

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020

vom 20.12.2022

Projekt-Nr. 21/6347

Kinzigtalleitung - KIT

HD-9502_DN 500 St MOP 62,8_Leitungsumverlegung_Wächtersbach_2132

63607 Wächtersbach

im Auftrag

terranets** bw GmbH**

Theodor-Stern-Kai 1

60596 Frankfurt am Main



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|----|
| 0 | Anlagen | 3 |
| 1 | Grundlagen | 3 |
| 1.1 | Bearbeitungsunterlagen | 3 |
| 1.2 | Feld- und Laboruntersuchungen sowie Termine | 4 |
| 1.3 | Normen, Richtlinien und sonstige Regelwerke | 5 |
| 2 | Bauvorhaben und Sachlage, geotechnische Aufgabenstellung, Planungsgrundlagen | 7 |
| 3 | Baugrundverhältnisse | 10 |
| 3.1 | Allgemeine morphologisch-geologische Verhältnisse | 10 |
| 3.2 | Geologie/Schichtenfolge | 11 |
| 3.3 | Hydrogeologische Verhältnisse und Bemessungswasserstände | 13 |
| 3.4 | Pumpversuche und hydraulische Kenndaten | 16 |
| 3.5 | Hydrogeologisches Modell | 18 |
| 3.6 | Bodenphysikalische Kennwerte | 20 |
| 3.7 | Homogenbereiche gem. DIN 18300 und 18320; 18304 | 21 |
| 3.8 | Wasser- und Störepfindlichkeit, Frostempfindlichkeit | 21 |
| 3.9 | Erdbebengefährdung DIN EN 1998 | 22 |
| 3.10 | Organoleptik und chemisch-analytische Untersuchungen Boden und Grundwasser, Einflüsse aus der Altlast „Rieser“ | 22 |
| 3.11 | Geotechnische Kategorie DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 | 23 |
| 4 | Tiefbautechnische Beurteilung | 24 |
| 4.1 | Baugrubenwasserhaltung (BGWH) | 25 |
| 4.1.1 | Randbedingungen und allgemeine Vorgehensweise | 25 |
| 4.1.2 | Vorbemessung | 27 |
| 4.1.3 | Ableitung des geförderten Wassers | 31 |
| 4.1.4 | Einfluss auf Nachbargrundstücke und -gebäude, umwelttechnische Auswirkungen | 31 |
| 4.1.5 | Behördliche Genehmigungen | 32 |
| 4.2 | Verlegung der Leitungen in offener Bauweise – „Strecke“ | 32 |
| 4.3 | Verlegung der Leitung in offener Bauweise – „Düker“ | 34 |
| 4.4 | Baustraßen und Verkehrswege | 35 |
| 4.5 | Einwirkungen auf Nachbarbauwerke, Rückbau Baugrubenwasserhaltungen, Grundwassermessstellen, Beweissicherung | 35 |
| 4.6 | weitere Geotechnische Bearbeitung | 36 |
| 5 | Schlussbemerkungen | 37 |

0 Anlagen

- 1 Lageplan, M = 1:1000 mit Übersichtslageplan ohne Maßstab
- 2.1 Geotechnisches Längsprofil 1, M = 1 : (250)500/50 (Länge/Tiefe)
- 2.2 Geotechnisches Längsprofil 2; M = 1 : 500/50(Länge/Tiefe)
- 2.3 Schichtenbilder Kernbohrungen und Ausbauezeichnungen der Grundwassermessstellen; M = 1 : 50
- 2.4.1 u. 2.4.2 Systemschnitt Baugrube offene Bauweise - „Strecke“, M = 1:25
- 2.4.3 Systemschnitt Baugrube offene Bauweise „Düker“, M = 1:25
- 3.1 bis 3.7 Kennwerttabellen (entnommene Bodenproben und bodenmechanische Laboruntersuchungen)
- 3.8 bis 3.11 Korngrößenverteilungen
- 4.1 Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18300
- 4.2 Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18324
- 4.3 Eigenschaften und Kennwerte der Homogenbereiche nach DIN 18304
- 5.1 und 5.2 Bewertung Grundwasseranalysen nach DIN 4030
- 5.3 und 5.4 Bewertung Grundwasseranalysen nach DIN 50929-3
- 5.5 Prüfbericht CRM22-007634-1 vom 07.07.2022; Grundwasseranalysen
- 6.1.1 Auswertung Pumpversuch BK1/GWM/22
- 6.1.2 Auswertung Pumpversuch BK2/GWM/22
- 6.2. Vorbemessung Baugrubenwasserhaltung (BGWH)
- 6.2.1 Baugrube Düker / Querung Hessenwasser, BWGH mit Brunnen unter Berücksichtigung einer Spundwandverbaus
- 6.2.2 Baugrube Düker / Querung Augraben, BGWH mit Brunnen unter Berücksichtigung eines Spundwandverbaus
- 6.2.3 Leitungsgraben, BGWH mit Brunnen, Sohle im Sand/Kies ($K = 1,2 \cdot 10^{-4}$ m/s) am Beispiel LG 11 (10 m-Abschnitt)
- 6.2.4 Leitungsgraben, BGWH mit Brunnen, Sohle im Sand/Kies ($K = 1,2 \cdot 10^{-4}$ m/s) am Beispiel LG 11 (30 m-Abschnitt)
- 6.2.5 Leitungsgraben, BGWH mit Spülfiltern, Sohle im Schluff ($K = 2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s) am Beispiel LG 11 (10 m-Abschnitt)

1 Grundlagen

1.1 Bearbeitungsunterlagen

- 1.1.1 Antrag auf Planfeststellung vom 30.03.2021 zur Umverlegung der Erdgasleitung Frankenthal-Kassel/Göttingen (LNr. 9502) nebst Antragsunterlagen; Eingang per E-Mail vom 16.11.2021 und 02.12.2021 von terraneis bw
- 1.1.2 Baugrundgutachten und umwelttechnisches Gutachten vom 27.07.2015 zur Umverlegung Erdgasleitung der Gas-Union GmbH bei Wächtersbach; Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH; Frankfurt (Anlage 9 der Planfeststellungsunterlagen vom 30.03.2021)

- 1.1.3 Beurteilung des LHKW-Schadens „Rieser“ im Hinblick auf die geplante Grundwasserhaltung vom 15.11.2019, Dr. Spang Ingenieurgesellschaft für Bauwesen, Geologie und Umwelttechnik mbH; Frankfurt (Anlage 9.1 der Planfeststellungsunterlagen vom 30.03.2021)
- 1.1.4 ETN-Untersuchungskonzept vom 06.05.2022 zur Umverlegung Gasleitung 9502 bei Wächtersbach; Ergänzende Untersuchung Geotechnik; ETN-Projekt-Nr. 21/6347
- 1.1.5 Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis vom 12.05.2022 zur Errichtung von temporären Grundwassermessstellen, das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser im Rahmen der ergänzenden Baugrunderkundung zur Umverlegung der Gasleitung 9502 bei Wächtersbach; ETN-Projekt-Nr. 21/6347
- 1.1.6 Erlaubnis vom 07.06.2022 zur Ergänzenden Baugrunduntersuchung zur Umverlegung der Gasleitung, Wächtersbach; Main-Kinzig-Kreis, Der Kreisausschuss; Az.: 70.1-79e12/03-t-WÄ 2022 0459
- 1.1.7 Abschlussberichte vom 05.05.2022 und 21.06.2022 von Kamiserv GmbH zur Kampfmittelfreiheit der Bohransatzpunkte im pdf-Format, Eingang per E-Mail am 05.05.2022 und 22.06.2022 von Kamiserv GmbH.
- 1.1.8 Aktuelle Planung im dwg-Format mit Angaben zu den geplanten Teilabschnitten und deren Ausführungsdauer; Eingang per E-Mail am 04.08.2022 vom Ingenieurbüro Becker & Partner, Bad Soden-Salmünster.
- 1.1.9 Geologische Karte Nr. 5721 Blatt Gelnhausen, M = 1:25.000 mit Erläuterung.
- 1.1.10 ETN-Nachbargutachten:
Neubau Halle Nr. 11; BA 1; Industriestraße 6. Wächtersbach (Projekt-Nr.: 03/4338)
Bauarchäologische Untersuchungen an der Kaiserpfalz; 63571 Gelnhausen vom 27.11.1997 (Projekt-Nr.: 97/3924)
- 1.1.11 DB-Grundwassermessstelle Gelnhausen, E-Mail DB Netz AG, Gießen, vom 11.08.2022 mit Grafiken Grundwassermessungen und Ausbau Grundwassermessstelle

1.2 Feld- und Laboruntersuchungen sowie Termine

- 1.2.1 Felduntersuchungen
10 Kleinrammbohrungen (KRB) und 5 mittelschwere Rammsondierungen (DPM) im Zeitraum vom 09.05.2022 bis 22.06.2022; Lage- und Höheneinmessung über ein globales Navigationssatellitensystem (GNSS).
Durchführung von drei VOB-Maschinenkernbohrungen bis 12m Tiefe mit Ausbau von zwei Bohrungen zu temporären

Grundwassermessstellen und Durchführung von Pumpversuchen im Zeitraum vom 10.06. bis 21.06.2022, Fa. Krahl Bohrunternehmen GmbH, Kaiserslautern

1.2.2 Laborversuche
Ergebnisse bodenmechanische Laborversuche an den entnommenen Bodenproben (s. Anl. 3ff).
Ergebnisse chemische Analysen an zwei Grundwasserproben (s. Anl. 5ff).

1.2.3 Termine
Videokonferenz Bauherrschaft und Planungsbeteiligte am 01.09.2022

1.3 Normen, Richtlinien und sonstige Regelwerke

DIN 1054 Standsicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau
DIN 1055-2 Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngößen
DIN EN 1997 Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik
DIN EN 1998 Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben
DIN 4019 Setzungsberechnungen
DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
DIN 4023 Zeichnerische Darstellung von Bohrungen und direkter Aufschlüsse
DIN 4124 Baugruben und Gräben
DIN EN ISO 14688-1 Benennung und Beschreibung von Boden
DIN EN ISO 14688-2 Klassifizierung von Boden
DIN EN ISO 14689 Benennung und Beschreibung von Fels
DIN EN ISO 17892-1 Laborversuche an Bodenproben; Bestimmung des Wassergehaltes
DIN EN ISO 17892-4 Laborversuche an Bodenproben; Korngrößenverteilung
DIN EN ISO 17892-11 Laborversuche an Bodenproben; Wasserdurchlässigkeit
DIN 18129 Untersuchung von Bodenproben; Kalkgehaltsbestimmung
DIN 18132 Bestimmung des Wasseraufnahmevermögens
DIN 18196 Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
DIN 18300 ATV Erdarbeiten
DIN 18304 ATV Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten
DIN EN ISO 18674-1 Geotechnische Messungen
DIN 18915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten
DIN EN ISO 22475-1 Aufschluss- und Probenentnahmeverf. und Grundwassermessungen
DIN EN ISO 22476-2 Felduntersuchungen; Rammsondierungen
DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 904-1, Richtlinien für den Ländlichen Wegebau (RLW) Teil 1: Richtlinien für die Anlage und Dimensionierung Ländlicher Wege
FGSV-Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln

| | |
|--|---|
| RP Darmstadt, Gießen, Kassel BMJ/BfJ | Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“, Stand 01.09.2018 Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) 27.07.2009 / 09.07.2021 |
| terrane ts bw | Merkblatt 2.120 (06.04.2021) Spezifikation der terrane ts bw für Oberbodenarbeiten Merkblatt 2.130 (23.12.2021) Spezifikation der terrane ts bw für Aushub und Verfüllen Merkblatt 2.131 (04.01.2022) Spezifikation der terrane ts bw für Einbau von Sand, Kiessand und Fremdmaterial Merkblatt 2.132 (01.01.2022) Spezifikation der terrane ts bw für Aushub und Verfüllen in Straßen und Wegen |

2 Bauvorhaben und Sachlage, geotechnische Aufgabenstellung, Planungsgrundlagen

In Wächtersbach ist eine Änderung der Leitungsführung der HD-Erdgasleitung Nr. 9502, DN 500 von Frankenthal nach Kassel/Göttingen auf einer Länge von rd. 1070 m geplant. Derzeit verläuft die in den 1960er Jahren gebaute Leitung in der Industriestraße, der Hauptstraße des Industriegebietes. Bei der Erschließung des Industriegebietes wurde das gesamte Gelände aus Hochwasserschutzgründen durch Aufschüttungen von Erdmaterial um mehrere Meter angehoben, so dass die Gasleitung in diesem Bereich eine Überdeckung bis zu 5m aufweist. Im Fall von Störungen oder Reparaturmaßnahmen an der Gasleitung oder dem parallel verlaufende Fernmeldekabel sind diese nur unter erschwerten Bedingungen mit erheblichen Auswirkungen auf die Infrastruktur des Industriegebietes möglich. Um die Versorgungssicherheit der von dieser Hauptversorgungsleitung abhängigen Kunden langfristig zu gewährleisten, soll die Gasleitung aus dem Industriegebiet herausgelegt werden. Die neue Trasse ist i.w. parallel zu einer bestehenden Trinkwasserleitung DN1200 (Hessenwasser) südlich des Industriegebietes im Randbereich der Kinzig-Aue geplant (s. Anl. 1 und Bild 1). Die Leitung soll in offener Bauweise mit Wasserhaltung verlegt werden.



Bild 1: Übersichtslageplan geplante Trasse (orangene Linie), unmaßstäblich

Im Verlauf des Planfeststellungsverfahrens für die Umverlegung der Leitung wurde aufgrund der bei der Vorbemessung der Wasserhaltungsmaßnahmen in 2015 gem. [1.1.2] ermittelten Entnahmemengen entschieden, für die Maßnahme aus Gründen der Rechtssicherheit eine Umweltverträglichkeitsprüfung mit Öffentlichkeitsbeteiligung gem. UVPG (Abschnitt 2) durchzuführen.

Im Rahmen einer geotechnischen Vorprüfung (2021) der baugrundtechnischen Unterlagen aus 2015 wurden potenzielle Möglichkeiten einer Reduzierung der Baugrubenwasserhaltungsmengen (Bilanzierung 2015 rd. 600Tsd m³) über bautechnische Optimierungen aufgezeigt. Voraussetzung dafür sind genauere Baugrund-Modelldaten.

Nach Aufstellung einer Konzeptstudie sowie eines ergänzenden Baugrund-Aufschlußprogrammes [1.1.3] wurde ETN von terraneTS bw GmbH mit der Umsetzung, mit Schwerpunkt auf hydrogeologische Fragestellungen beauftragt.

Im Ergebnis aller geologisch-hydrogeologischen und umwelttechnischen Untersuchungen ist ein geotechnischer Bericht nach DIN 4020 mit dem geotechnischen Schwerpunkt Baugrubenwasserhaltung aufzustellen. Die baugrund-bautechnischen Auswirkungen auf die Nachbarschaft sind darzulegen.

Der Geotechnische Bericht wird hiermit vorgelegt.

Der Geotechnische Bericht Dr. Spang aus 2015 [1.1.2] wird, soweit nicht ausdrücklich erwähnt, durch diesen Bericht vollinhaltlich ersetzt und verliert damit seine Gültigkeit.

Mit den Planungsbeteiligten wurden folgende Planungsgrundlagen für den geotechnischen Bericht abgestimmt:

- Der Trassenverlauf (s. u.) wird bis auf örtliche Anpassungen gem. der Planung 2015 beibehalten
- Die Leitungslage (s. u.) wird bis auf örtliche Anpassungen gem. der Planung 2015 beibehalten
- Durch den Planer wurde eine erste Stationierung über Baugruben eingeführt (BG01 bis BG19)

Das Bauvorhaben kann planungstechnisch damit kurzgefasst wie folgt beschrieben werden:

Der rd. 1070 m lange Leitungsabschnitt der Gashochdruckleitung DN 500 (Stahlrohre mit Faserzementmörtel (FZM) – Ummantelung oder vergleichbare Ummantelungen, aber auch nur Stahlrohre) verläuft in der Talauflage der Kinzig zwischen der Anschlussstelle südlich des Globusmarktes und der B276-Brücke über die Kinzig. Neben der Verlegung der Leitung im offenen Graben = „Strecke“ sind im Trassenverlauf 4 tieferreichende Querungen = „Düker“ erforderlich (s. Anl. 1, erkennbar an den unterschiedlichen Farben der Baugruben BG). Die Verlegung „Strecke“ gliedert sich in mehrere Abschnitte. Die Regeltiefe der Leitungsverlegung liegt zwischen ca. 2,0 m bis ca. 2,5 m unter Geländeoberkante (GOK). Damit ist eine Regelüberdeckung der Leitung von $t_{\min} \geq 1,2$ m gewährleistet.

Bei den 4 tieferreichenden Querungen („Düker“ – aufgrund der U-förmigen Leitungsverlegung) werden 3 Gewässer und 1x die Hessenwasserleitung unterquert.

Gem. ETN-Untersuchungskonzept [1.1.4] wurden zur ergänzenden Baugrunderkundung im Zeitraum vom 09.05.2022 bis 17.06.2022 insgesamt 10 Kleinrammbohrungen (KRB) nach DIN EN ISO 22457-1 und 5 schwere Rammsondierungen (DPH) nach DIN EN ISO 22457-2 jeweils bis max. 7m Tiefe zwecks Feststellung der Schichtenfolge und zur Entnahme von Bodenproben durchgeführt. Der Untersuchungsumfang dient der Verdichtung der Aufschlussabstände der im Bodengutachten Dr. Spang dokumentierten Ergebnisse der 2015 durchgeführten Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen. Die Ergebnisse der damaligen Untersuchungen werden in diesem Geotechnischen Bericht mit berücksichtigt.

Zusätzlich wurden vom 10.06.2022 bis 17.06.2022 drei VOB-Maschinenkernbohrungen Bohrdurchmesser 178 mm bis 12 m Tiefe (Ziel war die Erkundung von OK Buntsandsteinfels) durch das Bohrunternehmen Krahl, Kaiserslautern niedergebracht. Zwei Bohrungen wurden auf DN 300 aufgebohrt und als Grundwassermessstellen DN 125 (BK1/GWM/22 und BK2/GWM22) ausgebaut (s. Anl. 2.3). Am 21.06.2022 und 22.06.2022 wurden Pumpversuche zur Ermittlung der hydraulischen Parameter des Untergrundes durchgeführt. Die Ergebnisse der Pumpversuche sind in Anlage 6.1ff dokumentiert und werden im Abschnitt 3.4 bewertet. Die Lage der Bohrpunkte ist zusammen mit den Bohrpunkten des Bodengutachtens Dr. Spang [1.1.2] auf Anlage 1 dargestellt.

An verschiedenen, ausgewählten Bodenproben wurde der Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 und die Wasseraufnahme nach DIN 18132 bestimmt. Korngrößenverteilungen nach DIN 17892-4 erfolgten an drei Proben aus den Kernbohrungen (s. Anl.3ff).

Auf die Durchführung chemischer Analysen zur abfalltechnischen Einstufung des Aushubmaterials wurde verzichtet, da diese nur eine orientierende Einstufung darstellen. Für die orientierende Einstufung des Aushubmaterials wird auf die entsprechenden Analysen in der Untersuchung Spang 2015 [1.1.2] verwiesen (s. auch Ziff. 3.10).

Das Grundwasser aus den in 2022 errichteten Grundwassermessstellen wurde hinsichtlich Betonaggressivität nach DIN 4030 und zur Bewertung der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe nach DIN 50929-3 untersucht. Weiterhin wurden auf Forderung der Unteren Wasserbehörde des Main-Kinzig-Kreises [1.1.5] die Parameter BTEX und LHKW untersucht.

Die Ergebnisse der Baugrunderkundung sind unter Berücksichtigung der bodenmechanischen Laborversuchsergebnisse als Schichtenprofile, höhenmäßig bezogen auf mNN in den Anlagen 2.1 bis 2.3 dargestellt. Die Anlagen 2.4.1 bis 2.4.3 beinhalten Systemschnitte zur Baugrubengestaltung und Wasserhaltung für die Abschnitte „Strecke“ und „Düker“.

3 Baugrundverhältnisse

3.1 Allgemeine morphologisch-geologische Verhältnisse

Das Untersuchungs Gelände befindet sich im Auenbereich der Kinzig und liegt südöstlich des Gewerbegebietes an der Industriestraße. Die Nordost-Südwest verlaufende Talaue weist in diesem Bereich eine Breite von rd. 200 – 350m auf. Nordöstlich des Untersuchungsgebietes erfolgt im Bereich des Zulaufs der Bracht zur Kinzig eine Aufweitung der Talaue auf rd. 1,5km Breite. Die Kinzig fließt in diesem fast ebenen Talabschnitt leicht mäandrierend am südlichen Talrand von Nordost nach Südwest. Der Au Graben fließt mit linearem Verlauf nördlich und etwa parallel zur Kinzig und dient der Entwässerung der Köhlersau im Bereich der Bracht. Er mündet rd. 400m südlich der geplanten Leitungstrasse in die Kinzig. Etwa im 2/3-Punkt der geplanten Trasse mündet der Rudelbach (Teufelsgraben) in die Kinzig. Die Quelle des Rudelbach (Teufelsgraben) liegt rd. 4km nördlich von Wächtersbach bei Wittgenborn und wird aus den dort anstehenden, südlichen Ausläufern der Basalte des Vogelsberg gespeist. Als Besonderheit ist anzumerken, dass der Rudelbach (Teufelsgraben) über den Au Graben geführt und direkt in die Kinzig eingeleitet wird.

Detaillierte Betrachtungen, Angaben zu den Fließgewässern (u.a. Gewässer-km, Gewässerkreuzungen), zu Wasserschutzgebieten, Grundwassergewinnungsanlagen, Auswirkungen der Baugrubenwasserhaltung auf die Oberflächengewässer, Naturschutzgebiete etc. erfolgen im gesonderten Fachbeitrag zur Wasserrahmenrichtlinie.

Gem. geologischer Karte [1.1.9] stehen in der Talaue typische Auensedimente in Form von Auelehm und Sand bzw. Kies an. Darunter folgt der Felsuntergrund aus Sandsteinfels des unteren Buntsandsteins (s. Bild 2). Der Buntsandstein bildet am Südrand der Kinzigau relativ steile Hänge. Der Nordrand des Talbereiches steigt mit geringen Neigungen an und ist durch pleistozäne Ablagerungen der Kinzig (Kinzig-Terrassen) und Sedimenten des Schwemmfächers des Rudelbach (Teufelsgraben) geprägt. Unter den Terrassen steht ebenfalls Sandsteinfels des unteren Buntsandsteins an. Dieser wird weiter nördlich von den tertiären Basalten des Vogelsbergs überlagert.

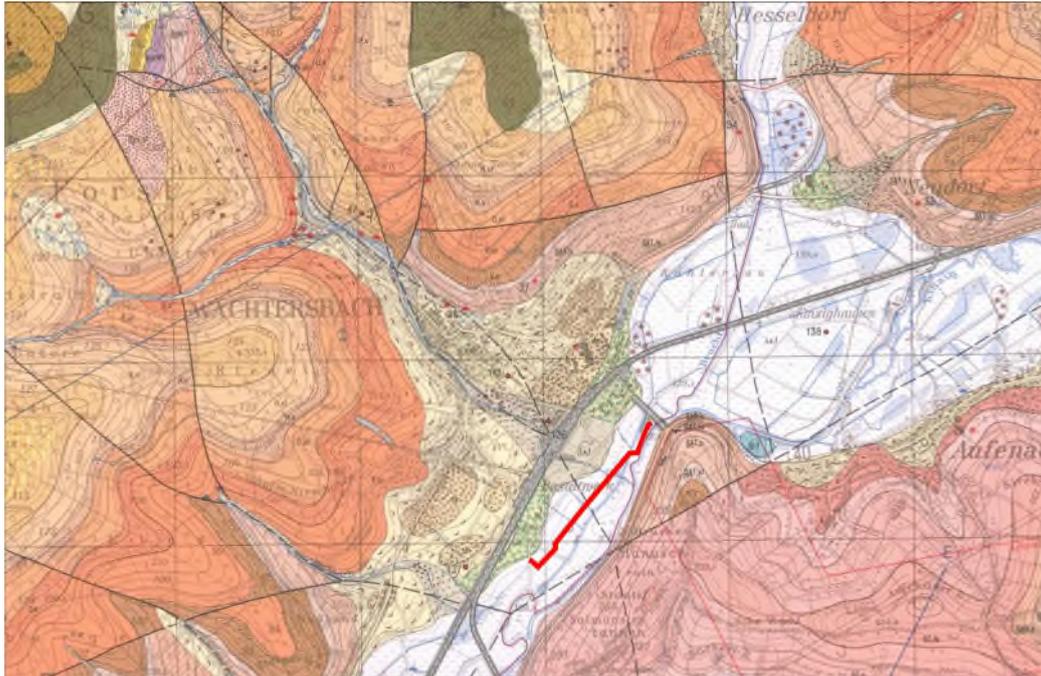


Bild 2: Auszug geologische Karte Blatt 5721 mit geplanter Trasse (rote Linie), unmaßstäblich

3.2 Geologie/Schichtenfolge

Unter der Mutterbodendeckschicht von 10cm bis max. 40cm Dicke folgt in Teilbereichen der Trasse **Auffüllung (A)** wie folgt:

Bei der Fremdbohrung BS4 (im Bereich des zweiten Dükerabschnittes) wurde Auffüllung bis 1,30m Tiefe in Form von schluffigen, schwach kiesig bis kiesigen, schwach humosen Feinsanden mit weich-steifer Konsistenz und bis 1,60m aus sandig bis schwach sandigen, schwach tonigen, kiesigen Schluffen mit Ziegelbruchstücken und steifer Konsistenz erbohrt.

Im Bereich des Dükers Rudelbach (Teufelsgraben) (BS 6 und BK 2) wurde Auffüllung aus stark sandigem Schluff und schwach schluffigem Mittelsand bis max. 1,8m Tiefe erbohrt. Hier handelt es sich um die Aufschüttung der Uferfassung des Rudelbach (Teufelsgraben), der rd. 60m südlich der geplanten Leitungstrasse den Augrabten überführt.

Weiter wurde im letzten, östlichen Viertel der Trasse bei KRB 10 Auffüllung aus sandigem, schwach tonigem Schluff mit Ziegelresten in halbfester Konsistenz bis 1,10m Tiefe erbohrt. Bei BS 8 wurde Auffüllung aus sandigen, schluffigen, schwach humosen Kiesen in lockerer Lagerung bis 0,80m Tiefe dokumentiert.

Unter dem Mutterboden bzw. der Auffüllung wurde der gewachsene Untergrund in Form von bindigen Schichten, überwiegend aus **Schluff (U)** bis in Tiefen von max. 5,3 m, bei Mächtigkeiten bis max. 4,9 m (BK1) erkundet. Dabei handelt es sich überwiegend um schwach tonig bis tonige, teilweise schwach feinsandige bis feinsandige, teilweise schwach kiesige, kalkfreie, vereinzelt organische Schluffe mit stark wechselnden Konsistenzen von halbfest bis

breiig. Der Massenanteil der o. a. Nebenbodenarten ist stark wechselnd und kann bereichsweise so weit ansteigen, dass einzelne Schichtbereiche als schluffiger, schwach toniger Sand in lockerer Lagerung oder auch feinsandiger, schluffiger, schwach kiesiger, teilweise schwach organischer Ton mit unterschiedlichen Konsistenzen anzusprechen waren.

Die Konsistenz der Schluffe wurde oberflächennah (bis max. 1,0 m Tiefe) überwiegend als steif oder steif-halbfest (Bandbreite von steif bis fest) vorgefunden. In tieferen Bereichen wechselt die Konsistenz zu steif und steif-weich und unter dem Grundwasser(druck)spiegel teilweise zu weich und weich-breiig.

Die Ergebnisse der Konsistenzansprache werden auch durch die ermittelten Wasserbindegrade (w_{bg} , s. Anl. 3.1 bis 3.7) gestützt.

Im Bereich zwischen den Aufschlusspunkten KRB 2/P/22 (s. Anl. 2.1) bis KRB 7/P/22 (s. Anl. 2.2) ist innerhalb der Schluffschicht eine Linse aus stark schluffigem, tonigem **Sand (S)** und/oder schwach schluffigem, sandigem Kies oder sandigem, teilweise tonig durchsetztem Kies ausgebildet. Die Linse erreicht Mächtigkeiten bis 2,0m und wird von 0,2m bis 1,4m dicken, stärker bindigen Schichten entsprechend den oben beschriebenen Schluffen unterlagert.

Bis zur Bohrendtiefe der Kleinrammbohrungen von 5,0m (ETN) bzw. max. 8,2m (Dr. Spang) folgen sandig bis stark sandige, tlw. schwach schluffige **Kiese (G)**, die Steine und untergeordnet Gerölle (Blöcke) führen können. An vier Proben aus den Kernbohrungen BK 1 bis BK 3 wurde die Korngrößenverteilung mittels Nasssiebung bestimmt. Aus den Körnungslinien ergeben sich nach dem Verfahren von USBR/Bialas folgende Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte:

| Bezeichnung | Tiefe u. GOK (m) | Durchlässigkeitsbeiwert (m/s) | Anlage |
|-------------|-----------------------|-------------------------------|--------|
| BK1/GWM/22 | 5,0 – 6,0 (Kies) | $2,3 \cdot 10^{-4}$ | 3.8 |
| BK2/GWM/22 | 6,5 – 7,5 (Kies) | $7,0 \cdot 10^{-4}$ | 3.9 |
| BK2/GWM/22 | 10,2 – 11,0 (Kies) | $1,6 \cdot 10^{-3}$ | 3.10 |
| BK3 | 4,0 – 5,0 (Kies) | $4,5 \cdot 10^{-4}$ | 3.11 |

Die Sondierungen mit der schweren Rammsonde zeigen im Schluff (U) durchweg geringe Schlagzahlen ($N_{10} \ll 10$). In den stärker sandig-kiesigen Schichten und in den Kiesen wurden deutlich höhere Schlagzahlen bis $N_{10} > 20$ festgestellt.

Bei der Kernbohrung BK1 wurde ab 9,0m Tiefe (~NN+129,3m) bis zur Endteufe von 12m verwitterter bis stark verwitterter, sehr gering bis gering harter **Sandsteinfels (F)** angetroffen. Bei BK 2 wurde in der Tiefe von 11,3m (~NN+129,1) ebenfalls verwitterter Sandstein erbohrt.

Bei BK 3 wurde in 11,5m (~NN+127,5m) Sandstein erbohrt. Die Feststellung des Felsuntergrundes ist bei dieser Bohrung jedoch nicht gesichert.

Die Hauptschichtglieder (A – U – S – G - F) sind in den Schichtenprofilen der Baugrundaufschlüsse auf der Anlagenreihe 2 dargestellt.

Anlage 2.3 zeigt die Schichtenfolge der Kernbohrungen BK1 und BK 2 sowie die zugehörigen Ausbauzeichnungen der Grundwassermessstellen.

Nach Kenntnis der Geologie waren im Sinne der DIN EN 1997 keine tiefergehenden Aufschlüsse erforderlich.

3.3 Hydrogeologische Verhältnisse und Bemessungswasserstände

Während der Baugrunduntersuchungen vom 09.05.2022 bis 22.06.2022 wurde Grundwasser zwischen 1,20 m und 4,9 m unter GOK (~NN+134,4 m bis NN+137,7 m) angetroffen. Diese Wasserstände korrespondieren überwiegend mit der Schichtgrenze Unterkante Schluff (U). Nach Bohrende wurden überwiegend höhere, in den bindigen Schichten ausspiegelnde Wasserstände zwischen ~NN+136,9 m und ~NN+138,1 m eingemessen. In den Maschinenkernbohrungen bzw. Grundwassermessstellen wurden folgende Grundwasserstände gemessen:

| | | |
|------------|----------------------------------|---------------|
| BK1/GWM/22 | (westl. Ltg.-ende) | ~ NN+ 137,0 m |
| BK2/GWM/22 | (Nähe Rudelbach (Teufelsgraben)) | ~ NN+ 137,4 m |
| BK3/22 | (Richtung östl. Ltg.-ende) | ~ NN+ 136,8 m |

Das Grundwasser im Untersuchungsgebiet ist danach gespannt.

Je nach Sandanteil in den Schluffen / Tonen (U) bzw. Verbreitung des Sandes (S) in diesen Schichten, ist der Druckwasserspiegel mehr oder weniger stark ausgeprägt, bzw. führen diese bindigen Schichten Wasser (und weisen damit auch die festgestellten weichen Konsistenzen auf). Es liegen dann eher halbgespannte GW-Verhältnisse vor.

In den Schichtprofilen 1 und 2 (Anl. 2.1 u. 2.2) wurde eine Grundwasserlinie aus der Erkundung 2022 eingetragen. Im westlichen und mittleren Bereich der Leitungsstrecke (~BG01 bis ~BG12-BG14 / bzw. BS 1 bis KRB 6/22) liegt der Grundwasserspiegel rel. einheitlich und ohne erkennbares Gefälle zwischen ~ NN+ 137,6 bis ~ NN+ 137,8 m. Etwa ab der Querung Rudelbach (Teufelsgraben) bis zum östlichen Leitungsende (~BG12-BG14 bis BG19) ist ein signifikanter Abfall des Druckwasserspiegels um ~1m auf i. M. 136,8m festzustellen. Die Ursache kann nicht eindeutig ermittelt werden, ggf. ist dies mit der hier größeren Aquifermächtigkeit zu begründen.

Das generelle Grundwassergefälle bzw. die Grundwasserfließrichtung folgt dem Kinzigtal, d. h. ist von Ost nach West ausgerichtet.

Im Osten wurde der Kinzig-Wasserspiegel \pm korrespondierend mit dem Niveau des Grundwassers eingemessen (s. Anl. 2.2). Im Westen liegt der Kinzig-Wasserspiegel ca. 0,7 m unterhalb des Grundwasserspiegels (s. Anl. 2.1).

Das Sohlgerinne der Kinzig wird im Übergangsbereich der bindigen Deckschichten (U) zu den Terrassensedimenten (G) vermutet, so dass von einer \pm unmittelbaren, je nach Abstand Vorfluter zum Leitungsgraben zeitlich und im Betrag verzögerten Korrespondenz auszugehen ist.

Die Grundwasserstände der Aufschlüsse sind auf den Anlagen 2ff angegeben. Diese liegen überwiegend auf dem gleichen Niveau wie sie in 2015 (s. [1.1.2]) festgestellt wurden.

Angaben zu saisonalen Grundwasserspiegelschwankungen können aus den Aufzeichnungen einer DB-Messstelle zwischen Bahndamm und Kinzig in Gelnhausen ca. 9 km flussabwärts vom Untersuchungsgebiet abgelesen werden (s. Bild 3, [1.1.11], Daten liegen nur als Grafik vor).

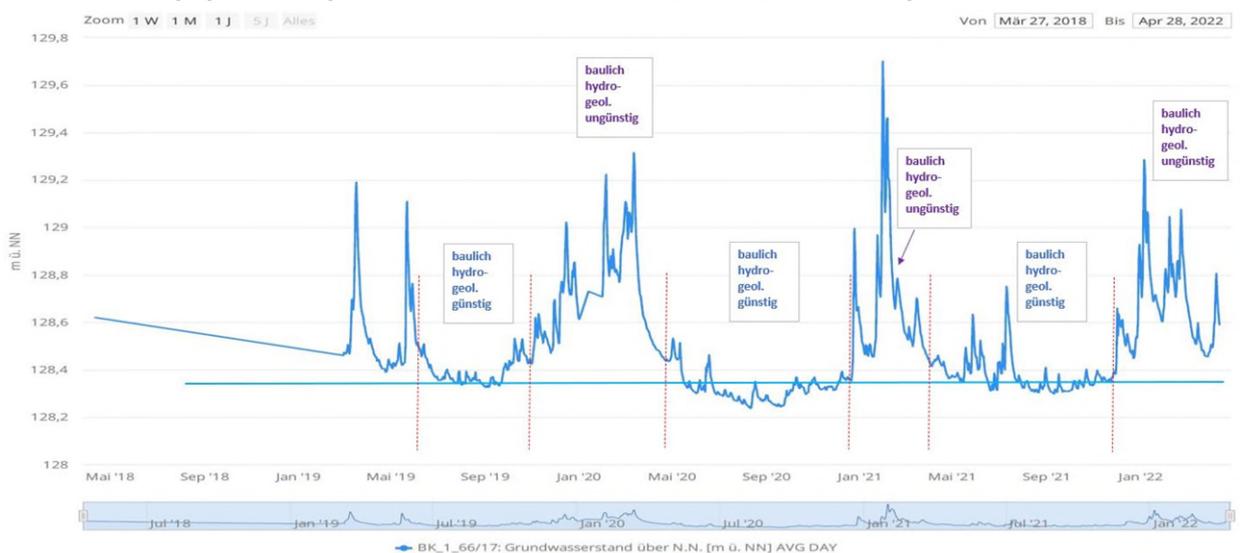


Bild 3: Grundwasserganglinie der DB-Messstelle BK_1_66/17, Zeitraum ~März 2018 bis ~April 2022

Aus diesen Aufzeichnungen ist ein charakteristischer jahreszeitlicher Verlauf des Grundwasserstandes abzuleiten. Etwa zwischen Mai und Ende Oktober/November liegen die Grundwasserstände auf einem \pm einheitlichen, relativ niedrigen Niveau (sog. baulich hydrogeologisch günstige Jahreszeiten). D. h. die Erkundungen vom Mai/Juni 2022 zeigen einen solchen, baulich günstigen Wasserspiegel im Untersuchungsbereich. Mit kurzzeitigen Anstiegen des Grundwasserspiegels im Ergebnis intensiver Niederschläge muss gerechnet werden (siehe Grafik Bild 3, zwei Ereignisse Juni, Juli 2021).

Etwa im Zeitraum Ende Oktober/November bis Anfang Mai kommt es zu signifikanten Grundwasseranstiegen. Von einem mittleren Anstieg von \sim 50 cm mit Spitzen bis \sim 1 m muss ausgegangen werden (sogenannte baulich hydrogeologisch ungünstige Jahreszeiten).

Das Bauvorhaben liegt im Überschwemmungsbereich der Kinzig. Die Einholung von projektbezogenen HW-Daten wird empfohlen. Bild 4 dokumentiert die Lage im Überschwemmungsgebiet.

