWL |
| M | 3,1 m | Höhe der Wassersäule |
| n | 0,2 | nutzbares Porenvolumen |

Aquitardeigenschaften

| | | |
|------------------|--------------|---|
| $k_{f,Aquitard}$ | 1,00E-07 m/s | Durchlässigkeit Einbindehorizont |
| $M_{Aquitard}$ | 0,5 m | Einbindetiefe |

Trogwasser

| | | |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------------|
| A_{BG} | 478,0 m ² | Baugrubenfläche |
| ΔH | 2,9 m | wassererfüllte Baugrubentiefe |
| $V_{gesättigt}$ | 1405,3 m ³ | wassererfülltes Bodenvolumen |
| Q_{GW} | 281,1 m ³ | Trogwassermenge |

Sickerwassermenge durch Dichtwand

| | |
|-------------------------|--------|
| $H_{\text{Sicherheit}}$ | 0,0 m |
| ΔH | 2,9 m |
| $d_{\text{Dichtwand}}$ | 0,47 m |
| h | 0,1 m |

Sicherheitsfaktor GW
Wirksame Wassersäule

durchlässiger Boden unter BGS

Berechnet wird die über die Dichtwand zutretende Sickerwassermenge unter der Annahme, dass die Unterströmung zu vernachlässigen ist.

| | |
|-------|--------------|
| v_f | 6,26E-07 m/s |
|-------|--------------|

spezifischer Durchfluss auf Höhe des GWL

| | |
|-----|----------------------|
| A | 282,4 m ² |
|-----|----------------------|

Fläche Baugrubenverbau

| | |
|---------------------|---|
| Q_{sicker} | 1,77E-04 m ³ /s 0,6 m ³ /h |
|---------------------|---|

Sickermenge

| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| $k_{f,\text{Umläufigkeit}}$ | 200,00% |
| $Q_{\text{sicker,korrigiert}}$ | 1,9 m ³ /h |

Niederschlagswasser

| | |
|---------------------|-----------------------|
| $r_{15,1}$ | 127,8 l/(s*ha)** |
| t_{regen} | 15 min |
| t_{Abpump} | 60 min |
| Q_{Regen} | 5,5 m ³ /h |

Regenspende
Dauer der Regenspende
Dauer der Pumpzeit
Förderrate (Niederschlagswasser)

** Werte aus KOSTRA-ATLAS entnommen

Projekt ZKA NB Rechengebäude
Projekt Nr. 19060.5B

Datum: 01.08.2023
Bearbeiter: J. Schulze

Ort: 09114 Chemnitz, Heinersdorfer Straße 42



Bezeichnung Wasserhaltung mittels Dichtwand
 (Abschätzung der Wassermengen)

Baugrubengeometrie

Bezeichnung MID-Schacht und Rechengebäude - Überschnittene Bohrpfahlwand
Referenzmessstelle GWM2

Baugrube

A_{BG} 1985,0 m²
 U_{BG} 225,5 m
 281,00 m HN76
 H_{BGS} 275,90 m HN76
 5,1 m u. GOK

Fläche
Umfang
Geländeoberkante
Baugrubensohle

Dichtwand

$d_{Dichtwand}$ 0,47 m
 $k_{f,Dichtwand}$ 1,00E-08 m/s

Breite
Durchlässigkeit der Dichtwand

Hydrologische Kennwerte

Aquifereigenschaften

$H_{Bemessung}$ 279,72 m HN76
 $k_{f,Aquifer}$ 5,00E-04 m/s
 H_{GWL} 274,60 m HN76
 M 5,1 m
 n 0,2

Bemessungswasserstand
Durchlässigkeit des Leiters
Unterkante GWL
Höhe der Wassersäule
nutzbares Porenvolumen

Aquitardeigenschaften

$k_{f,Aquitard}$ 1,00E-07 m/s
 $M_{Aquitard}$ 0,5 m

Durchlässigkeit Einbindehorizont
Einbindetiefe

Trogwasser

A_{BG} 1985,0 m²
 ΔH 2,7 m
 $V_{gesättigt}$ 5359,5 m³

Baugrubenfläche
wassererfüllte Baugrubentiefe
wassererfülltes Bodenvolumen

Q_{GW} 1071,9 m³

Trogwassermenge

Sickerwassermenge durch Dichtwand

| | |
|-------------------------|--------|
| $H_{\text{Sicherheit}}$ | 0,0 m |
| ΔH | 3,8 m |
| $d_{\text{Dichtwand}}$ | 0,47 m |
| h | 1,3 m |

Sicherheitsfaktor GW
Wirksame Wassersäule

durchlässiger Boden unter BGS

Berechnet wird die über die Dichtwand zutretende Sickerwassermenge unter der Annahme, dass die Unterströmung zu vernachlässigen ist.

| | |
|-------|--------------|
| v_f | 8,13E-07 m/s |
|-------|--------------|

spezifischer Durchfluss auf Höhe des GWL

| | |
|-----|-----------------------|
| A | 1154,6 m ² |
|-----|-----------------------|

Fläche Baugrubenverbau

| | |
|---------------------|---|
| Q_{sicker} | 9,38E-04 m ³ /s 3,4 m ³ /h |
|---------------------|---|

Sickermenge

| | |
|--------------------------------|-----------------------|
| $k_{f,\text{Umläufigkeit}}$ | 20,00% |
| $Q_{\text{sicker,korrigiert}}$ | 4,1 m ³ /h |

Niederschlagswasser

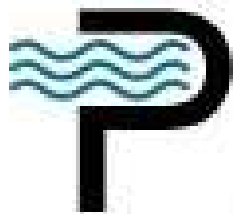
| | |
|---------------------|------------------------|
| $r_{15,1}$ | 127,8 l/(s*ha)** |
| t_{regen} | 15 min |
| t_{Abpump} | 60 min |
| Q_{Regen} | 22,8 m ³ /h |

Regenspende
Dauer der Regenspende
Dauer der Pumpzeit
Förderrate (Niederschlagswasser)

** Werte aus KOSTRA-ATLAS entnommen

BA 1.1 - Kanalbau Trennbauwerk bis MID-Schacht

| | |
|--------------|--|
| Bauvorhaben | ZKA ENB Rechengebäude inkl. Zu- und Ablauf hier: BA 1.1 - Kanalbau zw. Trennbauwerk und MID-Schacht |
| Bauherr | Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz Blankenburgstraße 62 09114 Chemnitz |
| Bauort | ZKA Chemnitz - Heinersdorf Heinersdorfer Straße 42, 09114 Chemnitz |
| Auftraggeber | Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz Blankenburgstraße 62 09114 Chemnitz |
| Autor | hartig & ingenieure gmbh Am Alten Bad 4 Chemnitz |
| Telefon | 0731 40 300 01 25 |



Inhaltsverzeichnis

| | |
|------|--|
| 1 | Berechnungsgrundlagen |
| 1.1 | Allgemeines |
| 1.2 | Berechnungsverfahren |
| 1.3 | Höhensystem |
| 2 | Hydrogeologische Verhältnisse |
| 2.1 | Angaben zu den k-Werten |
| 3 | Absenkanlage |
| 4 | Baugrube und Brunnenanordnung |
| 5 | Festlegung der Bemessungswassermenge |
| 5.1 | Zuschläge zum Wasserandrang |
| 5.2 | sEB und Brunnenleistung |
| 6 | Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand |
| 7 | Absenkung entlang von Schnittlinien |
| 8 | Absenkung in den Dimensionierungspunkten |
| 9 | Wasserstand in den Brunnen |
| 10 | Raumzeitliche Untersuchungen |
| 10.1 | Vorlaufzeit |

1 Berechnungsgrundlagen

1.1 Allgemeines

Die Berechnung erfolgt als Vordimensionierung.

Die abschließende Lage der erforderlichen Förderbrunnen ist in Abhängigkeit örtlicher Randbedingungen (u.a. Baugrubenverbau, vorhandene Leitungen / Medien....) anzupassen.

Berücksichtigt wurden die aktuellen Planungsunterlagen zur Ausführungsplanung [1].

Als Referenzprofil wurde BS 203 herangezogen.

Als Aushubsohle wurde die Oberkante der Grundwasserleiters bei 178,53 m NHN16 angesetzt. Die Aushubsohle befindet sich demnach ca. 60 cm unter dem tiefsten Punkt der Kanalsohle.

Um eine ordnungsgemäße Verdichtung des Bodenaustauschs zu gewährleisten erfolgt die Grundwasserabsenkung bis 30 cm u. Aushubsohle.

Die Berechnungen berücksichtigen eine mittlere Durchlässigkeit von $k_f = 5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$.

1.2 Berechnungsverfahren

1.3 Höensystem

Höensystem: m HN

2 Hydrogeologische Verhältnisse

Art der Spiegelfläche

Oberkante Gelände

Tiefe ruhender GW-Spiegel

Tiefe Wasserstauer

k-Wert durchlässige Schicht

Oberkante durchlässige Schicht

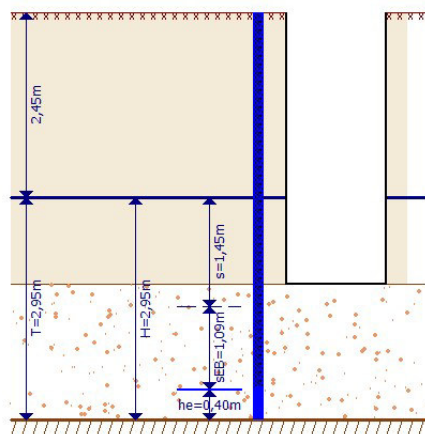
Speicherkoeffizient

| | | | |
|-----|---|----------|------|
| | | gespannt | |
| OkG | = | 282,13 | m HN |
| tw | = | 279,68 | m HN |
| T | = | 276,73 | m HN |
| k | = | 5.0 E-4 | m/s |
| m | = | 278,53 | m HN |
| p | = | 0,00255 | |

2.1 Angaben zu den k-Werten

Boden: sandiger Kies

Gs



| | |
|--------|------|
| NN | |
| 282.13 | 2.45 |
| 279.68 | 0.00 |
| 278.53 | 1.15 |
| 278.23 | 1.45 |
| 276.73 | 2.95 |

3 Absenkanlage

Die Absenkung erfolgt mit Tiefbrunnen

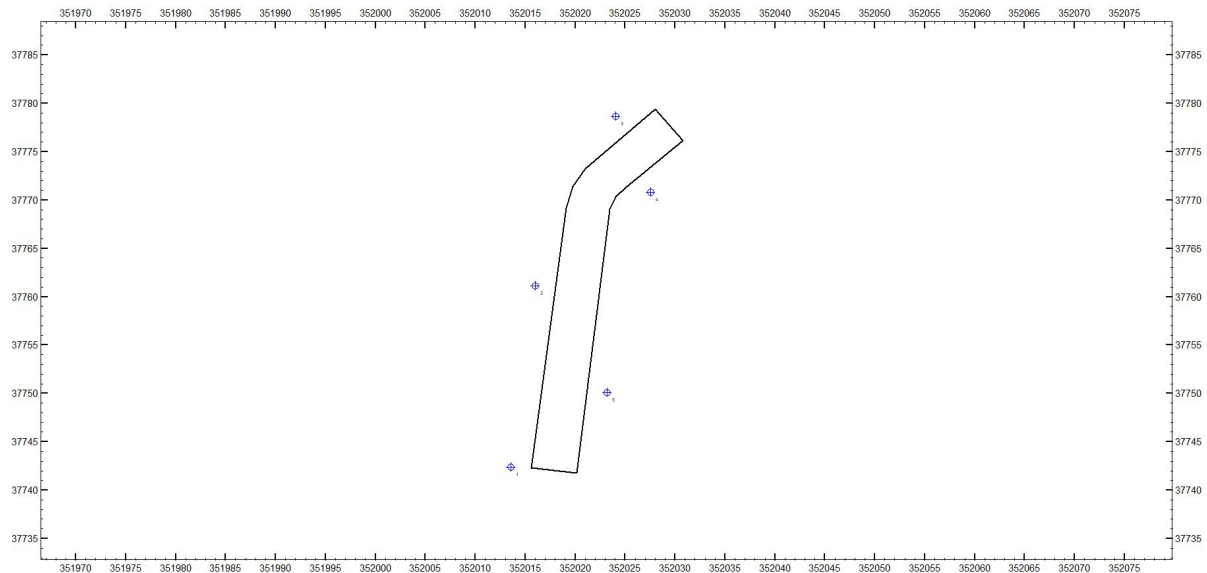
Brunnenunterkante

Bohrstrecke

| | | | |
|----|---|--------|-------|
| n | = | 5 | Stück |
| H | = | 276,73 | m HN |
| Bs | = | 5,40 | m |

| | | | | |
|------------------------------|----|---|-------|---|
| Bohrlochdurchmesser | DB | = | 0,60 | m |
| Filterdurchmesser | DF | = | 0,30 | m |
| Wirksamer Brunnendurchmesser | DW | = | 0,60 | m |
| Mittlerer Brunnenabstand | dB | = | 16,04 | m |

4 Baugrube und Brunnenanordnung



Baugrubeneckpunkte

| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|----|-----------|----------|---------------|
| 1 | 352020,12 | 37741,79 | 278,53 |
| 2 | 352015,57 | 37742,38 | 278,53 |
| 3 | 352019,07 | 37769,23 | 278,53 |
| 4 | 352019,70 | 37771,40 | 278,53 |
| 5 | 352020,96 | 37773,28 | 278,53 |
| 6 | 352027,98 | 37779,44 | 278,53 |
| 7 | 352030,75 | 37776,17 | 278,53 |
| 8 | 352025,01 | 37771,32 | 278,53 |
| 9 | 352024,02 | 37770,33 | 278,53 |
| 10 | 352023,44 | 37769,05 | 278,53 |

| | | | | |
|--|---|---|--------|------|
| Sicherheitszuschlag zur Baugrubentiefe | c | = | 0,30 | m |
| Einheitliche Absenktiefe | s | = | 278,23 | m HN |

Lage der Brunnen

| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|----|-----------|----------|---------------|
| 1 | 352013,56 | 37742,40 | 276,73 |
| 2 | 352016,00 | 37761,15 | 276,73 |
| 3 | 352024,03 | 37778,63 | 276,73 |

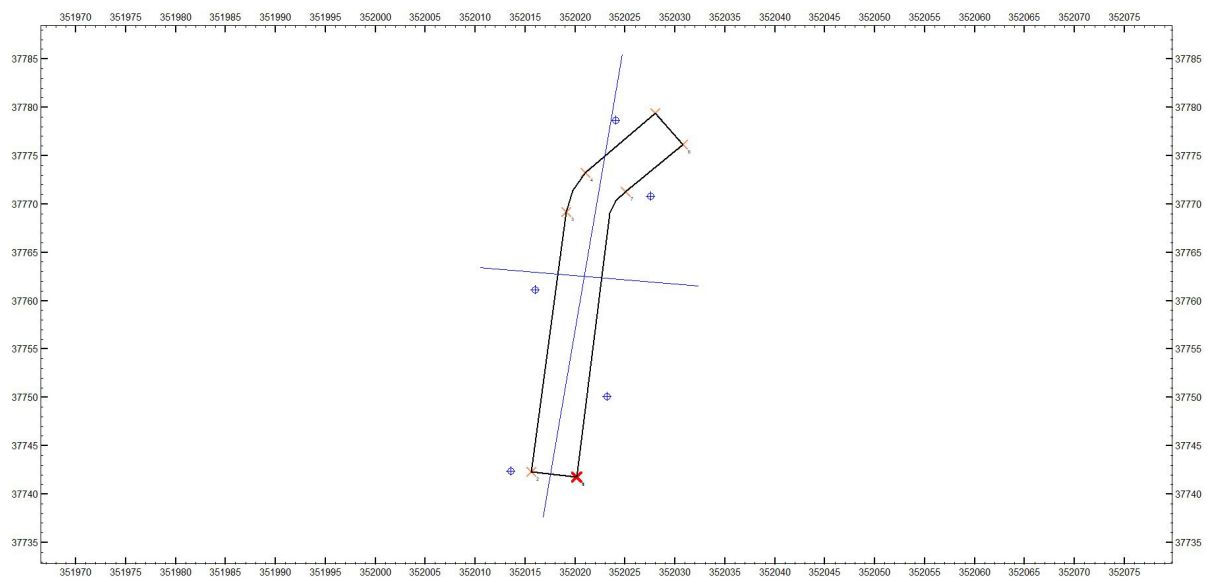
| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|----|-----------|----------|---------------|
| 4 | 352027,54 | 37770,84 | 276,73 |
| 5 | 352023,15 | 37750,15 | 276,73 |

