

**Stadt Kaufbeuren**  
**Bauvorhaben Blasius-Blick**  
**Berechnung der Auswirkungen**  
**der Baumaßnahmen auf die**  
**Grundwasserverhältnisse**

vom 29.04.2024

Vorhabensträger: Stadt Kaufbeuren  
ea-KfbHBA-002-0187600 Kaufbeuren

Verfasser: Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH  
Moosstraße 3  
82279 Eching am Ammersee

ea-KfbHBA-002-01

## Erläuterungsbericht

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1.</b>  | <b>Vorhabensträger .....</b>                              | <b>1</b>  |
| <b>2.</b>  | <b>Veranlassung .....</b>                                 | <b>1</b>  |
| <b>3.</b>  | <b>Verwendete Unterlagen.....</b>                         | <b>1</b>  |
| <b>4.</b>  | <b>Geplantes Bauvorhaben .....</b>                        | <b>3</b>  |
| <b>5.</b>  | <b>Geologie und Hydrogeologie .....</b>                   | <b>5</b>  |
| 5.1        | Geologischer Überblick.....                               | 5         |
| 5.2        | Lokale Verhältnisse im Untersuchungsgebiet .....          | 5         |
| 5.3        | Bohrwasserstände .....                                    | 8         |
| 5.4        | Oberflächengewässer .....                                 | 10        |
| 5.5        | Grundwasserstände und Grundwasserfließrichtung .....      | 10        |
| <b>6.</b>  | <b>Analytische Aufstauberechnungen.....</b>               | <b>11</b> |
| 6.1        | Berechnungsansatz und Grundlagen.....                     | 11        |
| 6.2        | Annahmen .....  | 11        |
| 6.3        | Ergebnisse .....  | 13        |
| <b>7.</b>  | <b>Numerisches Grundwassermodell .....</b>                | <b>14</b> |
| 7.1        | Modellaufbau .....  | 14        |
| 7.2        | Materialparameter und Randbedingungen.....                | 16        |
| 7.3        | Integration des Hochwasser- und Mischwasserkanals .....   | 17        |
| <b>8.</b>  | <b>Modellrechnungen.....</b>                              | <b>18</b> |
| 8.1        | Istzustand .....  | 18        |
| 8.2        | Variante Istzustand .....                                 | 18        |
| 8.3        | Planungszustand .....                                     | 20        |
| 8.3.1      | Modellierung des Bauvorhabens.....                        | 20        |
| 8.3.2      | Auswirkungen des Bauvorhabens.....                        | 20        |
| <b>9.</b>  | <b>Auswirkungen auf benachbarten Gebäudebestand .....</b> | <b>22</b> |
| <b>10.</b> | <b>Altlastenproblematik .....</b>                         | <b>23</b> |
| <b>11.</b> | <b>Zusammenfassung .....</b>                              | <b>24</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Abbildung 1:  | Übersichtslageplan Bauvorhaben .....  | 2  |
| Abbildung 2:  | Flurstück mit geplanten Gebäuden / Bodenplatten .....   | 3  |
| Abbildung 3:  | Geländehöhe im Umfeld des Vorhabengebietes .....  | 4  |
| Abbildung 4:  | Geologie im Untersuchungsgebiet<br>(Quelle: Digitale Geologische Karte von Bayern 1:25.000 (dGK25)) ..... | 5  |
| Abbildung 5:  | Bohrungen im Untersuchungsgebiet und Lage der Profilschnitte .....  | 6  |
| Abbildung 6:  | Profilschnitte Nord-Süd (oben) und West-Ost (unten)<br>anhand von Bohrprofilen .....                      | 7  |
| Abbildung 7:  | Wasserstandsganglinie an der Grundwassermessstelle Pforzen 496 .....                                      | 8  |
| Abbildung 8:  | Bohrwasserstände und interpolierte Grundwassergleichen .....  | 9  |
| Abbildung 9:  | Umgriff des numerischen Grundwassermodells .....  | 15 |
| Abbildung 10: | Regionalisierung der Schichthöhen .....   | 16 |
| Abbildung 11: | Modellierung des Hochwasser- und des Mischwasserkanals .....  | 17 |
| Abbildung 12: | Modellierungsergebnisse für den Istzustand .....  | 18 |
| Abbildung 13: | Ergebnis der Variantenrechnung .....  | 19 |
| Abbildung 14: | Grundwassergleichen für Ist- bzw. Planungszustand,<br>Wasserspiegeldifferenzen in m .....                 | 21 |
| Abbildung 15: | Detailausschnitt mit Wasserspiegeldifferenzen .....   | 22 |

## Tabellenverzeichnis

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabelle 1: | Annahmen und Aufstauhöhen für die Einzelmaßnahmen ..... | 13 |
|------------|---|----|

## 1. Vorhabensträger

Vorhabensträger ist die Stadt Kaufbeuren, Abtl. 403 - Hochbau in 87600 Kaufbeuren.