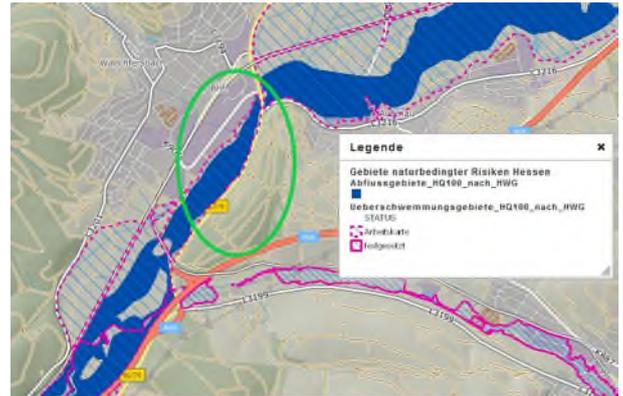


Bild 4: Überschwemmungsgebiete Hessen, unmaßstäblich, Quelle HLNUG

Hochwasserereignisse (Überschwemmungen) sind gem. den Wasserstandsbeobachtungen der Kinzig am Pegel Gelnhausen primär im Winterhalbjahr zu erwarten, wobei hier die zurzeit zugänglichen Daten (s. Bild 5) nur den Zeitraum 08/21 – 07/22 dokumentieren. Das Einholen mehrjähriger Beobachtungen wird angeraten.

Die Installation von Datenloggern in den beiden Grundwassermessstellen BK1/GWM/22 und BK2/GWM/22 wird im noch verbleibenden Planungszeitraum empfohlen. Damit können projektbezogene Grundwasserganglinien, auch über das Winterhalbjahr 2022/2023 ermittelt und in Korrelation mit dem Kinzigwasserspiegel,

Wasserstand Gelnhausen / Kinzig

Datenquelle: Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

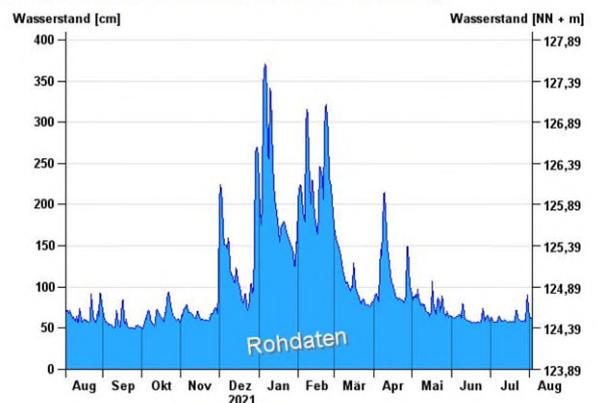


Bild 5: Pegelstände Kinzig, Gelnhausen 08/21 bis 08/22

Da Überschwemmungen innerhalb der Bauzeit nicht auszuschließen sind, wird die Aufstellung eines Hochwasserschutz-Alarm-Maßnahmenplan erforderlich. Die Baustelleneinrichtung sollte hochwassersfrei erfolgen, die eigentliche Baustelle ist so zu betreiben, dass eine Räumung mit max. 2 Tagen Vorlaufzeit möglich ist.

3.4 Pumpversuche und hydraulische Kenndaten

Im Hinblick auf die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen wurden im Rahmen der Baugrunderkundung neben der Verdichtung der Aufschlussabstände (gegenüber [1.1.2]) zusätzliche drei Kernbohrungen bis 12m Tiefe abgeteuft. Die Schichtenbilder sind auf den Anlagen 2.1 und 2.2 dargestellt. Die Bohrungen BK1/GWM/22 (im Bereich Düker Hessenwasser) und BK2/GWM/22 (Bereich Düker Rudelbach (Teufelsgraben)) wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut. Im Juni 2022 wurden Pumpversuche zur Ermittlung der hydraulischen Parameter des Grundwasserleiters (Kies – Terrassen der Kinzig) durchgeführt.

Zusätzlich zum Entnahmehrungen wurden in den der BK1 benachbarten Bohrlöchern der Kleinrammbohrungen KRB 1/P/22 und KRB2/P/22 jeweils 1 1/2'-Peilrohre installiert.

Bei der Messstelle BK2/GWM/22 wurde mit KRB 7/P/22 ebenfalls ein Begleitpegel ausgebaut. Die Wasserstände der Begleitpegel wurden während der Pumpversuche regelmäßig kontrolliert, um Informationen über die Ausbreitung des Absenktrichters zu erhalten.

Die Durchführung der Pumpversuche erfolgte am 21.06. und 22.06.2022 durch das Bohrunternehmen Krahl, Kaiserslautern. Die Durchführung wurde durch ETN vor Ort begleitet.

Der Pumpversuch BK1/GWM/22 wurde am 21.06.2022 durchgeführt. In der Anlaufphase wurde die Fördermenge von 0,4m³/h nach 15 Minuten Pumpdauer auf rd. 9m³/h erhöht und nach rd. 1 Stunde wieder leicht auf eine Förderrate von 8,7m³/h wieder leicht reduziert. Die Absenkung erreichte mit einem Wasserspiegel von 8,88m u. ROK (Absenkbetrag 6,57 m) nach rd. 1h 29min einen quasistationären Zustand. Nach 3h45min. Pumpdauer wurde die Pumpe abgestellt.

Der rd. 60 m entfernte Beobachtungsbrunnen KRB2/P/22 zeigte bis zu diesem Zeitpunkt lediglich 1cm Absenkung.

Bei dem 20 m entfernt positionierten KRB1/P/22 wurde eine Absenkung des Wasserstandes um 39cm gemessen. Nach Abschalten der Pumpe wurde der Wiederanstieg über den Zeitraum von 1 Stunde gemessen und eine abschließende Messung am Folgetag durchgeführt.

Der Pumpversuch BK2/GWM/22 wurde am 22.06.2022 durchgeführt. Hier wurde der Versuch mit einer Förderrate von 6,7m³/h begonnen. Bis zum Ende nach 3 Stunden Pumpzeit nahm die Förderrate ohne Änderung der Einstellungen auf 4,95m³/h ab. Die Auswertung erfolgte dementsprechend mit der mittleren Pumprate von ~ 5,4 m³/h.

Im Pumpbrunnen wurde eine Absenkung von 3,9 m gegenüber dem Ausgangswasserspiegel erreicht.

Der 100 m entfernt gelegene Beobachtungsbrunnen KRB7/P/22 reagierte nicht.

Die Versuchsdaten und Auswertung mit der Software HydroTec 8, GeoLogik Software sind auf den Anlagen 6.1.1 (BK1/GWM/22) und 6.1.2 (BK2/GWM/22) dargestellt.

Die Auswertung der Pumpversuche zur Ermittlung der hydraulischen Aquiferparameter im Speziellen des Durchlässigkeitsbeiwertes erfolgte über zwei verschiedene Verfahren.

Zum einen wurde eine Auswertung über das Wiederanstiegsverfahren, d.h. allein über die Absenkung bzw. den Wiederanstieg im Pumpbrunnen selbst, vorgenommen. Dieses Auswerteverfahren wurde bei beiden Pumpversuchen angewendet.

Zum anderen erfolgte eine Auswertung mittels der gemessenen Absenkungen in den Beobachtungspegeln über das sogenannte Theis'sche Typkurvenverfahren. Dieses Verfahren konnte nur bei dem Pumpversuch BK1/GWM/22 angewendet werden, da nur hier eine Reaktion in den Beobachtungspegeln zu verzeichnen war.

Die Pumpversuchsauswertung wird für den kombinierten Aquifer (Sand/Kies) mit einer Aquifermächtigkeit von 4 m im Bereich BK1/GWM/22 und 8 m im Bereich BK2/GWM/22 durchgeführt.

Die Auswertegraphiken und Berechnungsergebnisse der einzelnen Verfahren sind in der Anlage 6.1.1 und 6.1.2 dokumentiert.

Für den Aquifer im Bereich des Brunnens BK1/GWM/22 wurde im Ergebnis beider Verfahren ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) von $k = 1,2E-4$ m/s ermittelt. Das Wiederanstiegsverfahren liefert einen k-Wert von $k = 1,5E-4$ m/s, das Theis'sche Typkurvenverfahren erbrachte einen k-Wert von $k = 8,23E-5$ m/s.

Die mittlere Transmissivität als Produkt der Aquifermächtigkeit und des Durchlässigkeitsbeiwertes liegt bei $k = 4,6E-4$ m²/s.

Für den Bereich des Brunnens BK2/GWM/22 ergibt sich aus dem Wiederanstiegsverfahren ein niedrigerer Durchlässigkeitsbeiwert von $k = 2,5E-5$ m/s. Die Transmissivität beträgt $2E-4$ m²/s

Der Aquifer ist insgesamt als stark durchlässig bis durchlässig zu beurteilen.

Mit Hilfe des ermittelten Durchlässigkeitsbeiwertes kann die theoretische Reichweite der Absenktrichter aus den Pumpversuchen über die Formel von SICHARDT wie folgt errechnet werden:

$$R = 3000 s \times \sqrt{k}$$

| | | |
|---|---|-------------------------------|
| R | = | Reichweite [m] |
| s | = | Absenkung [m] |
| k | = | Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] |

Bei Ansatz der o. g. K-Werte und der dokumentierten Absenkungsbeträge ergibt sich für die Grundwassermeß- und -beobachtungsstellen die theoretische Ausdehnung der Absenktrichter¹ im Zuge des Pumpversuches wie folgt:

$$\text{BK1/GWM/22: } R=3000 \times 6,57 \text{ m} \times \sqrt{1,2\text{E-4 m/s}} = 216 \text{ m}$$

$$\text{BK2/GWM/22: } R=3000 \times 3,9 \text{ m} \times \sqrt{2,5\text{E-5 m/s}} = 59 \text{ m}$$

Die ermittelten Reichweiten stellt den theoretischen Rand des Absenktrichters dar, d.h. den Bereich, ab dem keine Wasserspiegelabsenkung mehr zu verzeichnen ist.

Die charakteristischen Durchlässigkeitsbeiwerte der einzelnen Schichtpakete, abgeleitet aus Bodenansprachen, Kornverteilungen, Pumpversuchen sind in der Tabelle 1, bodenmechanische Kennwerte (Ziff. 3.4) angegeben. Diese Werte sind sämtlichen hydraulischen Berechnungen zu Grunde zu legen.

3.5 Hydrogeologisches Modell

Zusammenfassend stellt sich das hydrogeologische / hydrologische Modell im Untersuchungsbereich wie folgt dar:

- Grundwasserleiter (Aquifer) sind die Kiese (G) der Kinzig-Terrassen. Die mittlere Mächtigkeit des Grundwasserleiters liegt im westlichen und mittleren Bereich zwischen ~5-6m, im östlichen Bereich bei ~7m. Die aus den Pumpversuchen bestimmte Durchlässigkeit liegt im westlichen Bereich bei $k = 1,2 \cdot 10^{-4}$ m/s und im östlichen Bereich bei $k = 2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s.
- Die Durchlässigkeit des weichkonsistenten Schluffes wird aufgrund der Bodenansprache auf Werte zwischen $k \sim 5 \cdot 10^{-4}$ m/s und $5 \cdot 10^{-5}$ m/s geschätzt und für die Vorbemessung der Baugrubenwasserhaltung auf $k = 2,5 \cdot 10^{-5}$ m/s festgelegt.
- Das Grundwasser steht unter Spannung und bildet je nach Durchlässigkeit der den Aquifer überlagernden Schichten (U, S) einen mehr oder weniger ausgeprägten Druckwasserspiegel in diesen Schichten aus. Bereichsweise liegen halbgespannte GW-Verhältnisse vor.
- Der Druckwasserspiegel ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen, es gibt baulich hydrogeologisch günstige (Mai bis Ende Okt./Nov.) und ungünstige Jahreszeiten.
- Der Grundwasserspiegel (Druckwasserspiegel) steht \pm in Korrespondenz mit dem Wasserspiegel der Kinzig. Je nach Abstand Leitungsgraben-Kinzig kommt es zu zeitlich verzögerten und im Betrag reduzierten Korrespondenzen.
- Das Baugelände liegt im Einzugsgebiet von Hochwasser aus dem Vorfluter. Dieses

¹ Hinweise: die theoretische Reichweite wurde im Versuch, aufgrund zu kurzer Pumpzeiten nicht erreicht; die hier errechneten Reichweiten sind nicht mit den Reichweiten der geplanten Baugrubenwasserhaltung vergleichbar, da hier andere Aquiferkenndaten betrachtet werden

unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Die Vorlaufzeiten für Baustellenräumungen sind relativ gering (2 bis 3 Tage).

Auf Grundlage der o.a. Randbedingungen werden folgende Bemessungswasserstände im Baufeld definiert:

| | |
|--|--------------------------|
| bauzeitig-baulich hydrogeologische günstige Jahreszeit: (vorerst Mai bis Ende Okt./Nov) | NN+137,8 m (s. Anl. 2ff) |
| bauzeitig-baulich hydrogeologisch ungünstige Jahreszeit: (vorerst Ende Okt./Nov. bis Mai) | NN+138,5 m |
| bauzeitig-Hochwasser | NN+139,5 m |
| nachbauzeitig und Auftrieb | NN+139,5 m |

Im Bereich des Industriegebietes Industriestraße und nördlich der Bahnlinie sind nach Auskunft der Unteren Wasserbehörde des Main-Kinzig-Kreises neben dem LHKW-Schadensfall Rieser noch weitere Austragsstellen von LHKW in das Grundwasser bekannt. Gem. [1.1.3] ist die Sanierung des Schadensfalls Rieser soweit fortgeschritten, dass im Rahmen eines Abschaltversuches Anfang 2019 im Sanierungsbrunnen LHKW-Werte zwischen 208µg/l bis 2042µg/l festgestellt wurden. Im abstromig gelegenen Brunnen 2 wurden lediglich am Tag der Abschaltung 2µg/l LHKW nachgewiesen. Im weiteren Verlauf des Versuches lagen die LHKW-Werte in diesem Brunnen unter der Bestimmungsgrenze. Ein Abströmen der im Bereich des Sanierungsbrunnen noch nennenswerten LHKW-Belastung während des Abschaltversuches ist danach nicht eingetreten.

Im Hinblick auf die Wasserhaltung der Gasleitung wurde in einer Modellrechnung nachgewiesen, dass ein Heranziehen belasteten Grundwassers während der Dauer der Wasserhaltung nicht zu erwarten aber auch nicht gänzlich auszuschließen ist. Dies ist insbesondere für den Leitungsbereich vom Düker Augraben bis zum östlichen Bauende von Bedeutung, d. h. dem Leitungsbereich mit einem Abstand von 150m bis ~250m zum Sanierungsbrunnen des Schadensfall „Rieser“.

Am Ende der im Juni 2022 durchgeführten Pumpversuche wurden in den Messstellen BK1/GWM/22 und BK2/GWM/22 über GW-Analysen LHKW-Konzentrationen von 3µg/l (BK1/GWM/22) bzw. 5µg/l (BK2/GWM/22) festgestellt. Die Werte für BTEX lagen bei diesen Analysen unter der Nachweisgrenze (Analysenergebnisse s. Anl. 5.5). Ob die LHKW-Werte eine Grundbelastung des Grundwassers im Kinzigtal darstellen oder direkt mit den vorhandenen LHKW-Schäden zusammenhängen, ist nicht sicher zu bewerten. Zur Klärung dieses Sachverhaltes wird die Durchführung eines Pumpversuches in der Messstelle BK2/GWM/22 (wegen der Nähe zum Schadensfall „Rieser“) für die Dauer von einer Woche mit einer Pumpmenge von mind. 5m³/h und regelmäßigen Kontrolluntersuchungen auf den Parameter LHKW sowie MKW und BTEX empfohlen. Zu Beginn und Ende des Pumpversuches sind zusätzlich die Parameter gem. Grundwassersanierungs-Verwaltungsvorschrift vom 18.07.2021,

Anlage 1, Teil 1 und Teil 2 sowie die Parameter gem. Oberflächenwasserverordnung – OgewV, Anhang 7, Ziff. 1.1 zu untersuchen.

Das geförderte Wasser sollte in den Kanal eingeleitet werden, da hier deutlich höhere Einleitgrenzwerte als bei einer Direkteinleitung in den Vorfluter zulässig sind.

Auf Basis dieser Untersuchung kann entschieden werden, ob während der Bauzeit ggf. eine Grundwasserreinigung erforderlich ist. Art und Umfang für das bauzeitige Monitoring der Grundwasserqualität im Hinblick auf die LHKW-Belastung ist hierauf abzustimmen. Hierzu können die neu errichteten Messstellen BK1/GWM/22, BK2/GWM/22 sowie in Abstimmung mit der UWB weitere in der Industriestraße vorhandene Messstellen genutzt werden.

3.6 Bodenphysikalische Kennwerte

Die Bodenschichten sind in den Schichtenbildern der Anlagen-Gruppe 2 dargestellt, in nachfolgender Tabelle 1 nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / DIN 4023 benannt und nebst eigenen Ergänzungen beschrieben.

Der nachfolgende Ansatz der charakteristischen Bodenkenngrößen bildet im Sinne der DIN EN 1997-1 eine vorsichtige Schätzung des im Grenzzustand wirkenden Wertes, auf Grundlage der ausgeführten Feld- und Laboruntersuchungen, den Bodengruppen-Einstufungen nach DIN 18 196 sowie der vorhandenen Versuchserfahrung im Sinne der DIN 1 055, Teil 2.

Tabelle 1: Bodenkennwerte

| Schicht-kürzel | Schicht | Bodengruppe DIN 18196 | Bodenphysikalische Kennwerte |
|----------------|---|-----------------------|--|
| Mu | Mutterboden | OH/OU | $\gamma_k = 17 \text{ kN/m}^3$ |
| A | Auffüllung (\pm sandiger, toniger und kiesiger Schluff oder sandiger-kiesiger Feinsand oder sandig-toniger Schluff in steifer-halbfester Konsistenz) | [UL/SU/SU^/SW] | $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_k' = 9 \text{ kN/m}^3$ $c_k' = 5 \text{ kN/m}^2$ $\phi_k' = 27,5^\circ$ $E_{s,k} = 8.000 \text{ kN/m}^2$ $k_f = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ |
| U | Schluff , schwach tonig bis tonig, schwach feinsandig bis sandig, tlw. kiesig, tlw. schwach organisch oder Ton, sandig - stark sandig, schwach schluffig, schwach organisch; halbfest bis steifkonsistent (oberhalb GW), weich bis breiig (unterhalb GW) | UL/TL/SU^/TM | $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_k' = 9 \text{ kN/m}^3$ $c_k' = 10 \text{ kN/m}^2$ ¹⁾ $c_k' = 2 \text{ kN/m}^2$ ²⁾ $\phi_k' = 27,5^\circ$ $E_{s,k} = 8.000 \text{ kN/m}^2$ ¹⁾ $E_{s,k} = 2.000-4.000 \text{ kN/m}^2$ ²⁾ $k = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ |
| S | Sand , stark schluffig, tonig oder Kies, schwach schluffig, sandig oder Kies sandig tlw. tonig; locker bis mitteldicht gelagert | ST/ST^/GU/GT^/GW | $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma_k' = 10 \text{ kN/m}^3$ $c_k' = 2 \text{ kN/m}^2$ $\phi_k' = 30^\circ$ $E_{s,k} = 15.000 \text{ kN/m}^2$ $k = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ * ⁴⁾ |

| Schicht-kürzel | Schicht | Bodengruppe DIN 18196 | Bodenphysikalische Kennwerte |
|----------------|---|--------------------------|---|
| G | Kies , sandig bis stark sandig, teilweise schwach schluffig, teilweise geröllführend, locker bis dicht gelagert | GU/GW | $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_k = 10 \text{ kN/m}^3$ $\varphi'_k = 32,5^\circ$ $E_{s,k} = 35.000 \text{ kN/m}^2$ $k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ *4) |
| F | Sandstein, v'-v, sehr gering hart- gering hart *3) | - | $\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$ $\gamma'_k = 11 \text{ kN/m}^3$ $c'_k = 10 \text{ kN/m}^2$ $\varphi'_k = 35^\circ$ $E_{s,k} = 70.000 \text{ kN/m}^2$ $k = <1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ |

| | | |
|--------------|---|---|
| γ_k | = | natürliche Wichte |
| γ'_k | = | natürliche Wichte unter Auftrieb |
| c'_k | = | Kohäsion |
| φ'_k | = | Reibungswinkel |
| $E_{s,k}$ | = | Steifemodul Erstbelastung |
| k | = | Durchlässigkeitsbeiwert |
| *1) | = | oberhalb Grundwasserspiegel |
| *2) | = | unterhalb Grundwasserspiegel |
| *3) | = | Ersatz-Scherfestigkeit für die Gefüge-Festigkeit im Felsverbund (diese Gefüge-Festigkeit wird durch Materialbrücken, Strukturen, Texturen im Fels geprägt und kann mit den "klassischen" bodenmechanischen Laborversuchen nicht abgebildet werden. In erdstatischen Berechnungen werden entsprechende Ersatzkennwerte, welche aus gesicherten Erfahrungswerten abgeleitet werden, eingefügt). |
| *4) | = | im Rahmen Vorbemessung S und G gewichtet auf $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ |

3.7 Homogenbereiche gem. DIN 18300 und 18320; 18304

Gem. DIN 18300 und 18320 (für Oberboden) sowie 18304 (für Ramm- und Pressarbeiten) können unter Berücksichtigung der erforderlichen tiefbautechnischen Maßnahmen (vgl. Ziff. 4) die nachfolgenden Homogenbereiche für Erdarbeiten definiert werden (Schichtkürzel und Schichtbeschreibung s. Ziff. 3.2, Schichtverteilung gem. Anl. 2 ff):

Homogenbereich 0 = Schicht Mu
 Homogenbereich 1 = Schicht A
 Homogenbereich 2 = Schicht U
 Homogenbereich 3 = Schicht G/S

Auf die Definition eines Homogenbereiches für den Fels wird verzichtet, da der Fels im Rahmen der Baumaßnahme nicht tangiert wird.

Die Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreiten sind der Anlage 4 zu entnehmen (Hinweis: Die Kennwerte sind keine charakteristischen Bodenkenngrößen im Sinne der DIN EN 1997-1).

3.8 Wasser- und Störempfindlichkeit, Frostepfindlichkeit

Die angetroffenen bindigen bzw. bindig durchsetzten Bodenschichten (A) und (U) sind als stark wasser- und störempfindlich sowie als sehr frostepfindlich (F3, nach ZTVE-Stb 17) zu bezeichnen. Die überwiegend nichtbindigen Schichten ((S) und (G)) sind als gering bis mittel

frostempfindlich einzustufen (F1 - F2). Der Buntsandsteinfels (F) ist aufgrund seiner Tiefenlage für die Baumaßnahme nicht von Bedeutung.

3.9 Erdbebengefährdung DIN EN 1998

Das Baufeld befindet sich gem. DIN EN 1998 in der Erdbebenzone 0, wonach ein Intensitätsintervall I von 6 bis 6,5 vorliegt. Des Weiteren ist die Baugrundklasse C und die Empfohlene Untergrundklasse T zu berücksichtigen.

3.10 Organoleptik und chemisch-analytische Untersuchungen Boden und Grundwasser, Einflüsse aus der Altlast „Rieser“

Innerhalb der Auffüllschichten wurden tlw. anthropogene Bestandteile in Form von Ziegel- und Schotterresten festgestellt, wobei hinsichtlich Farbe und Geruch die Auffüllung keine Auffälligkeiten aufweist. Der gewachsene Boden zeigte sich in jeder Hinsicht organoleptisch unauffällig.

Chemisch-technische Analysen zur abfalltechnischen Einstufung wurden nicht beauftragt, sind jedoch über Rückstellproben möglich.

Im Rahmen der Baugrundbeurteilung 2015 wurden zwei Mischproben MP 1 (BS 1 bis BS 4) und MP 2 (BS5 bis BS8) entnommen und nach LAGA Boden im Feststoff und Eluat untersucht. Auf Grundlage dieser Analysen erfolgte eine Einstufung in die Zuordnungsklasse LAGA-Z0 (s. [1.1.2]).

Diese Einstufung kann dem weiteren Planungsprozess zu Grunde gelegt werden. Im Hinblick auf die Abfuhr von Aushubmassen, sowie ggf. mögliche, örtlich begrenzte erhöhte Schadstoffkonzentrationen im Boden werden für die Ausschreibung entsprechende Positionen mit höheren Zuordnungsklassen empfohlen.

Zur detaillierten Verifizierung bodenchemischer Kenndaten werden im weiteren Planungsprozess chemische Bodenanalysen an Rückstellproben gem. dem Hess. RP-Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ zuzüglich der Parameter der Deponieverordnung (DepV) durchgeführt.

Im Rahmen der durchgeführten Pumpversuche wurden aus BK1/GWM/22 und BK2/GWM/22 am Ende der Pumpphase jeweils eine Grundwasserprobe entnommen und auf die Parameter zur Bewertung nach DIN 4030 und DIN 50929-3 und zusätzlich auf die Parameter BTEX und LHKW untersucht.

Nach DIN 4030 ist die Probe BK1/GWM/22 auf Grund der Kalklösekapazität als stark angreifend (XA2) einzustufen. Das Grundwasser aus BK2/GWM/22 gilt gem. DIN 4030 als nicht angreifend.

Die Bewertung der Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe nach DIN 50929-3 für

die Korrosion im Unterwasserbereich (W_0) und an der Wasser/Luftgrenze (W_L) ergibt für BK1/GWM/22 für unlegierte Eisenverbindungen eine geringe Mulden- und Lochkorrosion und eine sehr geringe Flächenkorrosion. Für BK2/GWM/22 ist eine mittlere Mulden- und Lochkorrosion und eine geringe bis sehr geringe Flächenkorrosion anzugeben.

Die Bewertung der Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen im Unterwasserbereich (W_D) und an der Grenze Wasser/Luft (W_L) ist für BK1/GWM/22 gut bzw. nicht ausreichend und für BK2/GWM/22 sehr gut bzw. gut.

Der Parameter leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX) wurden in beiden Proben nicht nachgewiesen. Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) wurden in BK1/GWM/22 mit $3\mu\text{g/l}$ und in BK2/GWM/22 mit $6\mu\text{g/l}$ nachgewiesen. Die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen beträgt bei BK1/GWM/22 $3\mu\text{g/l}$ und bei BK2/GWM/22 $5\mu\text{g/l}$.

Die nachgewiesenen LHKW-Gehalte liegen unter den Geringfügigkeitsschwellenwerten der GWS-VwV vom 18.07.2021 (Verwaltungsvorschrift zur Erfassung, Bewertung und Sanierung von Grundwasserverunreinigungen).

Ob diese Schadstoffe auf den LHKW-Schaden Rieser zurückzuführen sind oder eine generelle Grundbelastung des Grundwassers im Kinzigtal darstellen, kann hier nicht geklärt werden (vgl. Ziff. 3.5).

3.11 Geotechnische Kategorie DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054

Entsprechend den angeführten geologischen Randbedingungen ist das Bauvorhaben in die geotechnische Kategorie 3 gem. DIN EN 1997-1 / DIN 1054 einzustufen.

4 Tiefbautechnische Beurteilung

Die geplante Leitung DN 500 von ~ 1070 m Länge soll im offenen Verfahren, d. h. möglichst mit geböschten Baugruben verlegt werden. Eine Bettung der Leitung ist bei einem Einbau von FZM-Stahlrohren (o. vgl.) nicht erforderlich. Werden Stahlrohre eingebaut ist eine Bettung notwendig. Zur Vermeidung von Dränagewirkungen in der Bettung müssen dann Dichtungsriegel aus bindigem Material (z.B. Ton) über den gesamten Leitungsquerschnitt eingebaut werden.

Die Aushubmassen sollen in den Leitungsgraben wieder eingebaut werden.

Neben der Verlegung in der „Strecke“ (Leitungslage Sohle i. M. ~ 2,2 m unter GOK) sind verschiedene Gewässer sowie die Hessenwasserleitung zu unterqueren. Diese Leitungsverlegungen „Düker“ erfolgen, aufgrund der erforderlichen Tiefenlagen im Schutz eines senkrechten Baugrubenverbaus in Form von ausgesteiften Spundwandkästen.

Gem. aktueller Planung durch die Ingenieurgesellschaft Becker und Partner GmbH [1.1.8] beginnt die Verlegung am Südwestende der Trasse und endet am Anschlußpunkt der Bestandsleitung vor der Überführung der B276 über die Kinzig. Die Trasse wurde untergliedert in Baugruben (BG 1 bis BG 19) und Strecken (LG1 bis LG18). Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Bezeichnungen der Baugruben und Strecken in Anlage 1 nicht detailliert angegeben. Hier sind nur die vom Planer angegebenen Ausführungsabschnitte von Baugrube zu Baugrube dargestellt. Im Verlauf der Trasse sind vier Dükerstrecken vorgesehen.

Sie umfassen die Unterquerung der Hessenwasserleitung DN 1200 und einer 24 kV-Stromleitung zwischen BG4 und BG5, die Querungen eines Entwässerungsgrabens (BG11-BG12), des Rudelbach (Teufelsgraben) (BG14-BG15) und des Augrabens (BG16-BG17).

Nach den ausgewiesenen Baugrundverhältnissen kommt die geplante Leitung in den Abschnitten „Strecke“ durchweg in die bindigen Schichten (Auelehm bzw. Schluff/Ton, (U)), aber auch in den linsenförmig verbreiteten Sanden (S) und bis auf kürzere Streckenbereiche (Querung Rudelbach (Teufelsgraben)) durchweg im Grundwasser bzw. im Bereich des GW-Druckspiegels zu liegen. In den Leitungsabschnitten „Düker“ (Querungen von Gewässern) liegt die Leitungssohle im Übergangsbereich von den Auelehmschichten (U, S) zu den Kiesen/Sanden der Kinzig-Terrassensedimente. Die „Düker“ liegen, bis auf die Querung Rudelbach (Teufelsgraben), deutlich unterhalb des Grundwasserspiegels bzw. Druckspiegels (je nach Jahreszeit ~ 2-3 m).

Damit sind über den gesamten Leitungsverlauf Baugrubenwasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Diese stellen, auch im Hinblick auf möglichst geringe Auswirkungen auf die Umwelt, den geotechnischen und bautechnischen Schwerpunkt dar.

Die Verlegung der Leitung kann ganzjährig erfolgen (d.h. sowohl in baulich hydrogeologisch günstigen und/oder baulich hydrogeologisch ungünstigen Jahreszeiten).

Ein weiterer geotechnisch, bautechnischer Schwerpunkt ist die Herstellung des senkrechten Baugrubenverbaus mittels Spundwänden in den Abschnitten „Düker“.

Die nachfolgende fachtechnische Beurteilung gliedert sich dementsprechend in:

Ziff. 4.1 Baugrubenwasserhaltung

Ziff. 4.2 Verlegung offene Bauweise „Strecke“

Ziff. 4.3 Verlegung offene Bauweise „Düker“.

4.1 Baugrubenwasserhaltung (BGWH)

4.1.1 Randbedingungen und allgemeine Vorgehensweise

Das Erfordernis einer Baugrubenwasserhaltung hängt von der Tiefenlage der Baugruben- und Grabensohlen in Bezug auf den Bemessungswasserstand ab. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Absenkung des GW-(Druck)Spiegels grundsätzlich bis 0,5 m unter Baugrubensohle durchzuführen ist.

Liegt die Gründungssohle/Aushubsohle der Baugruben (Düker) und Leitungsgräben (Strecke) und das o.g. Absenkziel unterhalb des festgelegten Bemessungswasserstandes oder auf Niveau des Bemessungswasserstandes und damit im Bereich des Grundwasser(druck)spiegels, so ist das Erfordernis einer Wasserhaltung in Abhängigkeit des Untergrundaufbaus gem. den nachfolgend aufgeführten Fallbeispielen BGWH 1 bis BGWH 3 gegeben. Je nach Durchlässigkeit der zu entwässernden Schicht (gut durchlässiger Sand/Kies oder gering durchlässiger Schluff) ist eine geschlossene Wasserhaltung mittels Bohrbrunnen DN 300 (Sand/Kies (S,G)) oder Spülfiltern (bindige Deckschichten (U)) durchzuführen.

Fallbeispiel BGWH 1

- die Baugruben-/Leitungsgrabensohle kommt innerhalb der bindigen Deckschichten, unterhalb des Bemessungswasserstandes des Grundwasserdruckspiegels zu liegen. Die unter der Baugrubensohle verbleibenden bindigen Deckschichten weisen eine nur geringe Mächtigkeit auf. (z.B. Baugrube Düker Hessenwasser, Ostteil Leitungsgraben BG 11 s. Anl. 2.1)
⇒ es wird eine Entspannung des Druckspiegels erforderlich, um die Auftriebssicherheit der Baugrubensohle und der eingebrachten Bauteile zu gewährleisten.

Fallbeispiel BGWH 2

- die Baugruben-/Leitungsgrabensohle befindet sich unterhalb des Bemessungswasserstandes im Bereich des GW-Leiters (Sande/Kiese), d.h. unterhalb der UK bindige Deckschichten.
⇒ es wird sowohl eine Entspannung des Druckspiegels im Bereich der bindigen Deckschichten (Gewährleistung Auftriebssicherheit) als auch eine Absenkung des entstehenden, freien Grundwasserspiegels im Bereich der in der Baugrubensohle anstehenden Sande/Kiese (Trockenhaltung der Baugrubensohle) erforderlich.
Bei dieser Absenkmaßnahme findet durch die Absenkung des GW-(Druck)-Spiegels ein

Übergang von gespanntem zu freiem GW-Spiegel statt. (z.B. Baugrube Düker Augraben in Anl. 2.2 und Düker Graben in Anl. 2.1, Leitungsgraben BG 12, s. Anl. 2.1)

Die Absenkung und Entspannung des Grundwasser(druck)spiegels ist im Fall BGWH 1 und BGWH 2 über Bohrbrunnen DN 300 durchzuführen, deren Filterstrecke in ausreichender Länge in den gut durchlässigen Grundwasserleiter (Sand/Kies) einbindet. Die erforderliche Tiefe der Brunnen und deren Anzahl ergibt sich aus der Bemessung zur BGWH der jeweiligen Baugrube und hängt maßgeblich von der Größe und Tiefenlage der Baugrube bzw. des Leitungsgrabens ab. Die Brunnen werden mit Unterwasserpumpen ausgestattet.

Die Brunnen sind im Arbeitsraum der Gräben und Baugruben anzuordnen und liegen bei den Düker-Baugruben innerhalb des vorgesehenen Spundwandverbaus (s. Systemschnitt Leitungsgraben in 2.4.2 und Baugrube in Anl. 2.4.3).

Fallbeispiel BGWH 3

- die Baugruben-/Leitungsgrabensohle kommt innerhalb der bindigen Deckschichten, unterhalb des Bemessungswasserstandes des Grundwasserdruckspiegels mit größerem Abstand zur UK der bindigen Schicht zu liegen (z.B. Baugrube Düker Rudelbach (Teufelsgraben), s. Anl. 2.2, Westteil Leitungsgraben BG 11, s. Anl.2.1).
⇒ es wird vornehmlich eine Entwässerung des überwiegend weichkonsistenten und damit wassergesättigten Schluffs erforderlich
- Die GW-Haltung ist über Absenkbrunnen in Form von Spülfiltern zur Entspannung und Absenkung des Grundwasserdruckspiegels innerhalb der bindigen Deckschichten durchzuführen (s. Systemschnitt Leitungsgraben in Anl. 2.4.1)
- Zu den Spülfilteranlagen ist festzustellen, dass es sich hierbei um die einfachste Form der Unterdruckentwässerung handelt. Voraussetzung für das Erreichen des Unterdruckes ist eine geringe Durchlässigkeit des Bodens (die Grenze liegt etwa bei einer Durchlässigkeit von $k \sim 1 \cdot 10^{-4}$ m/s) und andererseits das Vorhandensein einer gering durchlässigen Deckschicht. Die Spülfilter haben Durchmesser von ca. $D_i 0,15$ m / $D_o 0,07$ m, die an ihrem Ende einen 1-2 m langen geschlitzten Filterteil besitzen. Sie werden in den Boden eingespült und unter Schwerkraftabsenkung betrieben. Als Pumpen werden Vakuum-Pumpen verwendet, die einen dauernden Unterdruck aufrechterhalten.
- Der übliche Abstand der Spülfilter beträgt 2-4 m, bzw. wird der erforderliche Abstand im Rahmen der Bemessung der Baugrubenwasserhaltung ermittelt.

Es ist darauf hinzuweisen, dass der Betrieb der Einrichtungen zur Wasserhaltung und die Sicherstellung des Absenkzieles in den Baugrubenbereichen solange gewährleistet sein muss bis ein auftriebssicherer Bauzustand der Baugruben- und Grabensohlen und der herzustellenden Bauteile gegenüber dem Druckwasserspiegel erreicht ist.

Zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit sind somit auch nach erfolgtem Baugrubenaushub

und ggf. Teilverfüllung der Baugruben/Leitungsgräben die Wasserhaltungseinrichtungen solange weiter zu betreiben bis der auftriebssichere Zustand erreicht ist. Der Zeitpunkt des auftriebssicheren Bauzustandes wird vom Fachplaner festgelegt.

Da bei dem Bauablauf grundsätzlich die Vorlaufzeit der Wasserhaltung bis zum Erreichen des Absenkzieles zu beachten ist, muss mit der Wasserhaltung vor Beginn der Aushubarbeiten begonnen werden, so dass bei Erreichen der Höhenniveaus der Gründungssohlen eine ausreichende Absenkung bzw. Entspannung erfolgt ist.

Zur Ableitung von Tagwasser und Schichtwässern werden ggf. ergänzende Baugrubenwasserhaltungsmaßnahmen in Form einer offenen Wasserhaltung erforderlich (s. auch Ziff. 4.2, 4.3).

Bei Erfordernis werden Pumpensümpfe aus gelochten Beton-Schachtringen und Längsdränagen in bauzeitigen Tiefpunkten der Baugruben und Leitungsgräben gesetzt.

Die Pumpensümpfe werden mit Schmutzwasserpumpen bestückt, über die das Tag- und Schichtwasser einem 3-Kammer-Absetzbecken (vgl. Abschnitt 4.1.3) zugeleitet wird.

4.1.2 Vorbemessung

Zur Abschätzung der anfallenden Wassermengen wurde eine Vorbemessung der Baugrubenwasserhaltung unter Berücksichtigung der o.g. Fallbeispiele BGWH 1 bis BGWH 3 durchgeführt.

Die Vorbemessung der GW-Absenkung mittels Bohrbrunnen erfolgte mit der Software BGE Baugruben-Entwässerung, Vers. 2.7, die Vorbemessung der GW-Absenkung über Spülfilter wurde mit der Software Pro Aqua Vers. 3.5.1 ausgeführt.