5 Festlegung der Bemessungswassermenge

5.1 Zuschläge zum Wasserandrang

Leerpumpen des Absenktrichters

Z1 = 10,00 %



Dimensionierungspunkte

| Nr | x m | y m | Absenkziel m HN |
|----|-----------|----------|--------------------|
| 1 | 352020,12 | 37741,79 | 278,23 |
| 2 | 352015,57 | 37742,38 | 278,23 |
| 3 | 352019,07 | 37769,23 | 278,23 |
| 4 | 352020,96 | 37773,28 | 278,23 |
| 5 | 352027,98 | 37779,44 | 278,23 |
| 6 | 352030,75 | 37776,17 | 278,23 |
| 7 | 352025,01 | 37771,32 | 278,23 |
| 8 | 352020,10 | 37741,79 | 278,23 |

| | | | | |
|--|------|---|--------|------|
| Absenktiefe für Reichweitenberechnung | sRw | = | 1,45 | m |
| Bemessungsreichweite nach Sichardt | R | = | 97,27 | m |
| Bemessungsreichweite nach Weber | RWb | = | 98,69 | m |
| Ersatzradius der Baugrube (Maximaler Wert) | ARe | = | 16,67 | m |
| Bemessungsabsenkung | sBem | = | 278,23 | m HN |

Wasserandrang

| Nr | ARe m | RWb m | Absenkziel m HN | Q ⁺ m³/h |
|----|----------|----------|--------------------|------------------------|
| 1 | 16,67 | 98,69 | 278,23 | 18,26 |
| 2 | 13,64 | 98,22 | 278,23 | 16,45 |
| 3 | 13,35 | 98,18 | 278,23 | 16,27 |
| 4 | 13,32 | 98,18 | 278,23 | 16,25 |
| 5 | 15,51 | 98,50 | 278,23 | 17,56 |
| 6 | 15,73 | 98,53 | 278,23 | 17,70 |
| 7 | 11,13 | 97,90 | 278,23 | 14,93 |
| 8 | 16,66 | 98,69 | 278,23 | 18,25 |

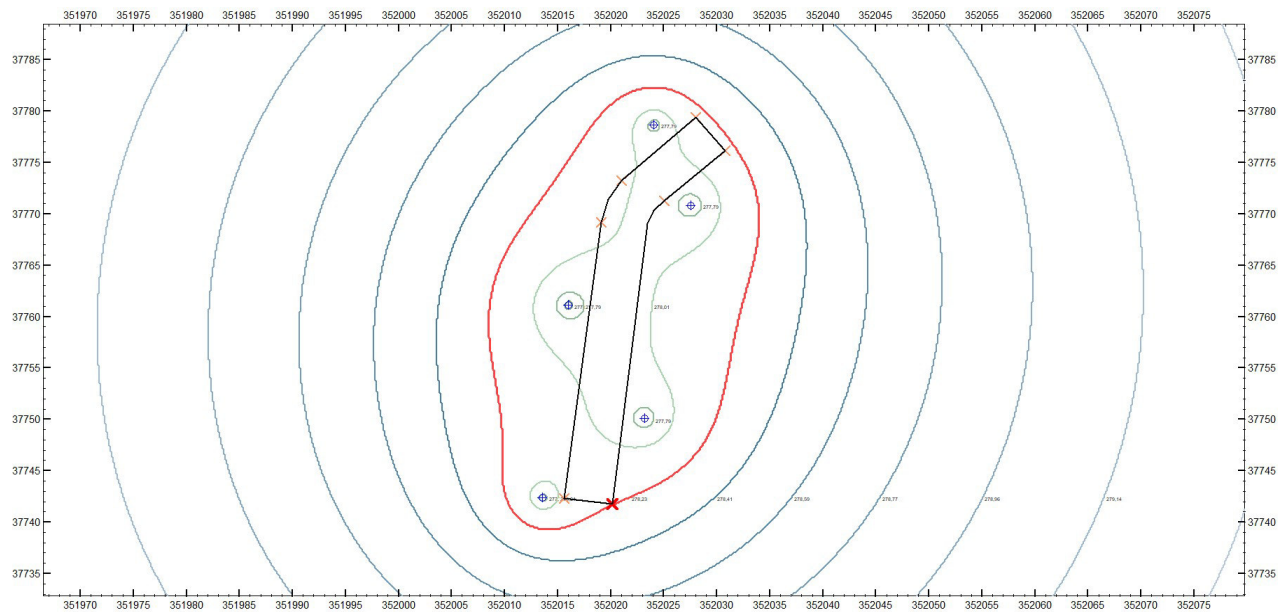
| | | | | |
|---|-------------|----------|--------------|-------------|
| Bemessungswassermenge (Maximaler Wert) | QBem | = | 18,26 | m³/h |
| Bemessungswassermenge ohne Zuschläge | Q | = | 16,60 | m³/h |

| | | | | |
|-----------------------|--|---|------|------|
| Brunneneinzelleistung | | = | 3,65 | m³/h |
|-----------------------|--|---|------|------|

5.2 sEB und Brunnenleistung

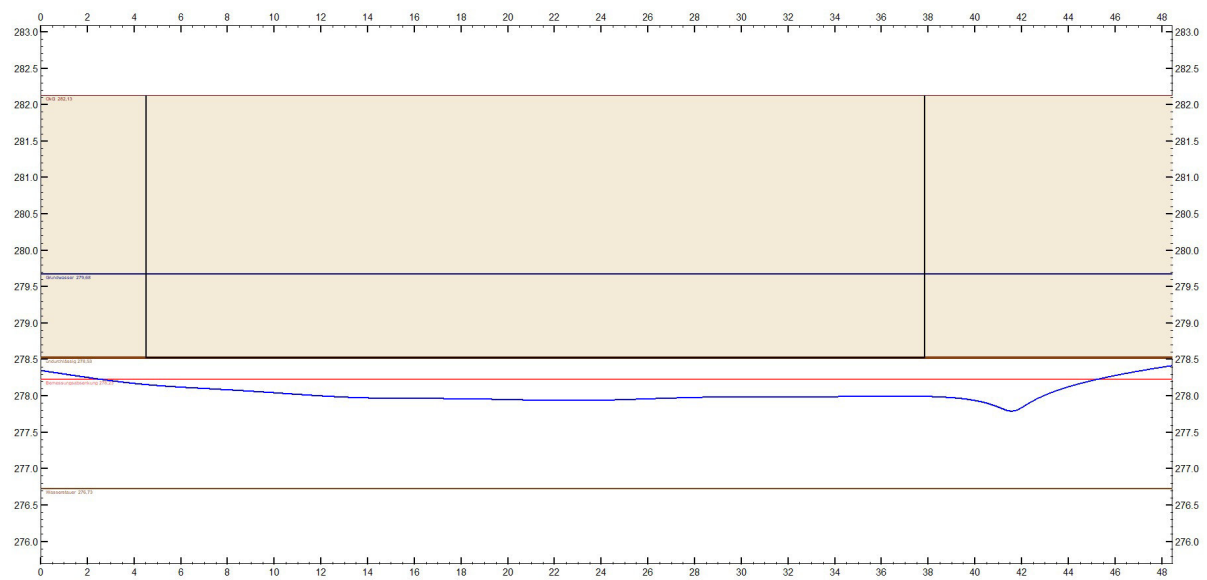
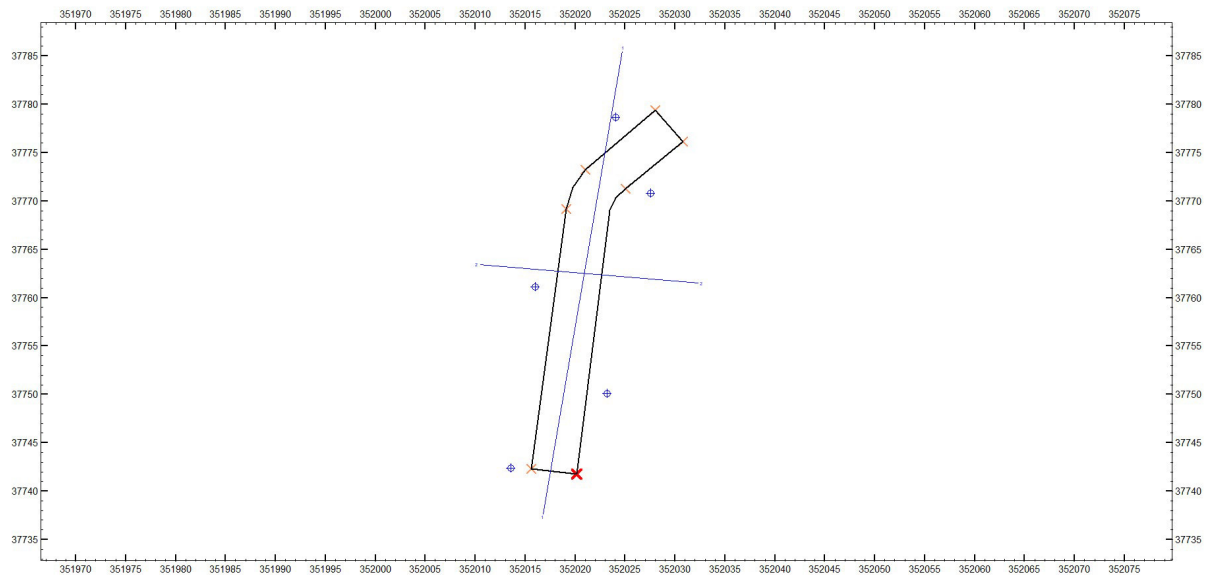
| | | | | |
|---------------------------------|----------------|---|-------|------|
| Wasserandrang ohne Zusch. unvk. | Q ⁺ | = | 14,49 | m³/s |
| mittlerer Brunnenabstand | 2b | = | 17,33 | m |
| Lokale Absenkung | sEB | = | 0,90 | m |
| benetzte Filterstrecke | h' | = | 0,60 | m |
| Erforderliche Brunnenleistung | q erf. | = | 3,65 | m³/h |
| Vorhandene Brunnenleistung | q vhd. | = | 6,09 | m³/h |

6 Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand

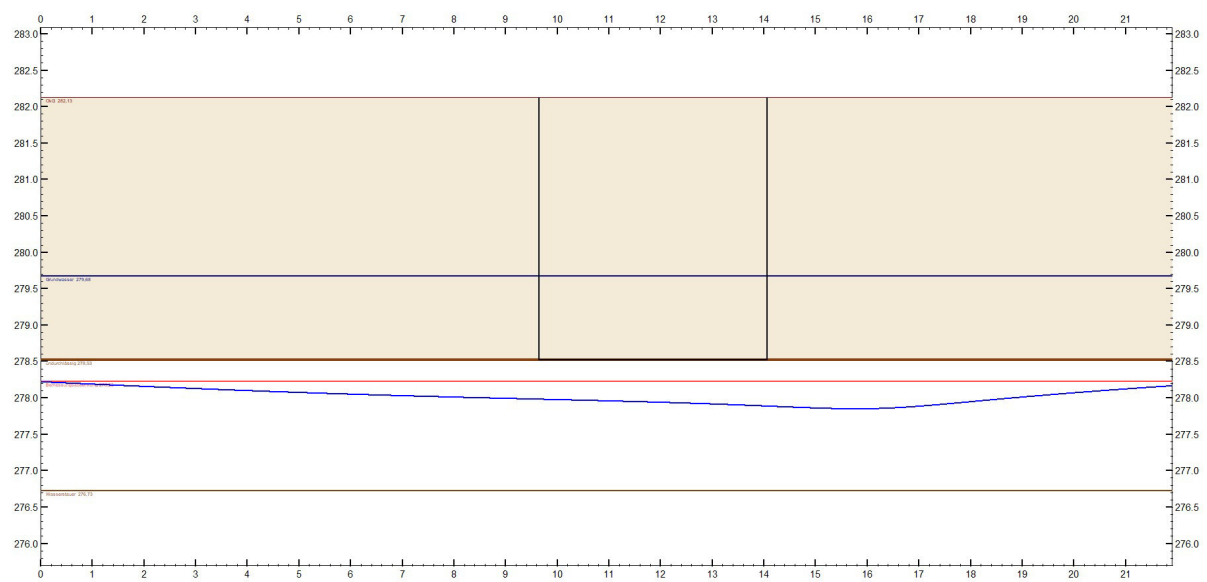
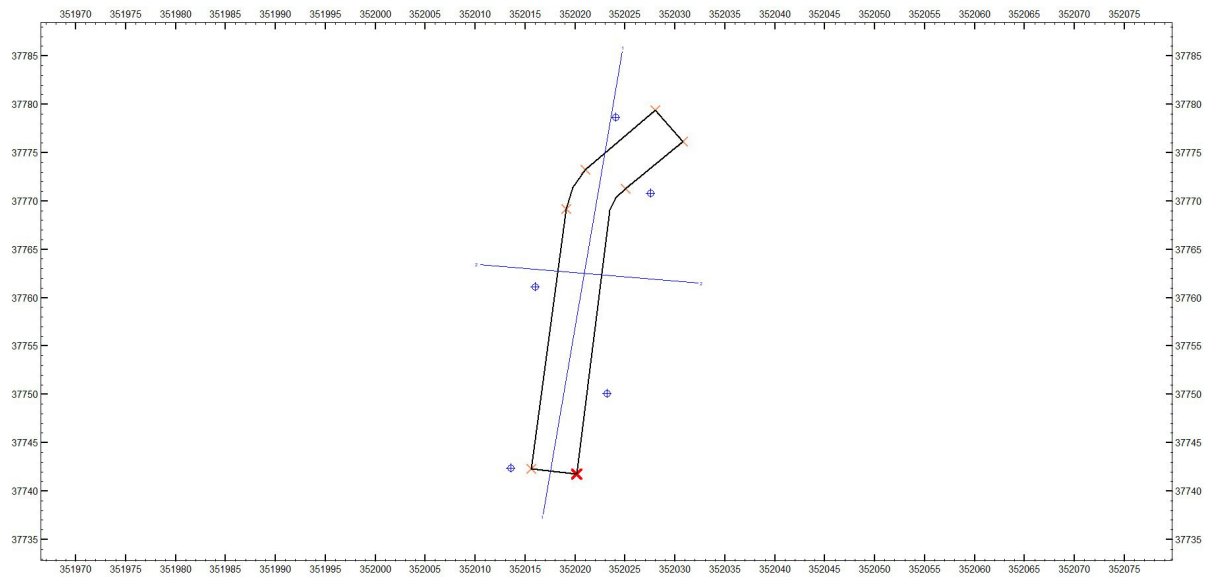


| Linie | Absenkung | Linie | Absenkung |
|-------|-----------|-------|-----------|
| 1 | 279,68 | 2 | 279,50 |
| 3 | 279,32 | 4 | 279,14 |
| 5 | 278,96 | 6 | 278,77 |
| 7 | 278,59 | 8 | 278,41 |
| 9 | 278,23 | 10 | 278,01 |
| 11 | 277,79 | 12 | 277,57 |
| 13 | 277,35 | 14 | 277,13 |
| 15 | 276,91 | 16 | 276,69 |

7 Absenkung entlang von Schnittlinie 1-1 im Beharrungszustand



7.1 Absenkung entlang von Schnittlinie 2-2 im Beharrungszustand



8 Absenkung in den Dimensionierungspunkten

| Nr | vhd. | | | | |
|----|-----------|----------|--------|-----------|------|
| | x | y | Ziel | Absenkung | Δ |
| | m | m | m HN | m HN | m |
| 1 | 352020,12 | 37741,79 | 278,23 | 278,23 | 0,00 |
| 2 | 352015,57 | 37742,38 | 278,23 | 278,07 | 0,16 |
| 3 | 352019,07 | 37769,23 | 278,23 | 278,05 | 0,18 |
| 4 | 352020,96 | 37773,28 | 278,23 | 278,05 | 0,18 |
| 5 | 352027,98 | 37779,44 | 278,23 | 278,17 | 0,06 |
| 6 | 352030,75 | 37776,17 | 278,23 | 278,18 | 0,05 |
| 7 | 352025,01 | 37771,32 | 278,23 | 277,90 | 0,33 |
| 8 | 352020,10 | 37741,79 | 278,23 | 278,23 | 0,00 |

9 Wasserstand in den Brunnen

Brunnenunterkante H = 276,73 m HN

| Nr | Filterstrecke | | | | |
|----|---------------|----------|---------|---------|------|
| | x | y | h' erf. | h' vhd. | Δ |
| | m | m | m | m | m |
| 1 | 352013,56 | 37742,40 | 0,36 | 1,05 | 0,69 |
| 2 | 352016,00 | 37761,15 | 0,36 | 0,83 | 0,47 |
| 3 | 352024,03 | 37778,63 | 0,36 | 0,98 | 0,62 |
| 4 | 352027,54 | 37770,84 | 0,36 | 0,86 | 0,50 |
| 5 | 352023,15 | 37750,15 | 0,36 | 0,88 | 0,52 |

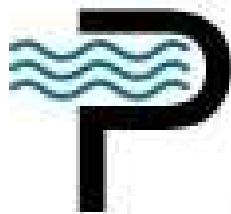
10 Raumzeitliche Untersuchungen

10.1 Benötigte Vorlaufzeit

Absenktiefe s = 1,45 m
 Absenkziel sNN = 278,23 m HN
 Voraussichtliche Vorlaufzeit tV = 2,47 h

Anlage 2.2.2.1 - BA 2.1 - Kanalbauwerk zw. Rechengebäude und Fäka

| | |
|--------------|--|
| Bauvorhaben | ZKA Chemnitz NB Rechengebäude |
| Bauherr | eins energie in sachsen GmbH & Co. KG Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz (ESC) Johannisstraße 1 09111 Chemnitz |
| Bauort | ZKA Chemnitz Heinersdorf "Kanalbauwerk DN 1800 Rechengebäude bis Fäka" |
| Auftraggeber | Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz (ESC) Johannisstraße 1 09111 Chemnitz |
| Autor | hartig & ingenieure gmbh Am Alten Bad 4 Chemnitz |
| Telefon | 0731 40 300 01 25 |



Inhaltsverzeichnis

| | |
|------|--|
| 1 | Berechnungsgrundlagen |
| 1.1 | Allgemeines |
| 1.2 | Berechnungsverfahren |
| 1.3 | Höhensystem |
| 2 | Hydrogeologische Verhältnisse |
| 3 | Absenkanlage |
| 4 | Baugrube und Brunnenanordnung |
| 5 | Festlegung der Bemessungswassermenge |
| 5.1 | Zuschläge zum Wasserandrang |
| 5.2 | sEB und Brunnenleistung |
| 6 | Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand |
| 7 | Absenkung entlang von Schnittlinien |
| 8 | Absenkung in den Dimensionierungspunkten |
| 9 | Wasserstand in den Brunnen |
| 10 | Raumzeitliche Untersuchungen |
| 10.1 | Vorlaufzeit |

1 Berechnungsgrundlagen

1.1 Allgemeines

Es handelt sich um eine Vordimensionierung im Rahmen der Ausführungsplanung.