## 2. Veranlassung

Die Stadt Kaufbeuren plant im Zentrum der Stadt den Neubau eines Wohnviertels bestehend aus acht Mehrfamilienhäusern (Häuser A bis H) östlich der Kemptener Straße („Blasius-Blick“) (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2).

Aufgrund der nicht tragfähigen Deckschichten ist für die geplanten Gebäude eine Tiefgründung auf insgesamt 352 Bohrpfählen (DN300) bis 7 m u. GOK erforderlich. Die Energieversorgung des Wohnviertels soll über 49 Erdwärmesonden (bis in Tiefen von über 100 m) und einem entsprechenden unterirdischen Leitungsnetz erfolgen. Für die Regenwasserableitung sind vier Rückhaltebauwerke vorgesehen, von denen aus Regenwasser in den Mischwasserkanal unterhalb des Märzenbachs abgeführt werden soll. Durch die genannten Maßnahmen erfolgt ein permanenter Eingriff in den Untergrund bzw. in den Grundwasserkörper.

Im vorliegenden Gutachten werden die hydrogeologischen Grundlagen und die derzeitigen Gegebenheiten im Planungsgebiet dargelegt. Darauf aufbauend werden die Veränderungen der Grundwasserströmungsverhältnisse durch die dauerhaft in das Grundwasser eingreifenden Bauwerke untersucht. Diese verursachen oberstromig einen Aufstau und unterstromig eine Absenkung des Grundwassers. Das Ausmaß dieser Auswirkungen ist von der Größe, Geometrie und Ausrichtung der Bauwerke sowie den Grundwasserverhältnissen, insbesondere von Strömungsrichtung und Grundwassergefälle abhängig.

In einem ersten Schritt werden die Auswirkungen der einzelnen Maßnahmen mittels analytischer Verfahren abgeschätzt. Um auch mögliche Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Eingriffen zu erfassen, wird ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt. Hiermit werden die Grundwasserstände für den Istzustand und den Planungszustand simuliert und potentielle Veränderungen des Grundwasserstandes (Anhebung oder Absenkungen) im Untersuchungsgebiet berechnet und dargestellt.

Ergänzend wird auf die Altlastenproblematik eingegangen, die aus geringen Verunreinigungen der anthropogenen Auffüllungen im Vorhabengebiet resultiert.

## 3. Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung der vorliegenden Untersuchungen wurden folgende Unterlagen verwendet:

- (1) fm geotechnik (2020): Umwelt- und geotechnischer Bericht, Baugebiet westlich der Blasiuskirche (10.06.2020),
- (2) Blasy + Mader (2022): Baugrund- und Schadstoffgutachten - BV Neubau des Wohnviertels „Blasius-Blick“ (05.09.2022),
- (3) Baugrund Süd (2024): Grundriss Sonden-, Anschluss- und Aushubplan (28.02.2024),
- (4) PSP Architekten: Bauablaufplan,

- (5) IB Többen (2024): Technische Außenanlagen Gesamtplan (14.02.2024),  
(6) BENKERT SCHÄFER Architekten Partnerschaft mbB (2024):  
BBK\_Übersicht-Fundamente\_240417 (17.04.2024),  
(7) GLT Michael Triebswetter Landschaftsarchitekt: Schnitte Haus A bis C, Zufahrt Rampe  
und Brücken. Übersichtsgrafik Stützwände mit Eingriffstiefen (22.04.2024),  
(8) Datendienste des Bayerischen Landesamtes für Umwelt ([www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de)):
- Digitale Geologische Karte von Bayern 1:25.000 (dGK25),
  - Bohrprofile im Umfeld des Bauvorhabens,
  - Digitales Geländemodell (Auflösung 1 m x 1 m).