Es wurden unter Berücksichtigung der Untergrundsituation exemplarisch folgende Berechnungen zur Vorbemessung der Baugrubenwasserhaltung durchgeführt:

- a) Bemessung Dükerbaugrube Hessenwasser, BGWH mit Brunnen innerhalb Spundwandverbau, Fall BGWH 1 (Anl. 6.2.1)
- b) Bemessung Dükerbaugrube Aufragen, BGWH mit Brunnen innerhalb Spundwandverbau, Fall BGWH 2 (Anl. 6.2.2)
- c) Bemessung Leitungsgraben 10m-Abschnitt; Sohle im Sand/Kies, BGWH mit Brunnen, Fall BGWH 2 (Anl. 6.2.3)
- d) Bemessung Leitungsgraben 30m-Abschnitt; Sohle im Sand/Kies, BGWH mit Brunnen, Fall BGWH 2 (Anl. 6.2.4)
- e) Bemessung Leitungsgraben 10m-Abschnitt; Sohle im Sand/Kies, BGWH mit Spülfiltern, Fall BGWH 3 (Anl. 6.2.5)

Die Bemessung der Baugrubenwasserhaltung erfolgt auf Basis folgender Berechnungsgrundlagen:

- Abmessungen von Baugruben und Leitungsgräben sowie Tiefenlagen der Sohlen gem. Angabe Planer [1.1.8]
- Absenkung des Grundwasserspiegels auf 0,5 m unter Baugrubensohle
- bauzeitiger Bemessungswasserstand NN+ 137,80 m (=Ruhespiegel)
- der Durchlässigkeitsbeiwert für die Gesamtheit der Sande und Kiese wird mit 1,2 E-4 m/s angesetzt
- der Durchlässigkeitsbeiwert für den Schluff wird auf der sicheren Seite liegend mit 2,5 E-5 m/s angesetzt
- die UK Aquifer wird unter Berücksichtigung der durchgeführten Kernbohrungen BK 1 bis BK 3 auf NN + 127,50 m im Osten und NN +129,10 m im Westen festgelegt.
- OK Aquifer (=UK bindige Deckschichten) zwischen NN + 134,60 m und NN +137,50m
- Einbindetiefen der Spundwand der Dükerbaugruben NN + 133 m (Augruben) bzw. NN + 132,50 m (Hessenwasser)

Eine Berechnung der Baugrubenwasserhaltung für Baugruben großer Längen und geringer Breiten (Δ Leitungsgräben) ist aus technisch-mathematischen Gründen nicht möglich (Grundgleichung verliert bei Überschreitung eines bestimmten Verhältnisses von Länge und Breite ihre Gültigkeit). Die Vorbemessung für die bis zu 238 m langen Leitungsgräben (Streckenbauwerk) wurde daher hilfsweise über Streckenabschnitte mit einer Länge von 10 m und 30 m durchgeführt.

Die Ergebnisse der Berechnungen werden nachfolgend zusammenfassend dargestellt und ergeben sich im Detail aus den Anlagen 6.2.ff.

- a) und b) Dükerbaugruben Hessenwasser und Augruben, Brunnen (Anl. 6.2.1 und 6.2.2)
Zur Trockenhaltung der Baugruben werden drei 6 m tiefe Brunnen im Bereich der Baugrube Hessenwasser (Sohle im Schluff) und fünf 7,5 m tiefe Brunnen im Bereich der Baugrube Augruben (Sohle im Sand/Kies) erforderlich (Tiefe ab GOK).
Es ist eine Absenkung des Grundwasser(druck)spiegels um 2,95 m (Hessenwasser) bzw. 3,05 m (Augruben) vorzunehmen.
Die Förderrate reduziert sich aufgrund der in den Untergrund eingebrachten Spundwand um 19 % bzw. 16 %.
Für die Baugrube Hessenwasser ist mit einer Förderrate von 4,9 m³/h zu rechnen, während für die Baugrube Augruben eine Förderrate von 14,8 m³/h ermittelt wurde.
Die Reichweite des Absenktrichters ergibt sich ohne Berücksichtigung der Spundwand mit 100 m. Aufgrund des vorgesehenen Spundwandverbaus ist allerdings von einer geringeren Reichweite auszugehen.
- c) und d) Leitungsgraben 10m-Abschnitt und 30 m Abschnitt, Brunnen (Anl. 6.2.3 und 6.2.4)
Für einen 10 m langen Abschnitt des 1,6 m breiten Leitungsgrabens wird es zur Trockenhaltung der Grabensohle erforderlich, vier Brunnen mit einer Tiefe von rd. 4

m (ab GOK) herzustellen. Für den 10 m-Abschnitt errechnet sich eine Förderrate von 3,8 m³/h. Es wird ein Absenktrichter mit einer Reichweite von rd. 40 m erzeugt. Da ein „Hochrechnen“ des 10 m-Abschnittes auf große Längen zu hohen theoretischen Fördermengen führt, weil eine Überlagerung der Absenktrichter hierbei nicht berücksichtigt wird, wurde ergänzend eine Bemessung eines 30 m Abschnittes durchgeführt.

Wie sich aus der Anlage 6.2.4 ergibt, werden für die Trockenhaltung eines 30 m - Abschnittes insgesamt 7 Brunnen erforderlich. Aufgrund der Überlagerung der Absenktrichter der Einzelbrunnen liegt die Förderrate bei rd. 6 m³/h und damit nur um 50% höher als beim 10 m Abschnitt. Die Reichweite des Absenktrichters liegt auch hier bei 40 m

Gegenüber einer theoretischen Ermittlung auf Basis des 10-m Abschnittes über den Faktor 3 (dreifache Menge), welche bei 30 m Länge zu einer Fördermenge von 11,4 m³/h führen würde, beträgt die Fördermenge für den 30 m-Abschnitt tatsächlich nur rd. die Hälfte hiervon.

e) Leitungsgaben 10m-Abschnitt, Spülfilter (Anl. 6.2.5)

Die Wasserhaltung mit Spülfiltern innerhalb der bindigen Deckschichten erfordert gem. der Vorbemessung die Installation von 12 Spülfiltern (Tiefe Filter 1,5 m u. Sohle) umlaufend in einem Abstand von rd. 1 m zur Baugrube. Der mittlere Abstand der Filter zueinander beträgt rd. 2,5 m. Bei einer Förderrate von 1,3 m³/h wird ein Absenktrichter mit einer Reichweite von rd. 12 m erzeugt.

Die Ergebnisse dieser Berechnungen dienen als Grundlage für eine überschlägige Ermittlung der Gesamtfördermenge der gesamten Baumaßnahme. Die einzelnen Bauabschnitte der Baugruben und Leitungsgaben BG 1 bis BG 19 werden hierzu entsprechend der erkundeten Untergrundsituation den oben angeführten Fallbeispielen zugeordnet, aus denen sich die Art der durchzuführenden Wasserhaltung in den jeweiligen Geländebereichen (Brunnen oder Spülfilter, vgl. auch Anl. 2.1 und 2.2) ergibt. Gleichmaßen werden den einzelnen Bauabschnitten Förderraten entsprechend den für die o.g. Baugruben und Leitungsgabenabschnitten exemplarisch ermittelten Förderraten zugrunde gelegt. Es erfolgt in diesem Rahmen somit keine detaillierte Betrachtung der in den einzelnen Bauabschnitten tatsächlich erforderlichen Absenkbeträge.

Auf Grundlage der Berechnungen in Anl. 6.2ff und den Ausführungszeiten der einzelnen Bauabschnitte Strecken/Düker (gem. Angabe Planer [1.1.8]) erfolgt in der nachfolgenden Tabelle 2 eine Vorbemessung der Gesamtfördermenge (vgl. Tabelle 2).

Die zugrunde gelegten Ausführungszeiten (Tabelle 2, Spalte K) ergeben in Kombination mit der Fördermenge und dem Längenfaktor (Tabelle 2, Spalte I und J) die bautechnisch optimale (lange Verlegeabschnitte) aber wasserhaltungstechnisch ungünstigste und damit max.

mögliche Gesamtfördermenge (Tabelle 2, Spalte L). Im Rahmen der weiteren Planung bzw. des Antrages zur Baugrubenwasserhaltung erfolgt dann eine ggf. mögliche Optimierung.

| Ifd. Nr. Ausführungs-Abschnitt | Bauweise: S=Strecke D=Düker | von BG/ Aufschluß | bis BG/ Aufschluß | zu querendes Element in der Bauweise Düker | Länge [m] | Anzahl Brunnen/ Spülfilter | k-Wert [m/s] | Q _{max} [m³/h] für 10m bzw. 30 m Grabenabschnitt oder Baugrube | Faktor Länge | Dauer BGWH [Tage] | Gesamt-fördermenge im Ausf.-abschnitt Q _{ges} [m³] | Anlagen-Nr. Bemessung |
|---|-----------------------------|-------------------|-------------------|--|-----------|---|--------------|---|--------------|-------------------|---|-----------------------|
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M |
| 1 | S | BG1 | BG2 | | 15 | 17 | 2,50E-05 | 1,3 | 1,5 | 21 | 983 | Anl. 6.2.4 |
| 2 | S | BG2 | BG4 | | 22 | 24 | 2,50E-05 | 1,3 | 2,2 | 18 | 1.236 | Anl. 6.2.4 |
| 3 | D | BG4 | BG5 | Hessenwasserltg. + Stromltg.* | 20 | 3 | 1,20E-04 | 4,9 | 1 | 18 | 2.117 | Anl. 6.2.1 |
| 4 | S | BG5 | KRB2(+18m) | | 85 | 87 | 2,50E-05 | 1,3 | 8,5 | 49 | 12.995 | Anl. 6.2.4 |
| 4 | S | KRB2(+18m) | BG11 | | 238 | 56 | 1,20E-04 | 6,1 | 8 | 49 | 57.389 | Anl. 6.2.5 |
| 5 | D | BG11 | BG12 | Graben* | 19 | 7 | 1,20E-04 | 14,8 | 1 | 18 | 6.394 | Anl. 6.2.2 |
| 6 | S | BG12 | KRB7 (-15m) | | 220 | 52 | 1,20E-04 | 6,1 | 7,3 | 45 | 48.092 | Anl. 6.2.5 |
| 6 | S | KRB7 (-15m) | BG14 | | 82 | 84 | 2,50E-05 | 1,3 | 8,2 | 45 | 11.513 | Anl. 6.2.4 |
| 7 | S | BG14 | BG15 | Rudelbach** | 27 | 29 | 2,50E-05 | 1,3 | 2,7 | 18 | 1.516 | Anl. 6.2.4 |
| 8 | S | BG15 | BG16 | | 135 | 137 | 2,50E-05 | 1,3 | 13,5 | 21 | 8.845 | Anl. 6.2.4 |
| 9 | D | BG16 | BG17 | Augraben* | 32 | 5 | 1,20E-04 | 14,8 | 1 | 18 | 6.394 | Anl. 6.2.3 |
| 10 | S | BG17 | KBR9 (+22m) | | 60 | 62 | 2,50E-05 | 1,3 | 6 | 28 | 5.242 | Anl. 6.2.4 |
| 11 | S | KBR9 (+22m) | BG19 | | 115 | 36 | 1,20E-04 | 3,8 | 11,5 | 28 | 29.366 | Anl. 6.2.3 |
| Gesamtlänge (m): | | | | | 1070 | 440 ges. Anzahl Spülfilter (SF) | | | | | 192.081 | |
| | | | | | | 159 ges. Anzahl Brunnen (Br) | | | | | | |
| Legende / Erläuterungen | | | | | | | | | | | | |
| * = Baugrube (BG) mit Spundwandverbau | | | | | | Berechnung mit Grabenabschnitt 10 m Länge | | | | | | |
| ** = BG mit Spundwandverbau, vorerst über Strecke gerechnet | | | | | | Berechnung mit Grabenabschnitt 30 m Länge | | | | | | |
| Spalte I: Fördermengen gem. Berechnungen Anl. 6.2.1ff auf Grundlage Fallbeispiele | | | | | | | | | | | | |
| Spalte J: Faktor Länge je nach Grabenabschnitt Sp. F / 10 oder Sp. F / 30 oder Faktor = 1 -> direkte Berechnung gem. Anl. 6.2.1ff | | | | | | | | | | | | |
| Spalte K: Dauer gem. Angabe Planer, es wird eine bautechnisch günstige, wasserhaltungstechnisch ungünstige Kombination (lange Förderzeiten) betrachtet, Optimierung im Rahmen wasserrechtl. Anträge | | | | | | | | | | | | |
| Spalte L: Gesamtfördermenge = K * J * I | | | | | | | | | | | | |
| \\srv-file-01\ETN_Projekte\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Geotechnische Berechnungen\Wasserhaltung\Vorbemessung Wasserhaltung.xlsx\Tabelle1 | | | | | | | | | | | | |

Tabelle 2: Vorbemessung Grundwasserentnahmemenge für die Baugrubenwasserhaltung im Zeitraum einer bautechnisch hydrogeologisch günstigen Jahreszeit

Die überschlägige Berechnung ergibt im Zeitraum einer bautechnisch hydrogeologisch günstigen Jahreszeit eine Gesamtfördermenge von rd. 192.000 m³.

Bei einer Bauausführung in einer bautechnisch hydrogeologisch ungünstigen Jahreszeit ist mit erhöhten Fördermengen zu rechnen. Dazu wurden folgende Faktoren gewählt:

- Strecke Leitungsgraben, Wasserhaltung in geringer durchlässigem Schluff (Tabelle 2, Zeilen 1,2,4,6,7,8,10) Faktor + 20%
- Strecke Leitungsgraben, Wasserhaltung in Sanden (Tabelle 2, Zeilen 4,6,11) Faktor + 30 %
- Düker, Wasserhaltung in Kiesen/Sanden (Tabelle 2, Zeilen 3,5,9) Faktor + 50 %.

Die Berechnung ergibt im Zeitraum einer bautechnisch hydrogeologisch ungünstigen Jahreszeit eine Gesamtfördermenge von ~249.000 m³ (Hinweis: ggf. vorhandene „Überlappungen“ mit einer bautechnisch hydrogeologisch günstigen Jahreszeit sowie weitere o. a. Optimierungen werden hier nicht beachtet). Bezogen auf die geplante Bauzeit von 6 Monaten (~180 Tage) ist somit von einer mittleren Einleitmenge von 1.383m³/Tag (= 57,6 m³/h = ~16 l/s) zu rechnen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer detaillierten Berechnung unter Berücksichtigung der tatsächlichen Absenkungsbeträge in den einzelnen

Berechnungsabschnitten und weiterer Parameter (Bauzeit etc.) eine Reduzierung der Pumpmengen erreicht wird (im Rahmen der weiteren fachtechnischen Planung bzgl. Genehmigungen zu ermitteln).

Der Fördermenge aus der Baugrubenwasserhaltung ist das den Baugruben zutretende und ebenfalls abzupumpende Tagwasser hinzuzurechnen, wobei diese Wassermengen gegenüber den Fördermengen aus der Baugrubenwasserhaltung deutlich geringer sind.

4.1.3 Ableitung des geförderten Wassers

Alle im Rahmen der Baugrubenwasserhaltung geförderten Wasser (Grund-, Schicht- und Tagwasser) sind über Sammelleitungen (Schlauch- oder PVC-Leitungen, je nach Planung der ausführenden Firma) zu fassen und dem Vorfluter Augraben oder dem städtischen Kanal zuzuführen (primär Vorfluter, ggf. Kanal bei erhöhten Schadstoffgehalten – ist noch abschließend zu untersuchen). Die hydraulische Leistungsfähigkeit dieses Vorfluters muss im weiteren Planungsverlauf nachgewiesen werden. Im bisherigen Verlauf des Planfeststellungsverfahrens wird eine Einleitmenge von 30l/s (= 108m³/Stunde) als unkritisch angesehen (Stellungnahme EW GU T003 zum Planfeststellungsverfahren, UWB MKK). Diese Menge wird nach der hier erfolgten Vorbemessung auch für ungünstige bautechnisch-hydrogeologische Bedingungen voraussichtlich nicht überschritten (s. o.).

Zur mechanischen Entfernung von ungelösten Schwebstoffen ist das abgepumpte Wasser vor Einleitung in den Vorfluter grundsätzlich zunächst über ein ausreichend dimensioniertes, 3-kammeriges Absetzbecken zu führen.

Vor der Übergabe des geförderten Wassers an den Vorfluter ist am Ablauf des Absetzbeckens eine Wasseruhr zur Kontrolle und Dokumentation der abgegebenen Gesamtwassermenge vorzuschalten.

4.1.4 Einfluss auf Nachbargrundstücke und -gebäude, umwelttechnische Auswirkungen

Die Ermittlung der Reichweite des Absenktrichters nach SICHARDT erfolgt im Zuge der Berechnungen der Fördermengen (s. Anlage 6.2ff).

Entsprechend der hydrogeologischen Verhältnisse (gespannte/teilgespannte GW-Verhältnisse) ist grundsätzlich eine geringe Reichweite der Absenktrichter zu erwarten.

Im Bereich der flacheren Leitungsgräben beträgt die Ausdehnung der Absenktrichter zwischen rd. 10 m und rd. 20 m.

Bei den größeren und tieferen Baugruben (Düker) mit einer Absenkung von bis zu 3 m liegt die berechnete Reichweite der Absenktrichter bei rd. 100 m.

Je nach Dauer der Baugrubenwasserhaltung in den jeweiligen Leitungsverlegeabschnitten ist eine deutlich geringere Ausdehnung der Absenktrichter zu erwarten.

Nördlich der geplanten Baumaßnahme befinden sich in einer Entfernung von rd. 50 – 90 m diverse Gebäude. Südlich der Baumaßnahme befindet sich, im Osten unmittelbar benachbart, der Augraben, die Kinzig und die Kinzigau.

Aufgrund des parabelförmigen Verlaufs des Absenktrichters wird die Absenkung im Bereich der Nachbargrundstücke \pm im Spiegelniveau des Druckspiegels bzw. etwas unterhalb liegen.

Aus geotechnischer Sicht sind daher keine negativen Auswirkungen auf die Nachbargebäude (= keine Einwirkungen auf die Gebäude infolge Grundwasserabsenkung) zu erwarten. Unabhängig davon wird eine einfache Beweissicherung des baulichen Zustandes dieser Gebäude empfohlen.

Auch für den Bereich der Kinzigau sind aus dem vorgenannten Grund keine negativen Auswirkungen zu erwarten.

Die umwelttechnischen Auswirkungen werden detaillierter im Rahmen des Fachbeitrags zur Wasserrahmenrichtlinie betrachtet.

4.1.5 Behördliche Genehmigungen

Für die Entnahme von Grundwasser ist gemäß § 8 und § 9 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

Hierfür ist bei der zuständigen Behörde (untere Wasserbehörde) ein entsprechender Genehmigungsantrag zu stellen. Im Rahmen des wasserrechtlichen Antrages sind neben einem Erläuterungsbericht zum geplanten Bauvorhaben genauere Berechnungen zu den erwarteten Entnahmemengen vorzulegen.

Von der Behörde wird in der Regel im Rahmen der Genehmigung ein Grundwassermonitoring gefordert, um die Auswirkungen der Baugrubenwasserhaltung zu überwachen und zu dokumentieren. Vorschläge zum GW-Monitoring können bereits mit dem wasserrechtlichen Antrag durch den Antragsteller vorgelegt werden.

Eine Einleitung des abgepumpten Grundwassers in die Kinzig ist ebenfalls genehmigungsbedürftig. Der Antrag hierzu kann zusammen mit dem wasserrechtlichen Antrag zur Baugrubenwasserhaltung erfolgen.

Sofern eine Einleitung des abgepumpten Grundwassers in die städtische Kanalisation durchgeführt werden soll, ist bei der Stadt/Gemeinde eine entsprechende Erlaubnis zu beantragen.

4.2 Verlegung der Leitungen in offener Bauweise – „Strecke“ (s. Systemschnitt Anl. 2.4.1, 2.4.2)

Das Merkblatt 2.130 der terraneTS bw (Spezifikation für Aushub und Verfüllen) ist grundsätzlich zu beachten.

Nach dem Abschieben und seitlichen Lagern der Oberbodenschichten (Merkblatt 2.120 Oberbodenarbeiten, terraneTS bw ist zu beachten) sowie Herstellung von Baustraßen (s. Ziff. 4.4) sind die Baugrubenwasserhaltungen zu installieren und zu betreiben. Eine ausreichende Vorlaufzeit für die Absenkung, insbesondere in den bindigen Schichten (U) ist vor Öffnen der Baugruben einzuplanen (Brunnen ca. 2-3 Tage, Spülfilter ca. 3-5 Tage).

Nach der Grundwasserabsenkung kann der Leitungsgrabenaushub in offener Bauweise mit geböschten Baugrubenwänden erfolgen (s. Systemschnitte Anl. 2.4.1 und 2.4.2).

Der endgültige Böschungswinkel hängt von folgenden Faktoren ab:

- aktueller Grundwasserstand bei Bauausführung
- Grad der Entwässerung in den wasserführenden, zu entwässernden Bodenschichten (sog. Porenwasserdruck)
- Bodenart und Bodenzustand
- Zeitpunkt der Bauausführung (bautechnisch hydrogeologisch günstig/ungünstig)

Generell ist ein Böschungswinkel von 60° Böschungsneigung anzustreben. Flachere Böschungswinkel von ~ 45° können erforderlich werden.

Bei längeren Standzeiten werden Folien- oder Vliesabdeckungen zur Erosionssicherung in den bindigen Deckschichten empfohlen.

Trotz Grundwasserabsenkung kann es infolge Porenwasserdruck in den bindigen Schichten zu lokalen Böschungsabbrüchen kommen. Diese gefährden nicht die Standsicherheit des Gesamtgrabens (sog. „Hautrutschungen“). Die Bruchmassen sind abzutragen und es ist grobkörniges Stützmaterial (gebrochenes Material Körnung ~ 50/200 mm) in der Böschungswand einzubauen (geschätzt für ca. 400 m² Böschungsfläche auf i. M. 0,5 m Böschungstiefe).

Alternative Grabensicherungen mit Verbautafeln oder einem senkrechten Verbau (z. B. Kanaldielen) sind möglich.

Die Leitungsgrabensohle ist schonend mit einem Baggerlöffel ohne Zahnbesatz freizulegen. Eine Nachverdichtung ist aufgrund der zu erwartenden steif- bis weichen Konsistenzen in den Auelehmen (U), Sanden (S) nicht möglich.

FZM-Stahlrohre können direkt auf das Planum verlegt werden. Bei Stahlrohren ist eine 20 cm Bettung und Überschüttung/Umhüllung der Rohre bis 10 cm über Scheitel aus Sand erforderlich (Rundkorn 2 mm gem. terraneTS bw Merkblatt). Zur Vermeidung von Dränwirkungen in der Bettung/Umhüllung sind alle 75-100 m Dichtungsriegel aus bindigem Material (z.B. Schluff/Ton, Durchlässigkeit $k < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s), auch im Bettungsbereich/Umhüllungsbereich, d.h. über den gesamten Grabenquerschnitt einzubauen (Länge Riegel ca. 2-3 m).

Bei weich- bis breiigen Konsistenzen sowie bei örtlich anfallendem Rest-Grundwasser sind temporäre Längsdränagen (Filtermaterialschüttung / mit Pumpensümpfen) zu verlegen und zu betreiben. Dafür sollten ca. 600-800 lfdm. Länge kalkuliert werden.

In der Baugrubensohle kann ein örtlicher Bodenaustausch von weich-breiiigen Material gegen Grobmaterial (Körnung 0 bis ~ 75 mm) in ~ 0,2 m Dicke erforderlich werden (für ca. 200 m Leitungsrabenlänge einkalkuliert). Auf das Grobmaterial ist eine dünne Sandabdeckung als Ausgleichsschicht aufzulegen.

Die Aushubmaterialien können grundsätzlich wieder eingebaut werden. Dazu sind diese in Halden zwischen zu lagern (Schutz vor Durchnässung infolge von Niederschlägen).

Insbesondere die Auelehme (U) werden Wassergehalte, welche über den optimalen Einbauwassergehalten liegen, aufweisen. Vor dem Einbau wird eine Wassergehaltsreduzierung über eine Bodenbehandlung mit Bindemitteln gem. ZTVE-StB Ziff. 12 vorgeschlagen. Als Zugabe ist Baukalk mit vorerst mind. 4% Zugabemenge einzuplanen (bei einer Dichte von ~ 17 kN/m³ sind ca. 70 kg/m³ Kalk einzuplanen). Für überschlägige Mengenermittlungen sollte von min. 75% der Aushubböden unter dem Bemessungswasserstand GW-Bau auf NN+ 137,8 m ausgegangen werden.

Eine vorlaufende Eignungsuntersuchung, insbesondere zur Festlegung der endgültigen Zugabemengen, wird empfohlen.

Um einen Einbau der Unterboden- und Oberbodenschichten gem. terraneTS bw – Merkblatt 2.120 zu gewährleisten, sollten die kalkkonditionierten Böden nur bis ~ 50 cm unter die geplante Geländeoberkante eingebaut werden.

Bezüglich der Qualitätssicherung der Einbauqualität ist das terraneTS bw Merkblatt 2.130 zu beachten. Die vorhandene Lagerungsdichte konnte an U-Proben aus den Maschinenkernbohrungen ermittelt werden (s. Anl. 3,6/3,7) und liegt auch gem. Tabelle 1, Ziff. 3.6 in den Schluffen (U) bei $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$ und in den Sanden (S) bei $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$. Gemäß Merkblatt ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \sim 100 \%$ erforderlich. Der Umfang an Verdichtungsnachweisen ergibt sich aus o. a. Merkblatt.

Im Rahmen der weiteren Planung müssen neben detaillierteren Wasserhaltungsbemessungen auch die bauzeitigen Auftriebssicherheiten für die Leitungsrabensohle (hydraulischer Grundbruch) nachgewiesen werden.

Das Erfordernis von Auftriebssicherheiten der Leitungen sind planerischerseits, auf Grundlage der angegebenen Bemessungswasserstände, zu prüfen / festzulegen.

Auf das ggf. Erfordernis von Flutungen der Leitungsbaugruben infolge von Hochwässern der Vorfluter, wird hingewiesen (Aufstellung Hochwasserschutzkonzept).

4.3 Verlegung der Leitung in offener Bauweise – „Düker“

(s. Systemschnitt Anl. 2.4.3)

Vorhandene Gewässer werden bauzeitig mittels überfahrbaren Rohren/Verdolung (Beton- oder Stahlrohre) über den Baugrubenverbau (Spundwand) geführt. Alternativ kann ein Umpumpen oder die Umleitung über einen Bypass erfolgen. Die hydraulischen Kenndaten der Vorfluter, insbesondere im jahreszeitlichen Wechsel, sind noch nicht bekannt.

Nach Abtrag des Mutterbodens und Herstellung der Baustraße (s. Ziff. 4.4) sind Spundwände als senkrechter Grabenverbau einzurammen. In den dichten bis sehr dichten Kiesen (G, mit Steinen, Blöcken) der Kinzig-Terrassen, werden Auflockerungsbohrungen erforderlich. Eine mind. obere Aussteifung wird notwendig (zulässige Kopfverformungen sind noch planerisch abzustimmen).

Für die Grundwasserhaltung sind innerhalb der Spundwandbaugrube die Pumpbrunnen herzustellen.

Nachfolgend ist die Baugrubenwasserhaltung in Betrieb zu nehmen und es kann der Aushub bis zur Grabensohle vorgenommen werden. Bzgl. Stabilisierung der Baugrubensohle, Verwertung Aushubmaterial, Entwurfsplanung Wasserhaltung, Hochwasserschutzkonzept ist analog Ziff. 4.1 zu verfahren.

4.4 Baustraßen und Verkehrswege

Die Baustraßen liegen in den Auelehmschichten (U), örtlich in Auffüllschichten (A). Diese Schichten sind für den Baustellenverkehr nicht ausreichend tragfähig.

Vor dem Hintergrund der Baustellenlage im Überschwemmungsgebiet wird der Einbau von natürlich gebrochenem Schottermaterial nicht empfohlen (Abtrag und Verlagerung bei Hochwasserereignissen).

Entsprechend sind Baggermatratzen aus Stahl zu verlegen.

Für den Aufbau von öffentlichen Verkehrsflächen (nur sehr untergeordnet zu erwarten), sind die Anforderungen im Merkblatt terraneTS bw 2.132 (Spezifikation Aushub und Verfüllen in Straßen und Wegen) sowie den mitgeltenden Regelwerken RSTO12 sowie ZTVE-StB zu beachten.

Die Wiederherstellung vorhandener Wege muss sich an o. a. Merkblatt bzw. am mitgeltenden DWA-Arbeitsblatt A 904-1 (Richtlinien für den ländlichen Wegebau) orientieren.

4.5 Einwirkungen auf Nachbarbauwerke, Rückbau Baugrubenwasserhaltungen, Grundwassermessstellen, Beweissicherung

Die Einwirkungen der Baugrubenwasserhaltungen auf benachbarte Bauwerke sind unter Ziff. 4.1 beschrieben. Danach sind keine setzungsrelevanten Einwirkungen zu erwarten. Eine einfache Beweissicherung (immer von außen, teilweise von innen) wird empfohlen.

Der Leitungsgraben in der „Strecke“ und „Düker“ hat keine Auswirkungen auf Nachbarbauwerke. Einwirkungen auf die benachbarte Hessenwasserleitung sind mit Hessenwasser abzustimmen.

Alle Einrichtungen der Baugrubenwasserhaltung (Brunnen, Spülfilter) müssen komplett zurückgebaut werden.

Die Grundwassermeßstellen BK1 und BK2 sind ebenso wie die Entnahmebrunnen nach Abschluss der Bauarbeiten qualifiziert zurückzubauen.

4.6 weitere Geotechnische Bearbeitung

Folgende fachtechnische Bearbeitungen werden empfohlen:

- Einbau von Datenloggern in die vorhandenen 2 Grundwassermessstellen, permanente Beobachtung/Aufzeichnung des Grundwasserstandes; Einholung Pegelmeßdaten der Kinzig, ca. 6 Monate vor Baubeginn Auswertung/Bewertung der Beobachtungen
- Durchführung Dauerpumpversuche in den zwei Grundwassermessstellen bzgl. Schadstofftransporten im Grundwasser-, Erfordernis von Grundwasserreinigungsanlagen (Durchführung entsprechender chemischer GW-Analysen)²
- Detailbemessungen Grundwasserhaltung (Entwurfs-, Genehmigungsplanung) für Erlaubnisbeanträge
- Einfache Beweissicherung Nachbargebäude
- Aufstellung Hochwasserschutz-Alarmplan (muss durch den späteren AN aktualisiert/detailliert werden)
- Eignungsprüfung Bodenbehandlung mit Kalk für Wiedereinbau der Aushubböden
- chemische Analysen an Böden (LAGA + DepV) aus den Aufschlüssen 2022 und aus Verkehrsflächenaufbauten („Gelände Weißgerber, ~westl. Leitungsende“)
- Entwurfsbemessung Baugrubenverbau Spundwand
- Nachweise Auftriebsicherheit / Auftriebssicherungen gem. terraneis bw Merkblatt
- ergänzende Bestandsvermessungen (Stand siehe Anl. 1) , insbesondere Angaben (für hydraulische Nachweise) aber auch Vermessung Kinzigsohle (Hinweis: aufgrund der sommerlich dichten Vegetation erst im Herbst/Winter 22 möglich)

² im Einflußbereich des Bauvorhaben liegen zwei räumlich voneinander entfernte Schadensfälle

5 Schlussbemerkungen

Entsprechend den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Baugrund und Bauwerk ist dieser Geotechnische Bericht nur in seiner Gesamtheit verbindlich.

Änderungen in den Bearbeitungsunterlagen und von diesem Geotechnischem Bericht abweichende Planungen und Bauausführungen bedürfen deshalb stets der Überprüfung und schriftlichen Zustimmung des Gutachters.

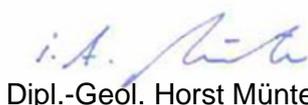
Eine fachtechnische Begleitung der Planung und der Bauausführung wird empfohlen.

Gutachter:

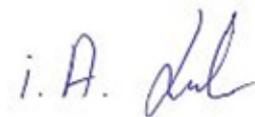


Dipl.-Ing. Uwe Heinze

Sachbearbeiter:



Dipl.-Geol. Horst Münter



Dipl.-Geol. Christiane Luh

Verteiler:

Auftraggeber: terrane**t**s bw GmbH; Frau Dickfeld, Theodor-Stern-Kai 1; 60596
Frankfurt am Main; e.dickfeld@terrane**t**s-bw.de
Planungsbüro: Ingenieurbüro Becker & Partner, Herr Andreas Leibold,
Schwedenring 10a, 60628 Bad Soden-Salmünster;
a.leibold@ib-becker-partner.de

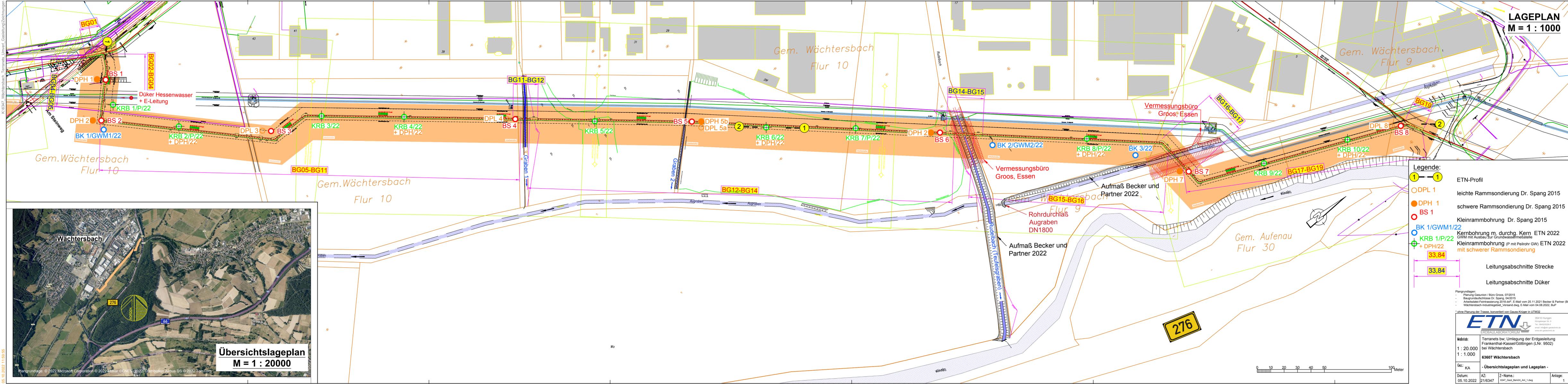
Digital per E-Mail:

Per Post:

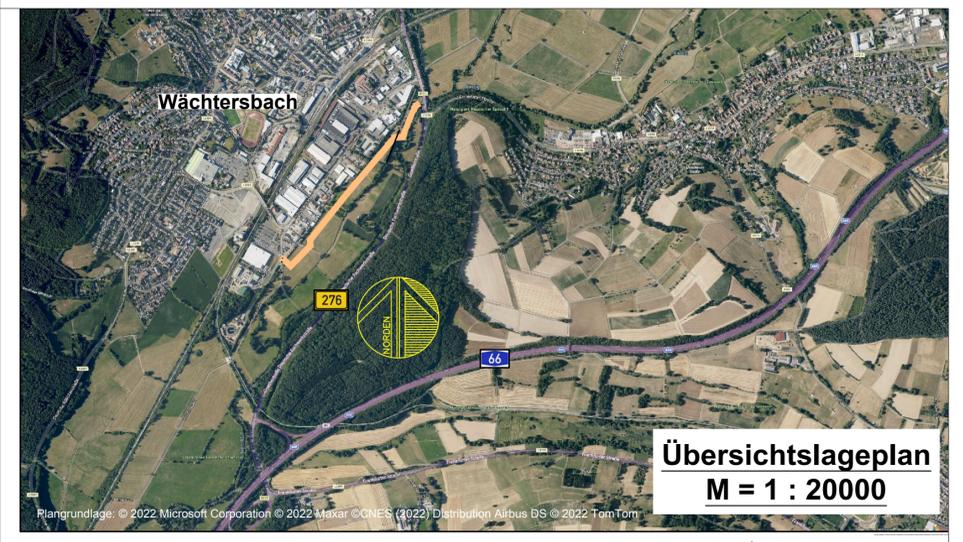
x

x

Datei-Id.: \\K:\6347_Wächtersbach_Terrane**t**s_Umverl_Gasleitung\Texte\6347_Geot-Bericht_!Text_Rev01.docx



LAGEPLAN
M = 1 : 1000



Übersichtslageplan
M = 1 : 20000

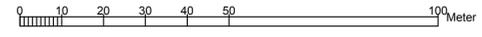
- Legende:**
- ① — ① ETN-Profil
 - DPL 1 leichte Rammsondierung Dr. Spang 2015
 - DPH 1 schwere Rammsondierung Dr. Spang 2015
 - BS 1 Kleinrammbohrung Dr. Spang 2015
 - BK 1/GWM1/22 Kernbohrung m. durchg. Kern ETN 2022
GWM mit Ausbau zur Grundwasserermittelle
 - KRB 1/P/22 Kleinrammbohrung (P mit Peilrohr GW) ETN 2022
mit schwerer Rammsondierung
 - + DPH/22