Das Höhenbezugsystem ist HN76.

Als Bemessungswasserstand wird der Mittelwasserstand von Grundwassermessstelle GWM 0/2022 angesetzt.

Als Referenzprofil für die Baugrundsichtung wurde das im Bereich des geplanten Notumlaufschachtes RKS 116 angenommen.

Es ist bekannt, dass die Unterkante des Grundwasserleiters von Rechengebäude (GWM 0/2022) in Richtung Fäka-Gebäude (RKS 117) einfällt.

Vorhandene und vorgesehenen Strukturen, welche den Grundwasserfluss beeinträchtigen bleiben modellbedingt unberücksichtigt (u.a. Bohrpfahlwand im Bereich Rechengebäude). In diesem Bereich angeordnete Förderbrunnen sind nach Bedarf zu verlegen bzw. können ggf. entfallen. Tlw. wird es erforderlich sein innerhalb der Baugrube Wasser zu fassen und abzuführen.

Bei der genauen Einordnung der Förderbrunnen bleiben eventuell vorhandenen Zwangslagen (Zugänglichkeit im Bauverlauf, vorhandene Medien, vorhandene Fundament...) im Rahmen der Vordimensionierung unberücksichtigt.

Auf Wunsch des AG werden die Brunnen möglichst außerhalb des Fäka-Gebäudes angeordnet.

Im Bereich der Umbindung des Kanalbauwerks hinter dem FäKa-Gebäude wurde zunächst nur eine Absenkung bis 297,61 m HN76 angesetzt. Der Bereich wird in Anlage 2.2.2 genauer untersucht.

1.2 Berechnungsverfahren

1.3 Höhensystem

Höhensystem: m HN

2 Hydrogeologische Verhältnisse

Art der Spiegelfläche

frei

Oberkante Gelände

OkG = 280,91 m HN

Tiefe ruhender GW-Spiegel

tw = 278,99 m HN

Tiefe Wasserstauer

T = 275,21 m HN

k-Wert des Bodens

k = 5.0 E-4 m/s

Speicherkoeffizient

p = 0,2

3 Absenkanlage

Die Absenkung erfolgt mit Tiefbrunnen

n = 11 Stück

Brunnenunterkante

H = 275,21 m HN

Bohrstrecke

Bs = 5,70 m

Bohrlochdurchmesser

DB = 0,60 m

Filterdurchmesser

DF = 0,30 m

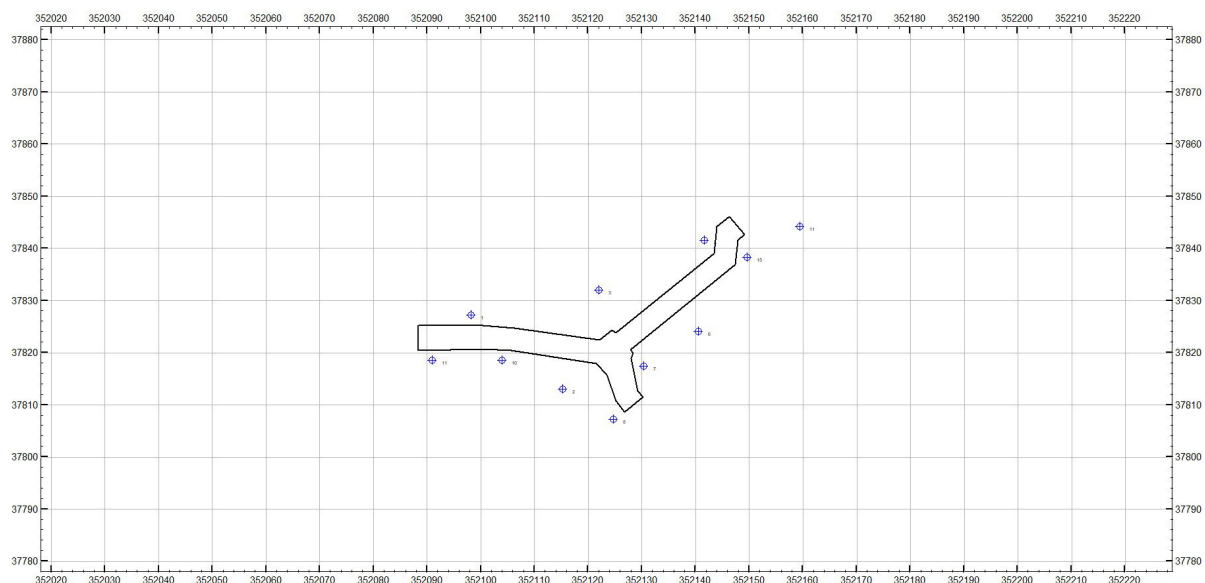
Wirksamer Brunnendurchmesser

DW = 0,60 m

Mittlerer Brunnenabstand

dB = 23,82 m

4 Baugrube und Brunnenanordnung



Baugrubeneckpunkte

| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|----|-----------|----------|---------------|
| 1 | 352088,30 | 37825,20 | 278,27 |
| 2 | 352100,40 | 37825,30 | 278,27 |
| 3 | 352106,30 | 37824,70 | 278,11 |

| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|-----------|----------------|----------------|-----------------------|
| 4 | 352122,10 | 37822,50 | 277,71 |
| 5 | 352124,40 | 37824,30 | 277,71 |
| 6 | 352125,10 | 37823,80 | 277,71 |
| 7 | 352143,40 | 37839,10 | 277,96 |
| 8 | 352143,90 | 37844,20 | 277,96 |
| 9 | 352146,20 | 37846,10 | 277,96 |
| 10 | 352149,10 | 37842,70 | 277,96 |
| 11 | 352147,90 | 37841,60 | 277,96 |
| 12 | 352147,40 | 37836,90 | 277,96 |
| 13 | 352127,80 | 37820,60 | 277,71 |
| 14 | 352128,30 | 37819,90 | 277,71 |
| 15 | 352128,00 | 37819,00 | 277,71 |
| 16 | 352129,20 | 37812,70 | 278,68 |
| 17 | 352130,20 | 37811,60 | 278,68 |
| 18 | 352126,80 | 37808,70 | 278,68 |
| 19 | 352125,10 | 37810,80 | 278,68 |
| 20 | 352123,40 | 37815,80 | 277,71 |
| 21 | 352121,50 | 37818,00 | 277,71 |
| 22 | 352105,70 | 37820,50 | 278,11 |
| 23 | 352100,50 | 37820,70 | 278,27 |
| 24 | 352088,40 | 37820,50 | 278,27 |

Baugrube mit unterschiedlichen Absenktiefen

Lage der Brunnen

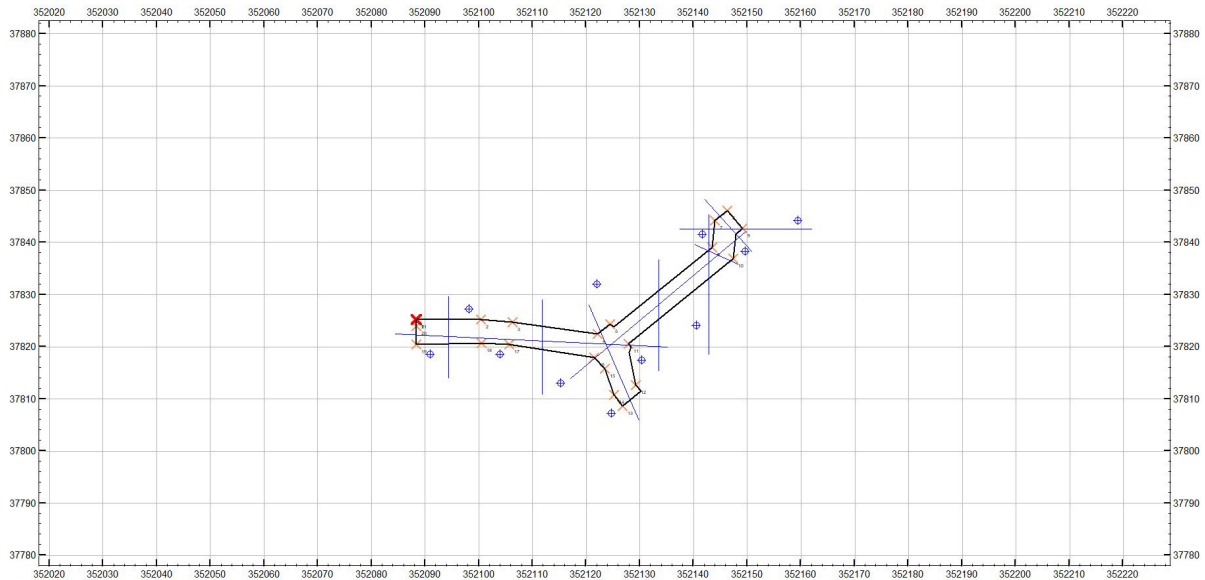
| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|-----------|----------------|----------------|-----------------------|
| 1 | 352098,11 | 37827,28 | 275,21 |
| 2 | 352115,25 | 37813,10 | 275,21 |
| 3 | 352121,95 | 37832,03 | 275,21 |
| 6 | 352140,44 | 37824,07 | 275,21 |
| 7 | 352130,34 | 37817,42 | 275,21 |
| 8 | 352124,66 | 37807,28 | 275,21 |
| 10 | 352103,93 | 37818,57 | 275,21 |
| 11 | 352090,94 | 37818,54 | 275,21 |
| 4 | 352141,63 | 37841,56 | 275,21 |
| 15 | 352149,57 | 37838,35 | 275,21 |
| 11 | 352159,39 | 37844,17 | 275,21 |

5 Festlegung der Bemessungswassermenge

5.1 Zuschläge zum Wasserandrang

Leerpumpen des Absenkttrichters

Z1 = 10,00 %



Dimensionierungspunkte

| Nr | x m | y m | Absenkziel m HN |
|----|-----------|----------|--------------------|
| 1 | 352088,30 | 37825,20 | 277,92 |
| 2 | 352100,40 | 37825,30 | 277,92 |
| 3 | 352106,30 | 37824,70 | 277,76 |
| 4 | 352122,10 | 37822,50 | 277,36 |
| 5 | 352124,40 | 37824,30 | 277,36 |
| 6 | 352143,40 | 37839,10 | 277,61 |
| 7 | 352143,90 | 37844,20 | 277,61 |
| 8 | 352146,20 | 37846,10 | 277,61 |
| 9 | 352149,10 | 37842,70 | 277,61 |
| 10 | 352147,40 | 37836,90 | 277,61 |
| 11 | 352127,80 | 37820,60 | 277,36 |
| 12 | 352129,20 | 37812,70 | 278,33 |
| 13 | 352126,80 | 37808,70 | 278,33 |
| 14 | 352125,10 | 37810,80 | 278,33 |
| 15 | 352123,40 | 37815,80 | 277,36 |
| 16 | 352121,50 | 37818,00 | 277,36 |
| 17 | 352105,70 | 37820,50 | 277,76 |
| 18 | 352100,50 | 37820,70 | 277,92 |
| 19 | 352088,40 | 37820,50 | 277,92 |
| 20 | 352088,33 | 37823,99 | 277,92 |
| 21 | 352088,32 | 37825,20 | 277,92 |

| | | | | |
|--|------|---|--------|------|
| Absenktiefe für Reichweitenberechnung (Mittelwert) | sRw | = | 1,23 | m |
| Bemessungsreichweite nach Sichardt | R | = | 82,77 | m |
| Bemessungsreichweite nach Weber | RWb | = | 88,50 | m |
| Ersatzradius der Baugrube (Maximaler Wert) | ARe | = | 31,35 | m |
| Bemessungsabsenkung (Mittelwert) | sBem | = | 277,76 | m HN |

Wasserandrang

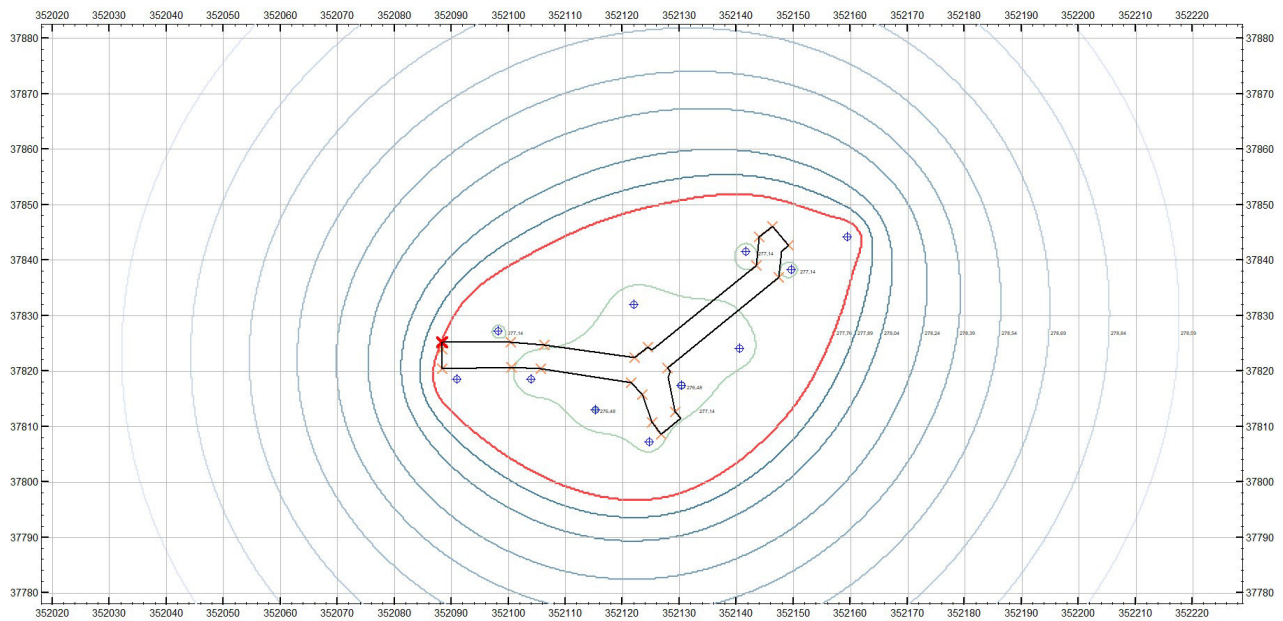
| Nr | ARe | RWb | Absenziel | Q ⁺ |
|----|-------|-------|-----------|-------------------|
| | m | m | m HN | m ³ /h |
| 1 | 31,35 | 88,50 | 277,92 | 45,38 |
| 2 | 22,08 | 85,66 | 277,92 | 35,29 |
| 3 | 21,75 | 85,58 | 277,76 | 35,43 |
| 4 | 19,58 | 85,05 | 277,36 | 34,64 |
| 5 | 19,53 | 85,04 | 277,36 | 34,58 |
| 6 | 21,52 | 85,52 | 277,61 | 35,72 |
| 7 | 24,14 | 86,21 | 277,61 | 38,52 |
| 8 | 26,69 | 86,96 | 277,61 | 41,33 |
| 9 | 24,77 | 86,39 | 277,61 | 39,21 |
| 10 | 21,91 | 85,62 | 277,61 | 36,13 |
| 11 | 18,78 | 84,87 | 277,36 | 33,85 |
| 12 | 20,33 | 85,23 | 278,33 | 30,72 |
| 13 | 20,71 | 85,32 | 278,33 | 31,09 |
| 14 | 19,98 | 85,14 | 278,33 | 30,39 |
| 15 | 19,38 | 85,00 | 277,36 | 34,44 |
| 16 | 19,40 | 85,01 | 277,36 | 34,47 |
| 17 | 20,15 | 85,18 | 277,76 | 33,66 |
| 18 | 21,93 | 85,62 | 277,92 | 35,11 |
| 19 | 29,28 | 87,79 | 277,92 | 43,43 |
| 20 | 30,83 | 88,32 | 277,92 | 44,89 |
| 21 | 31,32 | 88,50 | 277,92 | 45,35 |

| | | | | |
|---|-------------|----------|--------------|-------------|
| Bemessungswassermenge (Maximaler Wert) | QBem | = | 45,38 | m³/h |
| Bemessungswassermenge ohne Zuschläge | Q | = | 41,25 | m³/h |
| Brunneneinzelleistung | | = | 4,13 | m³/h |