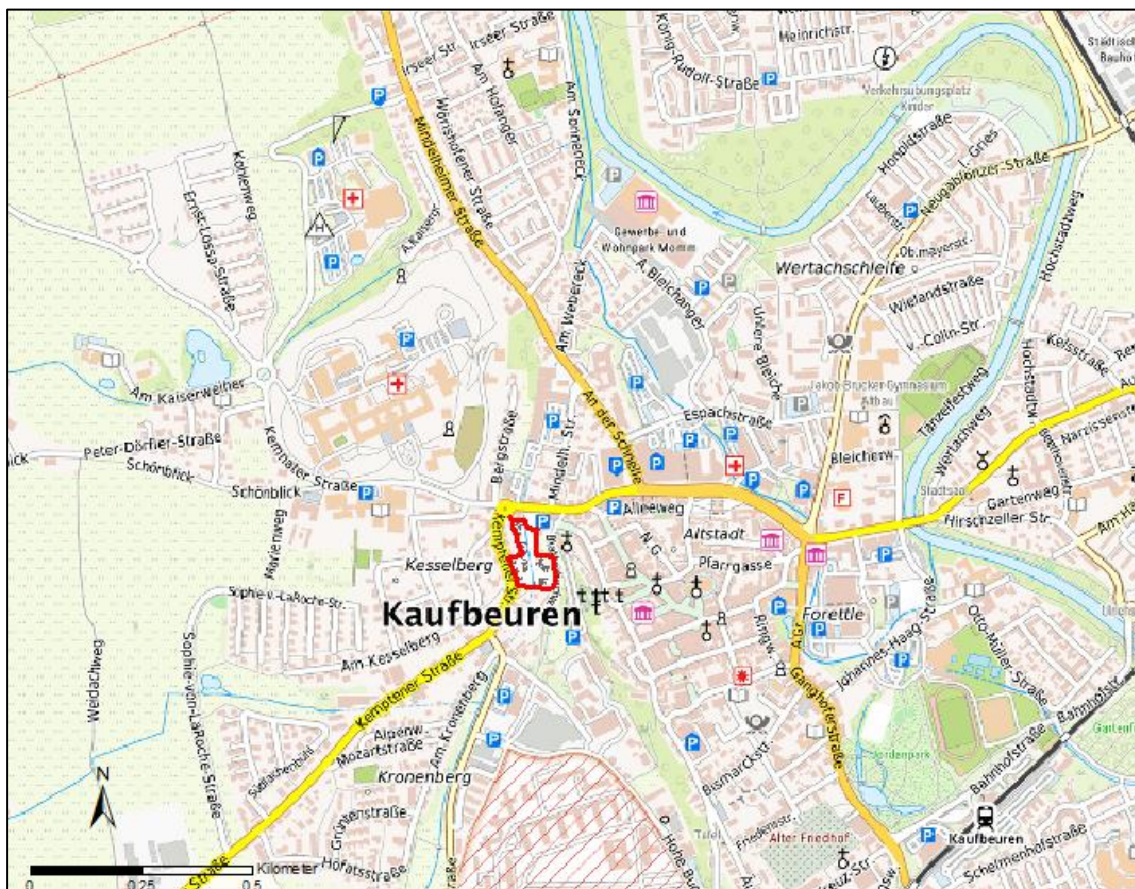


Abbildung 1: Übersichtslageplan Bauvorhaben



## 4. Geplantes Bauvorhaben

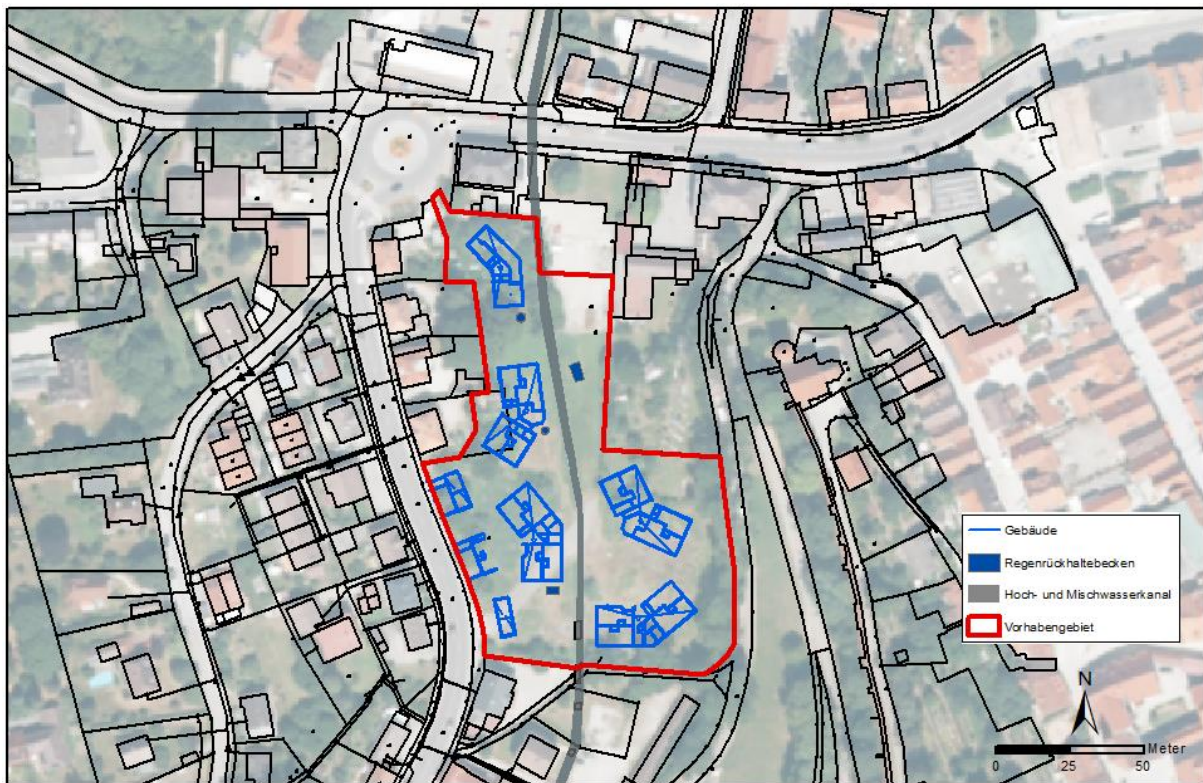


Abbildung 2: Flurstück mit geplanten Gebäuden / Bodenplatten

Abbildung 2 zeigt die Lage des ca. 9.940 m<sup>2</sup> großen Vorhabensgebietes. Die Nord-Süd-Erstreckung beläuft sich auf rd. 160 m, die West-Ost-Ausdehnung maximal auf rd. 100 m.