- 33,84 Leitungsabschnitte Strecke
- 33,84 Leitungsabschnitte Düker

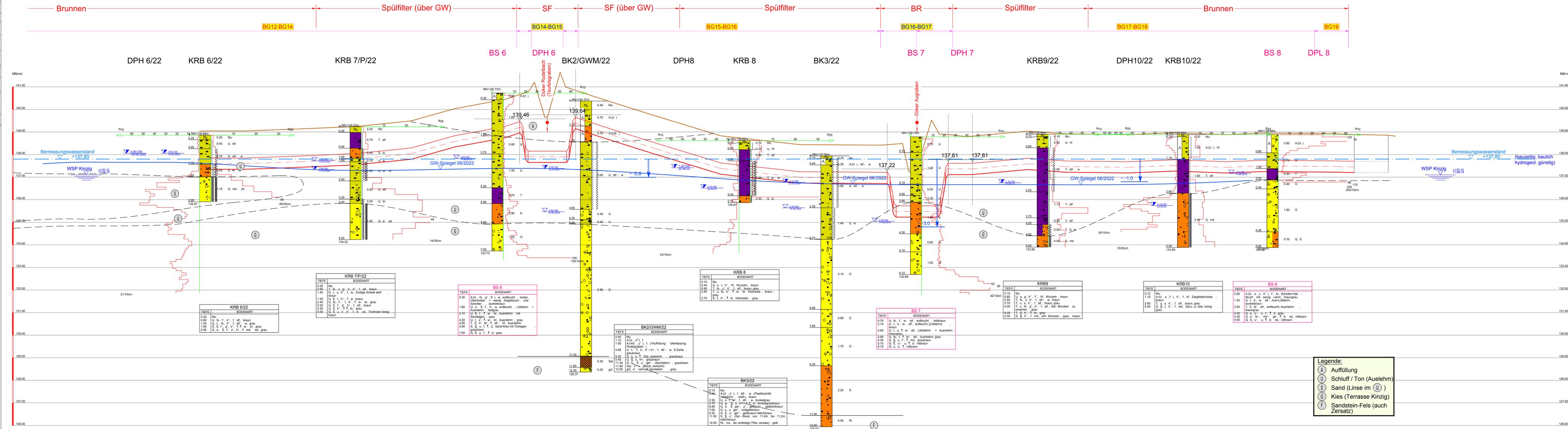
Plangrundlagen:
 - Planung Gasunion / Büro Groos, 07/2015
 - Baugrunderforschüsse Dr. Spang, 04/2015
 - Arbeitsskizze-Ferranetsierung 2016, d.d.F., E-Mail vom 25.11.2021 Becker & Partner (BuP)
 - Wächtersbach-Industriegebiet_Versand dwg, E-Mail vom 04.08.2022, BuP

* ohne Planung der Trasse, konvertiert von Gauss-Krüger in UTM32

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|--------------|
| | | 35410 Hungen Kriegerweg 8 Tel.: 064429208 Email: info@etn-lab.de www.etn-lab.de | |
| | | Terranets bw, Umlegung der Erdgasleitung Frankenthal-Kassel/Göttingen (L.Nr. 9502) bei Wächtersbach 63607 Wächtersbach | |
| Maßstab: 1 : 20.000 1 : 1.000 | Gez.: KA - Übersichtslageplan und Lageplan - | | |
| Datum: 05.10.2022 | AZ: 21/6347 | Z-Nr.: 6347_Geol_BauKZ_AH_1.dwg | Anlage: 1 |



05.10.2022 11:59:55



KRB 6/22

| TIEFE | BODENART |
|-------|----------------------------------|
| 0,20 | Mu |
| 1,30 | U, f, s, k', f, stf, w, grau |
| 1,85 | S, G, r, g, k', f, w, br, grau |
| 2,95 | G, s, f, x', k', f, md- sd, grau |

KRB 7/P/22

| TIEFE | BODENART |
|-------|---|
| 0,25 | Mu |
| 0,95 | T, fs, u, g, x', k', f, stf, braun |
| 1,40 | S, f, u, k', f, lo, bridige Anteile steif, braun |
| 1,55 | U, s, t, k', w, braun |
| 2,40 | U, s, f, k', f, w, br, grau |
| 3,20 | U, s, f, g, k', f, stf, braun |
| 3,40 | U, s, f, f, br, grau |
| 5,00 | G, s, u, x', k', f, d- sd, Toninseln bräunlich, braun |

BS 6

| TIEFE | BODENART |
|-------|--|
| 0,30 | A(U, fs, g, r, f, w, erdfeucht locker, Oberboden + wenig Ziegelbruch und Schotter, dunkelbraun |
| 1,90 | U, s, f, r, w, erdfeucht, Lösslehm + Auenlehm, hellgrau |
| 2,70 | U, s, f, w, br, Auenlehm mit Sandlagen, grau |
| 4,20 | U, s, f, w, br, Auenlehm, grau |
| 4,90 | T, G, h', br, f, stf, f, Auenlehm |
| 5,80 | S, S, u, t, f, d, Sandkies mit Tonlagen, graubraun |
| 7,00 | G, s, u, r, d, grau |

BK2/GWM/22

| TIEFE | BODENART |
|-------|---|
| 0,40 | Mu |
| 1,10 | A(U, s, f), f |
| 1,80 | A(MS, u, f), f, (Auffüllung Uferfassung Ruetelgraben) |
| 4,80 | U, t, s, f, k', f, stf, w, S-Zwelle, graubraun |
| 5,25 | G, s, u, f, (St, zerbohrt), graubraun |
| 5,45 | U, s, s, k', graubraun |
| 11,30 | G, s, u, g, er, (Sandstein), graubraun |
| 11,80 | Sat, w, (Block zerbohrt) |
| 12,00 | gs, e, verfestigt, grau |

BK3/22

| TIEFE | BODENART |
|-------|--|
| 0,10 | Mu |
| 0,40 | A(U, s, f), f, stf, w (Plastikwürfel 2x2x2mm, weiß), braun |
| 2,30 | U, s, f, w, f, stf, w, dunkelgrau |
| 3,70 | U, s, g, s, k', f, w, dunkelgrau |
| 6,90 | G, s, g, er, u, gelbbraun, gelbbraun |
| 7,60 | G, s, u, g, er, hellgelbbraun, gelbbraun |
| 9,30 | G, s, u, g, er, gelbbraun-hellbraun |
| 11,50 | S, S, u, f, (St, Block von 11,0m bis 11,2m), rotlichbraun |
| 12,00 | fs, ms, w, verfestigt (St, zersetz), gelb |

KRB 8

| TIEFE | BODENART |
|-------|---|
| 0,10 | Mu |
| 0,40 | U, s, t, k', hf, Wurzeln, braun |
| 0,90 | T, fs, u, k', f, stf, braun, grau |
| 2,45 | T, u, h, k', f, w, br, Holzreste, braun, grau |
| 2,75 | S, f, k', f, lo, Holzreste, grau |

KRB 9

| TIEFE | BODENART |
|-------|--|
| 0,10 | Mu |
| 0,60 | U, s, g, k', f, hf, Wurzeln, braun |
| 2,55 | T, fs, u, k', f, stf, w, braun |
| 3,70 | T, u, s, k', f, stf, braun, grau |
| 4,00 | T, u, fs, g, k', f, stf, Sat, Brocken zu erdfeucht, grau |
| 4,50 | T, s, k', f, br, grau |
| 4,90 | G, s, u, f, md, sSt, Brocken, grau, braun |
| 5,00 | S, g, t, k', f, md, sSt, u, stw, bräunlich, grau |

KRB 10

| TIEFE | BODENART |
|-------|--|
| 0,10 | Mu |
| 1,10 | A(U, s, r), k', f, hf, Ziegelreste, braun |
| 1,50 | U, t, s, w, stf, Aue+Lösslehm, braun |
| 2,60 | T, u, s, k', f, stf, braun, grau |
| 5,00 | S, g, t, k', f, md, Sat, u, stw, bräunlich, grau |

BS 8

| TIEFE | BODENART |
|-------|--|
| 0,80 | A(G, s, u, h', f, r, lo, Schotter+Sat, Bruch mit wenig Lehm, braungrau |
| 1,50 | U, t, s, w, stf, Aue+Lösslehm, braun |
| 2,00 | T, s, fs, stf, erdfeucht, Auenlehm, braun |
| 2,40 | G, s, u, w, f, f, d, grau |
| 4,30 | G, s, u, w, m, g, er, f, d, sd, rotbraun |
| 5,00 | G, s, u, w, f, d, sd, rotbraun |

BS 7

| TIEFE | BODENART |
|-------|--|
| 0,70 | U, fs, f, w, stf, erdfeucht, hellbraun |
| 2,10 | U, t, s, w, stf, erdfeucht, Lösslehm, braun |
| 2,60 | U, t, s, f, w, stf, Lösslehm + Auenlehm, braun |

Legende:

- (A) Auffüllung
- (U) Schluff / Ton (Auelehm)
- (S) Sand (Linse im U)
- (G) Kies (Terrasse Kinzig)
- (F) Sandstein-Fels (auch Zersatz)

Legende:

geschlossene Baugrubenerhaltung mittels

- SF Spülfilter (Vakuumtänzen)
- BR Brunnen
- GW Grundwasser
- WSP Wasserspiegel

erforderliche Grundwasserabsenkung

Leitungsschnitt Strecke
BG02-BG04

Leitungsschnitt Düker
BG04-BG05

GW-Spiegel 06/22
Grundwasserspiegel (gemittelt) Aufschlüsse 06/2022

1,00 GW nach Bohrende (ausgesiegt)

1,60 GW angefroren

Bemessungswasserstand, bauzeitig baulich in hydrogeol. günstiger Jahreszeit

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

Profildarstellung nach DIN EN ISO 14688-1/2
DIN EN ISO 14689
DIN EN ISO 22475-1/4023 nebst eigenen Ergänzungen

UNTERSUCHUNGSTEILE

BS Sondenbohrung aus GU Dr. Spang

PROBENNAHME UND GRUNDWASSER
Proben-Güteklassen nach DIN EN ISO 22475-1
Grundwasser angebohrt

| BODENARTEN | Auffüllung | Blöcke | Geschleibemergel | Kies | Mulde | Sand | Schluff | Steine | Ton | Tuff | Gerölle | FELSGATTEN | Zersatz |
|-------------|------------|----------|------------------|---------|-------|-----------|---------|----------------|-----|------|---------|------------|---------|
| mit Blöcken | Mg me | orgnisch | steinig | steinig | humid | geröllend | A | Fels allgemein | Z | | | | |
| mit Blöcken | Mg me | orgnisch | steinig | steinig | humid | geröllend | A | Fels allgemein | Z | | | | |
| mit Blöcken | Mg me | orgnisch | steinig | steinig | humid | geröllend | A | Fels allgemein | Z | | | | |

KORNGRÖßENBEREICH

f fein
m mittel
g grob

FEUCHTIGKEIT

r schwach feucht
f feucht
s sehr dicht
s sehr schwach

Planbezeichnung:
Geotechnisches Längsprofil 2
M = 1 : 500/50 (L/T)

Bauvorhaben:
Terranets bw; Umlegung der Erdgasleitung
Frankenthal-Kassel/Göttingen (LNr. 9502) bei Wächtersbach

63607 Wächtersbach

Plot Info.: 5/10/2022 11:59

Maßstab: 1 : 500/50

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Heinze

Gezeichnet: KA

Datum: 05.10.2022

Geändert:

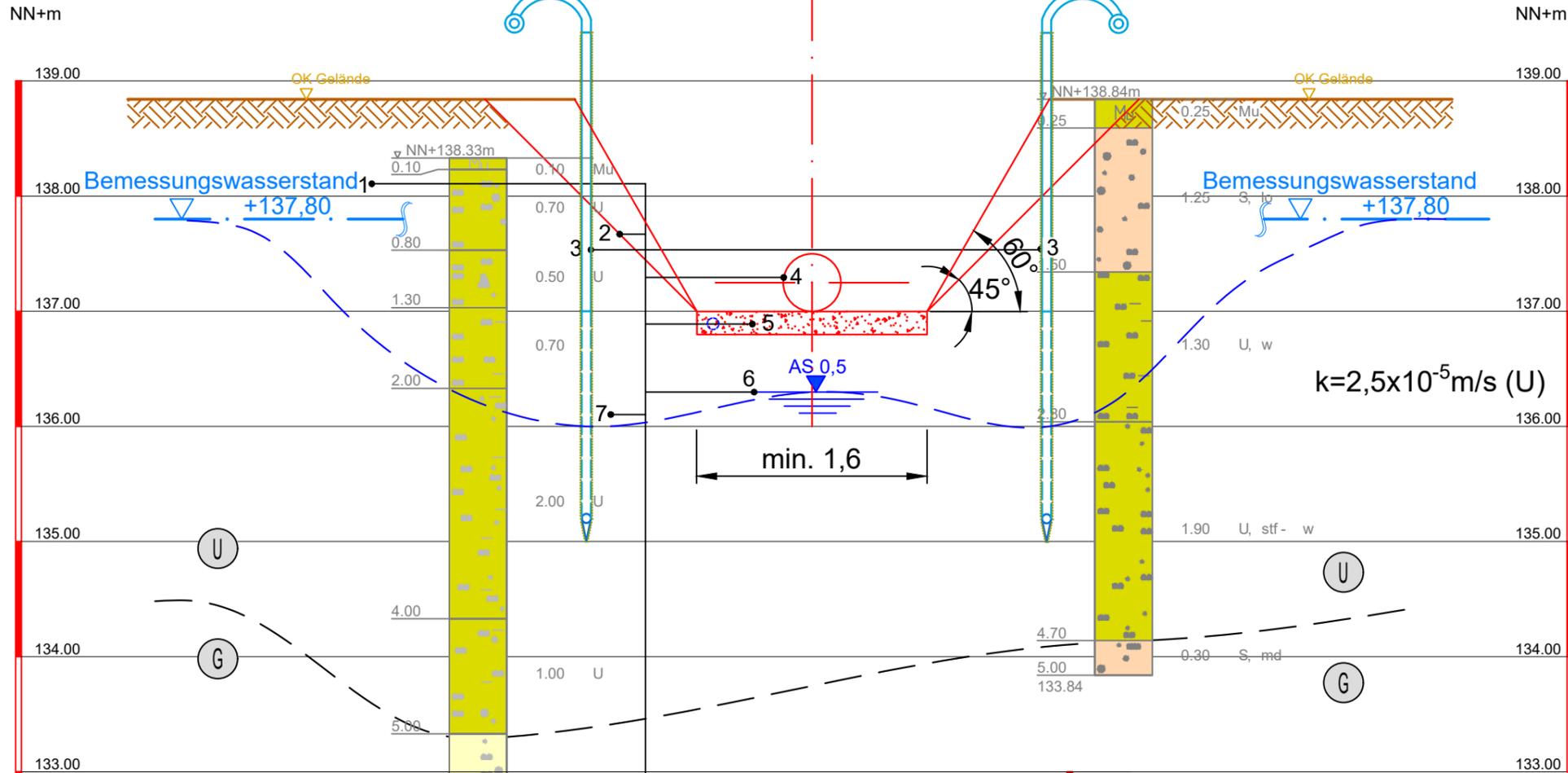
Gesehen:

ETN-Az.: 21/6347

Anl. Nr.: 2.2

BK1/GWM/22

KRB 2/P/22



- 1 — Bemessungswasserstand, bauzeitig (baulich hydrogeol. günstig) 132.00
- 2 — Baugrube, zw. 45° und 60° gebösch (örtl. Festlegung), A~5-7m²
- 3 — Spülfilter (Vakuum Lanzen) 131.00
- 4 — Gasleitung DN500 Stahl, zementfaserbeschichtet
- 5 — Grobmaterial (~0/75 mm) mit Sanddeckung, Stabilisierung Sohle, sowie Dränagen in Filtermaterial nur örtlich! (weiche Konsistenz) 130.00
- 6 — Absenkziel, 0,5m u. Sohle 129.00
- 7 — Absenktrichter Spülfilter (nur schematisch) 129.00

Planbezeichnung:

Systemschnitt Var. 1 vom 28.04.2022
M = 1 : 50/50 (L/T)

Bauvorhaben:

Baugruben (BG) "Strecke" (Leitungsgraben) BG mit Wasserhaltung Spülfilter (SF)

63607 Wächtersbach

Plot Info.: 9/9/2022 5:25

Maßstab : 1 : 50/50

Bearbeiter : Dipl.-Ing. Heinze

Datum :

Gezeichnet : KA

07.09.2022

Geändert :

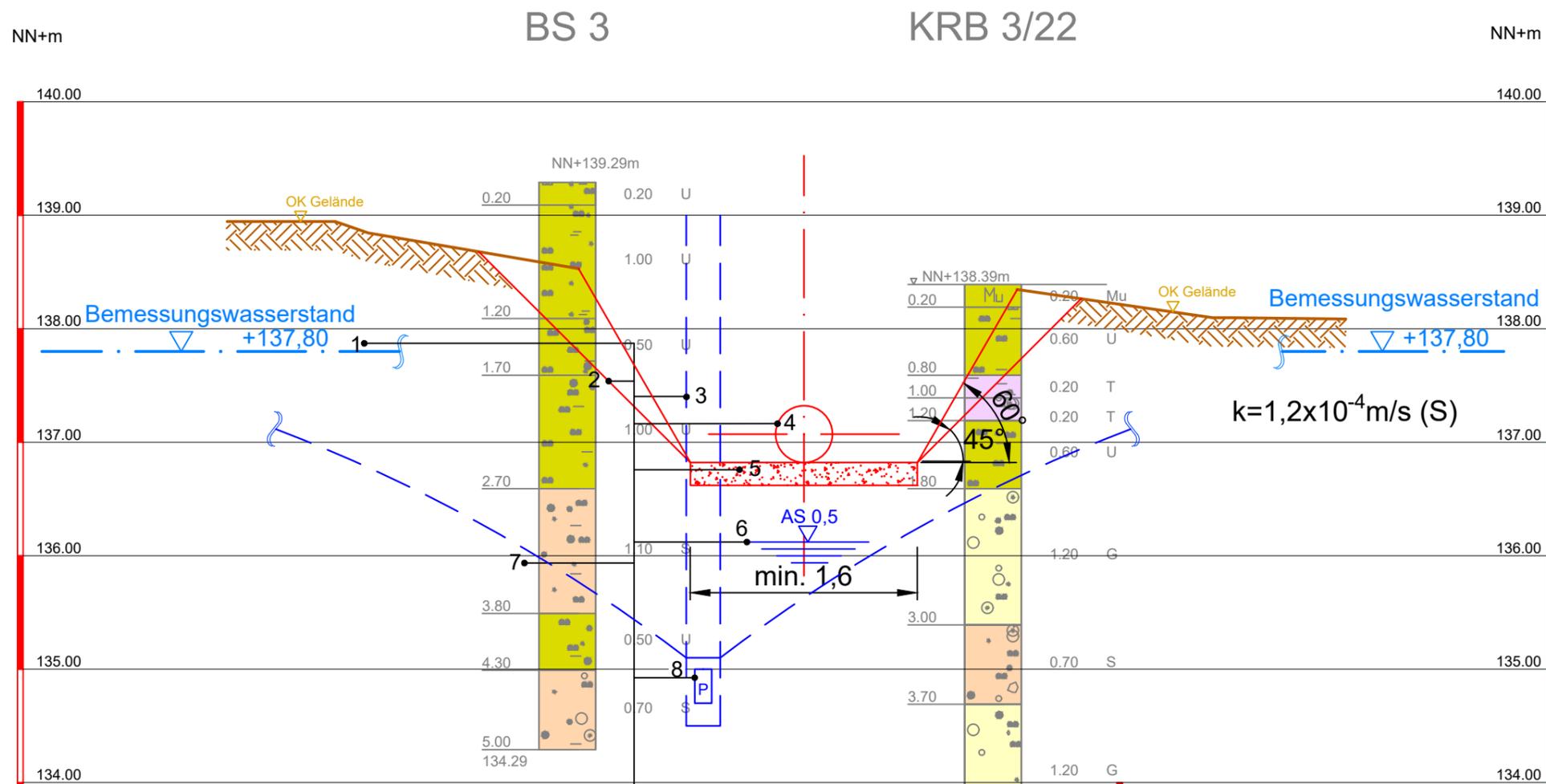
Gesehen :

ETN-Az.: 21/6347

Anl. Nr.: 2.4.1



35410 Hungen
Königsberger Str. 9
Tel.: 06402/5226-0
email: info@etn-geotechnik.de
www.etn-geotechnik.de



- 1 — Bemessungswasserstand, bauzeitig (baulich hydrogeol. günstig)
- 2 — Baugrube, zw. 45° und 60° gebösch (örtl. Festlegung), A~5-7m²
- 3 — Brunnen DN 300
- 4 — Gasleitung DN500 Stahl, zementfaserbeschichtet
- 5 — Grobmaterial (~0/75 mm) mit Sanddeckung, Stabilisierung Sohle, sowie Dränagen in Filtermaterial nur örtlich! (weiche Konsistenz)
- 6 — Absenkziel, 0,5m u. Sohle
- 7 — Absenktrichter Brunnen (nur schematisch)
- 8 — Pumpe

Planbezeichnung:
 Systemschnitt Var. 1 vom 28.04.2022
 M = 1 : 50/50 (L/T)

Bauvorhaben:
 Baugruben (BG) "Strecke" (Leitungsgaben) BG mit Wasserhaltung Brunnen
63607 Wächtersbach

Plot Info.: 9/9/2022 5:26 Maßstab : 1 : 50/50

Bearbeiter : Dipl.-Ing. Heinze Datum : 09.08.2022

Gezeichnet : KA

Geändert : _____

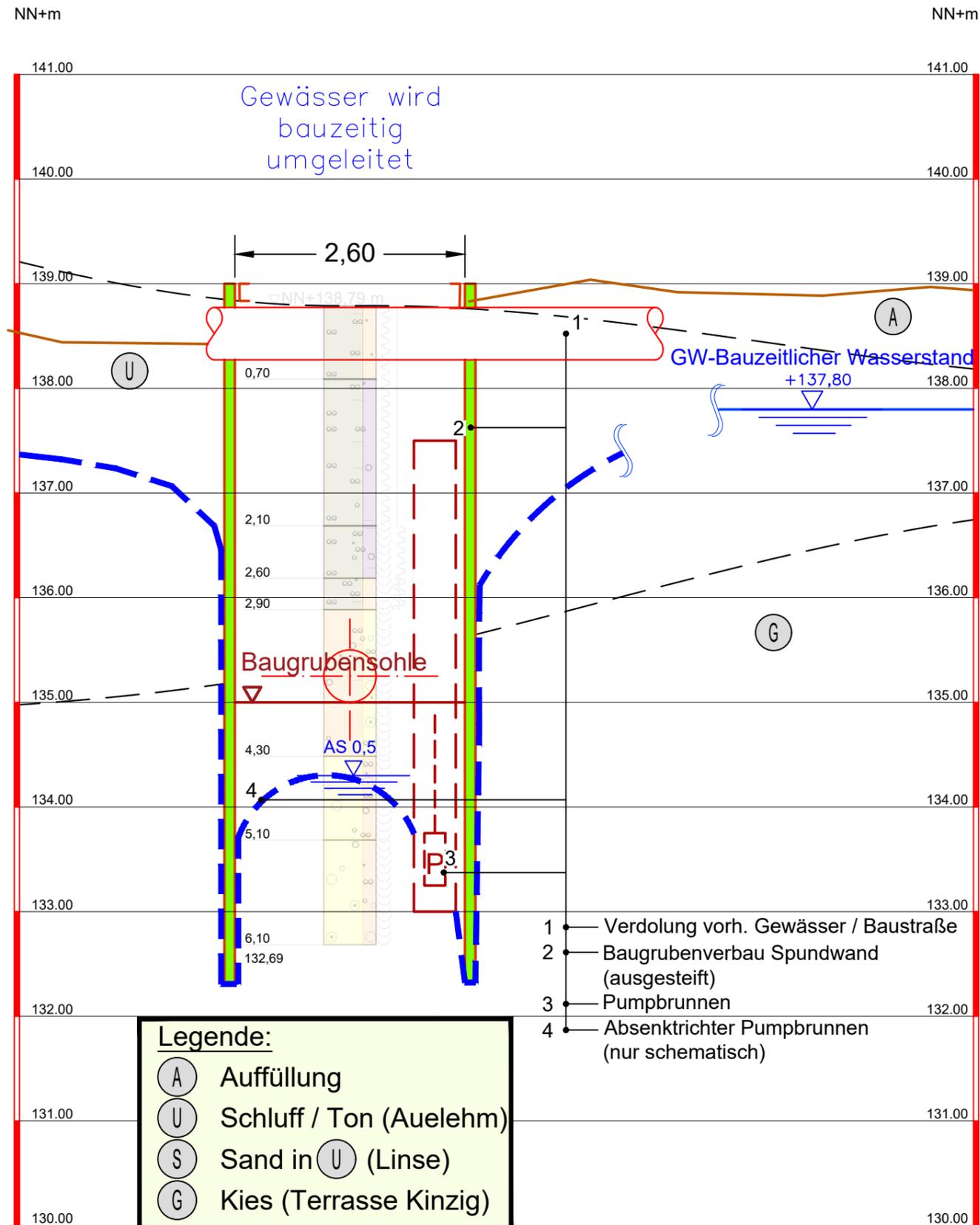
Gesehen : _____

ETN-Az.: 21/6347 Anl. Nr.: 2.4.2



35410 Hungen
 Königsberger Str. 9
 Tel.: 06402/5226-0
 email: info@etn-geotechnik.de
 www.etn-geotechnik.de

BS 7



Legende:

| | |
|-----|-------------------------|
| (A) | Auffüllung |
| (U) | Schluff / Ton (Auelehm) |
| (S) | Sand in (U) (Linse) |
| (G) | Kies (Terrasse Kinzig) |

- 1 Verdolung vorh. Gewässer / Baustraße
- 2 Baugrubenverbau Spundwand (ausgesteift)
- 3 Pumpbrunnen
- 4 Absenkrichter Pumpbrunnen (nur schematisch)

Plangrundlagen:
 - Planung Gasunion / Büro Groos, 07/2015
 - Baugrundaufschlüsse Dr. Spang, 04/2015

Planbezeichnung: Systemschnitt Baugrubenverbau "Düker" (Querung Gewässer o.ä) Spundwand und Absenkung GW-Spiegel
 M = 1 : 50 (Tiefe), Länge nur schematisch

Bauvorhaben:
 Terranets bw; Umlegung der Erdgasleitung
 Frankenthal-Kassel/Göttingen (LNr. 9502) bei Wächtersbach

63607 Wächtersbach

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| Plot Info.: 21/9/2022 11:55 | Maßstab : 1 : 50 |
| Bearbeiter : Dipl.-Ing. Heinze | Datum : 07.09.2022 |
| Gezeichnet : KA | 18.08.2022 |
| Geändert : Hz, Lu, Anpass. GeoB. | |
| Gesehen : | |
| ETN-Az.: 21/6347 | Anl. Nr.: 2.4.3 |



| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| U = ungestörte Probe K = Kernprobe G = gestörte Probe P = Proctor-Probe MP = Mischprobe AP = Asphaltprobe | BK = Kernbohrung BKR = BK mit Richtungsorientierung BS-R = Ramm-Sondierbohrung KRB = Kleinrammbohrung Sch = Handschurf SCH = Baggerschurf | w _{bg} [%] [1] Feldversuch DIN EN ISO 14688-1 <20 halbfest bis fest 20 bis 40 steif 40 bis 50 steif bis weich 50 bis 60 weich [1] NEFF, Bautechnik 65 (1988), bzw. Normverweis DIN 18132 | I _c in Anlehnung an DIN 18122 >1,0 1,0 - 0,8 0,8 - 0,7 0,7 - 0,5 | |
|--|--|--|---|--|

Gehalte: ° ohne ' schwach ^stark ^^ wasserführend GÜ = Güteklasse DIN EN 1997-2

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| 6 Schluff ≤ 0,06mm Kies >2 mm | 8 I _p = Plastizitätszahl w _A = Wasseraufnahmevermögen | 10 V _{CA} = Kalkgehalt V _{gl} = Glühverlust | 13 w _{bg} = Wasserbindegrad 14 ρ = Dichte des feuchten Bodens | 17 E _s = Steifemodul bei 200kN/m ² 18 Setzung nach 1 min. | 21 φ = Scherfestigkeit 22 k = Durchlässigkeitsbeiwert |
| 7 w _L = Fließgrenze w _p = Ausrollgrenze | 9 ρ _s = Korndichte w _s = Schrumpfgrenze | 12 w = Wassergehalt I _c = Konsistenzzahl | 15 ID = bezogene Lagerungsdichte | 19 c _u = undrainierte Scherfestigk. 20 c' = Kohäsion | |

| Bodenbezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / 14689-1 Kurzfom n. DIN 4023 | GÜ | Entnahmestelle | | | Bodenart | | | | | Bodenzustand | | | | | Verhalten bei Beanspruchung | | | | | | |
|--|----|----------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|----------|
| | | Probenart | Bohrung Nr. Schurf Nr. | Entnahmetiefe [m] | [%] | [%] | [%] | [t/m ²] | [%] | Boden- gruppe DIN 18 196 | [%] | [%] | [t/m ²] | Boden klasse nach 18 300 | [kN/m ²] | | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [°] | [m/s] | |
| | | | | | Schluff | w _L | I _p | ρ _s | V _{CA} | | w | wbg | ρ | | I _D | E _s | Setzung | Kohäsion | Reibungs- winkel | k | |
| | | | | | Kies | w _p | w _A | w _s | V _{gl} | | I _c | ρ _d | e | | Belastg. 200 | 1 min. | c _u | | | | c' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| U,s,t',k ^o ,stf braun | | G | KRB1/P | 0,2- 1,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0,00E+00 |
| U,s,t,k ^o ,f,stf Sandlinsen,braun | | | KRB1/P | 1,8- 2,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, fs, t, k ^o , f,stf-w grau | | | KRB1/P | 2,2- 2,8 | | | 66 | | | | 32,9 | 49,9 | | | | | | | | | |
| U, fs, t, k ^o , f, stf Tonlinsen, graubraun | | | KRB1/P | 2,8- 4,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, g', u', k ^o , f, lo Holzreste, grau | | | KRB1/P | 4,4- 4,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G,s,u',k ^o ,f ^o , md grau | | | KRB1/P | 4,9- 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, u', k ^o ,f-f ^o ,lo Tonlinsen,braun | | | KRB2/P | 0,25- 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, t, k ^o , f ^o ,stf-w grau | | | KRB2/P | 1,5- 2,8 | | | 62 | | | | 35,8 | 57,7 | | | | | | | | | |
| U, fs, k ^o ,f ^o , stf-w Tonlinsen,grau | | | KRB2/P | 2,8- 4,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S,u'-u, k ^o , f ^o , md grau | | | KRB2/P | 4,7- 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Summen der Einzelversuche: | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 2 | 2 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | | | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |

Probenarten: Kernproben: 0 ungestörte: 0 gestörte: 1 Proctor-Proben: 0 Misch-Prob.: 0 Asphalt-Prob.: 0 Proben gesamt: 1

Projekt: Wächtersbach

Datum Ausdruck: 10.08.2022 Az.: 21/6347
Datei-Id: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\Kennwerttabellen\Kwt.xlsm\DruckTab (2) Anl.: 3.1

| | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|
| U = ungestörte Probe K = Kernprobe G = gestörte Probe P = Proctor-Probe MP = Mischprobe AP = Asphaltprobe | BK = Kernbohrung BKR = BK mit Richtungsorientierung BS-R = Ramm-Sondierbohrung KRB = Kleinrammbohrung Sch = Handschurf SCH = Baggerschurf | w _{bg} [%] [1] <20 20 bis 40 40 bis 50 50 bis 60 | Feldversuch DIN EN ISO 14688-1 halbfest bis fest steif steif bis weich weich | I _c in Anlehnung an DIN 18122 >1,0 1,0 - 0,8 0,8 - 0,7 0,7 - 0,5 | |
|--|--|---|--|---|--|



Gehalte: ° ohne ' schwach ^ stark ^^ wasserführend GÜ = Güteklasse DIN EN 1997-2

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| 6 Schluff ≤ 0,06mm Kies >2 mm | 8 I _p = Plastizitätszahl w _A = Wasseraufnahmevermögen | 10 V _{CA} = Kalkgehalt V _{gl} = Glühverlust | 13 w _{bg} = Wasserbindegrad 14 ρ = Dichte des feuchten Bodens | 17 E _s = Steifemodul bei 200kN/m ² 18 Setzung nach 1 min. | 21 φ = Scherfestigkeit 22 k = Durchlässigkeitsbeiwert |
| 7 w _L = Fließgrenze w _p = Ausrollgrenze | 9 ρ _s = Korndichte w _s = Schrumpfgrenze | 12 w = Wassergehalt I _c = Konsistenzzahl | 15 ID = bezogene Lagerungsdichte | 19 c _u = undrainierte Scherfestigk. 20 c' = Kohäsion | |

| Bodenbezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / 14689-1 Kurzfom n. DIN 4023 | GÜ | Entnahmestelle | | | Bodenart | | | | | Bodenzustand | | | | | Verhalten bei Beanspruchung | | | | | | |
|--|----|----------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|----|
| | | Probenart | Bohrung Nr. Schurf Nr. | Entnahmetiefe [m] | [%] | [%] | [%] | [t/m ²] | [%] | Boden- gruppe DIN 18 196 | [%] | [%] | [t/m ²] | Boden klasse nach 18 300 | [kN/m ²] | | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [°] | [m/s] | |
| | | | | | Schluff | w _L | I _p | ρ _s | V _{CA} | | w | w _{bg} | ρ | | I _D | E _s | Setzung | Kohäsion | Reibungs- winkel | k | |
| | | | | | Kies | w _p | w _A | w _s | V _{gl} | | I _c | ρ _d | e | | Belastg. 200 | 1 min. | c _u | | | | c' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| U,t,k°, f°, stf | | | KRB3 | 0,2- | | | | | | | 15,8 | 39,5 | | | | | | | | | |
| 2cm-S-linse bei 0,78m, braun | | | | 0,8 | | | 40 | | | | | | | | | | | | | | |
| T,o°,k°,f°,stf | | | KRB3 | 0,8- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| grau | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T,g,k°,f°,stf-hf | | | KRB3 | 1,0- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| graubraun | | | | 1,2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, t', fs', k°, f, stf | | | KRB3 | 1,2- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun,grau | | | | 1,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G,s,u',k°,f,md-d | | | KRB3 | 1,8- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, u, g', x', k°, f, md-lo | | | KRB3 | 3,0- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun | | | | 3,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s, u'-u, x', k°, f°, md | | | KRB3 | 3,7- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun | | | | 4,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, g, u', k°, f°, md | | | KRB3 | 4,9- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, u, t', k°, f, lo | | | KRB4 | 0,25 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun | | | | 0,85 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, t', k°, f, w | | | KRB4 | 0,85- | | | | | | | 45,4 | 51,6 | | | | | | | | | |
| grau | | | | 0,95 | | | 88 | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Summen der Einzelversuche: | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 2 | 2 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |

Probenarten: Kernproben: 0 ungestörte: 0 gestörte: 0 Proctor-Proben: 0 Misch-Prob.: 0 Asphalt-Prob.: 0 Proben gesamt: 0

Projekt: Wächtersbach

Datum Ausdruck: 10.08.2022 Az.: 21/6347
 Datei-Id: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\Kennwerttabellen\Kwt.xlsm\DruckTab (2) Anl.: 3.2

| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| U = ungestörte Probe K = Kernprobe G = gestörte Probe P = Proctor-Probe MP = Mischprobe AP = Asphaltprobe | BK = Kernbohrung BKR = BK mit Richtungsorientierung BS-R = Ramm-Sondierbohrung KRB = Kleinrammbohrung Sch = Handschurf SCH = Baggerschurf | w _{bg} [%] [1] <20 20 bis 40 40 bis 50 50 bis 60 | Feldversuch DIN EN ISO 14688-1 halbfest bis fest steif steif bis weich weich | I _c in Anlehnung an DIN 18122 >1,0 1,0 - 0,8 0,8 - 0,7 0,7 - 0,5 |
|--|--|---|--|---|



Gehalte: ° ohne ' schwach ^stark ^^ wasserführend GÜ = Güteklasse DIN EN 1997-2

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| 6 Schluff ≤ 0,06mm Kies >2 mm | 8 I _p = Plastizitätszahl w _A = Wasseraufnahmevermögen | 10 V _{CA} = Kalkgehalt V _{gl} = Glühverlust | 13 w _{bg} = Wasserbindegrad 14 ρ = Dichte des feuchten Bodens | 17 E _s = Steifemodul bei 200kN/m ² 18 Setzung nach 1 min. | 21 φ = Scherfestigkeit 22 k = Durchlässigkeitsbeiwert |
| 7 w _L = Fließgrenze w _p = Ausrollgrenze | 9 ρ _s = Korndichte w _s = Schrumpfgrenze | 12 w = Wassergehalt I _c = Konsistenzzahl | 15 ID = bezogene Lagerungsdichte | 19 c _u = undrainierte Scherfestigk. 20 c' = Kohäsion | |

| Bodenbezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / 14689-1 Kurzfom n. DIN 4023 | GÜ | Entnahmestelle | | | Bodenart | | | | | Bodenzustand | | | | | Verhalten bei Beanspruchung | | | | | | |
|--|----|----------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|----|
| | | Probenart | Bohrung Nr. Schurf Nr. | Entnahmetiefe [m] | [%] | [%] | [%] | [t/m ²] | [%] | Boden- gruppe DIN 18 196 | [%] | [%] | [t/m ²] | Boden klasse nach 18 300 | [kN/m ²] | | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [°] | [m/s] | |
| | | | | | Schluff | w _L | I _p | ρ _s | V _{CA} | | w | wbg | ρ | | I _D | E _s | Setzung | Kohäsion | Reibungs- winkel | k | |
| | | | | | Kies | w _p | w _A | w _s | V _{gl} | | I _c | ρ _d | e | | Belastg. 200 | 1 min. | c _u | | | | c' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| T, s [^] , k ^o , f, stf-w grau | | | KRB4 | 0,95- 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, fs [^] , g [^] , k ^o , f, stf-w grau | | | KRB4 | 1,0- 1,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, g, s [^] , k ^o , f, stf grau | | | KRB4 | 1,4- 1,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s, k ^o , f, md x'-führend, grau | | | KRB4 | 1,7- 2,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, g [^] , u [^] , x [^] , k ^o , f [^] , md grau | | | KRB4 | 2,6- 3,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, u [^] -u, g [^] , k ^o , f [^] , md grau | | | KRB4 | 3,1- 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s [^] , u [^] , x [^] , k ^o , f [^] , md-d grau | | | KRB4 | 4,0- 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S, u, x [^] , k ^o , f, lo braun | | | KRB5 | 0,15- 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, fs, t [^] , k ^o , f, stf braun | | | KRB5 | 0,4- 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, t, fs, g [^] , k ^o , f, stf-w braun | | | KRB5 | 1,0- 1,5 | | | | | | | 29,9 | 52,4 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Summen der Einzelversuche: | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | | 0 | 0 | | | | | | | |

Probenarten: Kernproben: 0 ungestörte: 0 gestörte: 0 Proctor-Proben: 0 Misch-Prob.: 0 Asphalt-Prob.: 0 Proben gesamt: 0

Projekt: Wächtersbach

Datum Ausdruck: 10.08.2022 Az.: 21/6347
 Datei-Id: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\Kennwerttabellen\Kwt.xlsm\DruckTab (2) Anl.: 3.3

| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| U = ungestörte Probe K = Kernprobe G = gestörte Probe P = Proctor-Probe MP = Mischprobe AP = Asphaltprobe | BK = Kernbohrung BKR = BK mit Richtungsorientierung BS-R = Ramm-Sondierbohrung KRB = Kleinrammbohrung Sch = Handschurf SCH = Baggerschurf | w _{bg} [%] [1] <20 20 bis 40 40 bis 50 50 bis 60 | Feldversuch DIN EN ISO 14688-1 halbfest bis fest steif steif bis weich weich | I _c in Anlehnung an DIN 18122 >1,0 1,0 - 0,8 0,8 - 0,7 0,7 - 0,5 |
|--|--|---|--|---|