5.2 sEB und Brunnenleistung

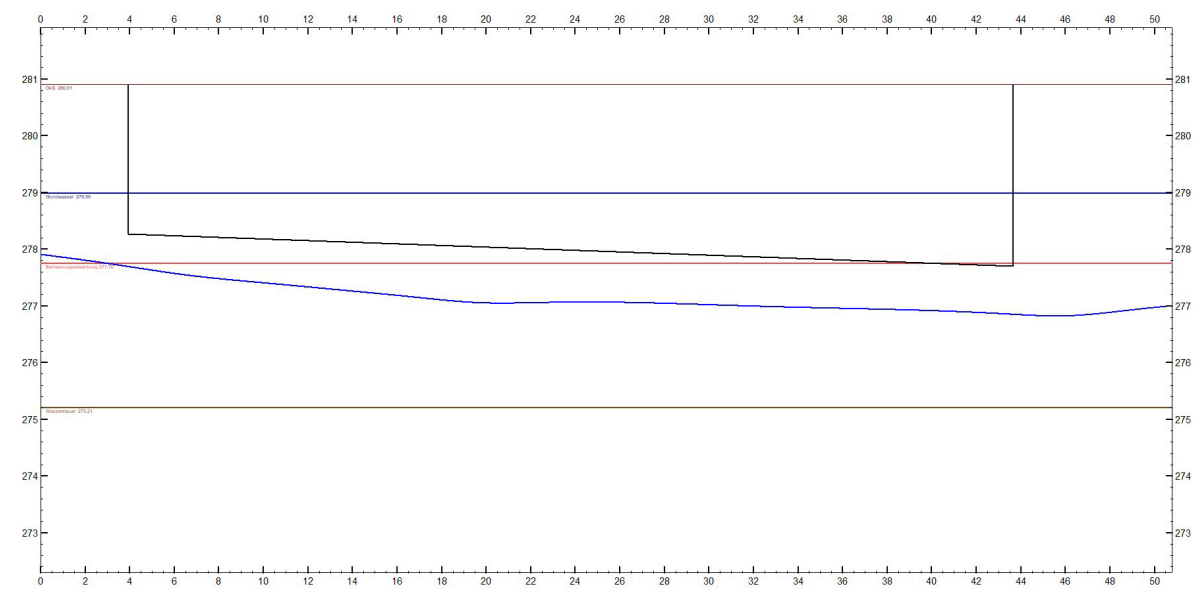
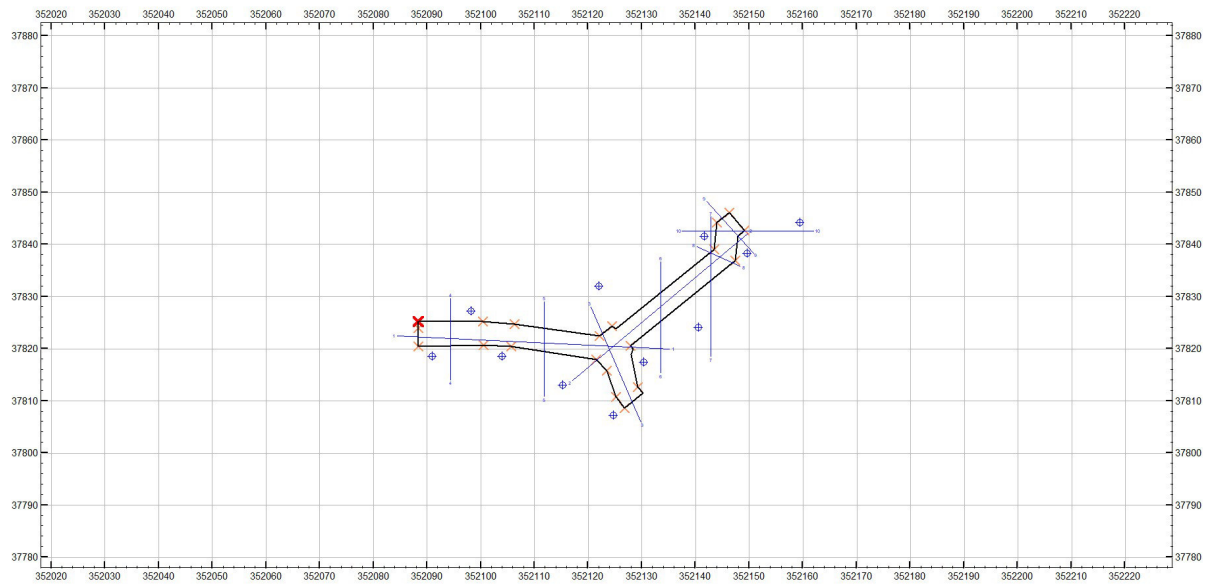
| | | | | |
|---------------------------------|----------------|---|-------|-------------------|
| Wasserandrang ohne Zusch. unvk. | Q ⁺ | = | 45,38 | m ³ /s |
| mittlerer Brunnenabstand | 2b | = | 14,35 | m |
| Lokale Absenkung | sEB | = | 0,81 | m |
| | | | | |
| benetzte Filterstrecke | h' | = | 1,73 | m |
| Erforderliche Brunnenleistung | q erf. | = | 4,13 | m ³ /h |
| Vorhandene Brunnenleistung | q vhd. | = | 17,55 | m ³ /h |

6 Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand

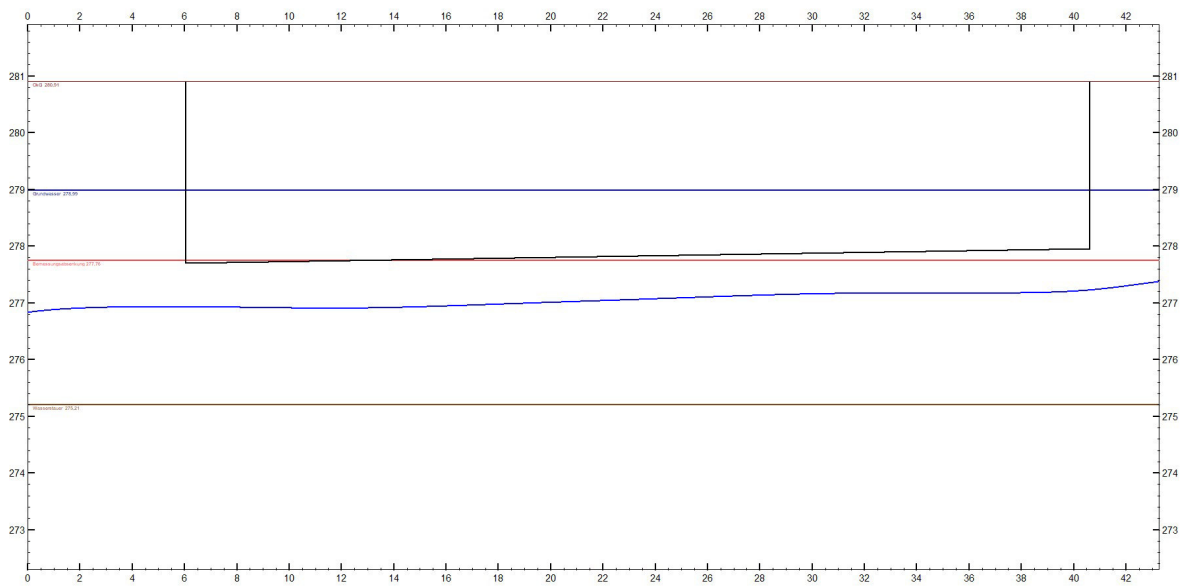
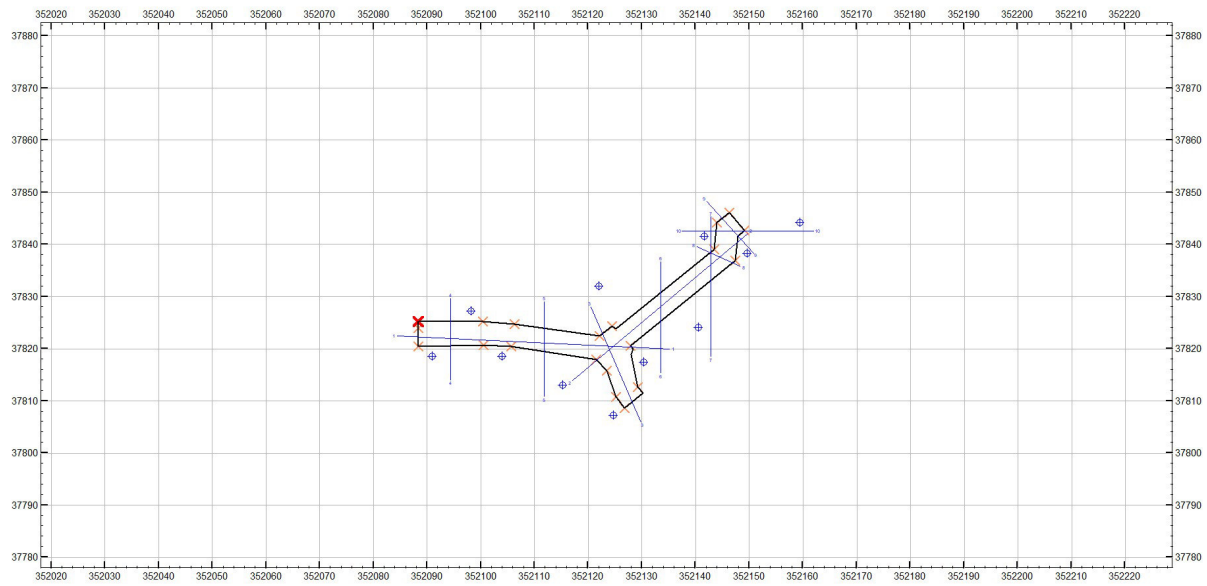


| Linie | Absenkung | Linie | Absenkung |
|-------|-----------|-------|-----------|
| 1 | 278,99 | 2 | 278,84 |
| 3 | 278,69 | 4 | 278,54 |
| 5 | 278,39 | 6 | 278,24 |
| 7 | 278,04 | 8 | 277,89 |
| 9 | 277,76 | 10 | 277,14 |
| 11 | 276,48 | 12 | 275,84 |
| 13 | 275,19 | 14 | 274,59 |
| 15 | 273,93 | 16 | 273,29 |

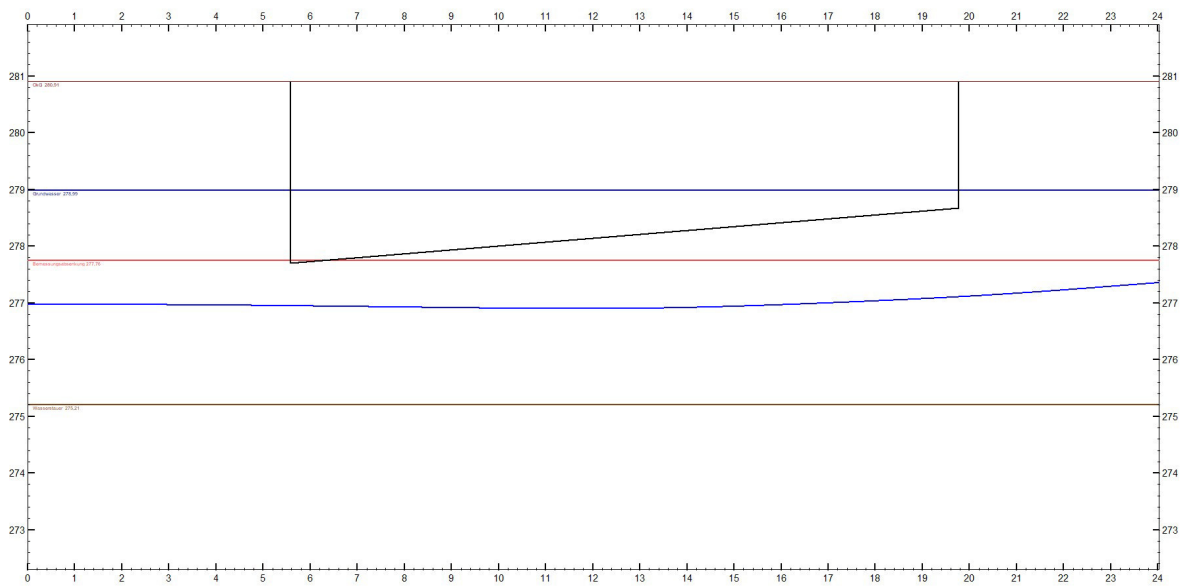
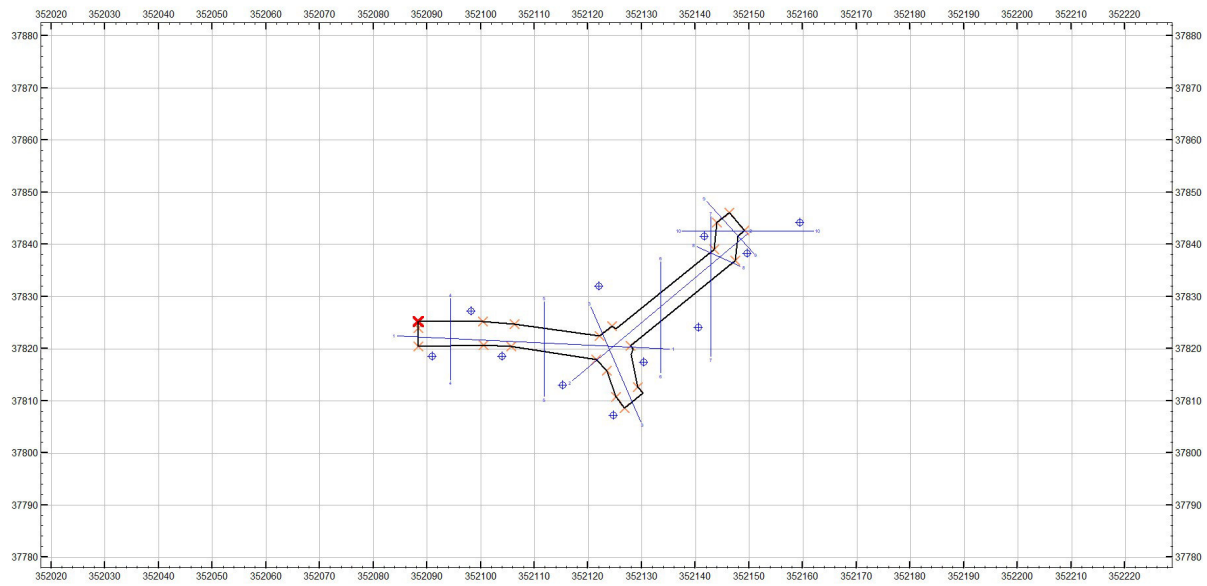
7 Absenkung entlang von Schnittlinie 1-1 im Beharrungszustand