Innerhalb des Projektgebietes sollen acht Mehrfamilienhäuser errichtet werden, für die aufgrund nicht tragfähiger Deckschichten eine Tiefengründung erforderlich ist. Das Gebiet wird von Süd nach Nord von einem Hochwasser- und Mischwasserkanal durchzogen. Vier Bauwerke zur Rückhaltung von Regenwasser sollen an den Mischwasserkanal angeschlossen werden.

Das Gelände liegt in einer flachen, leicht nach Norden abfallenden Geländesenke bei mittleren Geländehöhen von 685 m (vgl. Abbildung 3). Im Westen und Osten grenzen Nord-Süd gerichtete Höhenzüge mit Steigungen von ca. 10 % (Westen) bzw. 40 % (Osten) an.



Abbildung 3: Geländehöhen im Umfeld des Vorhabengebietes



## 5. Geologie und Hydrogeologie

### 5.1 Geologischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet im glazial geprägten Alpenvorland liegt überwiegend im Bereich würmzeitlicher Geschiebemergel (siehe Abbildung 4). Im Liegenden folgen tertiäre Sedimente der Oberen Süßwassermolasse (OSM), die nach Norden hin auftauchen. Im Westen und Osten schließen sich würmzeitliche Vorstoßschotter an, denen nach Osten zur Wertach hin Schmelzwasserschotter und holozäne Auenmangel folgen.

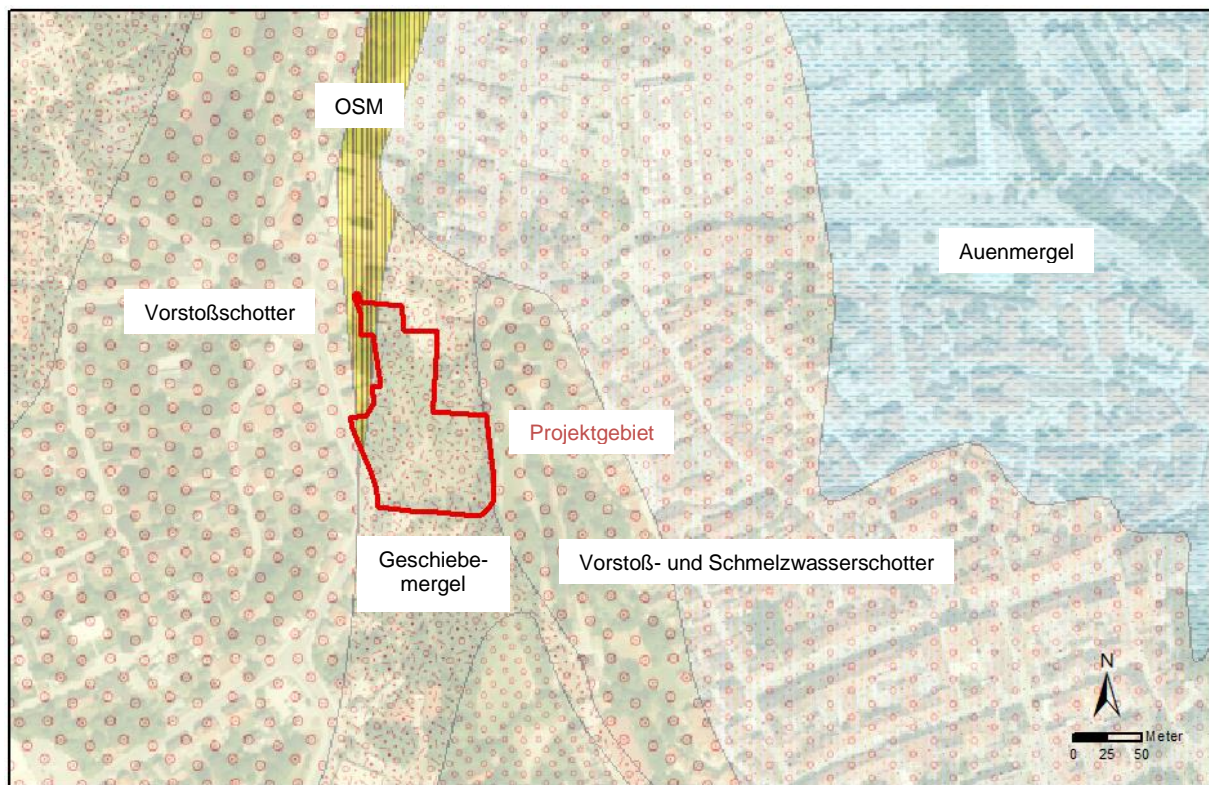


Abbildung 4: Geologie im Untersuchungsgebiet (Quelle: Digitale Geologische Karte von Bayern 1:25.000 (dGK25))

### 5.2 Lokale Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

Im Zuge von Baugrunduntersuchungen in den Jahren 2020 wurden neun Rammkernsondierungen bis in Tiefen von ca. 6 m (vgl. (1)) und 2022 sechs Rammkernbohrungen mit einer Tiefe von 10 m durchgeführt (vgl. (2)), deren Lage in Abbildung 5 dargestellt ist. Zudem können im näheren Umfeld Bohrungen des Landesamts für Umwelt ausgewertet werden.