Gehalte: ° ohne ' schwach ^stark ^^ wasserführend GÜ = Güteklasse DIN EN 1997-2

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| 6 Schluff ≤ 0,06mm Kies >2 mm | 8 I _p = Plastizitätszahl w _A = Wasseraufnahmevermögen | 10 V _{CA} = Kalkgehalt V _{gl} = Glühverlust | 13 w _{bg} = Wasserbindegrad 14 ρ = Dichte des feuchten Bodens | 17 E _s = Steifemodul bei 200kN/m ² 18 Setzung nach 1 min. | 21 φ = Scherfestigkeit 22 k = Durchlässigkeitsbeiwert |
| 7 w _L = Fließgrenze w _p = Ausrollgrenze | 9 ρ _s = Korndichte w _s = Schrumpfgrenze | 12 w = Wassergehalt I _c = Konsistenzzahl | 15 ID = bezogene Lagerungsdichte | 19 c _u = undrainierte Scherfestigk. 20 c' = Kohäsion | |

| Bodenbezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / 14689-1 Kurzfom n. DIN 4023 | GÜ | Entnahmestelle | | | Bodenart | | | | | Bodenzustand | | | | | Verhalten bei Beanspruchung | | | | | | |
|---|----|----------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|----|
| | | Probenart | Bohrung Nr. Schurf Nr. | Entnahmetiefe [m] | [%] | [%] | [%] | [t/m ²] | [%] | Boden- gruppe DIN 18 196 | [%] | [%] | [t/m ²] | Boden klasse nach 18 300 | [kN/m ²] | | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [°] | [m/s] | |
| | | | | | Schluff | w _L | I _p | ρ _s | V _{CA} | | w | wbg | ρ | | I _D | E _s | Setzung | Kohäsion | Reibungs- winkel | k | |
| | | | | | Kies | w _p | w _A | w _s | V _{gl} | | I _c | ρ _d | e | | Belastg. 200 | 1 min. | c _u | | | | c' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| S, g-g [^] , u [^] , k [^] , f [^] , md | | | KRB5 | 1,5- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| grau | | | | 4,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T, s-s [^] , g, x [^] , k [^] , f [^] , stf-w | | | KRB5 | 4,1- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| grau | | | | 4,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s, t [^] , k [^] , f [^] , d | | | KRB5 | 4,3- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| grau | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, fs, t [^] , k [^] , f, stf | | | KRB6 | 0,2- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun | | | | 0,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, fs, t [^] , k [^] , f, stf-w | | | KRB6 | 0,6- | | | | | | | 34,4 | 52,1 | | | | | | | | | |
| braun | | | | 1,3 | | | 66 | | | | | | | | | | | | | | |
| S, u [^] , t [^] , g [^] , k [^] , f [^] , w-br | | | KRB6 | 1,3- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| grau | | | | 1,85 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s-s [^] , t [^] , x [^] , k [^] , f [^] , md-sd | | | KRB6 | 1,85- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| grau | | | | 2,95 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T, fs, u, x [^] , k [^] , f, stf | | | KRB7 | 0,25- | | | | | | | 34,8 | 41,4 | | | | | | | | | |
| braun | | | | 0,95 | | | 84 | | | | | | | | | | | | | | |
| S, u, t, k [^] , f, lo | | | KRB7 | 0,95- | | | | | | | 39,0 | 54,9 | | | | | | | | | |
| bindige Anteile stf, grau | | | | 1,4 | | | 71 | | | | | | | | | | | | | | |
| U, s [^] , t, k [^] , f [^] , w | | | KRB7 | 1,4- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun | | | | 1,55 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Summen der Einzelversuche: | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 3 | 3 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |

Probenarten: Kernproben: 0 ungestörte: 0 gestörte: 0 Proctor-Proben: 0 Misch-Prob.: 0 Asphalt-Prob.: 0 Proben gesamt: 0

Projekt: Wächtersbach

Datum Ausdruck: 10.08.2022 Az.: 21/6347
 Datei-Id: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\Kennwerttabellen\Kwt.xlsm\DruckTab (2) Anl.: 3.4

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| U = ungestörte Probe K = Kernprobe G = gestörte Probe P = Proctor-Probe MP = Mischprobe AP = Asphaltprobe | BK = Kernbohrung BKR = BK mit Richtungsorientierung BS-R = Ramm-Sondierbohrung KRB = Kleinrammbohrung Sch = Handschurf SCH = Baggerschurf | w _{bg} [%] [1] Feldversuch DIN EN ISO 14688-1 <20 halbfest bis fest 20 bis 40 steif 40 bis 50 steif bis weich 50 bis 60 weich | I _c in Anlehnung an DIN 18122 >1,0 1,0 - 0,8 0,8 - 0,7 0,7 - 0,5 | |
| Gehalte: ° ohne ' schwach ^stark ^^ wasserführend | | | GÜ = Güteklasse DIN EN 1997-2 | |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| 6 Schluff ≤ 0,06mm Kies >2 mm | 8 I _p = Plastizitätszahl w _A = Wasseraufnahmevermögen | 10 V _{CA} = Kalkgehalt V _{gl} = Glühverlust | 13 w _{bg} = Wasserbindegrad 14 ρ = Dichte des feuchten Bodens | 17 E _s = Steifemodul bei 200kN/m ² 18 Setzung nach 1 min. | 21 φ = Scherfestigkeit 22 k = Durchlässigkeitsbeiwert |
| 7 w _L = Fließgrenze w _p = Ausrollgrenze | 9 ρ _s = Korndichte w _s = Schrumpfgrenze | 12 w = Wassergehalt I _c = Konsistenzzahl | 15 ID = bezogene Lagerungsdichte | 19 c _u = undrainierte Scherfestigk. 20 c' = Kohäsion | |

| Bodenbezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / 14689-1 Kurzfom n. DIN 4023 | GÜ | Entnahmestelle | | | Bodenart | | | | | | Bodenzustand | | | | | Verhalten bei Beanspruchung | | | | | |
|--|----|----------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|----|
| | | Probenart | Bohrung Nr. Schurf Nr. | Entnahmetiefe [m] | [%] | [%] | [%] | [t/m ²] | [%] | Boden- gruppe DIN 18 196 | [%] | [%] | [t/m ²] | Boden klasse nach 18 300 | [kN/m ²] | | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [°] | [m/s] | |
| | | | | | Schluff | w _L | I _p | ρ _s | V _{CA} | | w | wbg | ρ | | I _D | E _s | Setzung | Kohäsion | Reibungs- winkel | k | |
| | | | | | Kies | w _p | w _A | w _s | V _{gl} | | I _c | ρ _d | e | | Belastg. 200 | 1 min. | c _u | | | | c' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| U,fs,t'-t,k°,f+,w grau | | | KRB7 | 1,55- 2,4 | | | | | | | 25,1 | 53,4 | | | | | | | | | |
| U,fs,t',g',k°,f,stf grau | | | KRB7 | 2,4- 3,2 | | | 47 | | | | | | | | | | | | | | |
| U,s^,k°,f^,f^,br grau | | | KRB7 | 3,2- 3,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G,s^,u,x',k°,f,d-sd T-Linsen,br; braun | | | KRB7 | 3,4- 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U,t,s,k°,t,hf Wurzeln,braun | | | KRB8 | 0,1- 0,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T,fs,u',k°,f,stf braun,grau | | | KRB8 | 0,4- 0,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T,u,fs,k°,f^,w-br Holzreste, braun,grau | | | KRB8 | 0,9- 2,45 | | | 55 | | | | 54,2 | 98,6 | | | | | | | | | |
| S,t^,k°,f^,lo Holzreste, grau | | | KRB8 | 2,45- 2,75 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U,s,g,k°,f,hf Wurzeln,braun | | | KRB9 | 0,1- 0,6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T,fs,u,k°,f,stf-w braun | | | KRB9 | 0,6- 2,55 | | | 57 | | | | 29,1 | 51,1 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Summen der Einzelversuche: | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 3 | 3 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------|---|-------------|---|-----------|---|-----------------|---|--------------|---|----------------|---|----------------|---|
| Probenarten: | Kernproben: | 0 | ungestörte: | 0 | gestörte: | 0 | Proctor-Proben: | 0 | Misch-Prob.: | 0 | Asphalt-Prob.: | 0 | Proben gesamt: | 0 |
|--------------|-------------|---|-------------|---|-----------|---|-----------------|---|--------------|---|----------------|---|----------------|---|

Projekt: Wächtersbach

Datum Ausdruck: 10.08.2022
 Datei-Id: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\Kennwerttabellen\Kwt.xlsm\DruckTab (2)

Az.: 21/6347
Anl.: 3.5

| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| U = ungestörte Probe K = Kernprobe G = gestörte Probe P = Proctor-Probe MP = Mischprobe AP = Asphaltprobe | BK = Kernbohrung BKR = BK mit Richtungsorientierung BS-R = Ramm-Sondierbohrung KRB = Kleinrammbohrung Sch = Handschurf SCH = Baggerschurf | w _{bg} [%] [1] <20 20 bis 40 40 bis 50 50 bis 60 | Feldversuch DIN EN ISO 14688-1 halbfest bis fest steif steif bis weich weich | I _c in Anlehnung an DIN 18122 >1,0 1,0 - 0,8 0,8 - 0,7 0,7 - 0,5 |
|--|--|---|--|---|



Gehalte: ° ohne ' schwach ^stark ^^ wasserführend GÜ = Güteklasse DIN EN 1997-2

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| 6 Schluff ≤ 0,06mm Kies >2 mm | 8 I _p = Plastizitätszahl w _A = Wasseraufnahmevermögen | 10 V _{CA} = Kalkgehalt V _{gl} = Glühverlust | 13 w _{bg} = Wasserbindegrad 14 ρ = Dichte des feuchten Bodens | 17 E _s = Steifemodul bei 200kN/m ² 18 Setzung nach 1 min. | 21 φ = Scherfestigkeit 22 k = Durchlässigkeitsbeiwert |
| 7 w _L = Fließgrenze w _p = Ausrollgrenze | 9 ρ _s = Korndichte w _s = Schrumpfgrenze | 12 w = Wassergehalt I _c = Konsistenzzahl | 15 ID = bezogene Lagerungsdichte | 19 c _u = undrainierte Scherfestigk. 20 c' = Kohäsion | |

| Bodenbezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / 14689-1 Kurzfom n. DIN 4023 | GÜ | Entnahmestelle | | | Bodenart | | | | | Bodenzustand | | | | | Verhalten bei Beanspruchung | | | | | | |
|--|----|----------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|----------|
| | | Probenart | Bohrung Nr. Schurf Nr. | Entnahmetiefe [m] | [%] | [%] | [%] | [t/m ²] | [%] | Boden- gruppe DIN 18 196 | [%] | [%] | [t/m ²] | Boden klasse nach 18 300 | [kN/m ²] | | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [°] | [m/s] | |
| | | | | | Schluff | w _L | I _p | ρ _s | V _{CA} | | w | wbg | ρ | | I _D | E _s | Setzung | Kohäsion | Reibungs- winkel | k | |
| | | | | | Kies | w _p | w _A | w _s | V _{gl} | | I _c | ρ _d | e | | Belastg. 200 | 1 min. | c _u | | | | c' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| T,u,s,k°,f,sthf | | | KRB9 | 2,55- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| braun, grau | | | | 3,7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T,u,fs,k°,f,sthf | | | KRB9 | 3,7- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sst,Brocken zu erwarten, grau | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T+S,k°,f,sthf,br | | | KRB9 | 4,0- | | | | | | | 223,4 | 572,8 | | | | | | | | | |
| grau | | | | 4,5 | | | 39 | | | | | | | | | | | | | | |
| S,g°,k°,f,sthf,md | | | KRB9 | 4,5- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sst-Brocken, grau, braun | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A(U,s,t)k°,f,sthf | | | KRB10 | 0,1- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ziegelsteinreste, braun | | | | 1,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T,u,s,k°,f,sthf | | | KRB10 | 1,1- | | | | | | | 38,0 | 56,8 | | | | | | | | | |
| braun, grau | | | | 2,6 | | | 67 | | | | | | | | | | | | | | |
| S,g°,t,k°,nass,md | | | KRB10 | 2,6- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sst,z u°, stlw breiig, grau | | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| U, t, f-°, stf-w | | UP1 | BK 1 | 1 | | | | | | | 35,2 | 55,0 | 1,879 | | | | | | | | 8,90E-10 |
| | | | | 1,3 | | | 64 | | | | | | 1,390 | | | | | | | | |
| U, t'-t, o', f, stf-w | | UP2 | BK 1 | 2 | | | | | | | 22,1 | 47,0 | 2,065 | | | | | | | | 6,10E-10 |
| | | | | 2,3 | | | 47 | | | | | | 1,691 | | | | | | | | |
| G, s-s°, u'-u, ger', nass | | G6 | BK 1 | 5 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 6 | 57 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|--|---|---|---|---|---|--|---|---|---|---|--|---|---|---|---|---|---|
| Summen der Einzelversuche: | | | | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 4 | 4 | 2 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | | | | | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | | 0 | | 2 | 0 | | | | | | | |

Probenarten: Kernproben: 0 ungestörte: 2 gestörte: 1 Proctor-Proben: 0 Misch-Prob.: 0 Asphalt-Prob.: 0 Proben gesamt: 3

Projekt: Wächtersbach

Datum Ausdruck: 10.08.2022 Az.: 21/6347

Datei-Id: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\Kennwerttabellen\Kwt.xlsm\DruckTab (2) Anl.: 3.6

| | | | | | |
|--|--|---|--|---|---|
| U = ungestörte Probe K = Kernprobe G = gestörte Probe P = Proctor-Probe MP = Mischprobe AP = Asphaltprobe | BK = Kernbohrung BKR = BK mit Richtungsorientierung BS-R = Ramm-Sondierbohrung KRB = Kleinrammbohrung Sch = Handschurf SCH = Baggerschurf | w _{bg} [%] [1] <20 20 bis 40 40 bis 50 50 bis 60 | Feldversuch DIN EN ISO 14688-1 halbfest bis fest steif steif bis weich weich | I _c in Anlehnung an DIN 18122 >1,0 1,0 - 0,8 0,8 - 0,7 0,7 - 0,5 |  |
|--|--|---|--|---|---|

Gehalte: ° ohne ' schwach ^stark ^^ wasserführend GÜ = Güteklasse DIN EN 1997-2

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| 6 Schluff ≤ 0,06mm Kies >2 mm | 8 I _p = Plastizitätszahl w _A = Wasseraufnahmevermögen | 10 V _{CA} = Kalkgehalt V _{gl} = Glühverlust | 13 w _{bg} = Wasserbindegrad 14 ρ = Dichte des feuchten Bodens | 17 E _s = Steifemodul bei 200kN/m ² 18 Setzung nach 1 min. | 21 φ = Scherfestigkeit 22 k = Durchlässigkeitsbeiwert |
| 7 w _L = Fließgrenze w _p = Ausrollgrenze | 9 ρ _s = Korndichte w _s = Schrumpfgrenze | 12 w = Wassergehalt I _c = Konsistenzzahl | 15 ID = bezogene Lagerungsdichte | 19 c _u = undrainierte Scherfestigk. 20 c' = Kohäsion | |

| Bodenbezeichnung nach DIN EN ISO 14688-1/-2 / 14689-1 Kurzfom n. DIN 4023 | GÜ | Entnahmestelle | | | Bodenart | | | | | | Bodenzustand | | | | | Verhalten bei Beanspruchung | | | | | |
|--|----|----------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------|-----------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|----------|
| | | Probenart | Bohrung Nr. Schurf Nr. | Entnahmetiefe [m] | [%] | [%] | [%] | [t/m ³] | [%] | Boden- gruppe DIN 18 196 | [%] | [%] | [t/m ³] | Boden klasse nach 18 300 | [kN/m ²] | | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [°] | [m/s] | |
| | | | | | Schluff | w _L | I _p | ρ _s | V _{CA} | | w | w _{bg} | ρ | | I _D | E _s | Setzung | Kohäsion | Reibungs- winkel | k | |
| | | | | | Kies | w _p | w _A | w _s | V _{gl} | | I _c | ρ _d | e | | Belastg. 200 | nach 1 min. | c _u | | | | c' |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| U, t'-t, o', f, stf | | UP1 | BK 2 | 3,7 | | | | | | | 19,3 | 36,4 | 2,096 | | | | | | | | 3,70E-10 |
| G, s-s^, u', ger', graubraun | | G | BK2 | 6 | 5 | | 53 | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s-s^, u', ger', graubraun | | G | BK2 | 7,5 | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s-s^, u', ger', graubraun | | G | BK2 | 10,2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s-s^, u', ger', graubraun | | G | BK3 | 11 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s-s^, u', ger', graubraun | | G | BK3 | 4 | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| G, s-s^, u', ger', graubraun | | G | BK3 | 5 | 48 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Summen der Einzelversuche: | | | | | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | | | | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 0 | | 1 | 0 | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-------------|---|-------------|---|-----------|---|-----------------|---|--------------|---|----------------|---|----------------|---|
| Probenarten: | Kernproben: | 0 | ungestörte: | 1 | gestörte: | 3 | Proctor-Proben: | 0 | Misch-Prob.: | 0 | Asphalt-Prob.: | 0 | Proben gesamt: | 4 |
|--------------|-------------|---|-------------|---|-----------|---|-----------------|---|--------------|---|----------------|---|----------------|---|

Projekt: Wächtersbach

Datum Ausdruck: 10.08.2022 Az.: 21/6347
 Datei-Id: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\Kennwerttabellen\Kwt.xlsm\DruckTab (2) Anl.: 3.7

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Bauvorhaben : Wächtersbach
 Umverlegung Gasleitung
 Ausgeführt durch : Vy
 am : 08.07.2022
 Bemerkung :

Bestimmung der Korngrößenverteilung

Naß-/Trockensiebung

nach DIN EN ISO 17892-4

Entnahmestelle : BK1/GWM/22

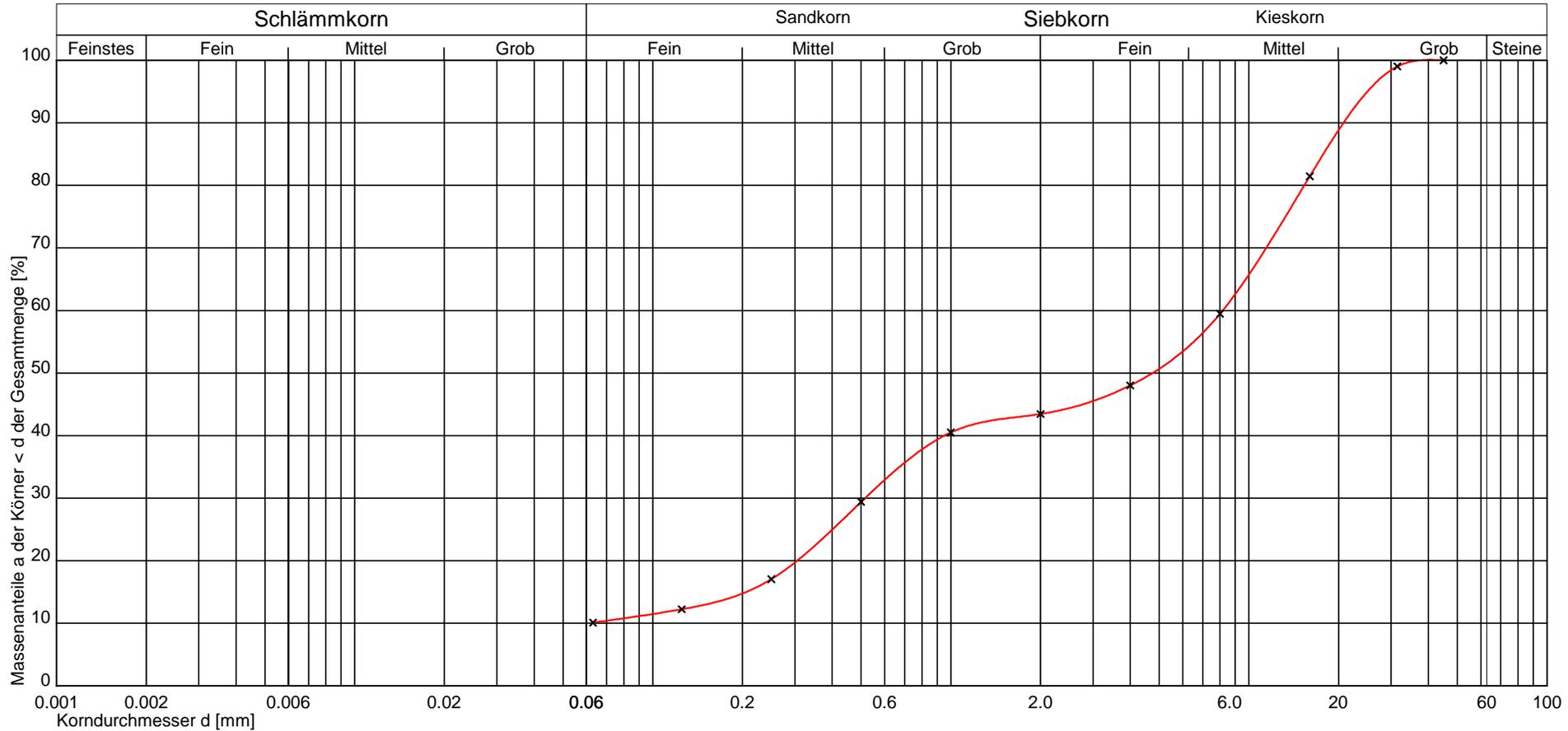
Entnahmetiefe : 5,0 - 6,0 m unter GOK
 Bodenart : G, s-s[^], u'-u, ger', nass

Art der Entnahme : gestört aus Kernkiste
 Entnahme am : 10.-13.06.2022 durch : Fa. Krahl



ETN Erdbaulaboratorium
 Königsberger Str. 9
 35410 Hungen
 Tel.: 06402/5226-0 / Fax.: 98

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Anlage : 3.8
 zu : Gasleitung Wächtersbach



| | |
|------------------------------|---|
| Kurve Nr.: | |
| Arbeitsweise | |
| U = d60/d10 / C _c | |
| Bodengruppe (DIN 18196) | |
| Geologische Bezeichnung | |
| kf-Wert | 2,343 * 10 ⁻⁴ [m/s] nach USBR/Bialas |

Bemerkung (z.B. Kornform)

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Bauvorhaben : Wächtersbach
 Umverlegung Gasleitung
 Ausgeführt durch : Vy
 am : 08.07.2022
 Bemerkung :

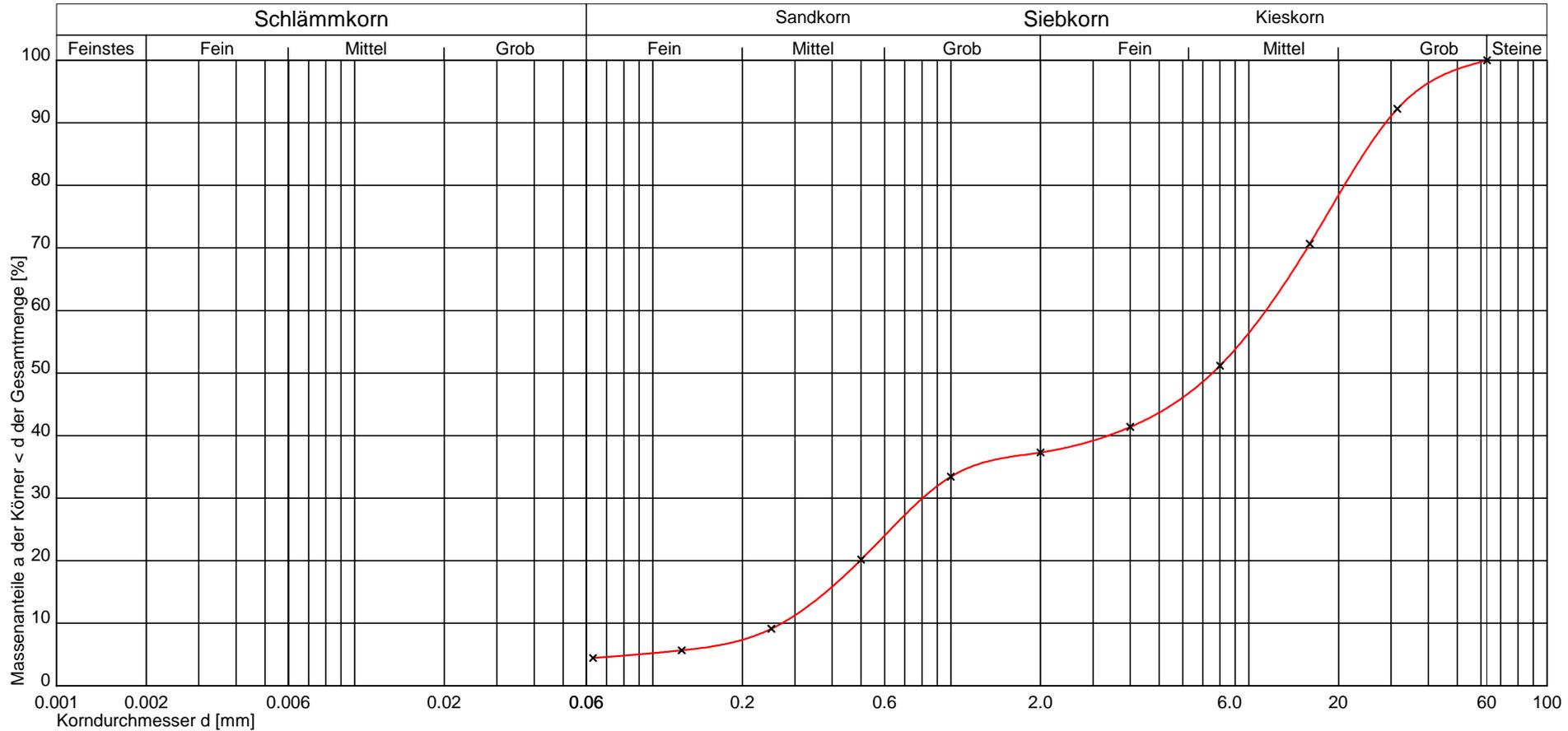
Bestimmung der Korngrößenverteilung
Naß-/Trockensiebung
 nach DIN EN ISO 17892-4

Entnahmestelle : BK2/GWM/22
 Entnahmetiefe : 6,0 - 7,5 m unter GOK
 Bodenart : G, s-s[^], u[^], ger[^]
 Art der Entnahme : Kernbohrung
 Entnahme am : 14.06.2022 durch : Fa. Krahl



ETN Erdbaulaboratorium
 Königsberger Str. 9
 35410 Hungen
 Tel.: 06402/5226-0 / Fax.: 98

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Anlage : 3.9
 zu : Gasleitung Wächtersbach



| | | | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------|--|---------------------------|
| Kurve Nr.: | | | | Bemerkung (z.B. Kornform) |
| Arbeitsweise | | | | |
| U = d60/d10 / C _c | 41,87 | 0,21 | | |
| Bodengruppe (DIN 18196) | | | | |
| Geologische Bezeichnung | | | | |
| kf-Wert | 7,027 * 10 ⁻⁴ | [m/s] nach USBR/Bialas | | |

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Bauvorhaben : Wächtersbach
 Umverlegung Gasleitung
 Ausgeführt durch : Vy
 am : 11.07.2022
 Bemerkung :

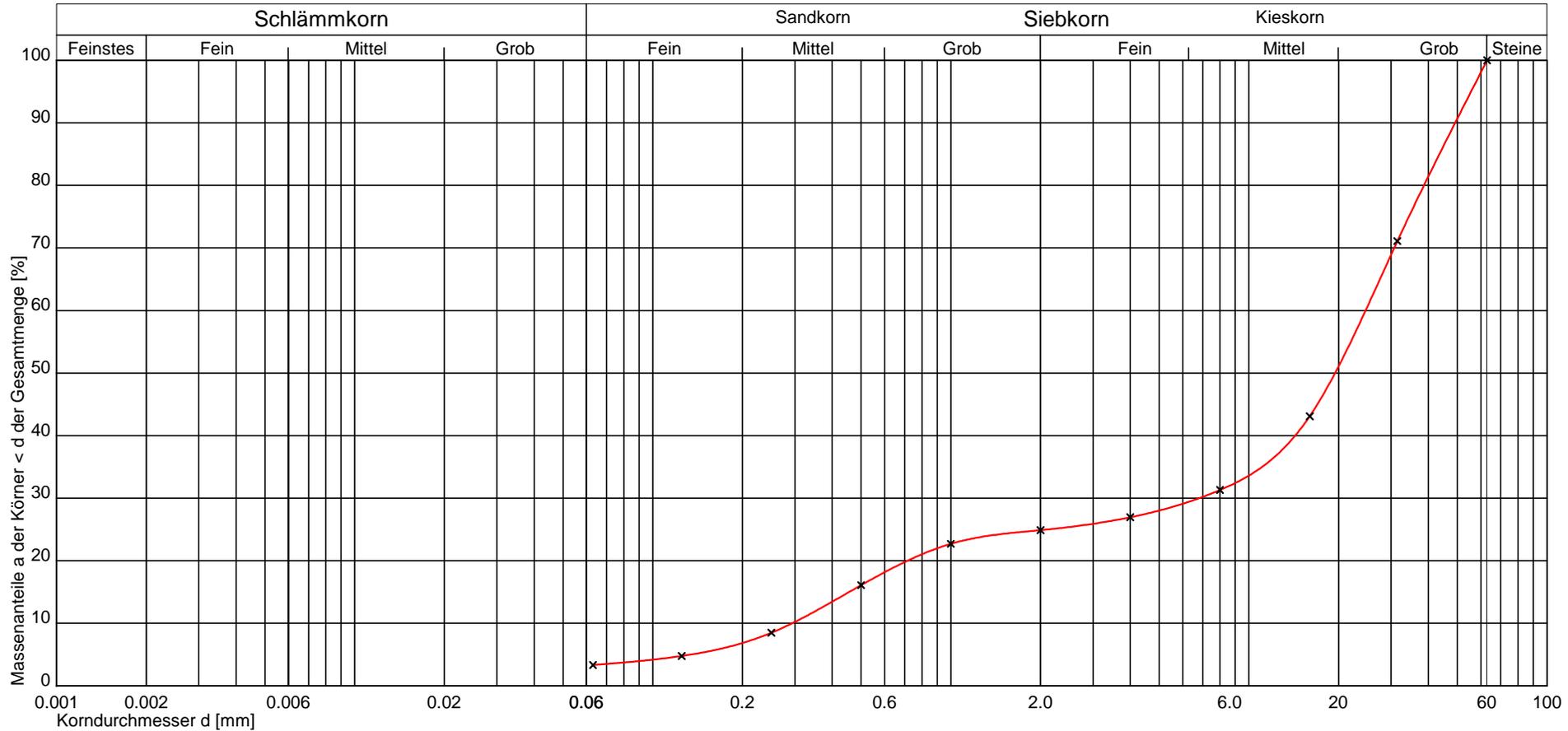
Bestimmung der Korngrößenverteilung
Naß-/Trockensiebung
 nach DIN EN ISO 17892-4

Entnahmestelle : BK2
 Entnahmetiefe : 10,2 - 11,0 m unter GOK
 Bodenart :
 Art der Entnahme : Kernbohrung
 Entnahme am : 14.06.2022 durch : Fa. Krahl



ETN Erdbaulaboratorium
 Königsberger Str. 9
 35410 Hungen
 Tel.: 06402/5226-0 / Fax.: 98

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Anlage : 3.10
 zu : Gasleitung Wächtersbach



| | | | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------|--|---------------------------|
| Kurve Nr.: | | | | Bemerkung (z.B. Kornform) |
| Arbeitsweise | | | | |
| U = d60/d10 / C _c | 84,68 | 6,49 | | |
| Bodengruppe (DIN 18196) | | | | |
| Geologische Bezeichnung | | | | |
| kf-Wert | 1,628 * 10 ⁻³ | [m/s] nach USBR/Bialas | | |

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Bauvorhaben : Wächtersbach
 Umverlegung Gasleitung
 Ausgeführt durch : Vy
 am : 11.07.2022
 Bemerkung :

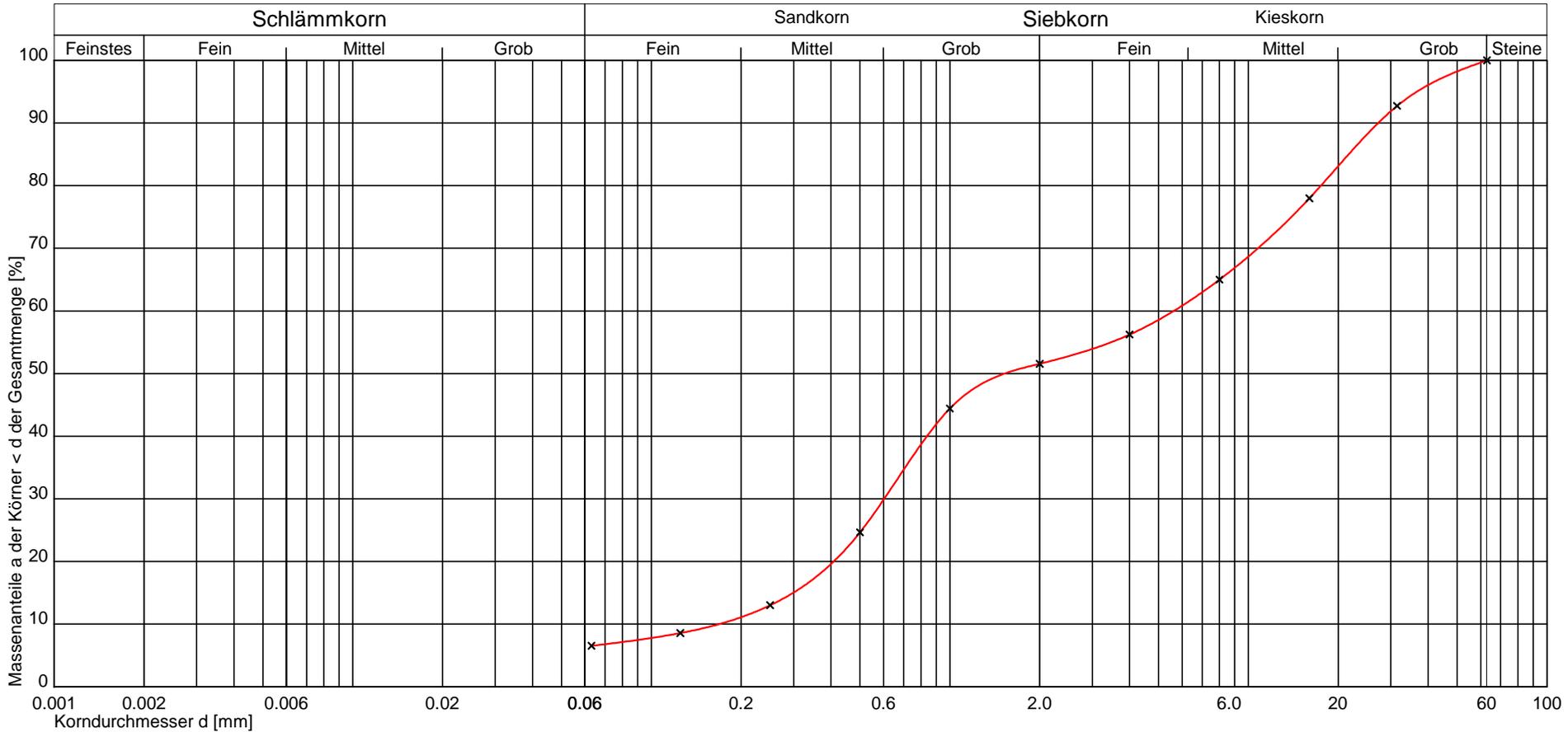
Bestimmung der Korngrößenverteilung
Naß-/Trockensiebung
 nach DIN EN ISO 17892-4

Entnahmestelle : BK3
 Entnahmetiefe : 4,0 - 5,0 m unter GOK
 Bodenart : G, s-s[^], u', ger'
 Art der Entnahme : Kernbohrung
 Entnahme am : 16.06.2022 durch : Fa. Krahl



ETN Erdbaulaboratorium
 Königsberger Str. 9
 35410 Hungen
 Tel.: 06402/5226-0 / Fax.: 98

Prüfungs-Nr. : 21/6347
 Anlage : 3.11
 zu : Gasleitung Wächtersbach



| | | | | |
|------------------------------|--------------------------|------------------------|--|---------------------------|
| Kurve Nr.: | | | | Bemerkung (z.B. Kornform) |
| Arbeitsweise | | | | |
| U = d60/d10 / C _c | 33,46 | 0,38 | | |
| Bodengruppe (DIN 18196) | | | | |
| Geologische Bezeichnung | | | | |
| kf-Wert | 4,513 * 10 ⁻⁴ | [m/s] nach USBR/Bialas | | |

Eigenschaften und Kennwerte zur Beschreibung des Zustandes von Boden und Fels vor dem Lösen mit Erdbaugeräten

| | Oberboden | Boden | Boden | Boden | |
|--|-----------------|------------------------|------------------------------|--|-----------|
| Homogenbereich | 0 | 1 | 2 | 3 | |
| Schicht gem. Ziffer 3.2 | Mu | A | U | G/S | |
| ortsübliche Bezeichnung / Benennung | s. Ziffer 3.2 | s. Ziffer 3.2 | s. Ziffer 3.2 | s. Ziffer 3.2 | |
| Korngrößenverteilung [%] | ≤ 0,06 mm | - | < 70 | 50 bis 90 | < 40 |
| | > 0,06 - 2,0 mm | - | 15 bis 90 | 5 bis 40 | 15 bis 70 |
| | > 2,0 - 63 mm | - | < 20 | < 30 | < 70 |
| | > 63 - 200 mm | < 1 | < 1 | < 2 | < 20 |
| | > 200 - 630 mm | < 1 | < 1 | < 1 | < 5 |
| | > 630 mm | < 1 | < 1 | < 1 | < 5 |
| Dichte, ρ [g/cm³] | - | 1,8 bis 2,1 | 1,8 bis 2,1 | 1,8 bis 2,1 | |
| undrÄnirte Scherfestigkeit, c _u [kPa] | - | 15 bis 100 | < 100 | - | |
| Wassergehalt, w [%] | - | 10 bis 30 | 10 bis 45, tw. wasserföhrend | wasserföhrend | |
| PlastizitÄtszahl, I _p [%] | - | < 30 | 10 bis 40 | - | |
| Konsistenzzahl, I _c [-] | - | 0,7 bis 1,1 | 0,2 bis 1,1 | - | |
| Lagerungsdichte, I _D [%] | - | 40 bis 85 | - | 25 bis 90 | |
| Organischer Anteil, V _{gl} [%] | - | < 2 | < 2 | < 2 | |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | OU/OH | SU/SU ^W /UL | UL/TL/TM/SU ^A | ST/ST ^W /GU/GT ^W /GW | |
| Bodengruppe nach DIN 18915 | 3 bis 5 | - | - | - | |
| Verwitterung / VerÄnderung (Fels) | - | - | - | - | |
| VerÄnderlichkeit (Fels) | - | - | - | - | |
| Einaxiale Druckfestigkeit (Fels) [Mpa] | - | - | - | - | |
| TrennflÄchenrichtung (Fels) | - | - | - | - | |
| TrennflÄchenabstand (Fels) [mm] | - | - | - | - | |
| Gesteinskörperform (Fels) | - | - | - | - | |
| Bemerkungen | - | - | - | - | |