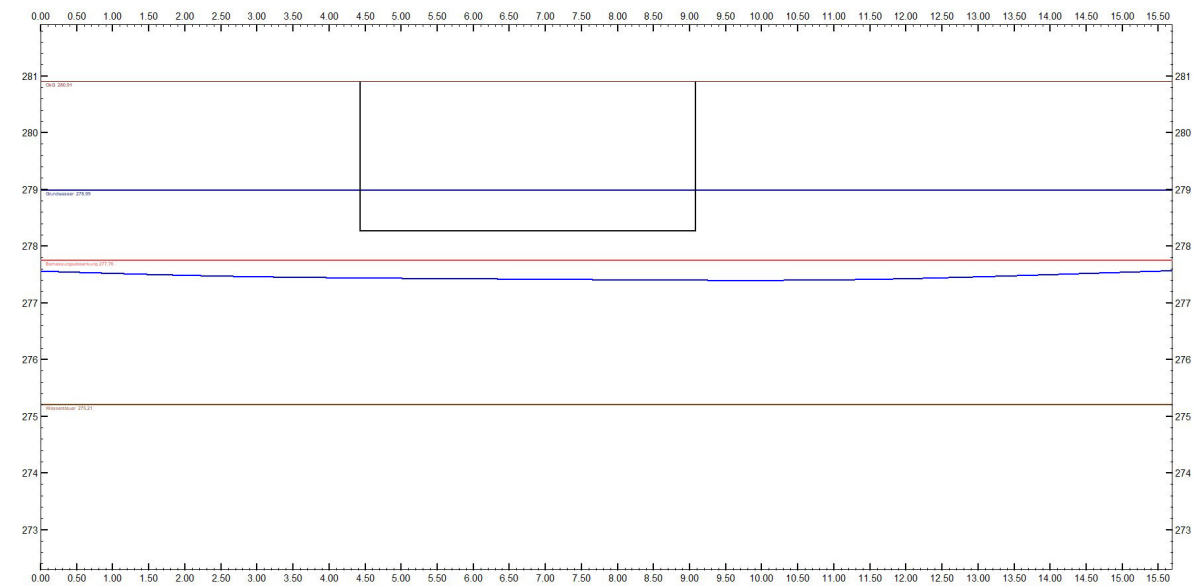
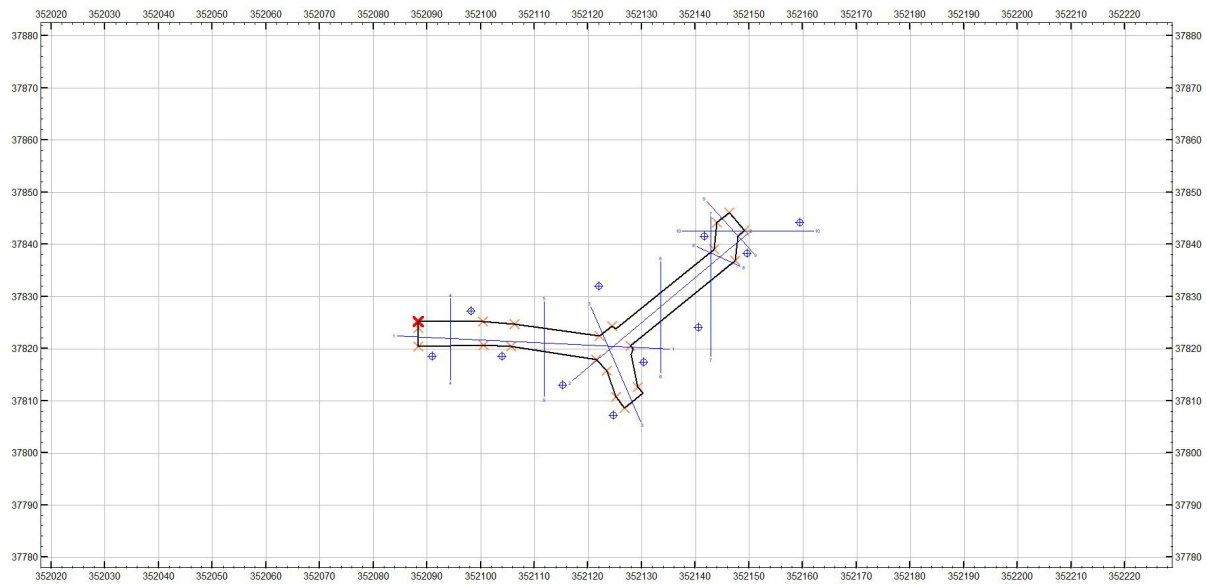
7.1 Absenkung entlang von Schnittlinie 2-2 im Beharrungszustand



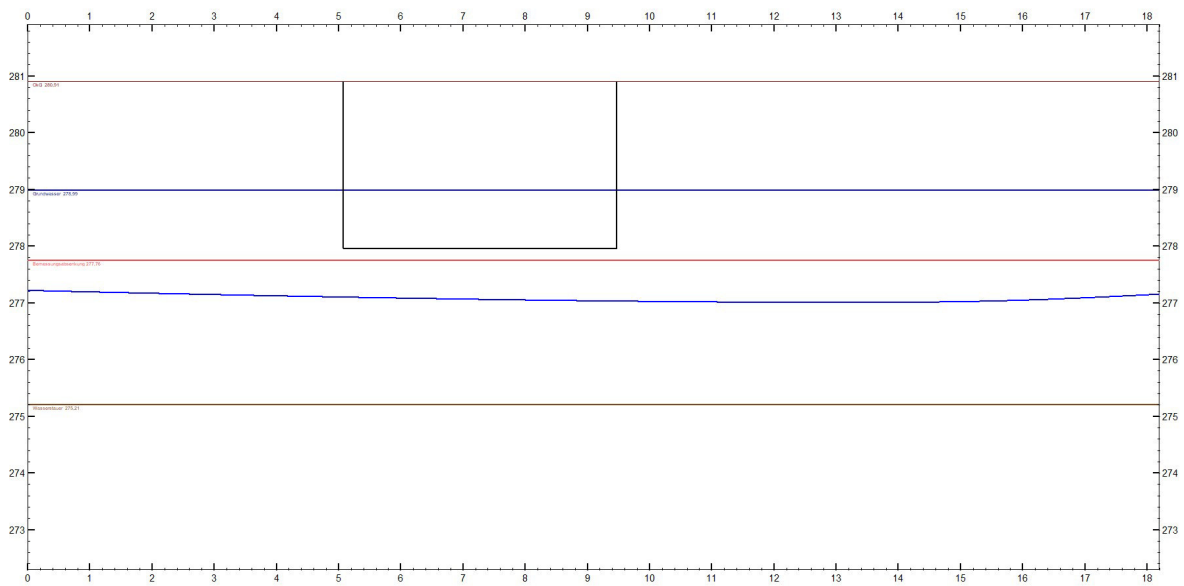
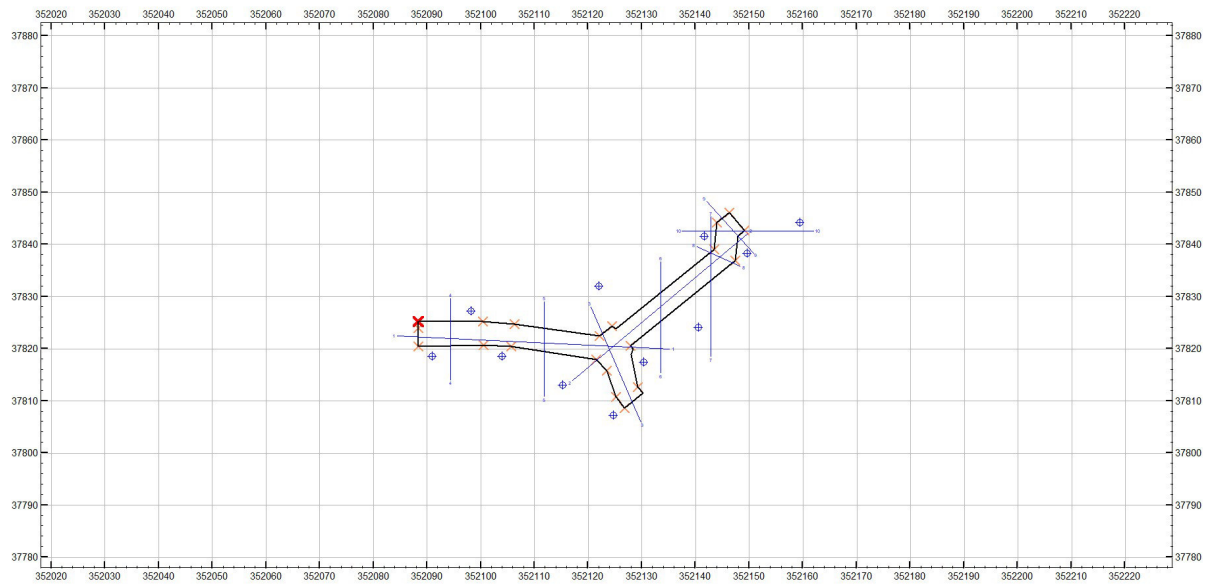
7.2 Absenkung entlang von Schnittlinie 3-3 im Beharrungszustand



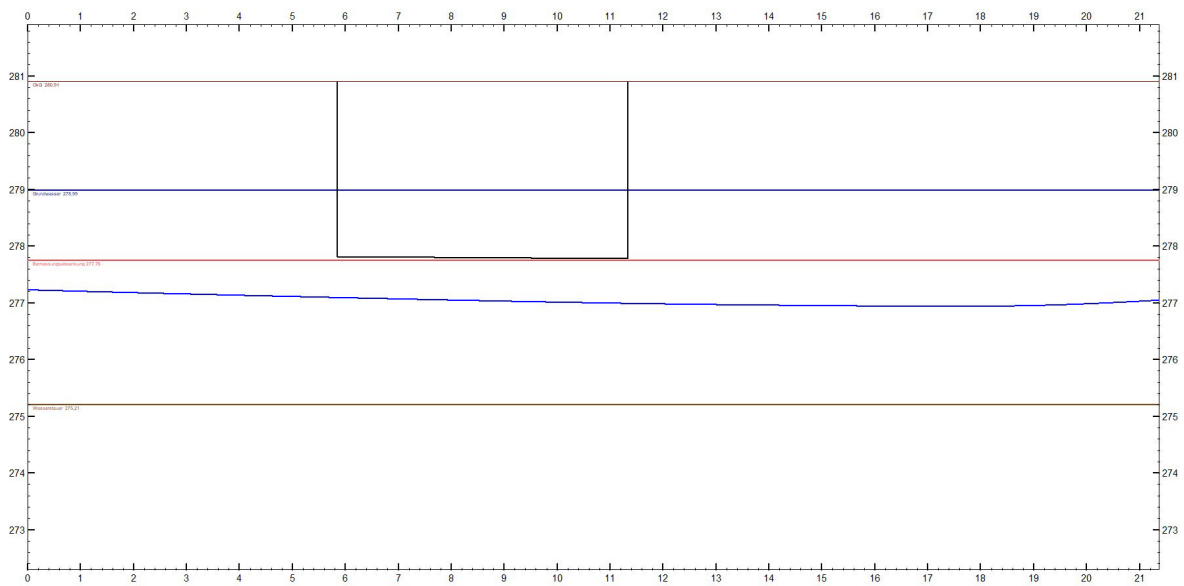
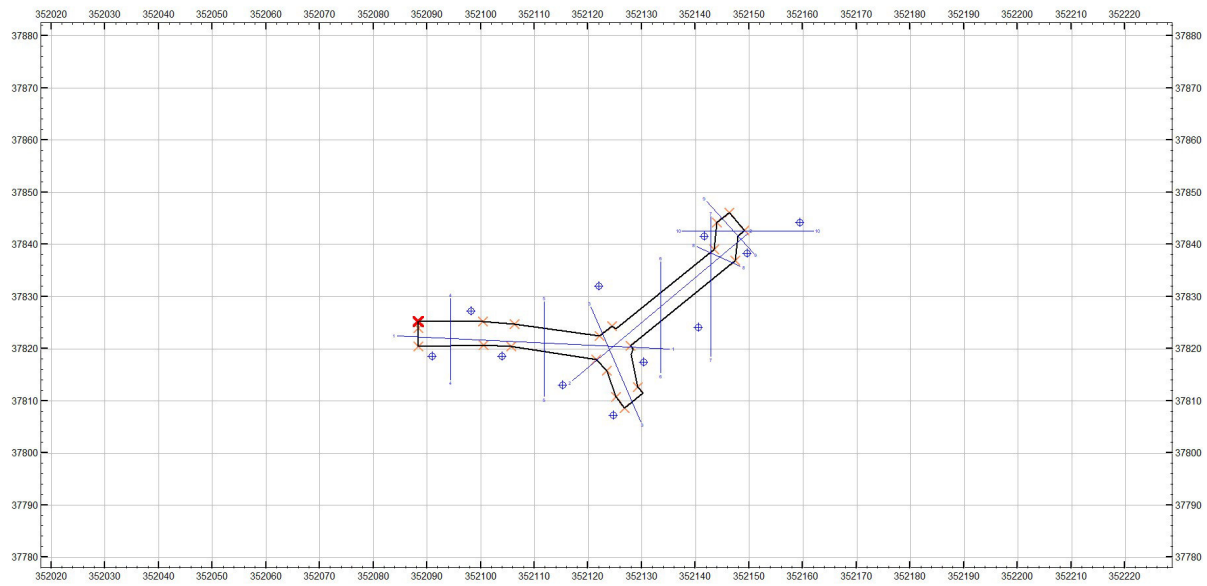
7.3 Absenkung entlang von Schnittlinie 4-4 im Beharrungszustand



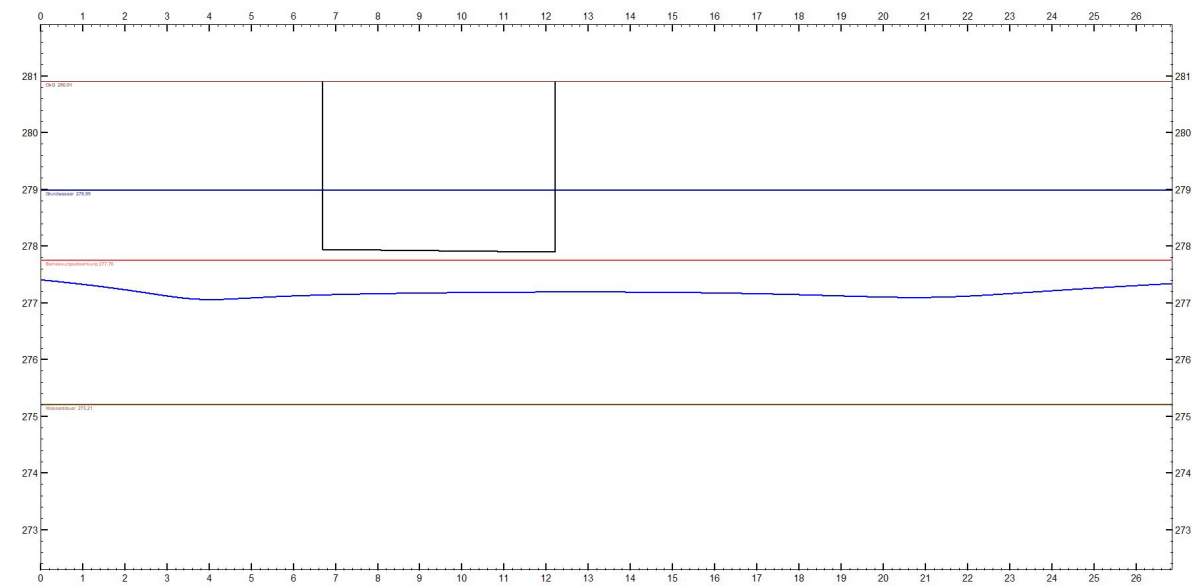
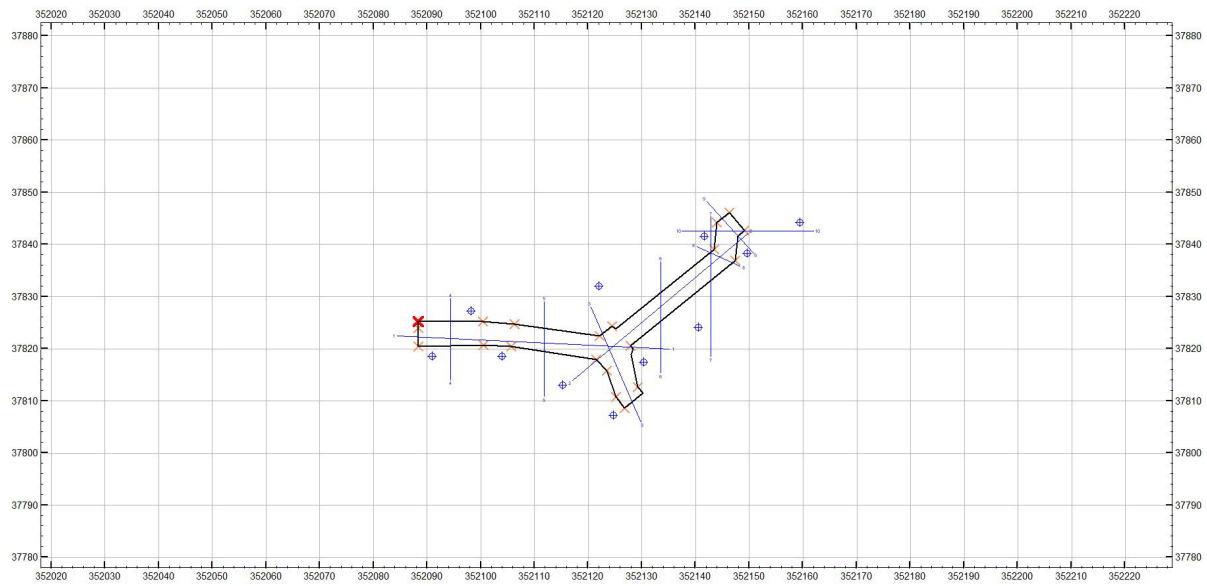
7.4 Absenkung entlang von Schnittlinie 5-5 im Beharrungszustand