Nach (1) und (2) ist im Maßnahmensgebiet grundsätzlich von folgendem Schichtaufbau auszugehen:

- Geringmächtige Oberböden und Auffüllungen: Kies-Sand-Schluff-Gemische mit Bau-schuttresten mit Mächtigkeiten zwischen 0,8 m und 3,5 m.
- Weitestgehend flächendeckende Auenablagerungen: geringdurchlässige Schluffe, bis in Tiefen von 4,5 m unter Gelände.



- Terrassenschotter: meist aus sandigen, schwach-schluffigen Kiesen mit variierenden Mächtigkeiten von bis zu 2,80 m.
- Molasse - Lockergestein: untergliedert in sandige und schluffige Molasseablagerungen in Tiefen von rund 6 m bis 8 m unter GOK.
- Molasse - Mergelstein: Festgesteine der OSM mit teils starker bis sehr starker Klüftung im oberen Horizont in Tiefen von 6,40 m bis 7,7 m unter GOK.

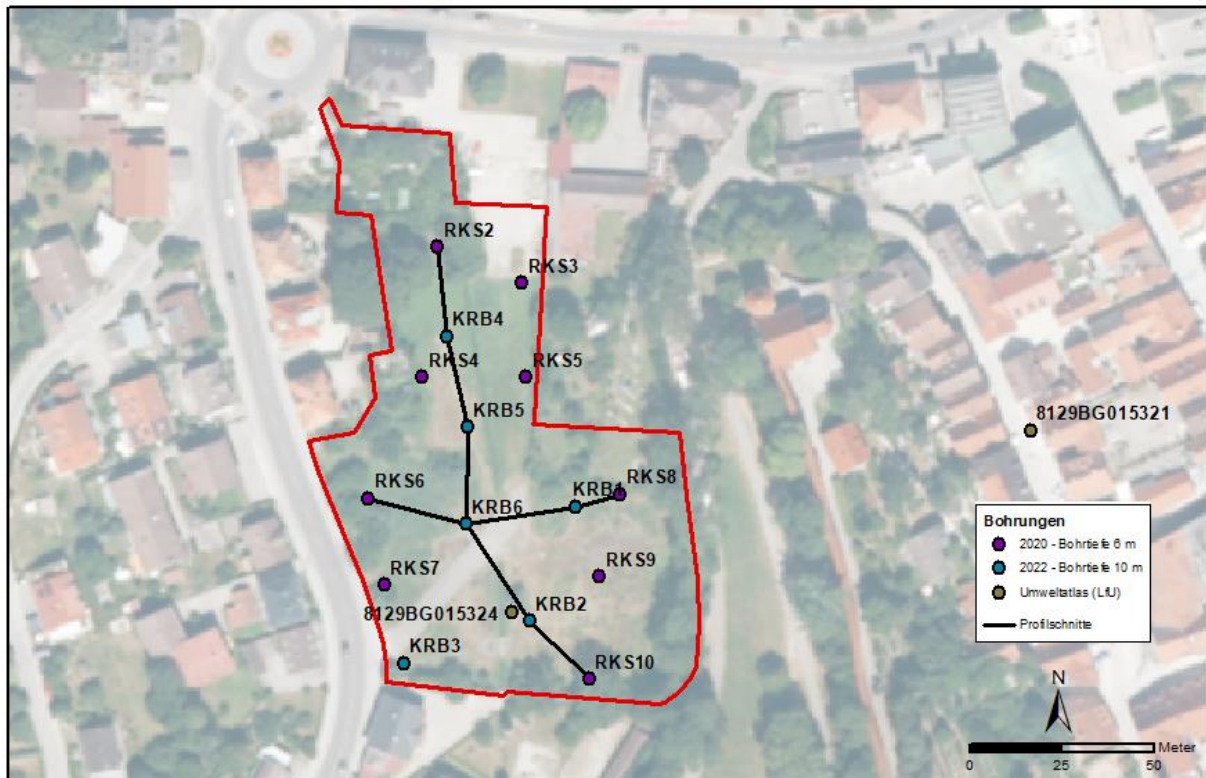


Abbildung 5: Bohrungen im Untersuchungsgebiet und Lage der Profilschnitte

Abbildung 6 enthält zwei Profilschnitte, die den Schichtaufbau im Projektgebiet verdeutlichen (Lage der Profilschnitte siehe Abbildung 5). Während die Terrassenschotter in den Randbereichen Mächtigkeiten von zwei und mehr Metern aufweisen, dünnt diese Schicht im zentralen Bereich aus. Hier verdrängen Auffüllungen, Auensedimente und tertiäre Sande und Schluffe die durchlässigen Schotterbereiche. Geringdurchlässige, schluffige Molasseablagerungen sind im gesamten Projektgebiet vorhanden. Diese werden in Teilgebieten von durchlässigeren sandigen Sedimenten überlagert.