Legende

n.b. = nicht bekannt
- = entfällt

Normen und Empfehlungen um ggf. die Eigenschaften und Kennwerte zu prüfen

- Korngrößenverteilung mit KörnungsbÄndern nach DIN EN ISO 17892-4
- Massenanteile Steine, Blöcke und groÙe Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1
- Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 / DIN 18125-2
- undrÄnirte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 / 18136 / 18137-2
- Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
- PlastizitÄtszahl nach DIN EN ISO 17892-12
- Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12
- Lagerungsdichte nach DIN 18126, Definition DIN EN ISO 14688-2
- Organischer Anteil nach DIN 18128
- Bodengruppe nach DIN 18196
- Bodengruppe nach DIN 18915 nur für Oberboden
- Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1
- Verwitterung und VerÄnderung, VerÄnderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1
- einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins nach DGGT-Empfehlung Nr. 1
- TrennflÄchenrichtung, TrennflÄchenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1



Homogenbereiche für Bohrarbeiten nach DIN 18301

Az.: 21/6347
Anl.: 4.2

Eigenschaften und Kennwerte zur Beschreibung des Zustandes von Boden und Fels vor dem Lösen für Bohrarbeiten

| | Boden | Boden | Boden | | |
|---|---------------------------|-------------------------------|--|-----------|--|
| Homogenbereich | 1 | 2 | 3 | | |
| Schicht gem. Ziffer 3.2 | A | U | G/S | | |
| ortsübliche Bezeichnung / Benennung | s. Ziffer 3.2 | s. Ziffer 3.2 | s. Ziffer 3.2 | | |
| Korngrößenverteilung [%] | ≤ 0,06 mm | < 70 | 50 bis 90 | < 40 | |
| | > 0,06 - 2,0 mm | 15 bis 90 | 5 bis 40 | 15 bis 70 | |
| | > 2,0 - 63 mm | < 20 | < 30 | < 70 | |
| | > 63 - 200 mm | < 1 | < 2 | < 20 | |
| | > 200 - 630 mm | < 1 | < 1 | < 5 | |
| | > 630 mm | < 1 | < 1 | < 5 | |
| Kohäsion, c [kN/m²] | < 10 | < 20 | < 5 | | |
| undrained Scherfestigkeit, c_u [kPa] | 15 bis 100 | < 100 | - | | |
| Wassergehalt, w [%] | 10 bis 30 | 10 bis 45, tlw. wasserführend | wasserführend | | |
| Plastizitätszahl, I_p [%] | < 30 | 10 bis 40 | - | | |
| Konsistenzzahl, I_c [-] | 0,7 bis 1,1 | 0,2 bis 1,1 | - | | |
| Lagerungsdichte, I_D [%] | 40 bis 85 | - | 25 bis 90 | | |
| Abrasivität (s.u.) | kaum bis schwach abrasiv | kaum abrasiv | abrasiv bis stark abrasiv | | |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | SU/SU [^] /SW/UL | UL/TL/TM/SU [^] | ST/ST [^] /GU/GT [^] /GW | | |
| Verwitterung / Veränderung (Fels) | - | - | - | | |
| Veränderlichkeit (Fels) | - | - | - | | |
| Einaxiale Druckfestigkeit (Fels) [Mpa] | - | - | - | | |
| Trennflächenrichtung (Fels) | - | - | - | | |
| Trennflächenabstand (Fels) [mm] | - | - | - | | |
| Gesteinskörperform (Fels) | - | - | - | | |
| Bemerkungen | - | - | - | | |

Legende

n.b. = nicht bekannt
- = entfällt

Normen und Empfehlungen um ggf. die Eigenschaften und Kennwerte zu prüfen

Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN EN ISO 17892-4
 Massenanteile Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1
 Kohäsion nach DIN 18137-1 / DIN 18137-2 / DIN 18137-3
 undrained Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 / 18136 / 18137-2
 Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
 Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12
 Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12
 Lagerungsdichte nach DIN 18126, Definition DIN EN ISO 14688-2
 Abrasivität nach NF P18-579 / NF P94-430-1
 Bodengruppe nach DIN 18196
 Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1
 Verwitterung und Veränderung, Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1
 einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins nach DGGT-Empfehlung Nr. 1
 Trennflächenrichtung, Trennflächenabstand, Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1

Abrasivität

LCPC LAK [g/t]
 0-50
 50-100
 100-250
 250-500
 500-1250
 1250-2000

Cercahr CAI [-]
 0-0,3
 0,3-0,5
 0,5-1,0
 1,0-2,0
 2,0-4,0
 4,0-6,0

Klassifikation
 nicht abrasiv
 kaum abrasiv
 schwach abrasiv
 abrasiv
 stark abrasiv
 extrem abrasiv



Homogenbereiche für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten nach DIN 18304

Az.: 21/6437
Anl.: 4.3

Eigenschaften und Kennwerte zur Beschreibung des Zustandes von Boden und Fels vor den Ramm-, Rüttel- oder Pressarbeiten

| | Boden | Boden | Boden | | |
|---|--------------------------|-------------------------------|--|-----------|--|
| Homogenbereich | 1 | 2 | 3 | | |
| Schicht gem. Ziffer 3.2 | A | U | G/S | | |
| ortsübliche Bezeichnung / Benennung | s. Ziffer 3.2 | s. Ziffer 3.2 | s. Ziffer 3.2 | | |
| Korngrößenverteilung [%] | ≤ 0,06 mm | < 70 | 50 bis 90 | < 40 | |
| | > 0,06 - 2,0 mm | 15 bis 90 | 5 bis 40 | 15 bis 70 | |
| | > 2,0 - 63 mm | < 20 | < 30 | < 70 | |
| | > 63 - 200 mm | < 1 | < 2 | < 20 | |
| | > 200 - 630 mm | < 1 | < 1 | < 5 | |
| | > 630 mm | < 1 | < 1 | < 5 | |
| Wassergehalt, w [%] | 10 bis 30 | 10 bis 45, tlw. wasserführend | wasserführend | | |
| Plastizitätszahl, I_p [%] | < 30 | 10 bis 40 | - | | |
| Konsistenzzahl, I_c [-] | 0,7 bis 1,1 | 0,2 bis 1,1 | - | | |
| Lagerungsdichte, I_D [%] | 40 bis 85 | - | 25 bis 90 | | |
| Bodengruppe nach DIN 18196 | SU/SU ^γ SW/UL | UL/TL/TM/SU [^] | ST/ST ^γ GU/GT ^γ GW | | |
| Einaxiale Druckfestigkeit (Fels) [Mpa] | - | - | - | | |
| Bemerkungen | - | - | - | | |

Legende

n.b. = nicht bekannt
- = entfällt

Normen und Empfehlungen um ggf. die Eigenschaften und Kennwerte zu prüfen

- Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN EN ISO 17892-4
- Massenanteile Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1
- Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
- Plastizitätszahl nach DIN EN ISO 17892-12
- Konsistenzzahl nach DIN EN ISO 17892-12
- Lagerungsdichte nach DIN 18126, Definition DIN EN ISO 14688-2
- Bodengruppe nach DIN 18196
- Benennung von Fels nach DIN EN ISO 14689-1
- einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins nach DGGT-Empfehlung Nr. 1



| | | | | | | |
|---|--|---|------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|  | Prüfbericht über die Prüfung und Beurteilung von Wasser nach dem Referenzverfahren / DIN 4030 Teil 1 und Teil 2 | | Projekt.: 21/6347 | | | |
| | ETN Erdbaulaboratorium Tropp - Neff und Partner / Königsberger Str. 9 / 35410 Hungen Tel.: 06402/5226-0 / Fax.: 06402/5226-98 / email: info@etn-geotechnik.de | | Anl.: 5.1 | | | |
| Allgemeine Angaben | | | Erweiterte Angaben | | | |
| Bauvorhaben: Entnahmedatum: Entnahmezeit: Art des Wassers: Entnahmestelle: Entnahmetiefe: Temperatur: Probennehmer: | Umverlegung Gasleitung bei Wächtersbach 13.07.2022 14:00h Grundwasser BK1/GWM/22 11m u.GOK - Fa. Krahl | Fließrichtung: Fließgeschwindigkeit: Hydrostatischer Druck: Höhe des Wasserspiegels: Geländeverhältnisse: | | | | |
| Wasseranalyse | | | | | | |
| Parameter | Prüfergebnis | Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1 ^(*) bzw. nach DIN 1045 | | | | |
| Farbe Trübung Geruch (unver. Probe) Kaliumpermanganatverbrauch [mg/l] Härte (Gesamthärte) [°dH] Härtehydrogencarbonat [°dH] Differenz zwischen Härte und Härtehydrogencarbonat [°dH] ^(*) | farblos schwach unauffällig 1,0 3,1 2,5 0,6 | Bewertung | sehr stark angreifend | stark angreifend | schwach angreifend | nicht angreifend |
| pH-Wert | 6,20 | schwach angreifend | 0 | 4,5 | 5,5 | 6,5 |
| Magnesium (Mg ²⁺) [mg/l] Ammonium (NH ₄ ⁺) [mg/l] Sulfat (SO ₄ ²⁻) [mg/l] Chlorid (Cl ⁻) [mg/l] Kalklösekapazität (CO ₂) [mg/l] Sulfid (S ²⁻) [mg/l] | 4,20 nn 5,20 13,00 52,80 nn | nicht angreifend nicht angreifend nicht angreifend stark angreifend (XA2) | 0 0 0 0 | ab 300 ab 15 ab 200 ab 15 | ab 1000 ab 30 ab 600 ab 40 | ab 3000 ab 60 ab 3000 ab 100 |
| Abkürzungen: | BG | kleiner Bestimmungsgrenze | nn | nicht nachweisbar | | |
| (*1) Für die Beurteilung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird. Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (bei pH im unteren Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe. | | | | | | |
| (*2) Wurde in früheren Ausgaben der Norm als Nichtcarbonathärte bezeichnet | | | | | | |
| Beurteilung: Das Wasser gilt gemäß DIN 4030 als stark angreifend | | | | | | |
| Datei: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Labor\chemische Analysen\DIN 4030_BK1-GWM-22_Anlage5-1.xls Tabelle1 | | | | | | |

| | | | | | |
|---|--|---|---|---|--|
|  | Prüfbericht über die Prüfung und Beurteilung von Wasser nach dem Referenzverfahren / DIN 4030 Teil 1 und Teil 2 | | Projekt.: 21/6347 | | |
| | ETN Erdbaulaboratorium Tropp - Neff und Partner / Königsberger Str. 9 / 35410 Hungen Tel.: 06402/5226-0 / Fax.: 06402/5226-98 / email: info@etn-geotechnik.de | | Anl.: 5.2 | | |
| Allgemeine Angaben | | | Erweiterte Angaben | | |
| Bauvorhaben: Entnahmedatum: Entnahmezeit: Art des Wassers: Entnahmestelle: Entnahmetiefe: Temperatur: Probennehmer: | Umverlegung Gasleitung bei Wächtersbach 22.06.2022 14:30h Grundwasser BK2/GWM/22 11m u.GOK - Fa. Krahl | Fließrichtung: Fließgeschwindigkeit: Hydrostatischer Druck: Höhe des Wasserspiegels: Geländeverhältnisse: | | | |
| Wasseranalyse | | | | | |
| Parameter | Prüfergebnis | Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030 Teil 1 ^(*) bzw. nach DIN 1045 | | | |
| Farbe Trübung Geruch (unver. Probe) Kaliumpermanganatverbrauch [mg/l] Härte (Gesamthärte) [°dH] Härtehydrogencarbonat [°dH] Differenz zwischen Härte und Härtehydrogencarbonat [°dH] ^(*) | farblos schwach unauffällig 2,4 9,2 7,0 2,2 | Bewertung | sehr stark angreifend stark angreifend schwach angreifend nicht angreifend | 0 4,5 5,5 6,5 | |
| pH-Wert | 6,9 | nicht angreifend | 0 | 4,5 5,5 6,5 | |
| Magnesium (Mg ²⁺) [mg/l] Ammonium (NH ₄ ⁺) [mg/l] Sulfat (SO ₄ ²⁻) [mg/l] Chlorid (Cl ⁻) [mg/l] Kalklösekapazität (CO ₂) [mg/l] Sulfid (S ²⁻) [mg/l] | 16,0 0,4 3,0 54 12,1 nn | nicht angreifend nicht angreifend nicht angreifend nicht angreifend nicht angreifend nn | 0 0 0 0 0 | ab 300 ab 15 ab 200 ab 600 ab 15 ab 40 | ab 1000 ab 30 ab 3000 ab 3000 ab 100 |
| Abkürzungen: | BG | kleiner Bestimmungsgrenze | nn | nicht nachweisbar | |
| (*1) Für die Beurteilung ist der höchste Angriffsgrad maßgebend, auch wenn er nur von einem der Werte erreicht wird. Liegen zwei oder mehr Werte im oberen Viertel eines Bereiches (bei pH im unteren Viertel), so erhöht sich der Angriffsgrad um eine Stufe. | | | | | |
| (*2) Wurde in früheren Ausgaben der Norm als Nichtcarbonathärte bezeichnet | | | | | |
| Beurteilung: Das Wasser gilt gemäß DIN 4030 als nicht angreifend | | | | | |
| Datei: K:\6347_Wächtersbach_Terranets_Umverl_Gasleitung\Laborchemische Analysen\DIN 4030_BK2-GWM-22_Anlage5-2.xls Tabelle1 | | | | | |

Angaben zur Beurteilung von Wässern

Bewertungsziffern gem. Tab. 7 DIN 50 929, Teil 3 zu GW-Probe BK1/GWM/22

| Nr. | Merkmal und Meßwert | Einheit | Bewertungsziffern gem. Tab. 7 DIN 50929, T3 unlegierte Eisen / verzinkter Stahl | |
|-----------------------------------|---|----------------------|---|------------------------------|
| 1 | Wasserart stehendes Gewässer | | N ₁ -1 | M ₁ +1 |
| 2 | Lage des Objektes Wasser/Luft-Bereich | | N ₂ 1 | M ₂ -6 |
| 3 | c(Cl ⁻) + 2 c (SO ₄ ²⁻) | mol / m ³ | N ₃ | M ₃ |
| | 0,475 | | 0 | 0 |
| 4 | Säurekapazität bis pH 4,3 (Alkalität K _{s4,3}) | mol / m ³ | N ₄ | M ₄ |
| | 0,9 | | + 1 | - 1 |
| 5 | c (Ca ²⁺) | mol / m ³ | N ₅ | M ₅ |
| | 0,368 | | - 1 | 0 |
| 6 | pH-Wert | | N ₆ | M ₆ |
| | 6,2 | | - 2 | - 4 |
| 7 | Objekt / Boden-Potential U _H (zur Feststellung von Fremdkathoden) | V | N ₇ | M ₇ |
| | Nicht bestimmt | | keine Bewertung möglich | keine Bewertung möglich |
| Bewertung Wasserprobe GWM: | | | | |
| | $W_o = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3 / N_4$ | | W_o = -3,0 | W_D = -4,0 |
| | $W_1 = W_o - N_1 + N_2 \times N_3$ | | W₁ = -2,0 | W_L = -10,0 |

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen in Wässern bei freier Korrosion im Unterwasserbereich (W_o) und an der Wasser/Luft-Grenze (W₁) gem. Tabelle 8 der DIN 50 929, Teil 3.

| W _o - bzw. W ₁ -Werte | Mulden- und Lochkorrosion | Flächenkorrosion |
|---|---------------------------|--------------------|
| W_o = - 3,0 | gering | sehr gering |
| W₁ = - 2,0 | gering | sehr gering |

Beurteilung der Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen im Unterwasserbereich (W_D) und an der Grenze Wasser/Luft gem. Tabelle 6 der DIN 50929, Teil 3.

| W _D - bzw. W _L -Werte | Ausbildung der Deckschicht im Unterwasserbereich | Ausbildung der Deckschicht an der Wasser/Luft-Grenze |
|---|---|---|
| -4 / -10 | gut | nicht ausreichend |

Angaben zur Beurteilung von Wässern**Bewertungsziffern gem. Tab. 7 DIN 50 929, Teil 3 zu GW-Probe BK2/GWM/22**

| Nr. | Merkmal und Meßwert | Einheit | Bewertungsziffern gem. Tab. 7 DIN 50929, T3 unlegierte Eisen / verzinkter Stahl | |
|-----------------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------|
| 1 | Wasserart stehendes Gewässer | | N ₁ -1 | M ₁ +1 |
| 2 | Lage des Objektes Wasser/Luft-Bereich | | N ₂ 1 | M ₂ -6 |
| 3 | c(Cl ⁻) + 2 c (SO ₄ ²⁻) | mol / m ³ | N ₃ | M ₃ |
| | 7,52 | | - 4 | - 1 |
| 4 | Säurekapazität bis pH 4,3 (Alkalität K _{s4,3}) | mol / m ³ | N ₄ | M ₄ |
| | 2,5 | | + 3 | + 1 |
| 5 | c (Ca ²⁺) | mol / m ³ | N ₅ | M ₅ |
| | 0,965 | | 0 | + 2 |
| 6 | pH-Wert | | N ₆ | M ₆ |
| | 6,9 | | - 1 | - 1 |
| 7 | Objekt / Boden-Potential U _H (zur Feststellung von Fremdkathoden) | V | N ₇ | M ₇ |
| | Nicht bestimmt | | keine Bewertung möglich | keine Bewertung möglich |
| Bewertung Wasserprobe GWM: | | | | |
| | $W_o = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3 / N_4$ | | W_o = -4,3 | W_D = +2,0 |
| | $W_1 = W_o - N_1 + N_2 \times N_3$ | | W₁ = -7,3 | W_L = -4,0 |

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen in Wässern bei freier Korrosion im Unterwasserbereich (W_o) und an der Wasser/Luft-Grenze (W₁) gem. Tabelle 8 der DIN 50 929, Teil 3.

| W _o - bzw. W ₁ -Werte | Mulden- und Lochkorrosion | Flächenkorrosion |
|---|---------------------------|--------------------|
| W_o = - 4,3 | mittel | gering |
| W₁ = - 7,3 | mittel | sehr gering |

Beurteilung der Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen im Unterwasserbereich (W_D) und an der Grenze Wasser/Luft gem. Tabelle 6 der DIN 50929, Teil 3.

| W _D - bzw. W _L -Werte | Ausbildung der Deckschicht im Unterwasserbereich | Ausbildung der Deckschicht an der Wasser/Luft-Grenze |
|---|---|---|
| -0,5 | sehr gut | gut |

Angaben zur Beurteilung von Wässern**Bewertungsziffern gem. Tab. 7 DIN 50 929, Teil 3 zu GW-Probe BK2/GWM/22**

| Nr. | Merkmal und Meßwert | Einheit | Bewertungsziffern gem. Tab. 7 DIN 50929, T3 unlegierte Eisen / verzinkter Stahl | |
|-----------------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------|
| 1 | Wasserart stehendes Gewässer | | N ₁ -1 | M ₁ +1 |
| 2 | Lage des Objektes Wasser/Luft-Bereich | | N ₂ 1 | M ₂ -6 |
| 3 | c(Cl ⁻) + 2 c (SO ₄ ²⁻) | mol / m ³ | N ₃ | M ₃ |
| | 7,52 | | - 4 | - 1 |
| 4 | Säurekapazität bis pH 4,3 (Alkalität K _{s4,3}) | mol / m ³ | N ₄ | M ₄ |
| | 2,5 | | + 3 | + 1 |
| 5 | c (Ca ²⁺) | mol / m ³ | N ₅ | M ₅ |
| | 0,965 | | 0 | + 2 |
| 6 | pH-Wert | | N ₆ | M ₆ |
| | 6,9 | | - 1 | - 1 |
| 7 | Objekt / Boden-Potential U _H (zur Feststellung von Fremdkathoden) | V | N ₇ | M ₇ |
| | Nicht bestimmt | | keine Bewertung möglich | keine Bewertung möglich |
| Bewertung Wasserprobe GWM: | | | | |
| | $W_o = N_1 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_3 / N_4$ | | W_o = -4,3 | W_D = +2,0 |
| | $W_1 = W_o - N_1 + N_2 \times N_3$ | | W₁ = -7,3 | W_L = -4,0 |

Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit von unlegierten und niedriglegierten Stählen in Wässern bei freier Korrosion im Unterwasserbereich (W_o) und an der Wasser/Luft-Grenze (W₁) gem. Tabelle 8 der DIN 50 929, Teil 3.

| W _o - bzw. W ₁ -Werte | Mulden- und Lochkorrosion | Flächenkorrosion |
|---|---------------------------|--------------------|
| W_o = - 4,3 | mittel | gering |
| W₁ = - 7,3 | mittel | sehr gering |

Beurteilung der Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen im Unterwasserbereich (W_D) und an der Grenze Wasser/Luft gem. Tabelle 6 der DIN 50929, Teil 3.

| W _D - bzw. W _L -Werte | Ausbildung der Deckschicht im Unterwasserbereich | Ausbildung der Deckschicht an der Wasser/Luft-Grenze |
|---|---|---|
| -0,5 | sehr gut | gut |



Quality of Life

WESSLING GmbH
Rudolf-Diesel-Str. 23 · 64331 Weiterstadt
www.wessling.de

WESSLING GmbH, Rudolf-Diesel-Str. 23, 64331 Weiterstadt

ETN Erdbaulaboratorium
Tropp-Neff u. Partner
Herr Dipl.-Geol. Münter
Königsberger Str. 9
35410 Hungen

Geschäftsfeld: Umwelt
Ansprechpartner: V. Jourdan
Durchwahl: +49 6151 3 636 21
E-Mail: volker.jourdan@wessling.de

Prüfbericht

Prüfbericht Nr.: CRM22-007634-1

Datum: 07.07.2022

Auftrag Nr.: CRM-02138-22

Auftrag: ETN-Projektnr.: 22/6347
Projekt: Wächtersbach, Umverlegung Gasleitung HD9502

i.A.

David Machoczek
Sachverständiger Umwelt und Wasser
M. Sc. Angewandte Geowissenschaften



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PI-14162-01-00

Die mit A gekennzeichneten Verfahren beziehen sich auf die Akkreditierung nach ISO/IEC 17025 des in der Legende beschriebenen Standorts der WESSLING Gruppe. Die Akkreditierung gilt nur für den in der jeweiligen Urkundenanlage (siehe Akkreditierungsnummer) aufgeführten Akkreditierungsumfang. Diese können unter <https://wessling-group.com> abgerufen werden. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
Anna Weßling, Florian
Weßling,
Stefan Steinhardt
HRB 1953 AG Steinfurt

Probeninformation

| | |
|---------------------|---|
| Probe Nr. | 22-097339-01 |
| Bezeichnung | BK1/GWM/22 |
| Probenart | Grundwasser |
| Probenahme durch | Auftraggeber |
| Probenmenge | ca. 2,94 l |
| Probengefäß | 1 x 1 l BG 1 x 0,5 l BG 2 x 0,25 l BG 1 x 0,25 l PE 4 x 100 ml PE 2 x 20 ml HS |
| Eingangsdatum | 24.06.2022 |
| Untersuchungsbeginn | 24.06.2022 |
| Untersuchungsende | 06.07.2022 |

Physikalische Untersuchung

| | 22-097339-01 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|-----------------------------------|---------------------|---------|-------|---|----|
| Farbe | farblos | | W/E | WES 090 (2016-03) | HA |
| Trübung | klar | | W/E | WES 090 (2016-03) | HA |
| pH-Wert | 6,2 | | W/E | DIN EN ISO 10523 (2012-04) ^A | HA |
| Messtemperatur pH-Wert | 25,6 | °C | W/E | DIN EN ISO 10523 (2012-04) ^A | HA |
| Leitfähigkeit [25°C], elektrische | 170 | µS/cm | W/E | DIN EN 27888 (1993-11) ^A | HA |
| Redoxpotential vs. NHE | 448 | mV | W/E | DIN 38404 C6 (1984-05) ^A | HA |
| Säurekapazität, pH 4,3 | 0,9 | mmol/l | W/E | DIN 38409 H7 (2005-12) ^A | HA |

Kationen, Anionen und Nichtmetalle

| | 22-097339-01 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|--|---------------------|--------------------|-------|---|----|
| Ammonium (NH ₄) | <0,05 | mg/l | W/E | DIN 38406 E5-1 (1983-10) ^A | HA |
| Härtehydrogencarbonat | 2,52 | °dH | W/E | DIN 38405 D8 (1971) ^A | HA |
| Gesamthärte | 3,1 | °dH | W/E | DIN 38409-6 mod. (1986-01) ^A | HA |
| Kohlensäure (CO ₂), aggressive | 52,8 | mg/l | W/E | DIN 38404-10-M4 (1995-04) ^A | HA |
| Permanganat-Index | 1,0 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 8467 (1995-05) ^A | HA |
| Sulfid (S), gelöst | <0,04 | mg/l | W/E | DIN 38405 D26 (1989-04) ^A | HA |
| Chlorid (Cl) | 13 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Sulfat (SO ₄) | 5,2 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Chlorid (Cl) | 0,367 | mol/m ³ | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Sulfat (SO ₄) | 0,0541 | mol/m ³ | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Calcium (Ca) | 0,368 | mol/m ³ | W/E | DIN EN ISO 11885 (2009-09) ^A | HA |

Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX)

| | 22-097339-01 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|---------------------------|--------------|---------|-------|-------------------------------------|----|
| Benzol | <0,3 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| Toluol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| Ethylbenzol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| m-, p-Xylol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| o-Xylol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| Summe nachgewiesener BTEX | -/- | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

| | 22-097339-01 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|---|--------------|---------|-------|---|----|
| Vinylchlorid | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Dichlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| cis-1,2-Dichlorethen | 0,6 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| trans-1,2-Dichlorethen | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Trichlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,1-Trichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Tetrachlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Trichlorethen | 0,8 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Tetrachlorethen | 2 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Chlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Trichlorfluormethan (Frigen 11) | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,2-Trichlor - 1,2,2-trifluorethan (Frigen 113) | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1-Dichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,2-Dichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Dibromchlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Brommethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1-Dichlorethen | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Tribrommethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Bromdichlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,1,2-Tetrachlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,2,2-Tetrachlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,2-Trichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Summe nachgewiesener LHKW | 3 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Summe THM ber. als CHCl ₃ | -/- | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Summe aus Tri- und Tetrachlorethen | 3 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14162-01-00

Die mit A gekennzeichneten Verfahren beziehen sich auf die Akkreditierung nach ISO/IEC 17025 des in der Legende beschriebenen Standorts der WESSLING Gruppe. Die Akkreditierung gilt nur für den in der jeweiligen Urkundenanlage (siehe Akkreditierungsnummer) aufgeführten Akkreditierungsumfang. Diese können unter <https://wessling-group.com> abgerufen werden. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
Anna Weßling, Florian
Weßling,
Stefan Steinhart
HRB 1953 AG Steinfurt

Summenparameter

| | 22-097339-01 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|-------------------------|--------------|---------|-------|---|----|
| Kohlenwasserstoff-Index | <0,1 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 9377-2 (2001-07) ^A | RM |

Elemente

| | 22-097339-01 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|----------------|--------------|---------|-------|--|----|
| Calcium (Ca) | 15 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 17294-2 (2017-01) ^A | HA |
| Magnesium (Mg) | 4,2 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 17294-2 (2017-01) ^A | HA |

Probeninformation

| | |
|---------------------|---|
| Probe Nr. | 22-097339-02 |
| Bezeichnung | BK2/GWM/22 |
| Probenart | Grundwasser |
| Probenahme durch | Auftraggeber |
| Probenmenge | ca. 2,94 l |
| Probengefäß | 1 x 1 l BG 1 x 0,5 l BG 2 x 0,25 l BG 1 x 0,25 l PE 4 x 100 ml PE 2 x 20 ml HS |
| Eingangsdatum | 24.06.2022 |
| Untersuchungsbeginn | 24.06.2022 |
| Untersuchungsende | 06.07.2022 |

Physikalische Untersuchung

| | 22-097339-02 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|-----------------------------------|---------------------|---------|-------|---|----|
| Farbe | farblos | | W/E | WES 090 (2016-03) | HA |
| Trübung | klar | | W/E | WES 090 (2016-03) | HA |
| pH-Wert | 6,9 | | W/E | DIN EN ISO 10523 (2012-04) ^A | HA |
| Messtemperatur pH-Wert | 25,7 | °C | W/E | DIN EN ISO 10523 (2012-04) ^A | HA |
| Leitfähigkeit [25°C], elektrische | 427 | µS/cm | W/E | DIN EN 27888 (1993-11) ^A | HA |
| Redoxpotential vs. NHE | 438 | mV | W/E | DIN 38404 C6 (1984-05) ^A | HA |
| Säurekapazität, pH 4,3 | 2,5 | mmol/l | W/E | DIN 38409 H7 (2005-12) ^A | HA |

Kationen, Anionen und Nichtmetalle

| | 22-097339-02 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|--|---------------------|--------------------|-------|---|----|
| Ammonium (NH ₄) | 0,42 | mg/l | W/E | DIN 38406 E5-1 (1983-10) ^A | HA |
| Härtehydrogencarbonat | 7 | °dH | W/E | DIN 38405 D8 (1971) ^A | HA |
| Gesamthärte | 9,2 | °dH | W/E | DIN 38409-6 mod. (1986-01) ^A | HA |
| Kohlensäure (CO ₂), aggressive | 12,1 | mg/l | W/E | DIN 38404-10-M4 (1995-04) ^A | HA |
| Permanganat-Index | 2,4 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 8467 (1995-05) ^A | HA |
| Sulfid (S), gelöst | <0,04 | mg/l | W/E | DIN 38405 D26 (1989-04) ^A | HA |
| Chlorid (Cl) | 54 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Sulfat (SO ₄) | 3,0 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Chlorid (Cl) | 1,52 | mol/m ³ | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Sulfat (SO ₄) | 0,0312 | mol/m ³ | W/E | DIN EN ISO 10304-1 (2009-07) ^A | RM |
| Calcium (Ca) | 0,965 | mol/m ³ | W/E | DIN EN ISO 11885 (2009-09) ^A | HA |

Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX)

| | 22-097339-02 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|---------------------------|--------------|---------|-------|-------------------------------------|----|
| Benzol | <0,3 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| Toluol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| Ethylbenzol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| m-, p-Xylol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| o-Xylol | <0,5 | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |
| Summe nachgewiesener BTEX | -/- | µg/l | W/E | DIN 38407 F9 (1991-05) ^A | RM |

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW)

| | 22-097339-02 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|---|--------------|---------|-------|---|----|
| Vinylchlorid | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Dichlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| cis-1,2-Dichlorethen | 1 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| trans-1,2-Dichlorethen | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Trichlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,1-Trichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Tetrachlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Trichlorethen | 5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Tetrachlorethen | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Chlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Trichlorfluormethan (Frigen 11) | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,2-Trichlor - 1,2,2-trifluorethan (Frigen 113) | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1-Dichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,2-Dichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Dibromchlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Brommethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1-Dichlorethen | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Tribrommethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Bromdichlormethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,1,2-Tetrachlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,2,2-Tetrachlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| 1,1,2-Trichlorethan | <0,5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Summe nachgewiesener LHKW | 6 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Summe THM ber. als CHCl ₃ | -/- | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |
| Summe aus Tri- und Tetrachlorethen | 5 | µg/l | W/E | DIN EN ISO 10301 (1997-08) ^A | RM |



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14162-01-00

Die mit A gekennzeichneten Verfahren beziehen sich auf die Akkreditierung nach ISO/IEC 17025 des in der Legende beschriebenen Standorts der WESSLING Gruppe. Die Akkreditierung gilt nur für den in der jeweiligen Urkundenanlage (siehe Akkreditierungsnummer) aufgeführten Akkreditierungsumfang. Diese können unter <https://wessling-group.com> abgerufen werden. Prüfberichte dürfen ohne Genehmigung der WESSLING GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfobjekte.