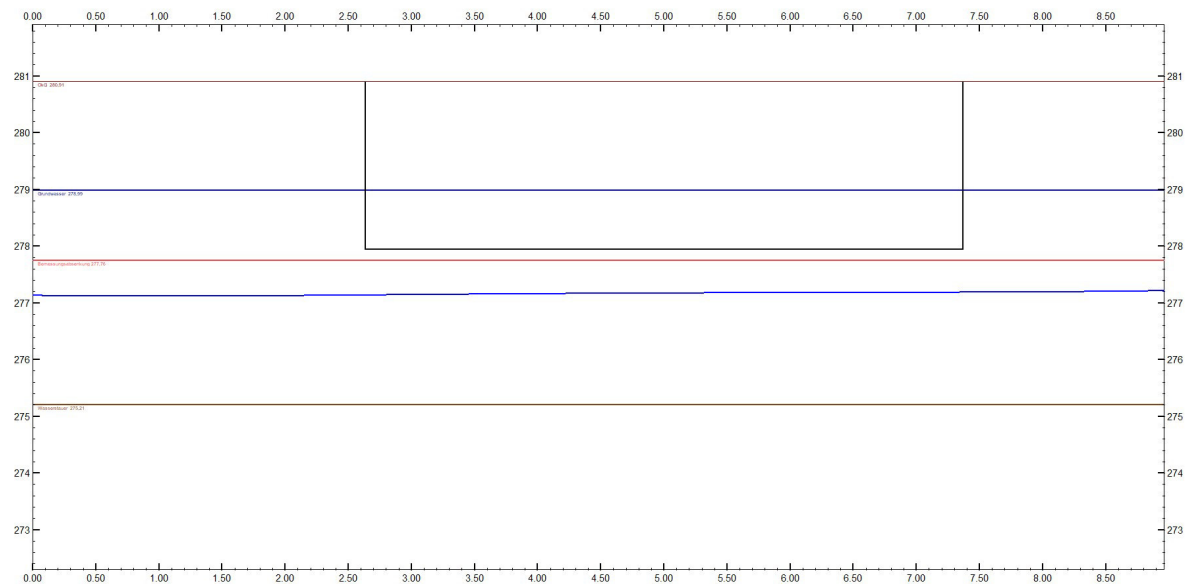
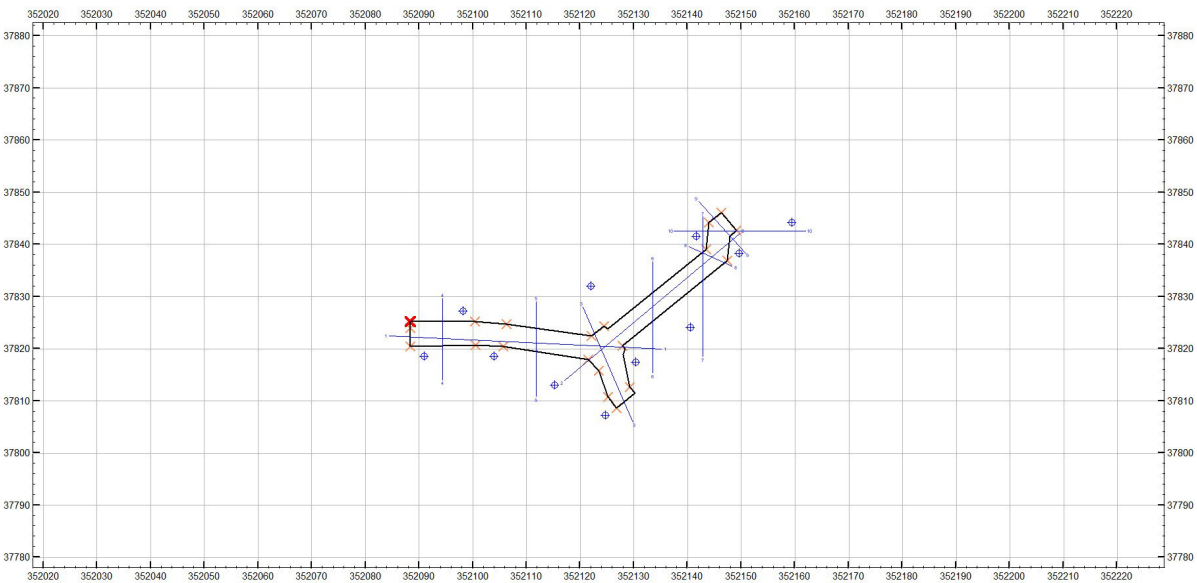
7.5 Absenkung entlang von Schnittlinie 6-6 im Beharrungszustand



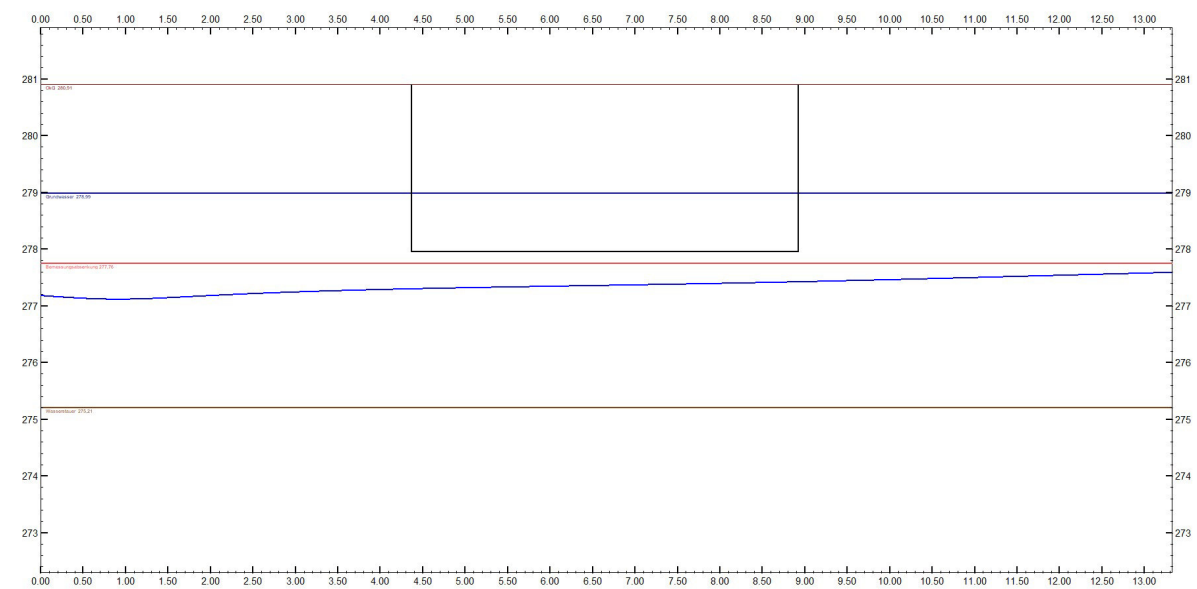
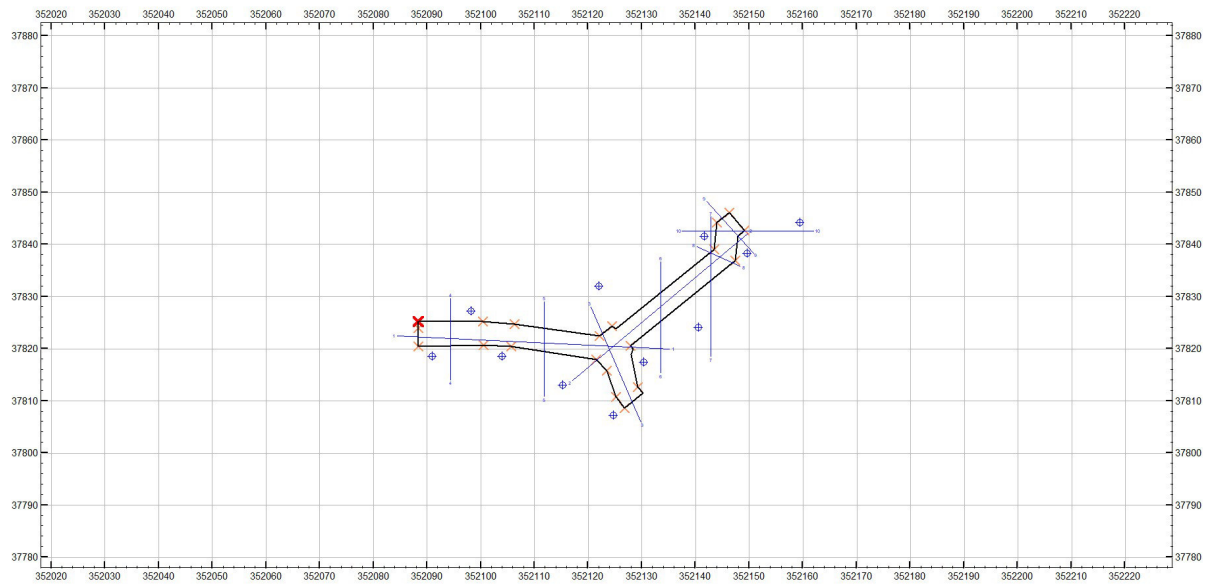
7.6 Absenkung entlang von Schnittlinie 7-7 im Beharrungszustand



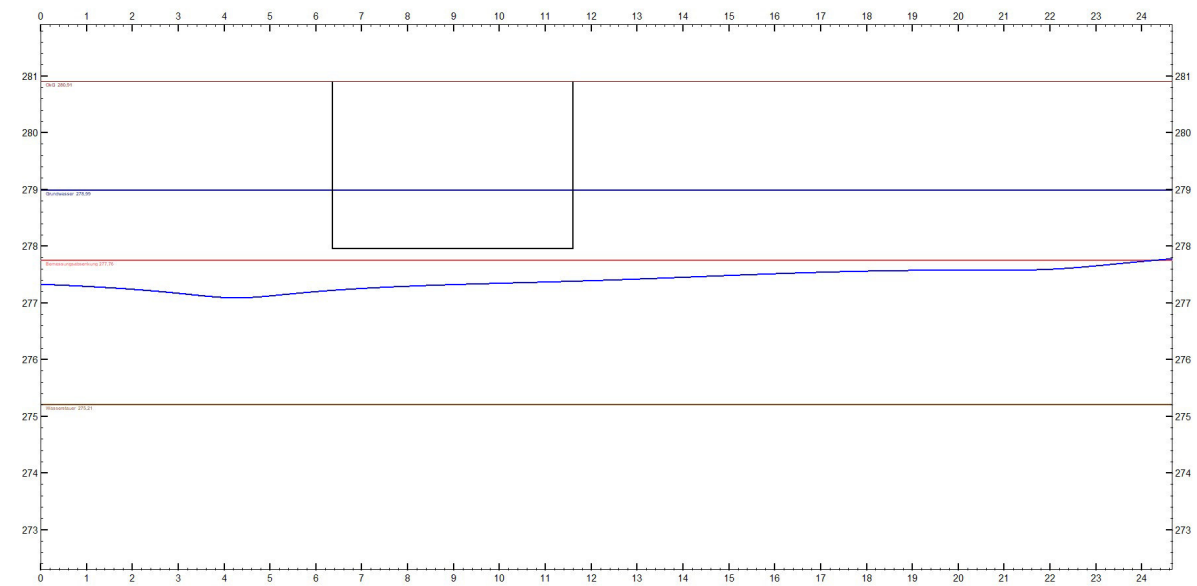
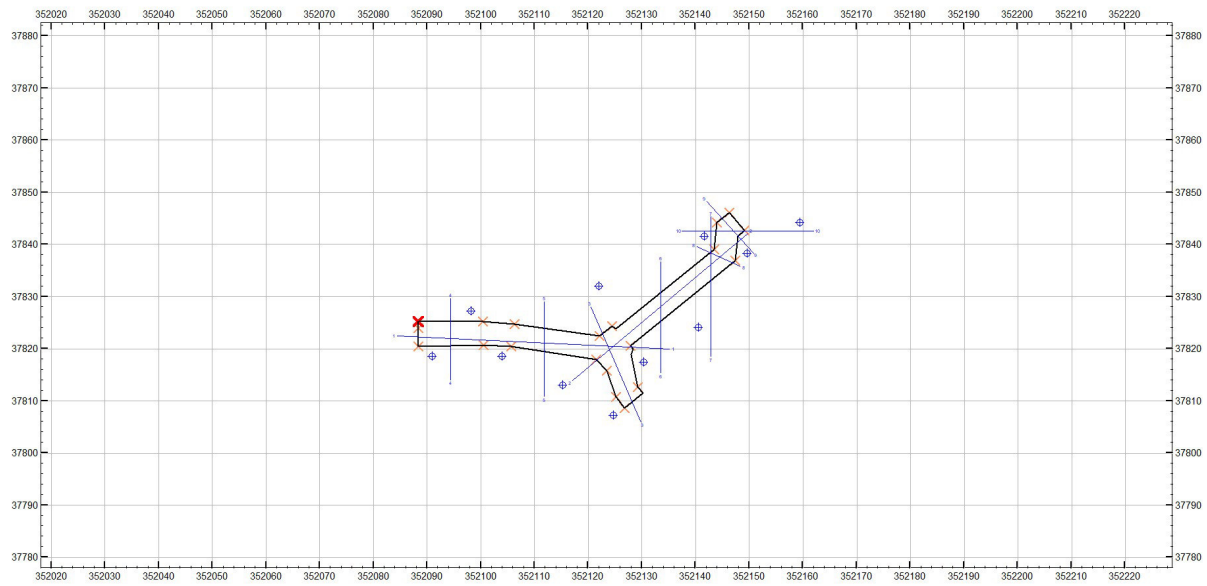
7.7 Absenkung entlang von Schnittlinie 8-8 im Beharrungszustand



7.8 Absenkung entlang von Schnittlinie 9-9 im Beharrungszustand



7.9 Absenkung entlang von Schnittlinie 10-10 im Beharrungszustand



8 Absenkung in den Dimensionierungspunkten

| Nr | x | y | Ziel | vhd. Absenkung | Δ |
|----|-----------|----------|--------|-------------------|----------|
| | m | m | m HN | m HN | m |
| 1 | 352088,30 | 37825,20 | 277,92 | 277,76 | 0,16 |
| 2 | 352100,40 | 37825,30 | 277,92 | 277,19 | 0,73 |
| 3 | 352106,30 | 37824,70 | 277,76 | 277,16 | 0,60 |
| 4 | 352122,10 | 37822,50 | 277,36 | 276,96 | 0,40 |
| 5 | 352124,40 | 37824,30 | 277,36 | 276,95 | 0,41 |
| 6 | 352143,40 | 37839,10 | 277,61 | 277,14 | 0,47 |
| 7 | 352143,90 | 37844,20 | 277,61 | 277,35 | 0,26 |
| 8 | 352146,20 | 37846,10 | 277,61 | 277,51 | 0,10 |
| 9 | 352149,10 | 37842,70 | 277,61 | 277,39 | 0,22 |
| 10 | 352147,40 | 37836,90 | 277,61 | 277,18 | 0,43 |
| 11 | 352127,80 | 37820,60 | 277,36 | 276,87 | 0,49 |
| 12 | 352129,20 | 37812,70 | 278,33 | 277,03 | 1,30 |
| 13 | 352126,80 | 37808,70 | 278,33 | 277,07 | 1,26 |
| 14 | 352125,10 | 37810,80 | 278,33 | 277,00 | 1,33 |
| 15 | 352123,40 | 37815,80 | 277,36 | 276,93 | 0,43 |
| 16 | 352121,50 | 37818,00 | 277,36 | 276,94 | 0,42 |
| 17 | 352105,70 | 37820,50 | 277,76 | 277,01 | 0,75 |
| 18 | 352100,50 | 37820,70 | 277,92 | 277,18 | 0,74 |
| 19 | 352088,40 | 37820,50 | 277,92 | 277,66 | 0,26 |
| 20 | 352088,33 | 37823,99 | 277,92 | 277,73 | 0,19 |
| 21 | 352088,32 | 37825,20 | 277,92 | 277,75 | 0,17 |

9 Wasserstand in den Brunnen

Brunnenunterkante H = 275,21 m HN

| Nr | Filterstrecke | | | | |
|----|---------------|----------|---------|---------|------|
| | x | y | h' erf. | h' vhd. | Δ |
| | m | m | m | m | m |
| 1 | 352098,11 | 37827,28 | 0,41 | 1,72 | 1,31 |
| 2 | 352115,25 | 37813,10 | 0,41 | 1,26 | 0,85 |
| 3 | 352121,95 | 37832,03 | 0,41 | 1,32 | 0,91 |
| 4 | 352140,44 | 37824,07 | 0,41 | 1,39 | 0,98 |
| 5 | 352130,34 | 37817,42 | 0,41 | 1,14 | 0,73 |
| 6 | 352124,66 | 37807,28 | 0,41 | 1,50 | 1,09 |
| 7 | 352103,93 | 37818,57 | 0,41 | 1,43 | 1,02 |
| 8 | 352090,94 | 37818,54 | 0,41 | 1,99 | 1,58 |
| 9 | 352141,63 | 37841,56 | 0,41 | 1,60 | 1,19 |
| 10 | 352149,57 | 37838,35 | 0,41 | 1,67 | 1,26 |
| 11 | 352159,39 | 37844,17 | 0,41 | 2,18 | 1,77 |

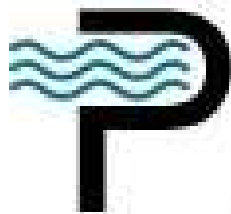
10 Raumzeitliche Untersuchungen

10.1 Benötigte Vorlaufzeit

| | | | | |
|------------------------------|-----|---|--------|------|
| Absenktiefe | s | = | 1,23 | m |
| Absenkziel | sNN | = | 277,76 | m HN |
| Voraussichtliche Vorlaufzeit | tV | = | 3,74 | d |

Anlage 2.2.2.2 - Kanalbauwerk Provisorium und Anschluss an den Bestand hinter Fäka

| | |
|--------------|--|
| Bauvorhaben | ZKA Chemnitz NB Rechengebäude |
| Bauherr | eins energie in sachsen GmbH & Co. KG Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz (ESC) Johannisstraße 1 09111 Chemnitz |
| Bauort | ZKA Chemnitz Heinersdorf "Bestandsanschluss und Provisorium hinter Fäka" |
| Auftraggeber | Entsorgungsbetrieb der Stadt Chemnitz (ESC) Johannisstraße 1 09111 Chemnitz |
| Autor | hartig & ingenieure gmbh Am Alten Bad 4 Chemnitz |
| Telefon | 0731 40 300 01 25 |



Inhaltsverzeichnis

| | |
|------|--|
| 1 | Berechnungsgrundlagen |
| 1.1 | Allgemeines |
| 1.2 | Berechnungsverfahren |
| 1.3 | Höhensystem |
| 2 | Hydrogeologische Verhältnisse |
| 3 | Absenkanlage |
| 4 | Baugrube und Brunnenanordnung |
| 5 | Festlegung der Bemessungswassermenge |
| 5.1 | Zuschläge zum Wasserandrang |
| 5.2 | sEB und Brunnenleistung |
| 6 | Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand |
| 7 | Absenkung entlang von Schnittlinien |
| 8 | Absenkung in den Dimensionierungspunkten |
| 9 | Wasserstand in den Brunnen |
| 10 | Raumzeitliche Untersuchungen |
| 10.1 | Vorlaufzeit |

1 Berechnungsgrundlagen

1.1 Allgemeines

Es handelt sich um eine Vordimensionierung im Rahmen der Ausführungsplanung.