Die bestehenden Nord-Süd-gerichteten Hoch- bzw. Mischwasserkanäle schneiden in die durchlässigen Schotterebenen ein und reichen zum Teil bis zu den tertiären Molasseablagerungen.

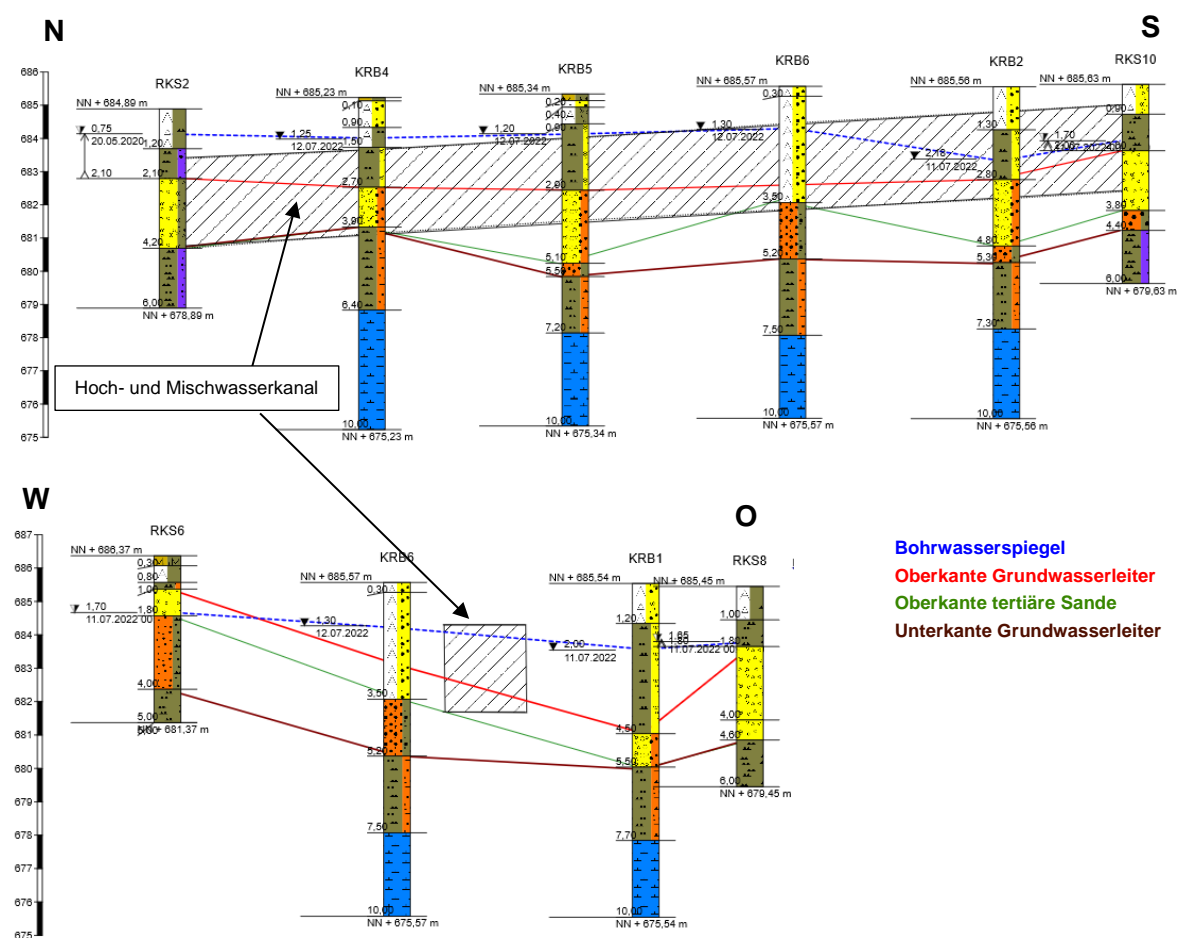


Abbildung 6: Profilschnitte Nord-Süd (oben) und West-Ost (unten) anhand von Bohrprofilen

Für die hydraulische Durchlässigkeit des Untergrundes werden in (1) auf der Grundlage von Laborergebnissen und Erfahrungen mit vergleichbaren Böden folgende Wertebereiche angegeben:

|                        |  |
|------------------------|--|
| Auffüllungen:          | $k_f = 1 \times 10^{-09} - 10^{-03} \text{ m/s}$ |
| Auenablagerungen:      | $k_f = 1 \times 10^{-09} - 10^{-07} \text{ m/s}$ |
| Schotter:              | $k_f = 1 \times 10^{-05} - 10^{-03} \text{ m/s}$ |
| Molasse - sandig:      | $k_f = 1 \times 10^{-07} - 10^{-05} \text{ m/s}$ |
| Molasse - schluffig:   | $k_f = 1 \times 10^{-10} - 10^{-08} \text{ m/s}$ |
| Molasse - Mergelstein: | $k_f = 1 \times 10^{-10} - 10^{-08} \text{ m/s}$ |

Diese Werte sind als Anhaltswerte anzusehen.