Geschäftsführer:
Anna Weßling, Florian Weßling,
Stefan Steinhardt
HRB 1953 AG Steinfurt

Summenparameter

| | 22-097339-02 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|-------------------------|--------------|---------|-------|---|----|
| Kohlenwasserstoff-Index | <0,1 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 9377-2 (2001-07) ^A | RM |

Elemente

| | 22-097339-02 | Einheit | Bezug | Methode | aS |
|----------------|--------------|---------|-------|--|----|
| Calcium (Ca) | 39 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 17294-2 (2017-01) ^A | HA |
| Magnesium (Mg) | 16 | mg/l | W/E | DIN EN ISO 17294-2 (2017-01) ^A | HA |

Norm

DIN 38409-6 mod. (1986-01)

Modifikation

Modifikation: Bestimmung des Calcium- und Magnesium-Gehaltes mit der ICP-OES oder ICP-MS

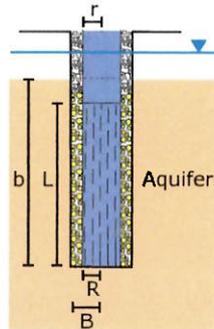
Legende

| | | | | | |
|-----------|---|------------|----------------|-----------|------------------------|
| aS | ausführender Standort | W/E | Wasser / Eluat | HA | WESSLING GmbH Hannover |
| RM | WESSLING GmbH Rhein-Main (Weiterstadt) | | | | |

|  GeoLogik Software www.geologik.com | | | | Pumpversuchsauswertung | | | |
|--|------------|---------------------------------------|---------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | | | Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung | | | |
| | | | | Projekt-Nr: 21/6347 | | | |
| Ort: 63607 Wächtersbach | | | | Pumpversuch: BK1/GMW1/22 | | Pumpbrunnen: BK1GWM | |
| Durchgeführt von: ETN | | | | Versuchsdatum: 21.06.2022 | | | |
| Aquifermächtigkeit: 4,00 m | | Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h] | | | | | |
| Bezeichnung | Bearbeiter | Datum | Auswertmethode | Brunnen | T [m²/s] | K [m/s] | S |
| Wiederanstieg | Lu | 28.07.2022 | THEIS Wiederanstieg | BK1GWM | $5,92 \times 10^{-4}$ | $1,48 \times 10^{-4}$ | |
| Theis | Lu | 28.07.2022 | THEIS | KRB1P | $3,29 \times 10^{-4}$ | $8,23 \times 10^{-5}$ | $2,87 \times 10^{-2}$ |
| Durchschnitt | | | | | $4,60 \times 10^{-4}$ | $1,15 \times 10^{-4}$ | $2,87 \times 10^{-2}$ |

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Brunnen | |
| Projekt: | Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung |
| Projekt-Nr: | 21/6347 |
| Auftraggeber: | |

Ort: 63607 Wächtersbach



| Bezeichnung | X [m] | Y [m] | Höhe (NN) [m] | Ausbau | R [m] | L [m] | b [m] |
|-------------|------------|------------|---------------|--------------|--------|-------|-------|
| BK1GWM | 3520963,36 | 5567853,25 | 139,31 | vollkommen | 0,0625 | 5 | 5 |
| KRB1P | 3520952,79 | 5567870,12 | 139,61 | unvollkommen | 0,025 | 2,2 | 2,2 |
| KRB2P | 3520995,52 | 5567899,25 | 139,89 | unvollkommen | 0,025 | 0,3 | 0,3 |

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK1/GMW1/22

Pumpbrunnen: BK1GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 21.06.2022

Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h]

Beobachtungsbrunnen: BK1GWM

Ruhewasser [m]: 2,31

Abstand zum Pumpbr. [m]: -

| | Zeit [h] | Wasserspiegel [m] | Absenkung [m] |
|----|----------|-------------------|---------------|
| 1 | 0,0083 | 4,05 | 1,74 |
| 2 | 0,0167 | 4,53 | 2,22 |
| 3 | 0,0333 | 4,93 | 2,62 |
| 4 | 0,05 | 5,12 | 2,81 |
| 5 | 0,0666 | 5,19 | 2,88 |
| 6 | 0,0833 | 5,20 | 2,89 |
| 7 | 0,1 | 5,20 | 2,89 |
| 8 | 0,1166 | 5,20 | 2,89 |
| 9 | 0,1333 | 5,20 | 2,89 |
| 10 | 0,15 | 5,20 | 2,89 |
| 11 | 0,1666 | 5,20 | 2,89 |
| 12 | 0,2 | 6,92 | 4,61 |
| 13 | 0,2333 | 7,02 | 4,71 |
| 14 | 0,2666 | 7,02 | 4,71 |
| 15 | 0,3 | 7,08 | 4,77 |
| 16 | 0,333 | 7,12 | 4,81 |
| 17 | 0,5 | 7,40 | 5,09 |
| 18 | 0,666 | 7,65 | 5,34 |
| 19 | 0,8 | 9,18 | 6,87 |
| 20 | 1 | 8,82 | 6,51 |
| 21 | 1,35 | 8,88 | 6,57 |
| 22 | 2,533 | 8,90 | 6,59 |
| 23 | 3 | 8,88 | 6,57 |
| 24 | 3,667 | 8,87 | 6,56 |
| 25 | 3,67 | 5,50 | 3,19 |
| 26 | 3,674 | 4,72 | 2,41 |
| 27 | 3,683 | 3,90 | 1,59 |
| 28 | 3,699 | 3,30 | 0,99 |
| 29 | 3,716 | 3,15 | 0,84 |
| 30 | 3,732 | 3,06 | 0,75 |
| 31 | 3,749 | 3,00 | 0,69 |
| 32 | 3,766 | 2,96 | 0,65 |
| 33 | 3,783 | 2,92 | 0,61 |
| 34 | 3,799 | 2,88 | 0,57 |
| 35 | 3,816 | 2,84 | 0,53 |
| 36 | 3,833 | 2,81 | 0,50 |
| 37 | 3,866 | 2,74 | 0,43 |
| 38 | 3,899 | 2,70 | 0,39 |
| 39 | 3,933 | 2,66 | 0,35 |
| 40 | 3,966 | 2,62 | 0,31 |
| 41 | 3,999 | 2,56 | 0,25 |
| 42 | 4,16 | 2,47 | 0,16 |
| 43 | 4,333 | 2,43 | 0,12 |
| 44 | 4,499 | 2,40 | 0,09 |
| 45 | 4,666 | 2,37 | 0,06 |
| 46 | 24,5 | 2,26 | -0,05 |

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach Pumpversuch: BK1/GMW1/22 Pumpbrunnen: BK1GWM

Durchgeführt von: ETN Versuchsdatum: 21.06.2022 Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h]

Beobachtungsbrunnen: KRB1P Ruhewasser [m]: 2,29 Abstand zum Pumpbr. [m]: 19,91

| | Zeit [h] | Wasserspiegel [m] | Absenkung [m] |
|----|----------|-------------------|---------------|
| 1 | 0,666 | 2,30 | 0,01 |
| 2 | 1,0833 | 2,30 | 0,01 |
| 3 | 1,6 | 2,31 | 0,02 |
| 4 | 2,033 | 2,32 | 0,03 |
| 5 | 2,5 | 2,36 | 0,07 |
| 6 | 3 | 2,49 | 0,20 |
| 7 | 3,466 | 2,63 | 0,34 |
| 8 | 3,667 | 2,67 | 0,38 |
| 9 | 3,75 | 2,68 | 0,39 |
| 10 | 3,833 | 2,67 | 0,38 |
| 11 | 3,9166 | 2,66 | 0,37 |
| 12 | 4 | 2,65 | 0,36 |
| 13 | 4,5 | 2,61 | 0,32 |
| 14 | 4,666 | 2,58 | 0,29 |
| 15 | 4,833 | 2,54 | 0,25 |
| 16 | 5 | 2,52 | 0,23 |

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK1/GMW1/22

Pumpbrunnen: BK1GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 21.06.2022

Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h]

Beobachtungsbrunnen: KRB2P

Ruhewasser [m]: 2,37

Abstand zum Pumpbr. [m]: 56,13

| | Zeit [h] | Wasserspiegel [m] | Absenkung [m] |
|----|-------------|----------------------|------------------|
| 1 | 0,1666 | 2,375 | 0,005 |
| 2 | 2,5 | 2,375 | 0,005 |
| 3 | 3 | 2,38 | 0,01 |
| 4 | 3,466 | 2,38 | 0,01 |
| 5 | 3,667 | 2,38 | 0,01 |
| 6 | 3,75 | 2,38 | 0,01 |
| 7 | 3,833 | 2,38 | 0,01 |
| 8 | 3,9166 | 2,38 | 0,01 |
| 9 | 4 | 2,38 | 0,01 |
| 10 | 4,5 | 2,38 | 0,01 |
| 11 | 4,666 | 2,38 | 0,01 |
| 12 | 4,833 | 2,38 | 0,01 |
| 13 | 5 | 2,38 | 0,01 |
| 14 | 24,5 | 2,38 | 0,01 |

| | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Pumpversuch - Förderraten | | Seite 1 von 1 |
| Projekt: | Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung | |
| Projekt-Nr: | 21/6347 | |
| Auftraggeber: | | |

| | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Ort: 63607 Wächtersbach | Pumpversuch: BK1/GMW1/22 | Pumpbrunnen: BK1GWM |
| Durchgeführt von: ETN | Versuchsdatum: 21.06.2022 | Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h] |
| Beobachtungsbrunnen: BK1GWM | | Abstand zum Pumpbr. [m]: - |

| | Zeit [h] | Förderrate [m³/h] |
|---|----------|-------------------|
| 1 | 0,17 | 0,40 |
| 2 | 0,5 | 9,00 |
| 3 | 1,08 | 9,20 |
| 4 | 3,667 | 8,70 |

Pumpversuchsauswertung

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK1/GMW1/22

Pumpbrunnen: BK1GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 21.06.2022

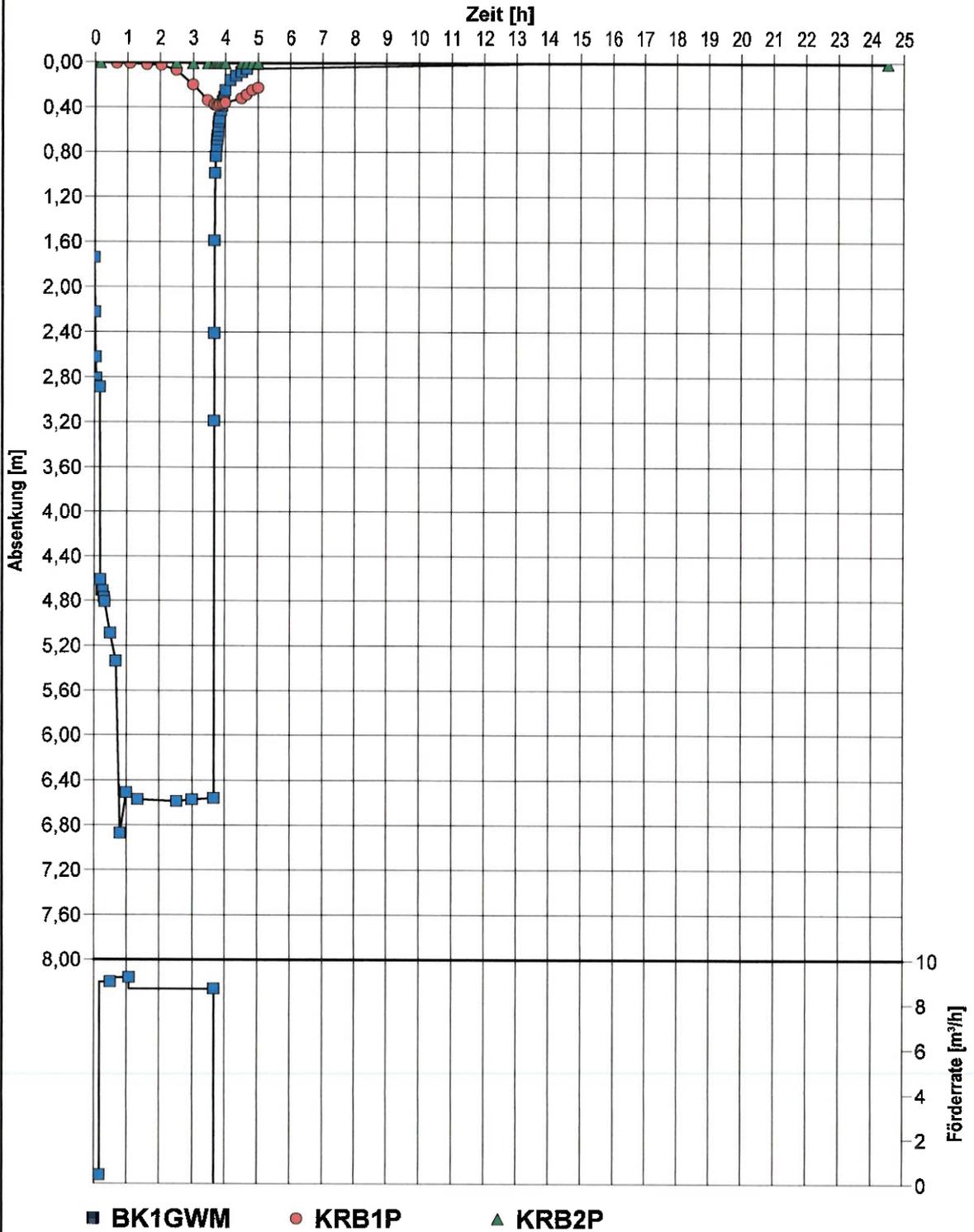
Bearbeiter: Lu

Ganglinie

Datum: 28.07.2022

Aquifermächtigkeit: 4,00 m

Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h]



Pumpversuchsauswertung

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK1/GMW1/22

Pumpbrunnen: BK1GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 21.06.2022

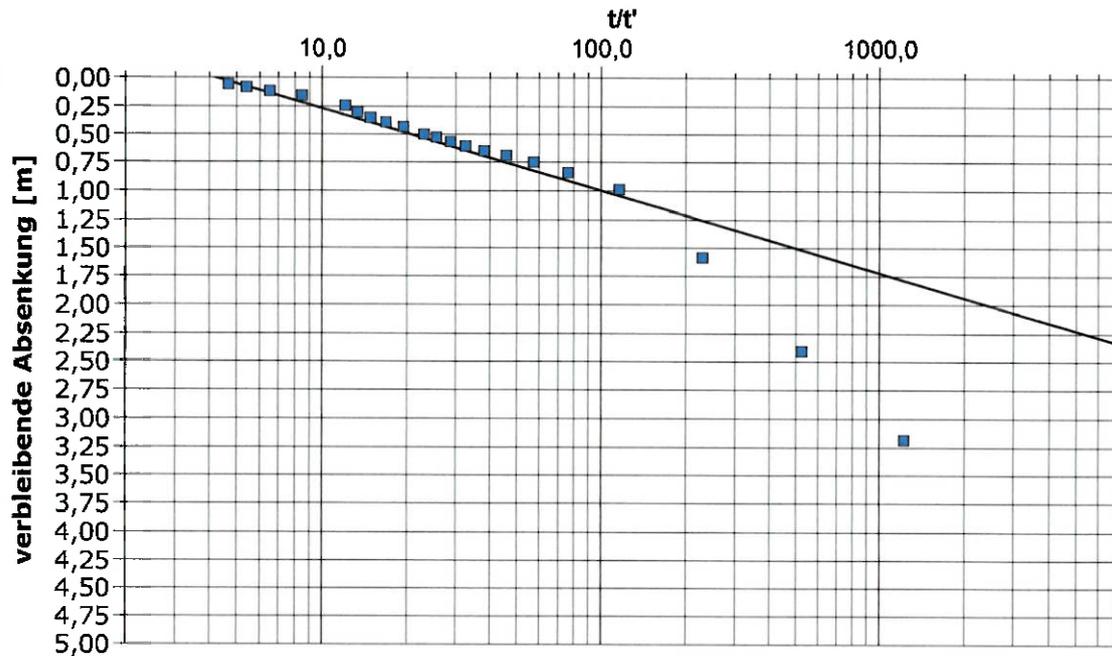
Bearbeiter: Lu

Wiederanstieg

Datum: 28.07.2022

Aquifermächtigkeit: 4,00 m

Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h]



Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

| Beobachtungsbrunnen | Transmissivität [m²/s] | Hydraul. Durchlässigkeit [m/s] | Abstand zum Pumpbr. [m] |
|---------------------|------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| BK1GWM | $5,92 \times 10^{-4}$ | $1,48 \times 10^{-4}$ | 0,06 |

Pumpversuchsauswertung

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK1/GMW1/22

Pumpbrunnen: BK1GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 21.06.2022

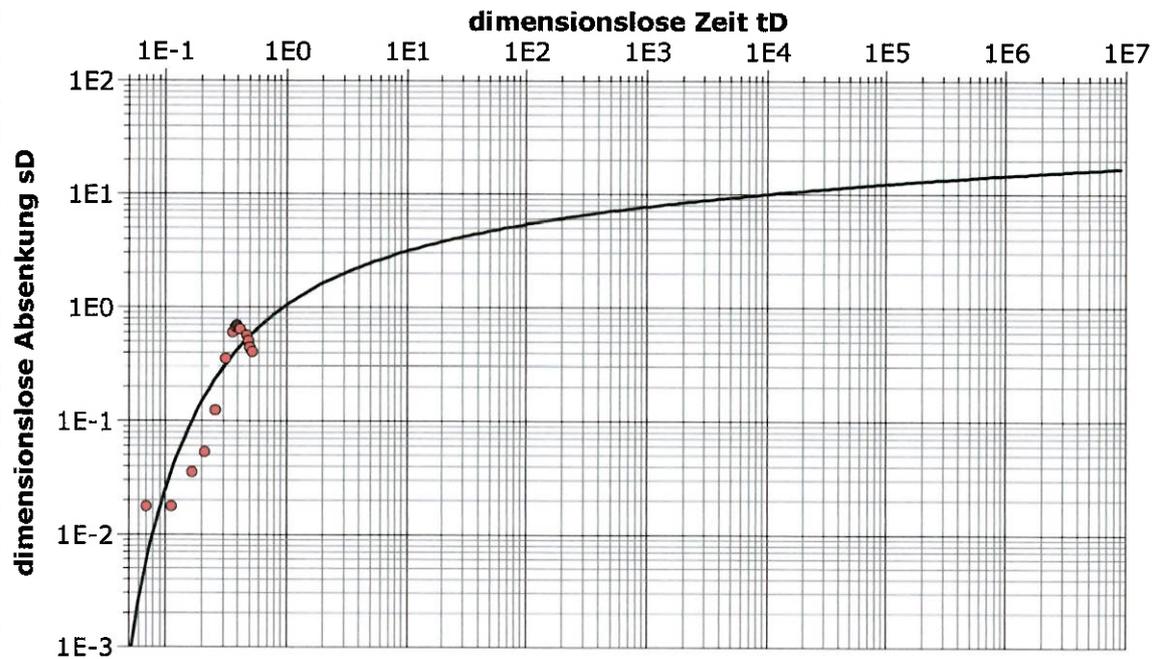
Bearbeiter: Lu

Theis

Datum: 28.07.2022

Aquifermächtigkeit: 4,00 m

Förderrate: variabel, Ø 8,4213 [m³/h]



Berechnungsergebnisse nach THEIS

| Beobachtungsbrunnen | Transmissivität [m²/s] | Hydraul. Durchlässigkeit [m/s] | Speicherkoeffizient | Abstand zum Pumpbr. [m] |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| KRB1P | $3,29 \times 10^{-4}$ | $8,23 \times 10^{-5}$ | $2,87 \times 10^{-2}$ | 19,91 |

GeoLogik Software
www.geologik.com

Pumpversuchsauswertung

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK2/GWM/22

Pumpbrunnen: BK2GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 22.06.2022

Aquifermächtigkeit: 8,00 m

Förderrate: variabel, Ø 5,4331 [m³/h]

| Bezeichnung | Bearbeiter | Datum | Auswertmethode | Brunnen | T [m²/s] | K [m/s] | S |
|---------------|------------|------------|---------------------|---------|-----------------------|-----------------------|---|
| Wiederanstieg | Lu | 28.07.2022 | THEIS Wiederanstieg | BK2GWM | $2,02 \times 10^{-4}$ | $2,52 \times 10^{-5}$ | |

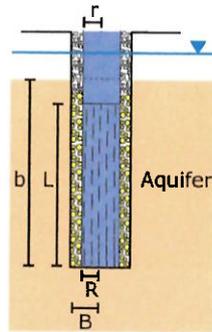
Brunnen

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach



| Bezeichnung | X [m] | Y [m] | Höhe (NN) [m] | Ausbau | R [m] | L [m] | b [m] |
|-------------|------------|------------|---------------|--------------|--------|-------|-------|
| BK2GWM | 3521375,77 | 5568371,94 | 141,1 | unvollkommen | 0,0625 | 7,2 | 7,2 |
| KRB7P | 3521303,62 | 5568298,75 | 140,64 | unvollkommen | 0,025 | 1,6 | 1,6 |

| | | | |
|--|----------|--|---------------------------------------|
|  GeoLogik Software www.geologik.com | | Pumpversuch - Messwertprotokoll Seite 1 von 1 | |
| | | Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung | |
| | | Projekt-Nr: 21/6347 | |
| Auftraggeber: | | | |
| Ort: 63607 Wächtersbach | | Pumpversuch: BK2/GWM/22 | Pumpbrunnen: BK2GWM |
| Durchgeführt von: ETN | | Versuchsdatum: 22.06.2022 | Förderrate: variabel, Ø 5,4331 [m³/h] |
| Beobachtungsbrunnen: BK2GWM | | Ruhewasser [m]: 3,78 | Abstand zum Pumpbr. [m]: - |
| | Zeit [h] | Wasserspiegel [m] | Absenkung [m] |
| 1 | 0,0042 | 5,30 | 1,52 |
| 2 | 0,0083 | 5,25 | 1,47 |
| 3 | 0,0166 | 5,25 | 1,47 |
| 4 | 0,0333 | 5,56 | 1,78 |
| 5 | 0,05 | 6,15 | 2,37 |
| 6 | 0,0666 | 6,35 | 2,57 |
| 7 | 0,0833 | 6,62 | 2,84 |
| 8 | 0,1 | 6,80 | 3,02 |
| 9 | 0,1166 | 6,95 | 3,17 |
| 10 | 0,133 | 7,08 | 3,30 |
| 11 | 0,15 | 7,13 | 3,35 |
| 12 | 0,1666 | 7,23 | 3,45 |
| 13 | 0,2 | 7,25 | 3,47 |
| 14 | 0,2333 | 7,22 | 3,44 |
| 15 | 0,2666 | 7,25 | 3,47 |
| 16 | 0,3 | 7,28 | 3,50 |
| 17 | 0,333 | 7,32 | 3,54 |
| 18 | 0,5 | 7,48 | 3,70 |
| 19 | 0,666 | 7,62 | 3,84 |
| 20 | 0,833 | 7,62 | 3,84 |
| 21 | 1 | 7,62 | 3,84 |
| 22 | 1,083 | 7,65 | 3,87 |
| 23 | 1,5 | 7,68 | 3,90 |
| 24 | 2 | 7,68 | 3,90 |
| 25 | 2,5 | 7,67 | 3,89 |
| 26 | 3 | 7,68 | 3,90 |
| 27 | 3,004 | 6,98 | 3,20 |
| 28 | 3,008 | 6,62 | 2,84 |
| 29 | 3,0166 | 6,08 | 2,30 |
| 30 | 3,033 | 5,40 | 1,62 |
| 31 | 3,05 | 5,20 | 1,42 |
| 32 | 3,066 | 4,85 | 1,07 |
| 33 | 3,0833 | 4,65 | 0,87 |
| 34 | 3,1 | 4,55 | 0,77 |
| 35 | 3,1166 | 4,48 | 0,70 |
| 36 | 3,133 | 4,44 | 0,66 |
| 37 | 3,15 | 4,40 | 0,62 |
| 38 | 3,1666 | 4,36 | 0,58 |
| 39 | 3,2 | 4,30 | 0,52 |
| 40 | 3,233 | 4,24 | 0,46 |
| 41 | 3,266 | 4,18 | 0,40 |
| 42 | 3,3 | 4,13 | 0,35 |
| 43 | 3,333 | 4,08 | 0,30 |
| 44 | 3,5 | 3,96 | 0,18 |
| 45 | 3,666 | 3,90 | 0,12 |
| 46 | 3,833 | 3,88 | 0,10 |
| 47 | 4 | 3,85 | 0,07 |

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK2/GWM/22

Pumpbrunnen: BK2GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 22.06.2022

Förderrate: variabel, Ø 5,4331 [m³/h]

Beobachtungsbrunnen: KRB7P

Ruhewasser [m]: 2,78

Abstand zum Pumpbr. [m]: 102,77

| | Zeit [h] | Wasserspiegel [m] | Absenkung [m] |
|---|-------------|----------------------|------------------|
| 1 | 0,5 | 2,78 | 0,00 |
| 2 | 1 | 2,78 | 0,00 |
| 3 | 1,75 | 2,78 | 0,00 |

| | | | | | |
|--|----------|---|--|---------------------------------------|--|
|  GeoLogik Software www.geologik.com | | Pumpversuch - Förderraten | | Seite 1 von 1 | |
| | | Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung | | | |
| | | Projekt-Nr: 21/6347 | | | |
| | | Auftraggeber: | | | |
| Ort: 63607 Wächtersbach | | Pumpversuch: BK2/GWM/22 | | Pumpbrunnen: BK2GWM | |
| Durchgeführt von: ETN | | Versuchsdatum: 22.06.2022 | | Förderrate: variabel, Ø 5,4331 [m³/h] | |
| Beobachtungsbrunnen: BK2GWM | | | | Abstand zum Pumpbr. [m]: - | |
| | Zeit [h] | Förderrate [m³/h] | | | |
| 1 | 0,666 | 6,70 | | | |
| 2 | 1 | 5,80 | | | |
| 3 | 3 | 4,95 | | | |

Pumpversuchsauswertung

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK2/GWM/22

Pumpbrunnen: BK2GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 22.06.2022

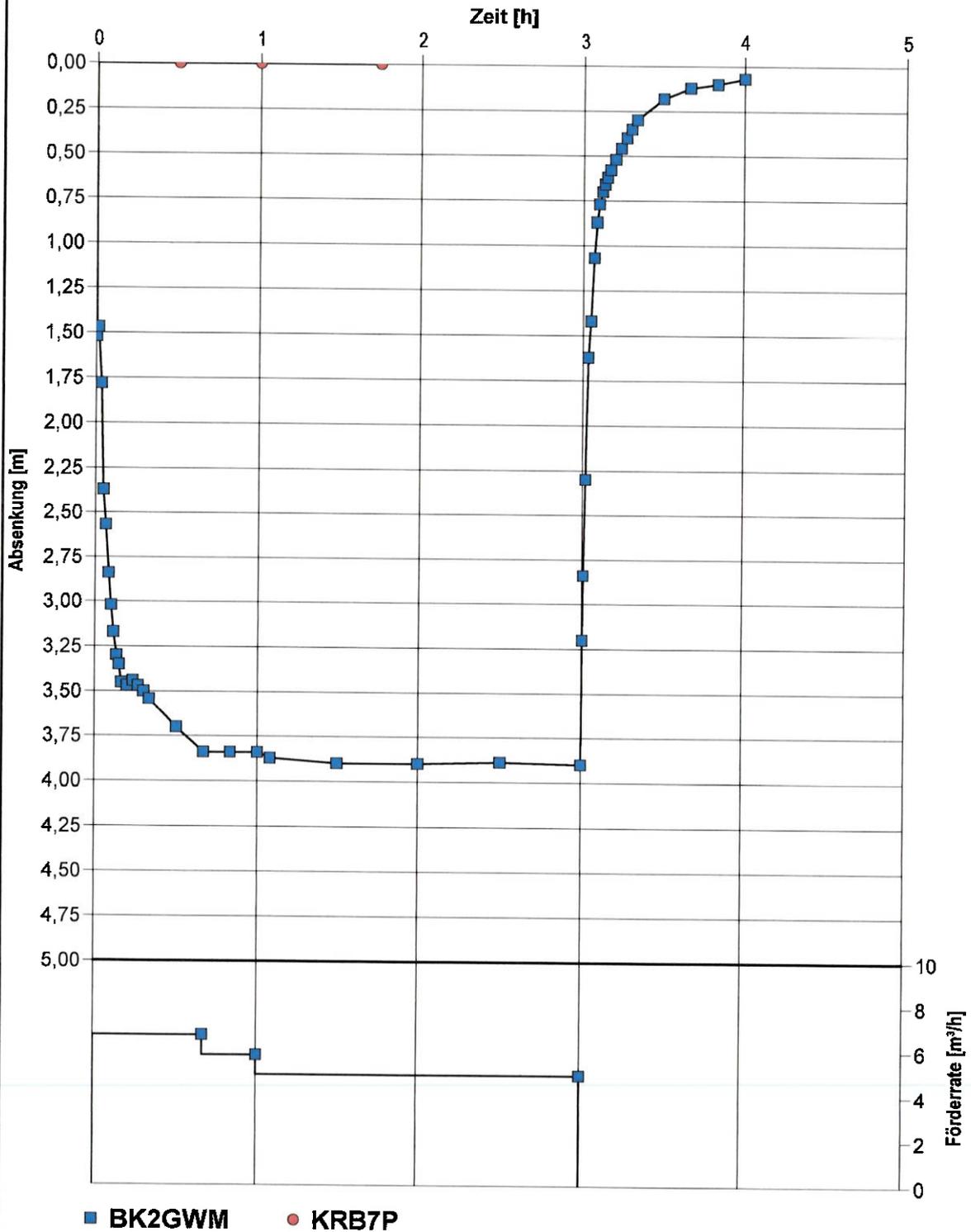
Bearbeiter: Lu

Ganglinie

Datum: 28.07.2022

Aquifermächtigkeit: 8,00 m

Förderrate: variabel, Ø 5,4331 [m³/h]



Pumpversuchsauswertung

Projekt: Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung

Projekt-Nr: 21/6347

Auftraggeber:

Ort: 63607 Wächtersbach

Pumpversuch: BK2/GWM/22

Pumpbrunnen: BK2GWM

Durchgeführt von: ETN

Versuchsdatum: 22.06.2022

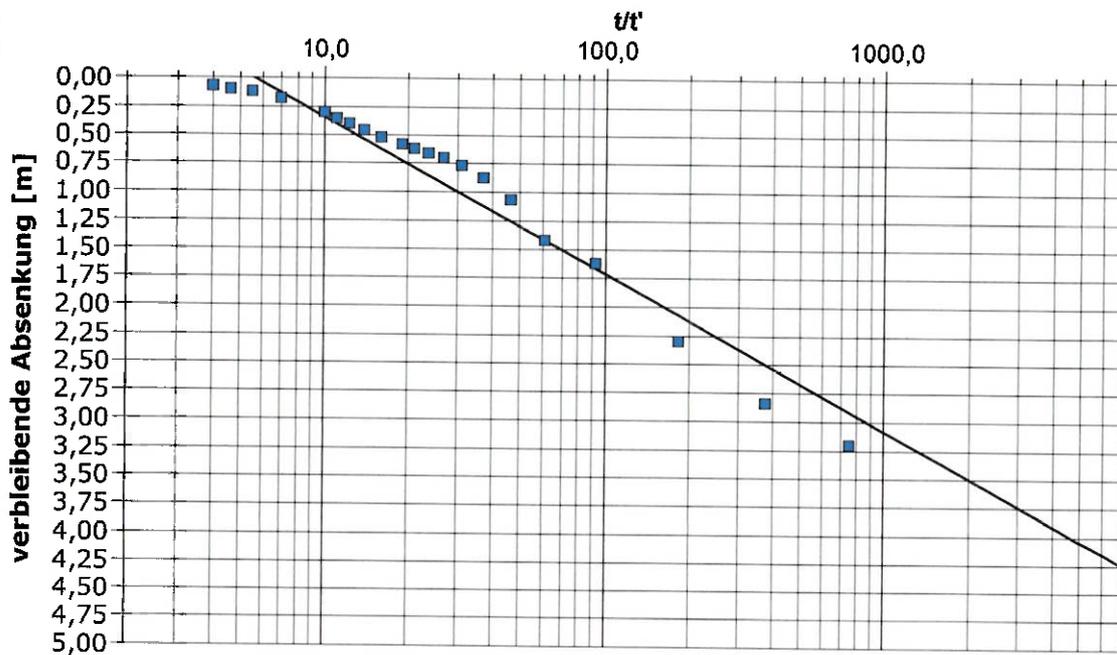
Bearbeiter: Lu

Wiederanstieg

Datum: 28.07.2022

Aquifermächtigkeit: 8,00 m

Förderrate: variabel, \varnothing 5,4331 [m³/h]



Berechnungsergebnisse nach THEIS & JACOB

| Beobachtungsbrunnen | Transmissivität [m ² /s] | Hydraul. Durchlässigkeit [m/s] | Abstand zum Pumpbr. [m] |
|---------------------|--|-----------------------------------|----------------------------|
| BK2GWM | $2,02 \times 10^{-4}$ | $2,52 \times 10^{-5}$ | 0,06 |



**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG04/BG05 mit LG03
: Querung Hessenwasser

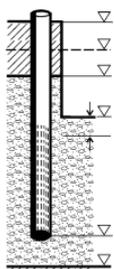
ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Baugrube Düker mit Spundwand,
Baugrubenwasserhaltung mit Brunnen

Kontrolle Input

gespannter Aquifer

k-Wert : 1.20E-4 m/s



| | | | |
|------------------|---|--------|-----|
| Geländehöhe | : | 139.00 | mNN |
| Ruhespiegel | : | 137.80 | mNN |
| OK Aquifer | : | 134.60 | mNN |
| Baugrubensohle | : | 135.35 | mNN |
| Absenkziel | : | 134.85 | mNN |
| UK Filterstrecke | : | 133.00 | mNN |
| UK Aquifer | : | 129.30 | mNN |

Zuschlag unvollkommene Brunnen : 30. %
Zuschlag Vorlaufzeit : 5. %

Ersatzradius
Are = B * (0.2 * L / B + 0.4) : 4.45 m

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt: : 96.95 m

rechteckige Baugrube
Breite/Länge : 20.25m / 02.50 m
Fläche : 50.63 m²
Abstand Brunnen zu Baugrube : -0.50 m

0/20,25 2,5/20,25



0/0 2,5/0



**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG04/BG05 mit LG03
: Querung Hessenwasser

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 2: Berechnung nach Mehrbrunnenformel

rechteckige Baugrube

Breite/Länge : 20.25m / 02.50 m
Fläche : 50.63 m²

gespannter Aquifer

k-Wert : 1.20E-4 m/s

Geländehöhe : 139.00 mNN
Ruhespiegel : 137.80 mNN
OK Aquifer : 134.60 mNN
Baugrubensohle : 135.35 mNN
Absenkziel : 134.85 mNN
UK Filterstrecke : 133.00 mNN
UK Aquifer : 129.30 mNN

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt:

: 96.95 m

| Nr | Koordinaten | | Brunnen Radius [m] | Wasser- stand [mNN] | Entnahme- Menge m ³ /h | Fassungs- vermögen m ³ /h |
|----|-------------|-------|--------------------------|---------------------------|---|--|
| | x | y | | | | |
| 1 | 0.18 | 0.38 | 0.150 | 134.00 | 2.140 | 2.478 |
| 2 | 2.29 | 9.87 | 0.150 | 134.00 | 1.806 | 2.478 |
| 3 | 0.48 | 20.03 | 0.150 | 134.00 | 2.162 | 2.478 |

Absenkziel nicht erreicht

Gesamt-Entnahmemenge : 4.699 m³/h
Gesamt-Entnahmemenge unvollkommene Brunnen :
Q vollk * 1.30 = : 6.109 m³/h
einschliesslich Zuschlag Vorlaufzeit :
Q Beh * 1.05 = : 6.414 m³/h

Ermässigung durch
Spundwand 19% (s. S.4)
----> 4,9 m³/h

ungünstigster Punkt bei :

x/y : 2.50m / 0.00 m
Absenkung unter Baugrubensohle : 0.29 m



BauGruben -
Entwässerung

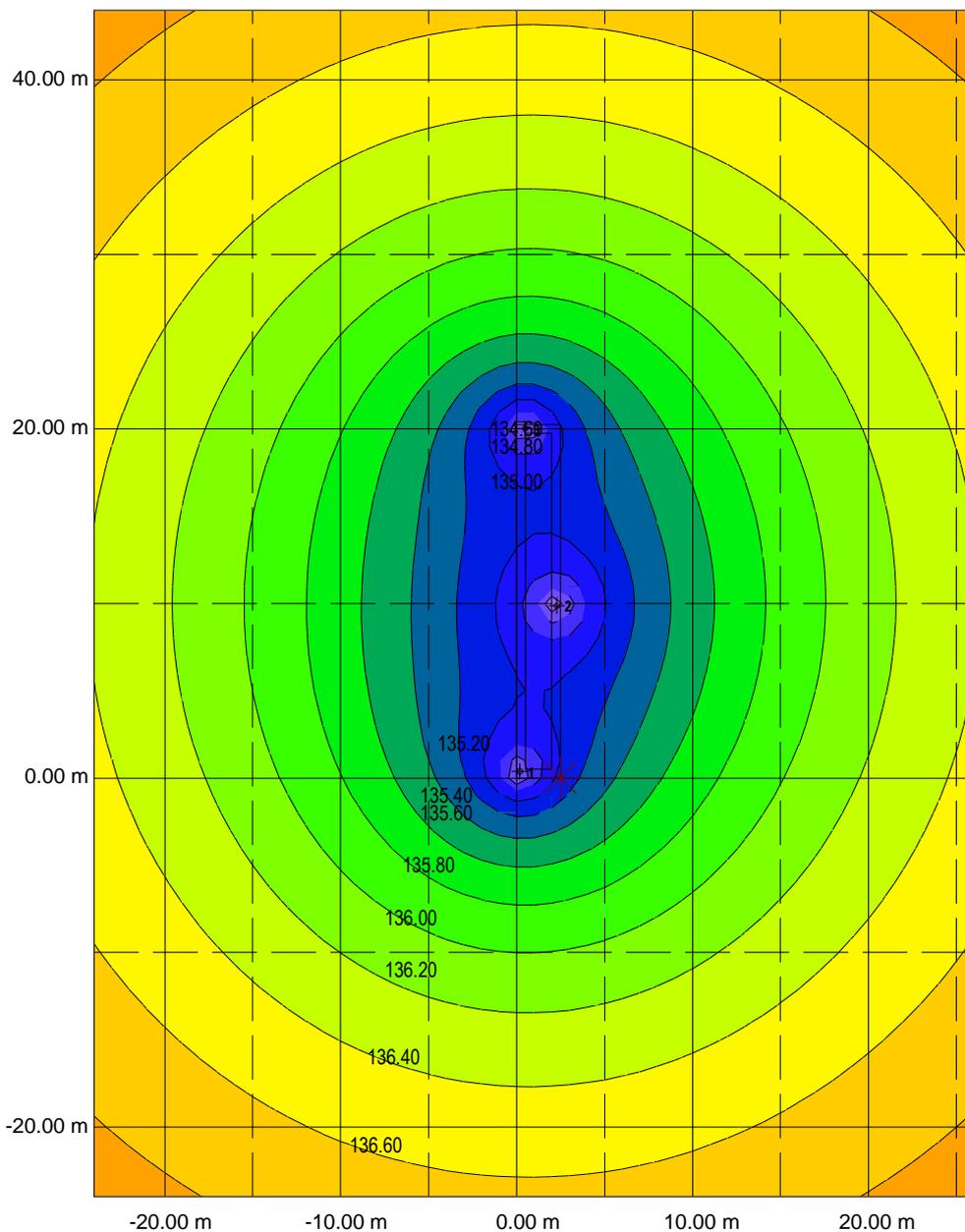
Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG04/BG05 mit LG03
: Querung Hessenwasser

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 2: Berechnung nach Mehrbrunnenformel

Lageplan





**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG04/BG05 mit LG03
: Querung Hessenwasser

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 2: Einfluss einer Spundwand

| | | | |
|----------------------|---|----------------|-------------------|
| rechteckige Baugrube | | | |
| Breite/Länge | : | 20.25m / 02.50 | m |
| Fläche | : | 50.63 | m ² |
| gespannter Aquifer | | | |
| k-Wert | : | 1.20E-4 | m/s |
| Geländehöhe | | | |
| Ruhespiegel | : | 139.00 | mNN |
| OK Aquifer | : | 137.80 | mNN |
| Baugrubensohle | : | 134.60 | mNN |
| Absenkziel | : | 135.35 | mNN |
| UK Filterstrecke | : | 134.85 | mNN |
| UK Aquifer | : | 133.00 | mNN |
| UK Aquifer | | | |
| UK Aquifer | : | 129.30 | mNN |
| Entnahmemenge | | | |
| Unterkante Spundwand | : | 5.405 | m ³ /h |
| T | : | 132.50 | mNN |
| t | : | 5.30 | m |
| | : | 2.10 | m |
| Ermässigung | : | 19. | % |
| reduzierte Menge | : | 4.362 | m ³ /h |



**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG 16/BG17
: Querung Aufragen

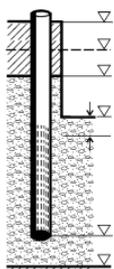
ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Baugrube Düker mit Spundwand,
Baugrubenwasserhaltung mit Brunnen

Kontrolle Input

gespannter Aquifer

k-Wert : 1.20E-4 m/s



| | | | |
|------------------|---|--------|-----|
| Geländehöhe | : | 139.00 | mNN |
| Ruhespiegel | : | 137.80 | mNN |
| OK Aquifer | : | 135.90 | mNN |
| Baugrubensohle | : | 135.25 | mNN |
| Absenkziel | : | 134.75 | mNN |
| UK Filterstrecke | : | 131.50 | mNN |
| UK Aquifer | : | 127.30 | mNN |

Zuschlag unvollkommene Brunnen : 10. %
Zuschlag Vorlaufzeit : 5. %

Ersatzradius
Are = L / 3 : 11.00 m

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt: : 100.23 m

rechteckige Baugrube
Breite/Länge : 33.00m / 02.50 m
Fläche : 82.50 m²
Abstand Brunnen zu Baugrube : -0.50 m

0/33 2,5/33

0/0 2,5/0



**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG 16/BG17
: Querung Aufragen

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 1

rechteckige Baugrube

Breite/Länge : 33.00m / 02.50 m
Fläche : 82.50 m²

gespannter Aquifer

k-Wert : 1.20E-4 m/s

Geländehöhe : 139.00 mNN
Ruhespiegel : 137.80 mNN
OK Aquifer : 135.90 mNN
Baugrubensohle : 135.25 mNN
Absenkziel : 134.75 mNN
UK Filterstrecke : 131.50 mNN
UK Aquifer : 127.30 mNN

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt:

100.23 m

| Nr | Koordinaten | | Brunnen Radius [m] | Wasser- stand [mNN] | Entnahme- Menge m ³ /h | Fassungs- vermögen m ³ /h |
|----|-------------|-------|--------------------------|---------------------------|---|--|
| | x | y | | | | |
| 1 | 0.18 | 0.38 | 0.150 | 134.00 | 4.044 | 6.195 |
| 2 | 2.45 | 6.96 | 0.150 | 134.00 | 3.084 | 6.195 |
| 3 | 0.16 | 15.07 | 0.150 | 134.00 | 2.924 | 6.195 |
| 4 | 1.19 | 32.70 | 0.150 | 134.00 | 4.337 | 6.195 |
| 5 | 2.37 | 23.65 | 0.150 | 134.00 | 3.200 | 6.195 |

Absenkziel nicht erreicht

Gesamt-Entnahmemenge : 16.056 m³/h
Gesamt-Entnahmemenge unvollkommene Brunnen :
Q vollk * 1.10 = : 17.589 m³/h
einschliesslich Zuschlag Vorlaufzeit :
Q Beh * 1.05 = : 18.469 m³/h