Das Höhenbezugsystem ist HN76.

Als Bemessungswasserstand wird der Mittelwasserstand von Grundwassermessstelle GWM 0/2022 angesetzt.

Als Referenzprofil für die Baugrundsichtung wurde RKS 117 gewählt.

Es ist bekannt, dass die Unterkante des Grundwasserleiters von Rechengebäude (GWM 0/2022) in Richtung Fäka-Gebäude (RKS 117) einfällt. Die mögliche Brunnentiefe erhöht sich entsprechend gegenüber dem Vormodel.

Vorhandene und vorgesehenen Strukturen, welche den Grundwasserfluss beeinträchtigen bleiben modellbedingt unberücksichtigt (u.a. Bohrpfahlwand im Bereich Fäka-Gebäude zur Unterfangung von Einzelfundamenten).

Bei der genauen Einordnung der Förderbrunnen bleiben eventuell vorhandenen Zwangslagen (Zugänglichkeit im Bauverlauf, vorhandene Medien, vorhandene Fundament...) im Rahmen der Vordimensionierung unberücksichtigt.

Vier der Brunnen sind bereits im Bauabschnitt Rechengebäude bis Fäka-Gebäude enthalten und sind lediglich tiefer, jedoch nicht zusätzlich auszuführen.

1.2 Berechnungsverfahren

1.3 Höhensystem

Höhensystem: m HN

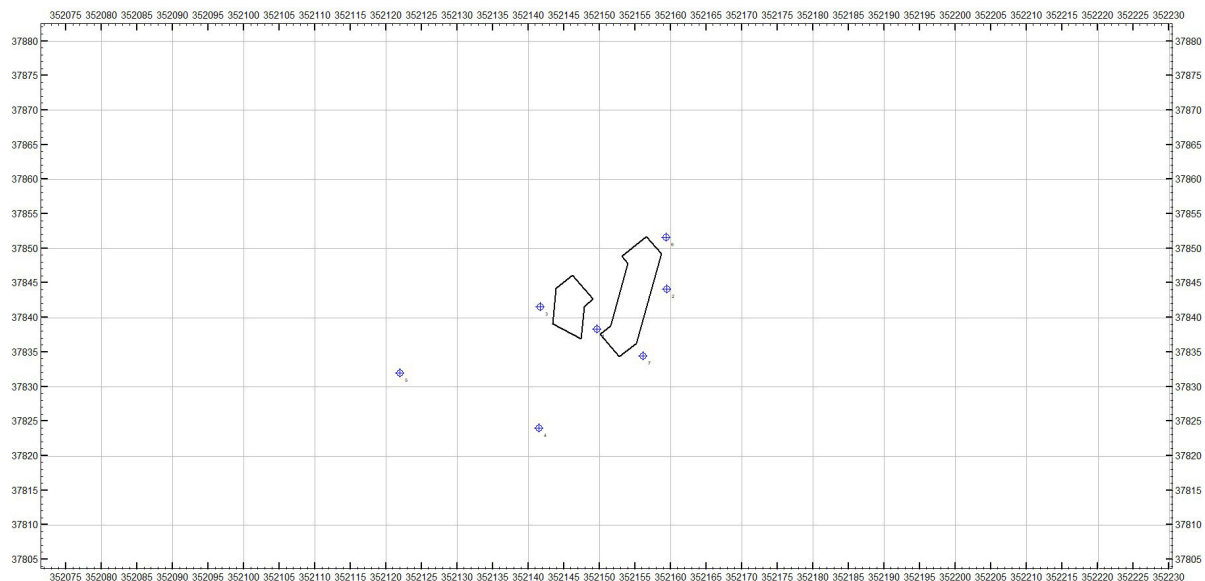
2 Hydrogeologische Verhältnisse

| | | | |
|---------------------------|-----|---|-------------|
| Art der Spiegelfläche | | | frei |
| Oberkante Gelände | OkG | = | 280,57 m HN |
| Tiefe ruhender GW-Spiegel | tw | = | 278,99 m HN |
| Tiefe Wasserstauer | T | = | 274,47 m HN |
| k-Wert des Bodens | k | = | 5.0 E-4 m/s |
| Speicherkoeffizient | p | = | 0,2 |

3 Absenkanlage

| | | | | |
|--|----------|----------|----------|--------------|
| Die Absenkung erfolgt mit Tiefbrunnen | n | = | 7 | Stück |
| Brunnenunterkante | H | = | 274,47 | m HN |
| Bohrstrecke | Bs | = | 6,10 | m |
| Bohrlochdurchmesser | DB | = | 0,60 | m |
| Filterdurchmesser | DF | = | 0,30 | m |
| Wirksamer Brunnendurchmesser | DW | = | 0,60 | m |
| Mittlerer Brunnenabstand | dB | = | 16,76 | m |

4 Baugrube und Brunnenanordnung



Baugrubeneckpunkte

| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|----|-----------|----------|---------------|
| 1 | 352143,40 | 37839,10 | 276,90 |
| 2 | 352143,90 | 37844,20 | 276,90 |
| 3 | 352146,20 | 37846,10 | 276,90 |
| 4 | 352149,10 | 37842,70 | 276,90 |
| 5 | 352147,90 | 37841,60 | 276,90 |
| 6 | 352147,40 | 37836,90 | 276,90 |
| 7 | 352150,10 | 37837,60 | 276,90 |

| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|----|-----------|----------|---------------|
| 8 | 352151,60 | 37838,80 | 276,90 |
| 9 | 352154,00 | 37847,80 | 276,90 |
| 10 | 352153,10 | 37848,90 | 276,90 |
| 11 | 352156,60 | 37851,70 | 276,90 |
| 12 | 352158,70 | 37849,30 | 276,90 |
| 13 | 352155,20 | 37836,30 | 276,90 |
| 14 | 352152,80 | 37834,40 | 276,90 |

Einheitliche Baugrubentiefe (= Absenktiefe) s = 276,90 m HN

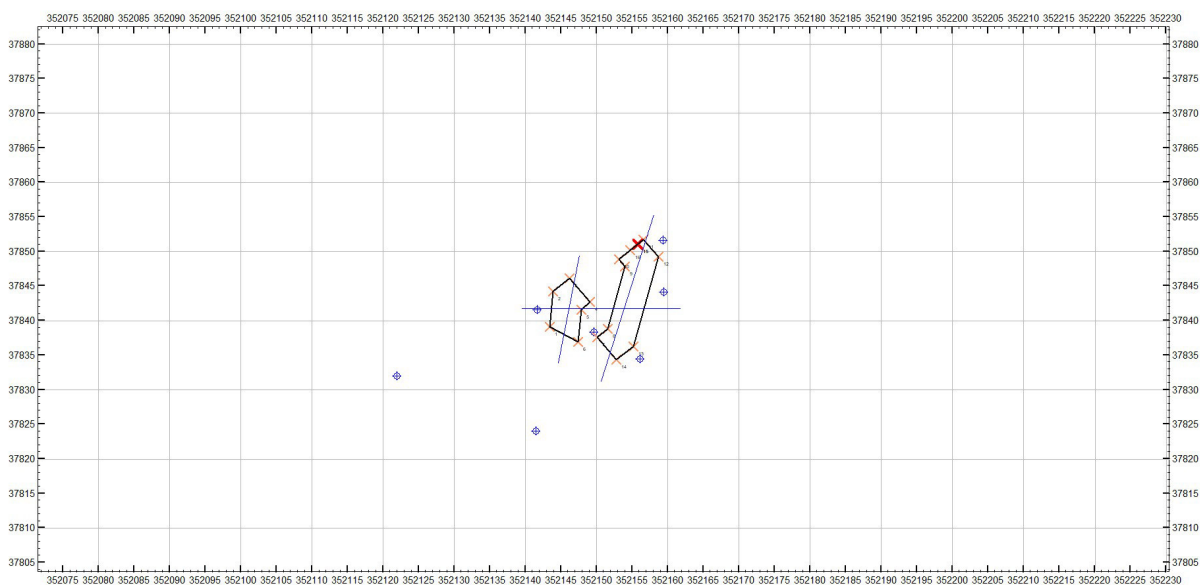
Lage der Brunnen

| Nr | x m | y m | Tiefe m HN |
|----|-----------|----------|---------------|
| 1 | 352149,57 | 37838,35 | 274,47 |
| 5 | 352121,95 | 37832,03 | 274,47 |
| 4 | 352141,44 | 37824,07 | 274,47 |
| 3 | 352141,63 | 37841,56 | 274,47 |
| 2 | 352159,39 | 37844,17 | 274,47 |
| 6 | 352159,35 | 37851,60 | 274,47 |
| 7 | 352156,08 | 37834,45 | 274,47 |

5 Festlegung der Bemessungswassermenge

5.1 Zuschläge zum Wasserandrang

Leerpumpen des Absenkttrichters Z1 = 10,00 %



Dimensionierungspunkte

| Nr | x m | y m | Absenkziel m HN |
|-----------|----------------------|----------------------|----------------------------------|
| 1 | 352143,40 | 37839,10 | 276,90 |
| 2 | 352143,90 | 37844,20 | 276,90 |
| 3 | 352146,20 | 37846,10 | 276,90 |
| 4 | 352149,10 | 37842,70 | 276,90 |
| 5 | 352147,90 | 37841,60 | 276,90 |
| 6 | 352147,40 | 37836,90 | 276,90 |
| 7 | 352150,10 | 37837,60 | 276,90 |
| 8 | 352151,60 | 37838,80 | 276,90 |
| 9 | 352154,00 | 37847,80 | 276,90 |
| 10 | 352153,10 | 37848,90 | 276,90 |
| 11 | 352156,60 | 37851,70 | 276,90 |
| 12 | 352158,70 | 37849,30 | 276,90 |
| 13 | 352155,20 | 37836,30 | 276,90 |
| 14 | 352152,80 | 37834,40 | 276,90 |
| 15 | 352155,77 | 37851,04 | 276,90 |
| 16 | 352154,72 | 37850,19 | 276,90 |

| | | | | |
|--|------|---|--------|------|
| Absenktiefe für Reichweitenberechnung | sRw | = | 2,09 | m |
| Bemessungsreichweite nach Sichardt | R | = | 140,20 | m |
| Bemessungsreichweite nach Weber | RWb | = | 140,95 | m |
| Ersatzradius der Baugrube (Maximaler Wert) | ARe | = | 14,47 | m |
| Bemessungsabsenkung | sBem | = | 276,90 | m HN |

Wasserandrang

| Nr | ARe m | RWb m | Absenkziel m HN | Q* m³/h |
|-----------|------------------------|------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1 | 11,68 | 140,69 | 276,90 | 36,30 |
| 2 | 12,91 | 140,79 | 276,90 | 37,82 |
| 3 | 13,89 | 140,89 | 276,90 | 39,00 |
| 4 | 11,68 | 140,69 | 276,90 | 36,30 |
| 5 | 11,27 | 140,65 | 276,90 | 35,79 |
| 6 | 10,79 | 140,62 | 276,90 | 35,19 |
| 7 | 9,09 | 140,50 | 276,90 | 32,99 |
| 8 | 10,05 | 140,56 | 276,90 | 34,25 |
| 9 | 13,46 | 140,85 | 276,90 | 38,48 |
| 10 | 14,20 | 140,92 | 276,90 | 39,37 |
| 11 | 14,43 | 140,94 | 276,90 | 39,65 |
| 12 | 12,97 | 140,80 | 276,90 | 37,89 |
| 13 | 10,66 | 140,61 | 276,90 | 35,02 |
| 14 | 11,26 | 140,65 | 276,90 | 35,78 |
| 15 | 14,47 | 140,95 | 276,90 | 39,69 |
| 16 | 14,42 | 140,94 | 276,90 | 39,63 |

Bemessungswassermenge (Maximaler Wert)**QBem = 39,69 m³/h****Bemessungswassermenge ohne Zuschläge****Q = 36,08 m³/h**

Brunneneinzelleistung

= 5,67 m³/h**5.2 sEB und Brunnenleistung**

Wasserandrang ohne Zusch. unvk.

Q⁺ = 39,69 m³/s

mittlerer Brunnenabstand

2b = 14,35 m

Lokale Absenkung

sEB = 1,37 m

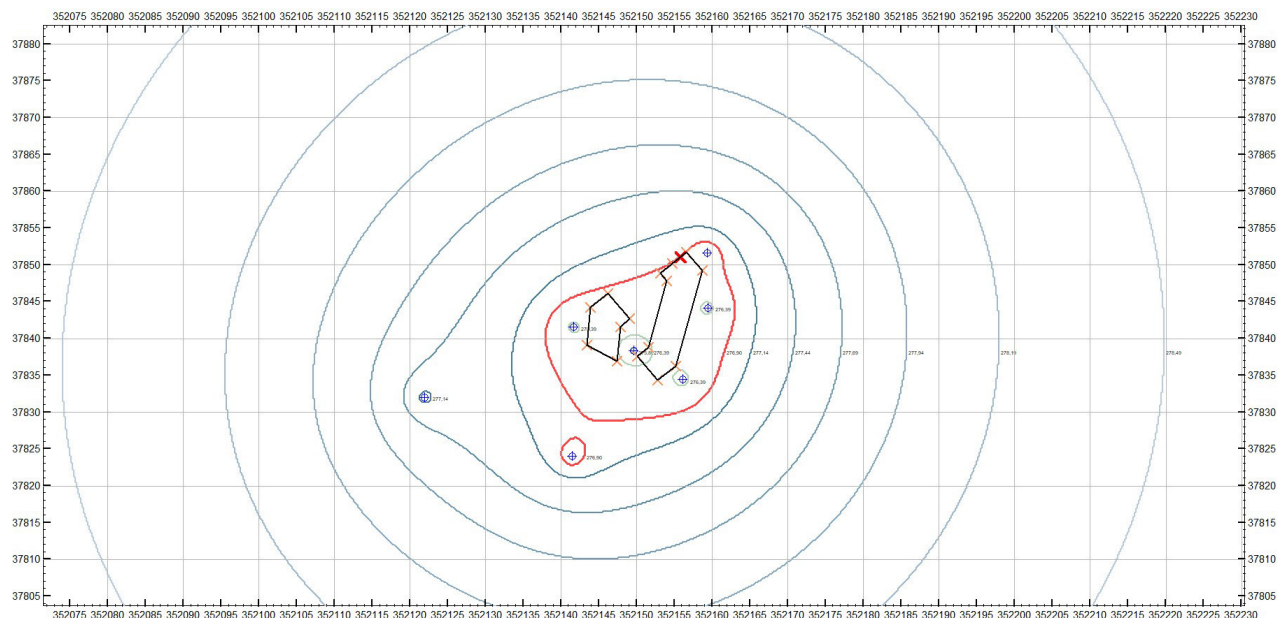
benetzte Filterstrecke

h' = 1,06 m

Erforderliche Brunnenleistung

q erf. = 5,67 m³/h

Vorhandene Brunnenleistung

q vhd. = 10,75 m³/h**6 Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand****Linie Absenkung**