### 5.3 Bohrwasserstände

Während der Baugrunduntersuchungen im Mai 2020 und im Juli 2022 wurde bei allen Bohrungen Grundwasser in den Terrassenschottern und Molassesanden festgestellt. Das Grundwasser ist zum größten Teil zwischen den gering durchlässigen Auenablagerungen und Molassemergeln gespannt. Die druckentspannten Bohrwasserspiegel lagen bei den Kampagnen zwischen ca. 1 m bis 2 m unter GOK im Bereich der schluffigen Deckschichten.

Die zeitliche Einordnung der Bohrkampagnen und der Vergleich mit der Ganglinie der nächstgelegenen, dauerhaft beobachteten Grundwassermessstelle Pforzen 496<sup>1</sup> in Abbildung 7 zeigt, dass bei beiden Bohrkampagnen tendenziell Niedrigwasserstände herrschten.

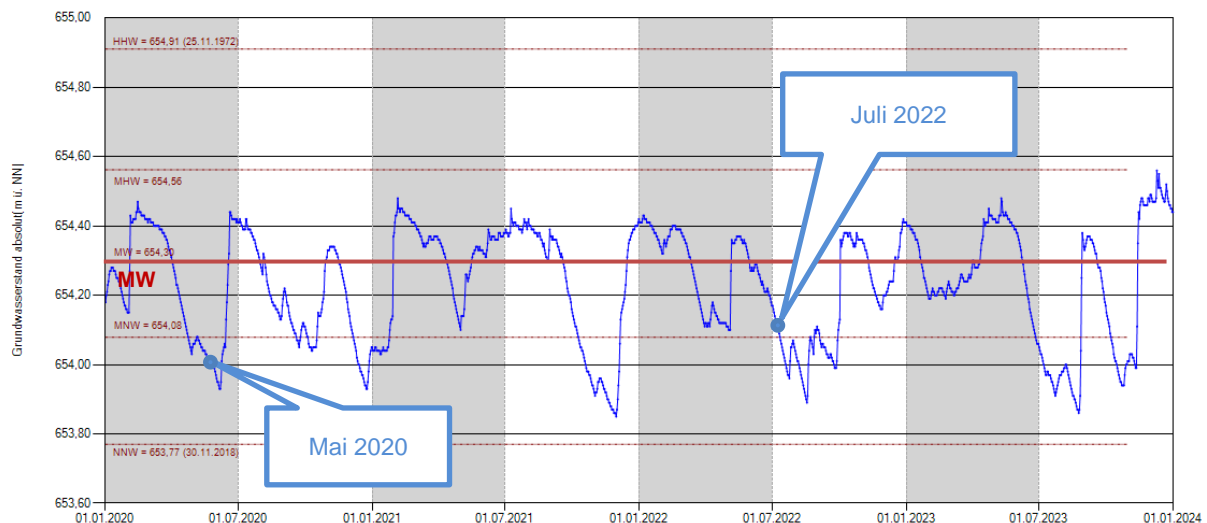


Abbildung 7: Wasserstandsganglinie an der Grundwassermessstelle Pforzen 496

<sup>1)</sup> ca. 5 km nördlich der Vorhabengebietes

Anhand der Bohrwasserspiegel im Untersuchungsgebiet und umliegender Wasserspiegel verfügbarer LfU-Bohrungen konnte ein weitgehend homogener Grundwassergleichenplan für das Planungsgebiet erstellt werden (vgl. Abbildung 8).