Ermässigung durch
Spundwand 16% (s. S.4)
----> 14,8 m³/h

ungünstigster Punkt bei :

x/y : 2.50m / 0.00 m
Absenkung unter Baugrubensohle : 0.38 m



BauGruben -
Entwässerung

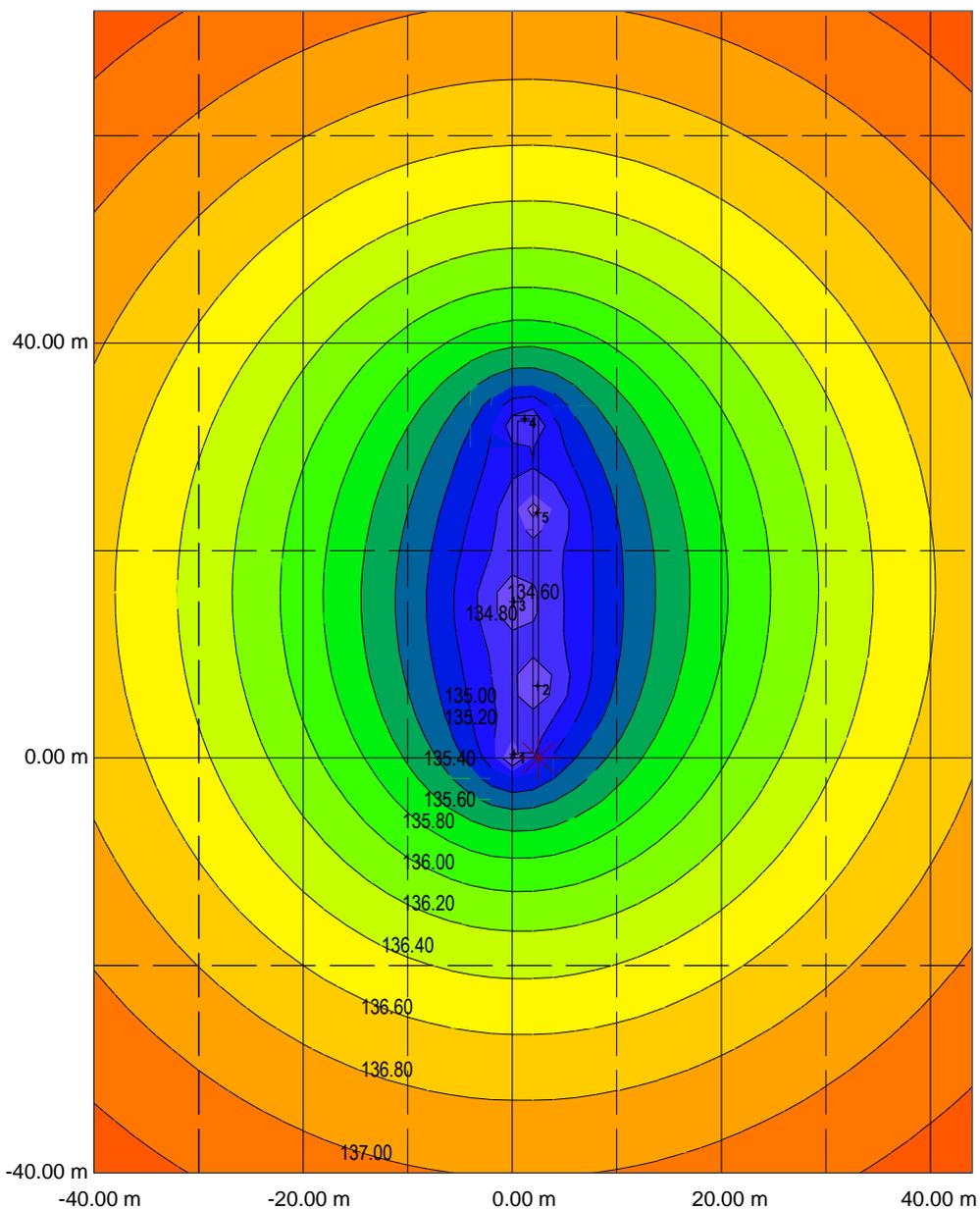
Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG 16/BG17
: Querung Augraben

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 1

Lageplan





**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : BG 16/BG17
: Querung Aufragen

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 2: Einfluss einer Spundwand

| | | | |
|----------------------|---|----------------|-------------------|
| rechteckige Baugrube | | | |
| Breite/Länge | : | 33.00m / 02.50 | m |
| Fläche | : | 82.50 | m ² |
| gespannter Aquifer | | | |
| k-Wert | : | 1.20E-4 | m/s |
| Geländehöhe | | | |
| Ruhe Spiegel | : | 139.00 | mNN |
| OK Aquifer | : | 137.80 | mNN |
| Baugrubensohle | : | 135.90 | mNN |
| Absenkziel | : | 135.25 | mNN |
| UK Filterstrecke | : | 134.75 | mNN |
| UK Aquifer | : | 131.50 | mNN |
| Entnahmemenge | | | |
| Unterkante Spundwand | : | 17.811 | m ³ /h |
| T | : | 133.00 | mNN |
| t | : | 8.60 | m |
| Ermässigung | : | 2.90 | m |
| reduzierte Menge | : | 16. | % |
| | : | 14.909 | m ³ /h |



**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
:
Baugrube : LG 11
:
:

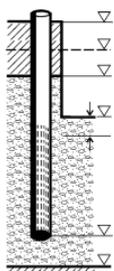
ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Leitungsgraben 10m-Abschnitt, Sohle im Sand/Kies
Baugrubenwasserhaltung mit Brunnen

Kontrolle Input

gespannter Aquifer

k-Wert : 1.20E-4 m/s



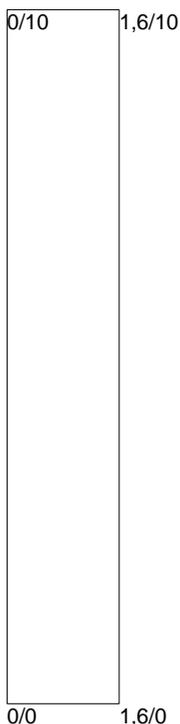
| | | | |
|------------------|---|--------|-----|
| Geländehöhe | : | 139.00 | mNN |
| Ruhespiegel | : | 137.80 | mNN |
| OK Aquifer | : | 137.50 | mNN |
| Baugrubensohle | : | 137.15 | mNN |
| Absenziel | : | 136.65 | mNN |
| UK Filterstrecke | : | 135.50 | mNN |
| UK Aquifer | : | 127.60 | mNN |

Zuschlag unvollkommene Brunnen : 30. %
Zuschlag Vorlaufzeit : 0. %

Ersatzradius
Are = B * (0.2 * L / B + 0.4) : 2.04 m

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt: : 37.79 m

rechteckige Baugrube
Breite/Länge : 10.00m / 01.60 m
Fläche : 16.00 m²
Abstand Brunnen zu Baugrube : -0.50 m





**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
:
Baugrube : LG 11
:
:

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 1 Berechnung nach Mehrbrunnenformel

rechteckige Baugrube

Breite/Länge : 10.00m / 01.60 m
Fläche : 16.00 m²

gespannter Aquifer

k-Wert : 1.20E-4 m/s

Geländehöhe : 139.00 mNN
Ruhespiegel : 137.80 mNN
OK Aquifer : 137.50 mNN
Baugrubensohle : 137.15 mNN
Absenkziel : 136.65 mNN
UK Filterstrecke : 135.50 mNN
UK Aquifer : 127.60 mNN

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt:

37.79 m

| Nr | Koordinaten | | Brunnen Radius [m] | Wasser- stand [mNN] | Entnahme- Menge m ³ /h | Fassungs- vermögen m ³ /h |
|----|-------------|------|--------------------------|---------------------------|---|--|
| | x | y | | | | |
| 1 | 0.18 | 0.38 | 0.150 | 136.25 | 1.105 | 1.858 |
| 2 | 1.41 | 9.68 | 0.150 | 136.25 | 1.068 | 1.858 |
| 3 | 0.18 | 6.98 | 0.150 | 136.25 | 0.797 | 1.858 |
| 4 | 1.41 | 3.53 | 0.150 | 136.25 | 0.809 | 1.858 |

Gesamt-Entnahmemenge : 2.906 m³/h
Gesamt-Entnahmemenge unvollkommene Brunnen :
Q vollk * 1.30 = : 3.778 m³/h

ungünstigster Punkt bei :

x/y : 1.60m / 0.00 m
Absenkung unter Baugrubensohle : 0.52 m



BauGruben -
Entwässerung

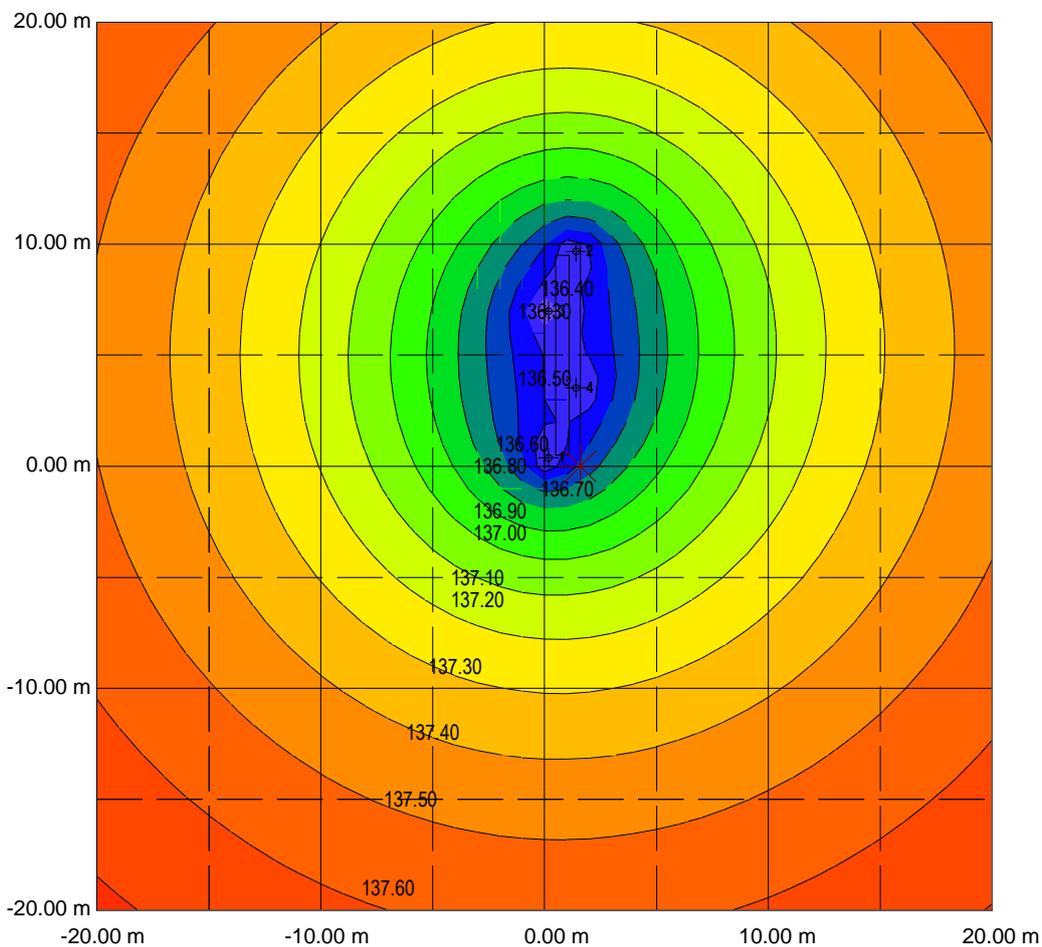
Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : LG 11
:

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 1 Berechnung nach Mehrbrunnenformel

Lageplan





**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
:
Baugrube : LG 11, 30 m Abschnitt
:
:

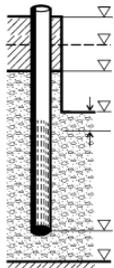
ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Leitungsgraben 30m-Abschnitt, Sohle im Sand/Kies
Baugrubenwasserhaltung mit Brunnen

Kontrolle Input

gespannter Aquifer
k-Wert

: 1.20E-4 m/s



| | | | |
|------------------|---|--------|-----|
| Geländehöhe | : | 139.00 | mNN |
| Ruhespiegel | : | 137.80 | mNN |
| OK Aquifer | : | 137.50 | mNN |
| Baugrubensohle | : | 137.15 | mNN |
| Absenkziel | : | 136.65 | mNN |
| UK Filterstrecke | : | 135.50 | mNN |
| UK Aquifer | : | 127.60 | mNN |

Zuschlag unvollkommene Brunnen : 30. %
Zuschlag Vorlaufzeit : 0. %

Ersatzradius
Are = L / 3 : 10.00 m

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt: : 37.79 m

rechteckige Baugrube
Breite/Länge : 30.00m / 01.60 m
Fläche : 48.00 m²
Abstand Brunnen zu Baugrube : -0.50 m

0/30,6/30

0/0 1,6/0



**BauGruben -
Entwässerung**

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : LG 11, 30 m Abschnitt
:

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 1 Berechnung nach Mehrbrunnenformel

rechteckige Baugrube

Breite/Länge : 30.00m / 01.60 m
Fläche : 48.00 m²

gespannter Aquifer

k-Wert : 1.20E-4 m/s

Geländehöhe : 139.00 mNN
Ruhespiegel : 137.80 mNN
OK Aquifer : 137.50 mNN
Baugrubensohle : 137.15 mNN
Absenkziel : 136.65 mNN
UK Filterstrecke : 135.50 mNN
UK Aquifer : 127.60 mNN

Reichweite des Ersatzbrunnens
nach Sichardt:

37.79 m

| Nr | Koordinaten | | Brunnen Radius [m] | Wasser- stand [mNN] | Entnahme- Menge m ³ /h | Fassungs- vermögen m ³ /h |
|----|-------------|-------|--------------------------|---------------------------|---|--|
| | x | y | | | | |
| 1 | 0.18 | 0.38 | 0.150 | 136.25 | 1.177 | 1.858 |
| 2 | 1.54 | 15.07 | 0.150 | 136.25 | 0.681 | 1.858 |
| 3 | 0.08 | 9.84 | 0.150 | 136.25 | 0.709 | 1.858 |
| 4 | 1.38 | 4.95 | 0.150 | 136.25 | 0.815 | 1.858 |
| 5 | 0.14 | 20.02 | 0.150 | 136.25 | 0.700 | 1.858 |
| 6 | 1.32 | 24.91 | 0.150 | 136.25 | 0.816 | 1.858 |
| 7 | 0.14 | 29.69 | 0.150 | 136.25 | 1.190 | 1.858 |

Gesamt-Entnahmemenge : 4.683 m³/h

Gesamt-Entnahmemenge unvollkommene Brunnen :

Q vollk * 1.30 = : 6.087 m³/h

ungünstigster Punkt bei :

x/y : 1.60m / 30.00 m

Absenkung unter Baugrubensohle : 0.50 m



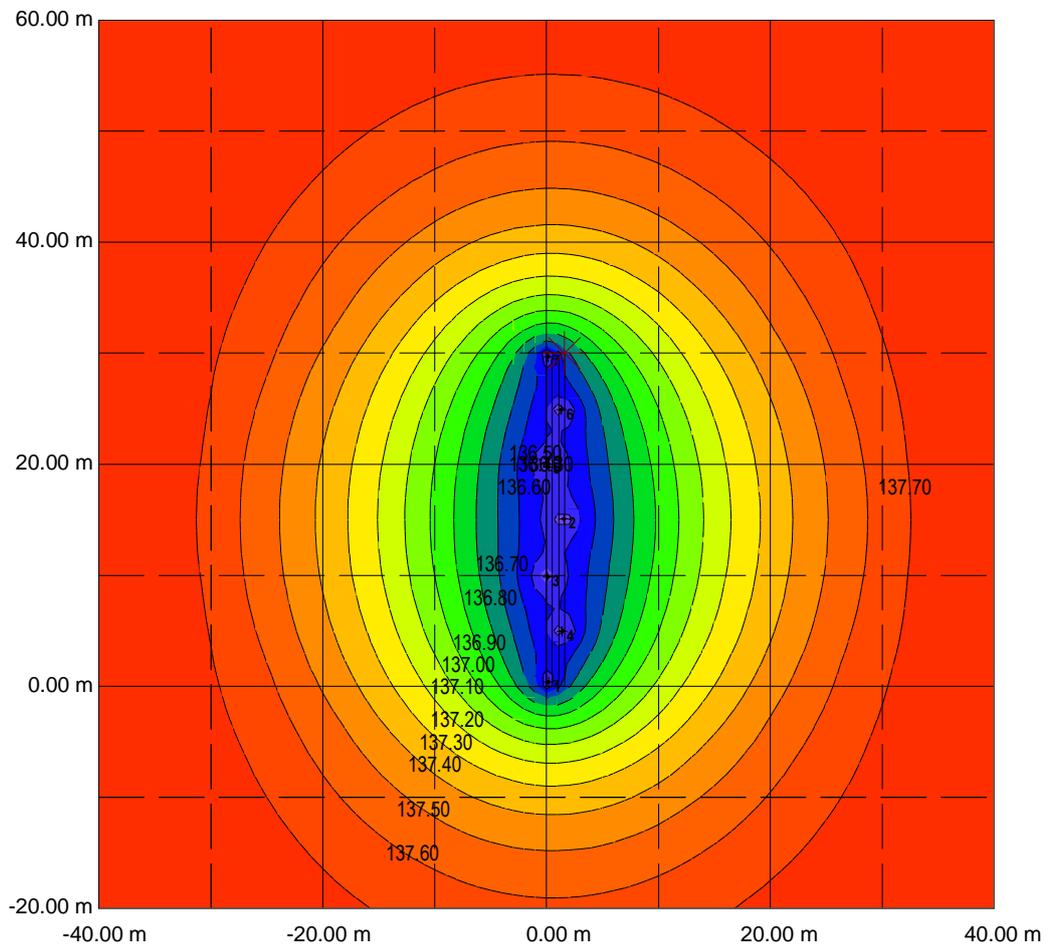
BauGruben -
Entwässerung

Version: 2.7

Projekt : Terranets bw; Umlegung Erdgasleitung
: 63607 Wächtersbach
:
Baugrube : LG 11, 30 m Abschnitt
:

ETN-Projekt-Nr. : 21/6347

Variante 1 Berechnung nach Mehrbrunnenformel Lageplan



Leitungsgraben 30m-Abschnitt, Sohle im Schluff
Baugrubenwasserhaltung mit Spülfiltern

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 Zuschläge zum Wasserandrang
- 5 Baugrube und Brunnenanordnung
- 6 Festlegung der Bemessungswassermenge
- 7 Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand
- 8 Wasserstand in den Dimensionierungspunkten
- 9 Wasserstand in den Brunnen

1 Berechnungsgrundlagen

1.1 Allgemeines

Der folgenden Berechnung liegen zugrunde:

1. W. Herth, E. Arndts, Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung, Berlin 1994

1.2 Berechnungsverfahren

Grundlage der folgenden hydraulischen Nachweise sind die klassischen Brunnenformeln von Dupuit und Thiem. Die Berechnungen unterliegen damit den für sie angegebenen Einschränkungen und Gültigkeitsgrenzen.

Die Ermittlung des Wasserandrangs für den Pseudobeharrungszustand sowie die Darstellung des Absenktrichters erfolgt auf der Grundlage der Mehrbrunnenformeln nach Forchheimer für den jeweiligen Typ des Grundwasserleiters. Die Absenkungreichweite wird nach der empirischen Gleichung von Sichardt ermittelt und kann nach Weber korrigiert werden. Bei großen Baugrubenabmessungen mit relativ geringen Reichweiten erfolgt die Wassermengenermittlung auf der Grundlage der von Weyrauch entwickelten Näherungsfomel.

1.3 Höhensystem

Höhensystem: m NN

Projekt : Az 21/6347 [23.08.22 - 11:36:55]

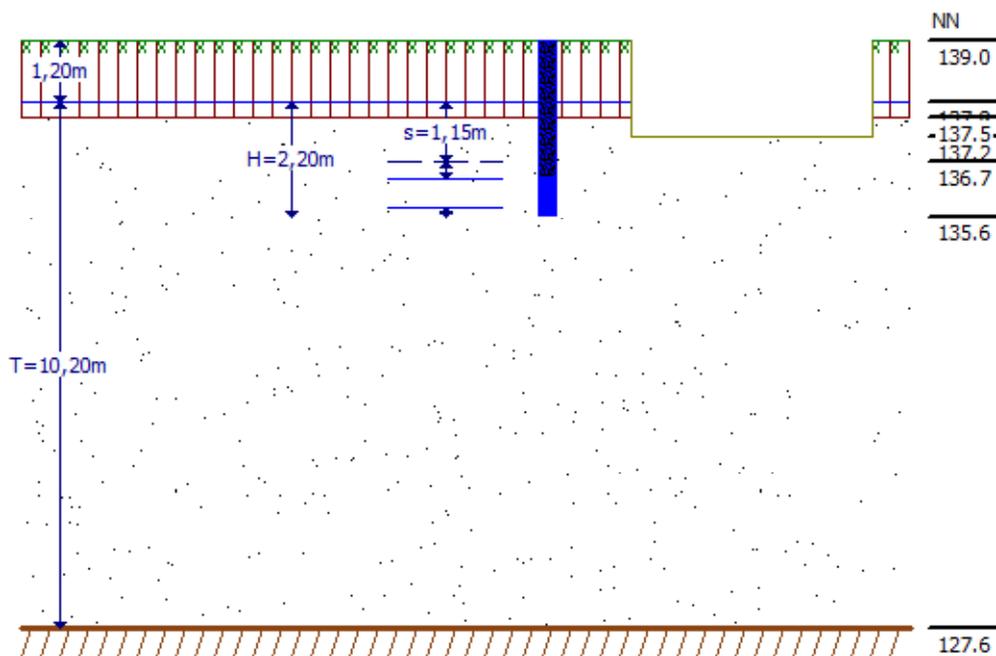
Dokument : K:\..\ProAqua\LG11_10-5.pad

2 Hydrogeologische Verhältnisse

| | | | |
|--------------------------------|----------|---|-------------|
| Art der Spiegelfläche | gespannt | | |
| Oberkante Gelände | OkG | = | 139,00 m NN |
| Tiefe ruhender GW-Spiegel | tw | = | 137,80 m NN |
| Tiefe Wasserstauer | T | = | 127,60 m NN |
| Speicherkoeffizient | p | = | 0,00255 |
| k-Wert durchlässige Schicht | k | = | 2.5 E-5 m/s |
| Oberkante durchlässige Schicht | m | = | 137,50 m NN |

2.1 Angaben zu den k-Werten

Boden: feinsandiger Mittelsand mSfs



3 Absenkanlage

Die Absenkung erfolgt mit Spülfiltern

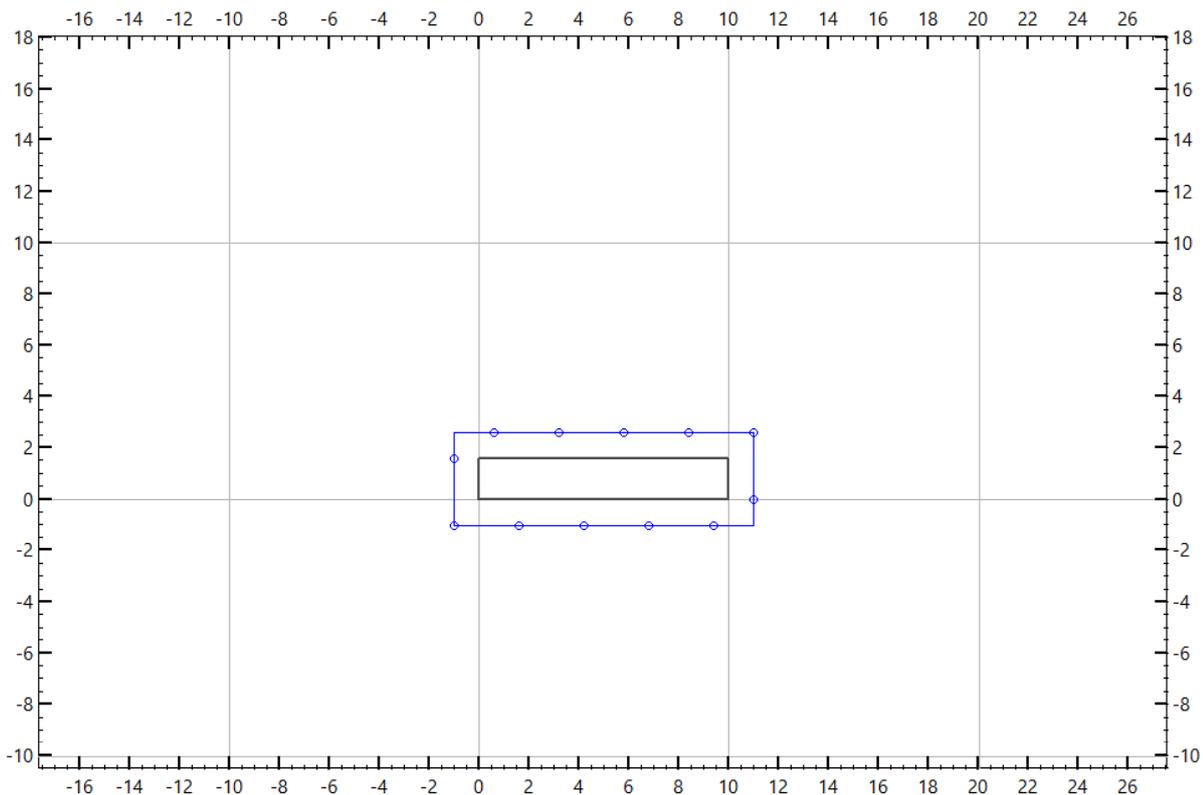
| | | | | |
|-------------------|----|---|--------|-------|
| Brunnenunterkante | n | = | 12 | Stück |
| Bohrstrecke | H | = | 135,60 | m NN |
| | Bs | = | 3,40 | m |

Projekt : Az 21/6347 [23.08.22 - 11:36:55]

Dokument : K:\..\ProAqua\LG11_10-5.pad

| | | | | |
|------------------------------|----|---|------|---|
| Bohrlochdurchmesser | DB | = | 0,15 | m |
| Filterdurchmesser | DF | = | 0,07 | m |
| Wirksamer Brunnendurchmesser | DW | = | 0,15 | m |
| Filterlänge | FI | = | 1,50 | m |
| Mittlerer Brunnenabstand | dB | = | 2,59 | m |

4 Baugrube und Brunnenanordnung



Baugrubeneckpunkte

| Nr. | x m | y m | Tiefe m NN |
|-----|--------|--------|---------------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 137,15 |
| 2 | 10,00 | 0,00 | 137,15 |
| 3 | 10,00 | 1,60 | 137,15 |
| 4 | 0,00 | 1,60 | 137,15 |

| | | | | |
|--|---|---|--------|------|
| Sicherheitszuschlag zur Baugrubentiefe | c | = | 0,50 | m |
| Einheitliche Absenktiefe | s | = | 136,65 | m NN |

Projekt : Az 21/6347 [23.08.22 - 11:36:55]

Dokument : K:\..\ProAqua\LG11_10-5.pad

Lage der Brunnen

| Nr. | x1 | y1 | x2 | y2 | Tiefe | Abst. | Anz. |
|-----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|------|
| 1 | -0,99 | -0,99 | 10,99 | -0,99 | 135,60 | 2,59 | 5 |
| 2 | 10,99 | -0,99 | 10,99 | 2,59 | 135,60 | 2,59 | 1 |
| 3 | 10,99 | 2,59 | -0,99 | 2,59 | 135,60 | 2,59 | 5 |
| 4 | -0,99 | 2,59 | -0,99 | -0,99 | 135,60 | 2,59 | 1 |
| | | | | | | Σ | 12 |

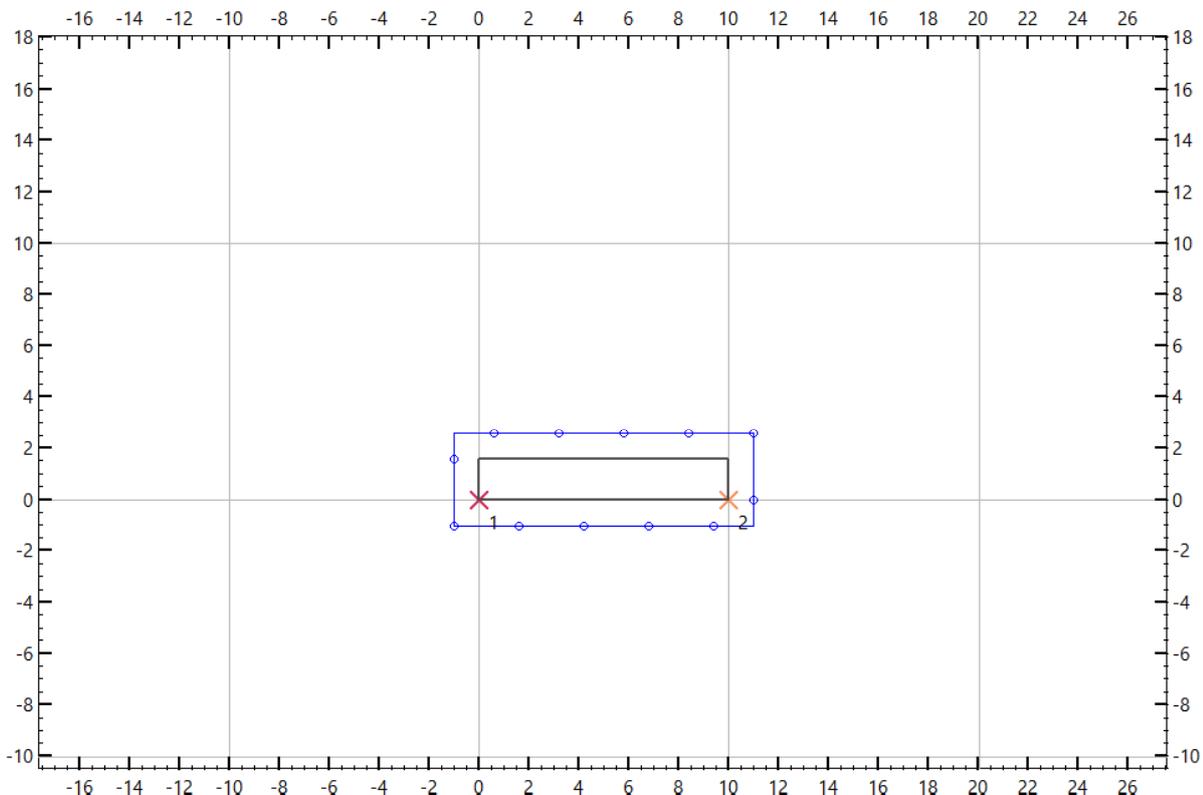
5 Zuschläge zum Wasserandrang

für unvollkommene Brunnen

$$Z_2 = 10,00 \%$$

6 Festlegung der Bemessungswassermenge

Im Folgenden wird die Wassermenge unter Berücksichtigung der tatsächlichen geometrischen Verhältnisse und Lage der Brunnen ermittelt. Dazu werden Nachweispunkte (Dimensionierungspunkte genannt) definiert, für die auf Grundlage der Forchheimerschen Mehrbrunnenformel die Wassermenge ermittelt wird, die gefördert werden muss, um bei der gewählten Brunnenanordnung das Absenkenziel im jeweiligen Punkt zu erreichen.



Projekt : Az 21/6347 [23.08.22 - 11:36:55]

Dokument : K:\..\ProAqua\LG11_10-5.pad

Dimensionierungspunkte

| Nr. | x m | y m | Tiefe m NN |
|------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,00 | 0,00 | 136,65 |
| 2 | 10,00 | 0,00 | 136,65 |

Der für jeden Punkt angegebene Wert Are entspricht dem Ersatzradius für die Baugrube unter Berücksichtigung der Brunnenanordnung ($= \exp(1/n \cdot \Sigma xi)$). Der "ungünstigste Punkt" ist der Dimensionierungspunkt mit dem größten ausgewiesenen Wasserandrang. Die Berechnung der Absenkmaße für den Beharrungszustand erfolgt aufgrund der gewählten Bemessungswassermenge. Die angegebenen Wassermengen enthalten alle Zuschläge. Für die Berechnung der Absenkmaße werden die Zuschläge nicht berücksichtigt.

| | | | | |
|---------------------------------------|-----|---|-------|---|
| Absenktiefe für Reichweitenberechnung | sRw | = | 1,15 | m |
| Bemessungsreichweite nach Sichardt | Rw | = | 11,50 | m |

| Nr. | ARe m | RWb m | Absenkziel m NN | Q+ m³/h |
|------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 4,66 | 12,41 | 136,65 | 1,44 |
| 2 | 4,50 | 12,35 | 136,65 | 1,35 |

| | | | | |
|--|------|---|-------|-------------------|
| Ersatzradius für Reichweitenberechnung | | = | 4,66 | m |
| Reichweite korrigiert nach Weber | RWb | = | 12,41 | m |
| Maximale Wassermenge | Qmax | = | 1,44 | m ³ /h |
| Mittlere Wassermenge | Qmit | = | 1,39 | m ³ /h |

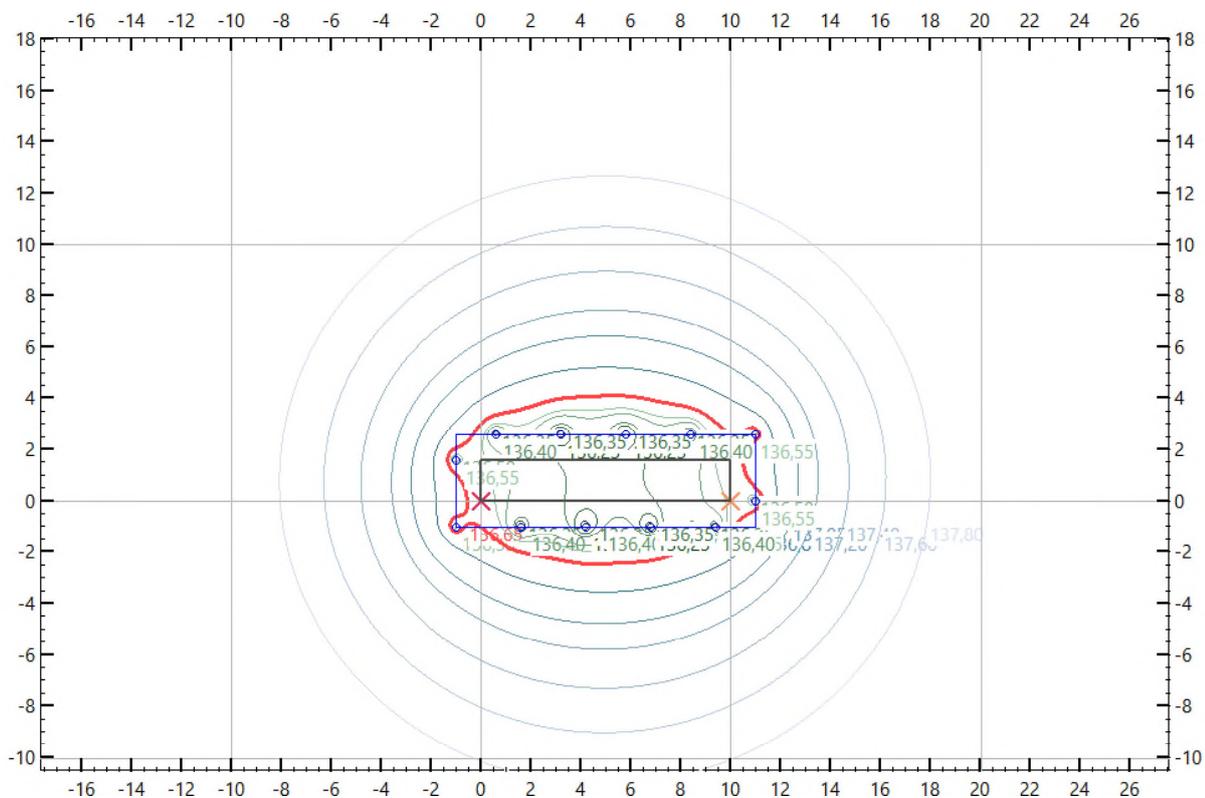
| | | | | |
|---|-----------|---|-------------|------------------------|
| Gewählte Bemessungswassermenge | Q+ | = | 1,44 | m³/h |
| Gewählte Bemessungswassermenge ohne Zuschläge | Q | = | 1,31 | m ³ /h |
| Dimensionierung mit der maximalen Wassermenge | | | | |

| | | | | |
|-----------------------|--|---|------|-------------------|
| Brunneneinzelleistung | | = | 0,12 | m ³ /h |
|-----------------------|--|---|------|-------------------|

Projekt : Az 21/6347 [23.08.22 - 11:36:55]

Dokument : K:\.\ProAqua\LG11_10-5.pad

7 Darstellung des Absenktrichters im Beharrungszustand



| Linie | Absenkung < m NN | Linie | Absenkung < m NN |
|-------|---------------------|-------|---------------------|
| 1 | 136,25 | 2 | 136,35 |
| 3 | 136,40 | 4 | 136,50 |
| 5 | 136,55 | 6 | 136,65 |
| 7 | 136,85 | 8 | 137,05 |
| 9 | 137,20 | 10 | 137,40 |
| 11 | 137,60 | 12 | 137,80 |

8 Wasserstand in den Dimensionierungspunkten

| Nr. | x m | y m | Ziel m NN | vhd | |
|-----|--------|--------|--------------|-------------------|---------------|
| | | | | Absenkung m NN | Δ m |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 136,65 | 136,61 | 0,04 |
| 2 | 10,00 | 0,00 | 136,65 | 136,56 | 0,09 |

Projekt : Az 21/6347 [23.08.22 - 11:36:55]

Dokument : K:\..\ProAqua\LG11_10-5.pad

9 Wasserstand in den Brunnen

| | | | | |
|-------------------|---|---|--------|------|
| Brunnenunterkante | H | = | 135,60 | m NN |
|-------------------|---|---|--------|------|

Alle Filterstrecken sind ausreichend

| | | | | |
|------------------|-------|---|------|---|
| Maximale Reserve | R max | = | 0,72 | m |
|------------------|-------|---|------|---|

| | | | | |
|------------------|-------|---|------|---|
| Minimale Reserve | R min | = | 0,37 | m |
|------------------|-------|---|------|---|

| | | | | |
|------------------|--------|---|------|---|
| Mittlere Reserve | R mitt | = | 0,53 | m |
|------------------|--------|---|------|---|