1 278,99

3 278,49

5 277,94

7 277,44

9 276,90

11 275,89

13 274,84

15 273,79

Linie Absenkung

2 278,74

4 278,19

6 277,69

8 277,14

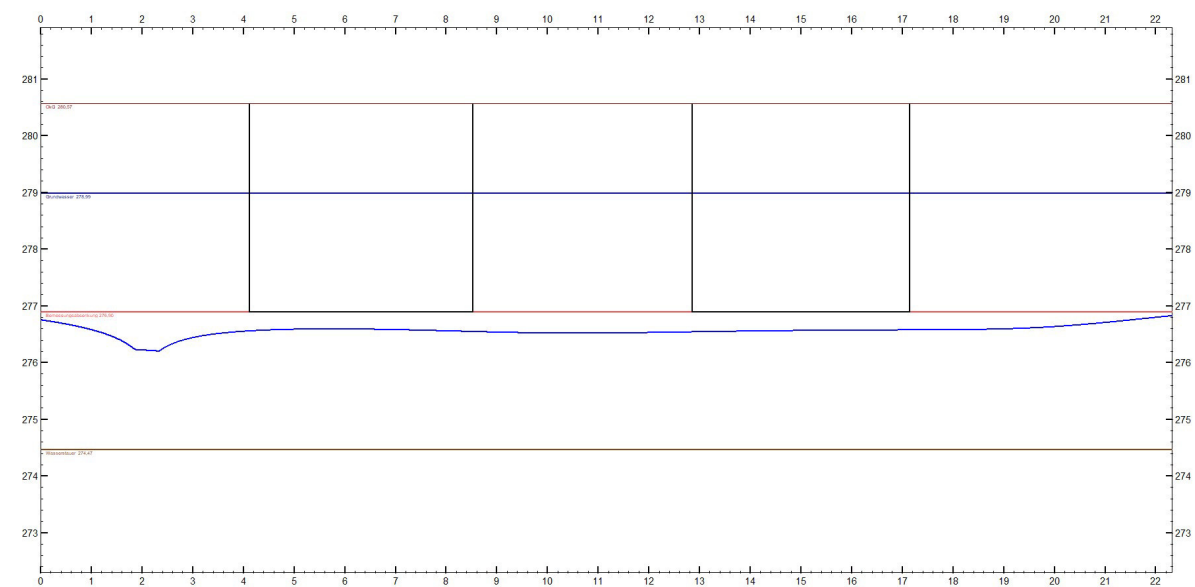
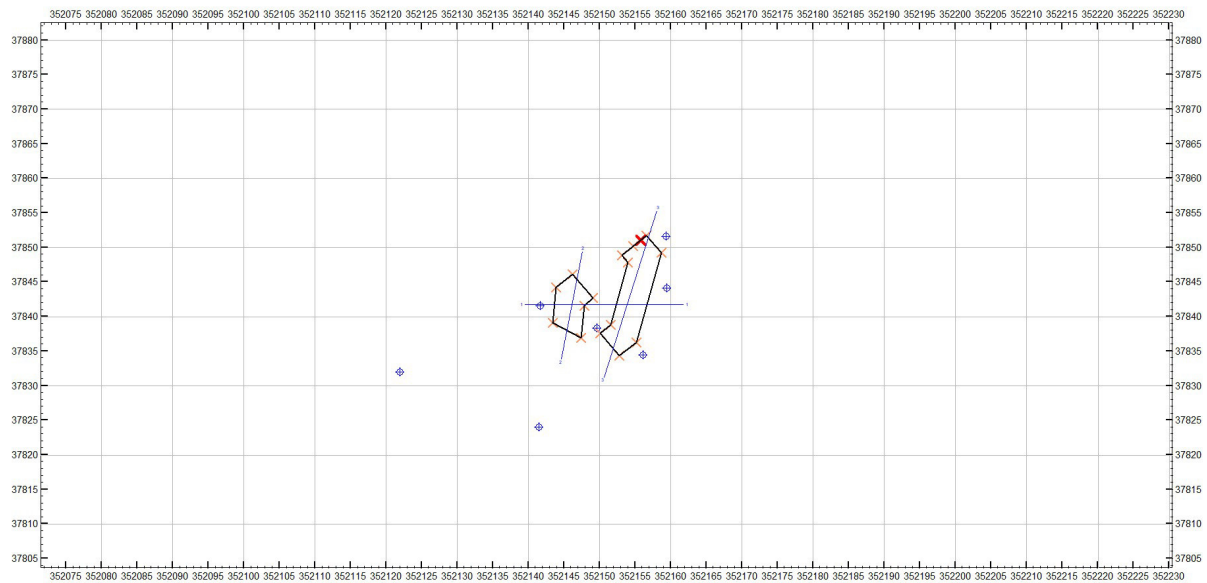
10 276,39

12 275,34

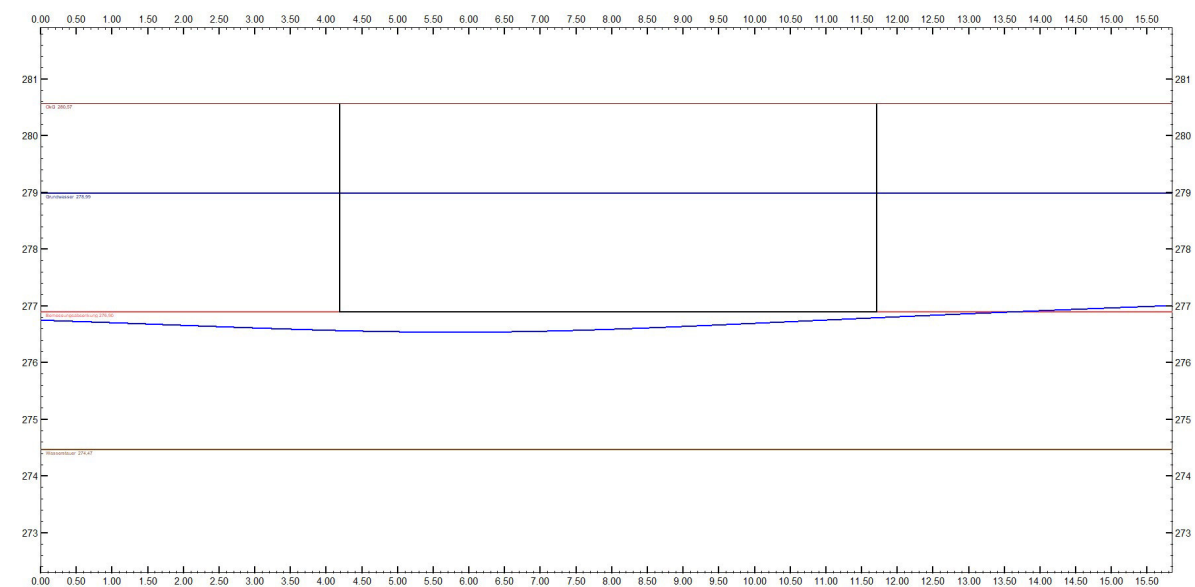
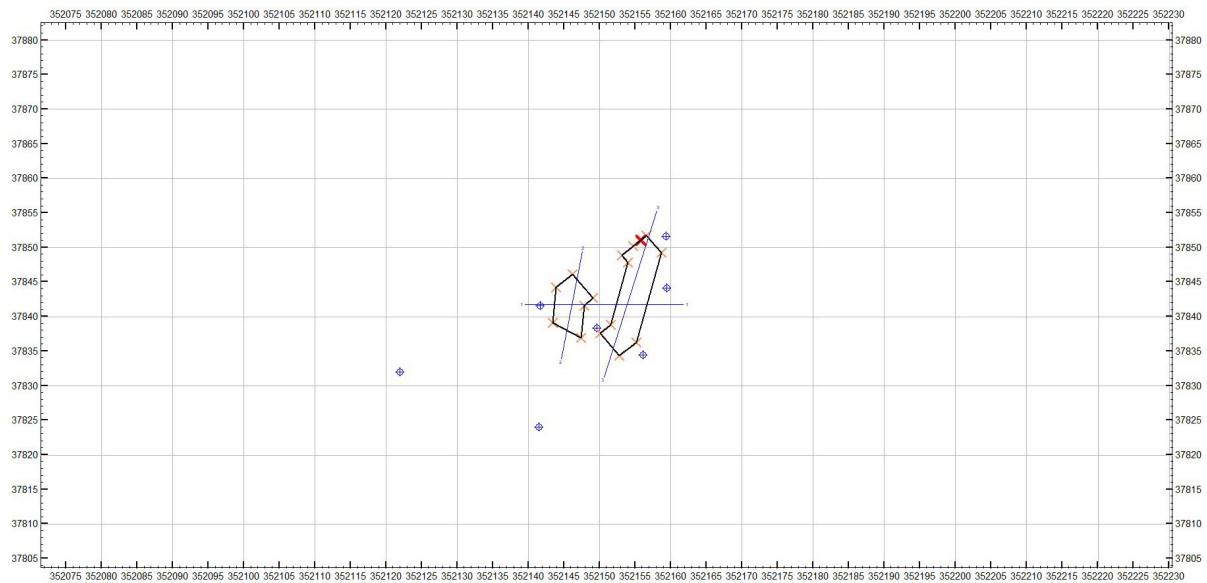
14 274,34

16 273,29

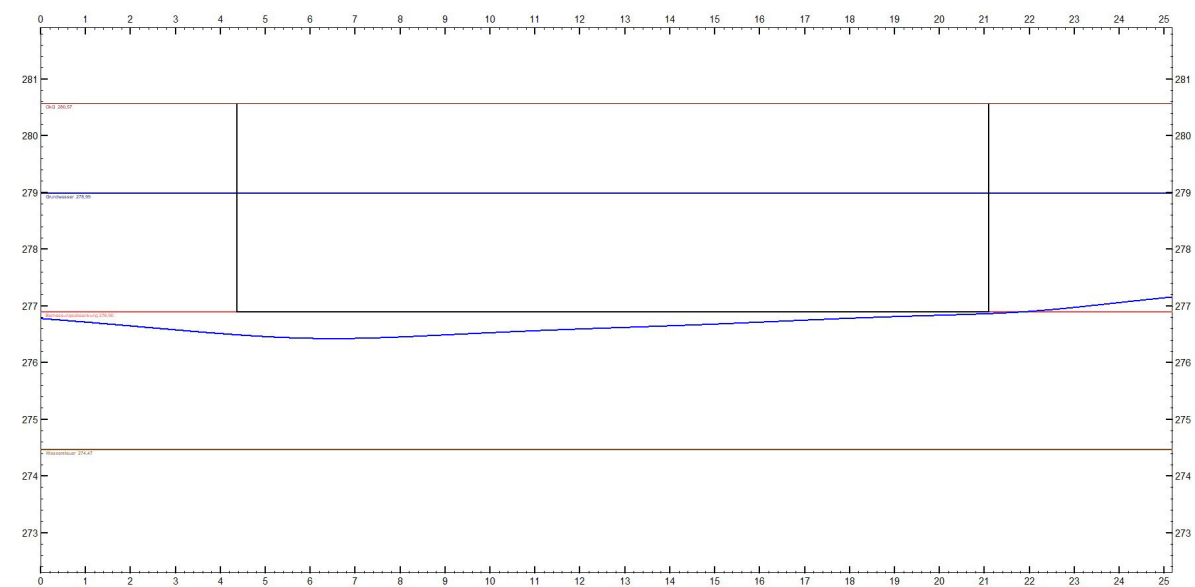
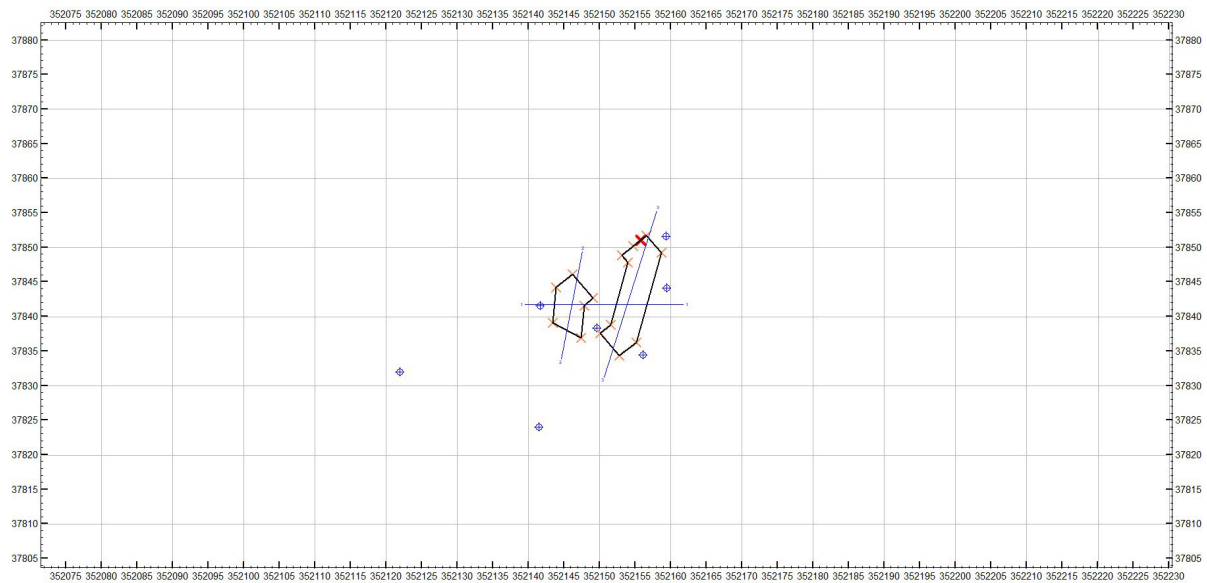
7 Absenkung entlang von Schnittlinie 1-1 im Beharrungszustand



7.1 Absenkung entlang von Schnittlinie 2-2 im Beharrungszustand



7.2 Absenkung entlang von Schnittlinie 3-3 im Beharrungszustand



8 Absenkung in den Dimensionierungspunkten

| Nr | x | y | Ziel | vhd. Absenkung | Δ |
|----|-----------|----------|--------|-------------------|----------|
| | m | m | m HN | m HN | m |
| 1 | 352143,40 | 37839,10 | 276,90 | 276,60 | 0,30 |
| 2 | 352143,90 | 37844,20 | 276,90 | 276,75 | 0,15 |
| 3 | 352146,20 | 37846,10 | 276,90 | 276,85 | 0,05 |
| 4 | 352149,10 | 37842,70 | 276,90 | 276,60 | 0,30 |
| 5 | 352147,90 | 37841,60 | 276,90 | 276,55 | 0,35 |
| 6 | 352147,40 | 37836,90 | 276,90 | 276,48 | 0,42 |
| 7 | 352150,10 | 37837,60 | 276,90 | 276,18 | 0,72 |
| 8 | 352151,60 | 37838,80 | 276,90 | 276,36 | 0,54 |
| 9 | 352154,00 | 37847,80 | 276,90 | 276,80 | 0,10 |
| 10 | 352153,10 | 37848,90 | 276,90 | 276,88 | 0,02 |
| 11 | 352156,60 | 37851,70 | 276,90 | 276,90 | 0,00 |
| 12 | 352158,70 | 37849,30 | 276,90 | 276,75 | 0,15 |
| 13 | 352155,20 | 37836,30 | 276,90 | 276,46 | 0,44 |
| 14 | 352152,80 | 37834,40 | 276,90 | 276,54 | 0,36 |
| 15 | 352155,77 | 37851,04 | 276,90 | 276,90 | 0,00 |
| 16 | 352154,72 | 37850,19 | 276,90 | 276,90 | 0,00 |

9 Wasserstand in den Brunnen

Brunnenunterkante H = 274,47 m HN

| Nr | Filterstrecke | | | | |
|----|---------------|----------|---------|---------|------|
| | x | y | h' erf. | h' vhd. | Δ |
| | m | m | m | m | m |
| 1 | 352149,57 | 37838,35 | 0,56 | 1,39 | 0,83 |
| 2 | 352121,95 | 37832,03 | 0,56 | 2,52 | 1,96 |
| 3 | 352141,44 | 37824,07 | 0,56 | 2,12 | 1,56 |
| 4 | 352141,63 | 37841,56 | 0,56 | 1,75 | 1,19 |
| 5 | 352159,39 | 37844,17 | 0,56 | 1,71 | 1,15 |
| 6 | 352159,35 | 37851,60 | 0,56 | 2,02 | 1,46 |
| 7 | 352156,08 | 37834,45 | 0,56 | 1,65 | 1,09 |

10 Raumzeitliche Untersuchungen

10.1 Benötigte Vorlaufzeit

| | | | | |
|------------------------------|-----|---|--------|------|
| Absenktiefe | s | = | 2,09 | m |
| Absenkziel | sNN | = | 276,90 | m HN |
| Voraussichtliche Vorlaufzeit | tV | = | 5,98 | d |