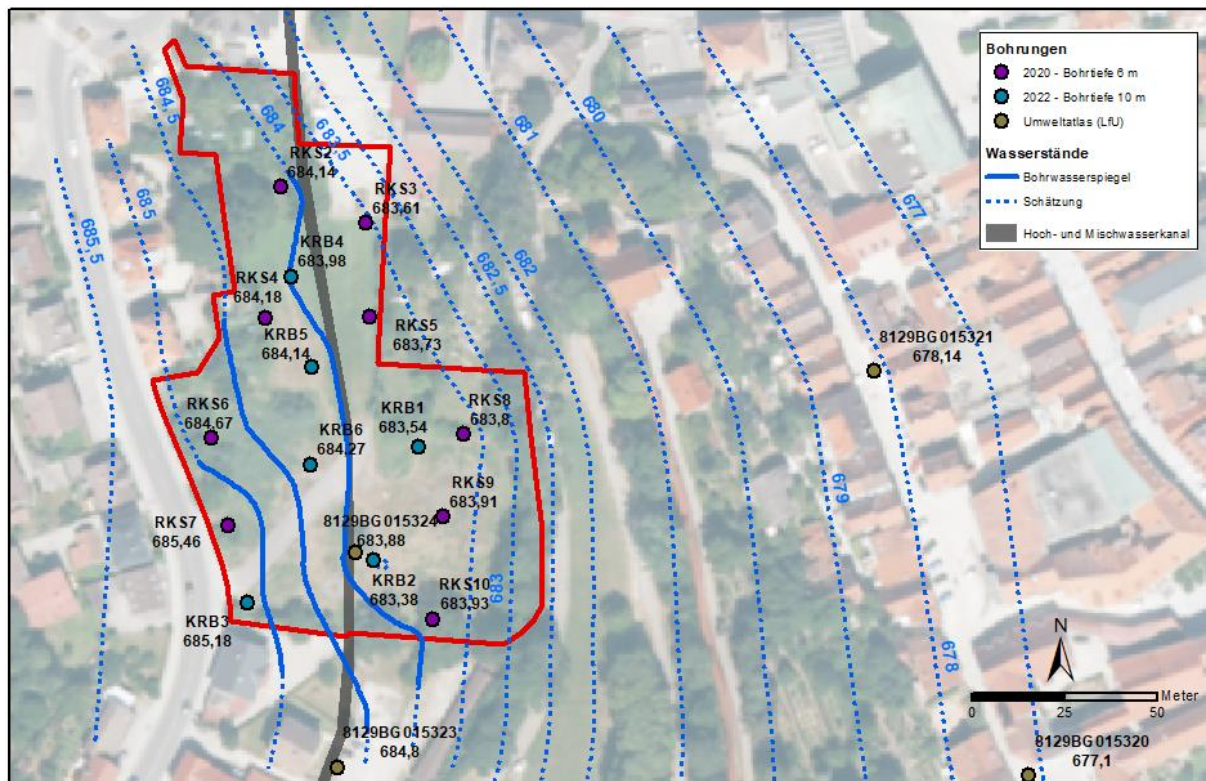


Abbildung 8: Bohrwasserstände und interpolierte Grundwassergleichen

Westlich des Mischwasserkanals zeigen die Bohrwasserspiegel ein einheitliches Bild mit von West nach Ost von ca. 685,5 m ü. NN auf 684 m ü. NN abnehmenden Wasserständen.

Östlich des Kanals deuten die Werte aus 2020 allgemein ein höheres Grundwasserniveau als bei der Kampagne 2022 an. Bei beiden Kampagnen aber nehmen die Wasserstände mit Werten von ca. 683,9 m bis 683,4 m ü. NN nach Osten zur Wertach hin weiter ab.

Zusammenfassend zeigen die Grundwassergleichen eine zur Wertach hin orientierte Fließrichtung von WSW nach ONO. Das Grundwassergefälle im Projektgebiet liegt im Allgemeinen bei rund 2 % bis 2,5 %<sup>2)</sup>, maximale Werte von bis 6 %<sup>3)</sup> werden im Südwesten erreicht. Das vergleichsweise hohe Grundwassergefälle in diesem Bereich zeigt die geringere Durchlässigkeit des Grundwasserleiters und die stauende Wirkung durch die Kanäle im Zentrum des Projektgebietes an.

<sup>2)</sup> vgl. Gefälle zwischen RKS4/RKS, RKS7/RKS9 und KRB6/KRB1

<sup>3)</sup> vgl. Gefälle zwischen KRB3/KRB2



## 5.4 Oberflächengewässer

Der Hauptvorfluter im Umfeld des Untersuchungsgebietes ist die Wertach, die rd. 800 m östlich des Bauvorhabens von Süden nach Norden fließt. Pegeldata im näheren Umfeld liegen nicht vor. Mithilfe des digitalen Höhenmodells kann der Wasserstand der Wertach auf Höhe der Gutenbergstraße grob auf 667 m ü. NN abgeschätzt werden. Dies entspricht einem Grundwassergefälle zur Wertach von ca. 1 %.

Das Planungsgebiet selbst wird vom Märzenbach bzw. dessen Bett von Süden nach Norden durchquert. Südlich des Bauvorhabens werden dessen Abflüsse über einen Hochwasserkanal abgeführt, der unter dem Bachbett verläuft (vgl. Abbildung 2). Das Bachbett ist in geringdurchlässige Auenablagerungen eingebettet, die den quartären Grundwasserkörper überlagern. Kontakt zum Grundwasser besteht nicht, Wechselwirkungen mit dem Grundwasser treten nicht auf.

## 5.5 Grundwasserstände und Grundwasserfließrichtung

Im Vorhabengebiet wurden im Rahmen der Erkundungsarbeiten keine Grundwassermessstellen errichtet. Es fehlen zeitlich differenzierte Wasserstandsmessungen, die die Grundwasserschwankungen im Planungsgebiet wiedergeben.

Aussagen zu Wasserständen und Fließrichtungen basieren auf der Auswertung der Bohrwasserstände im vorhergehenden Kapitel.

Zusammenfassend kann für das Projektgebiet festgestellt werden:

- Hauptvorfluter im näheren Umfeld ist die Wertach.
- Die Grundwasserfließrichtung ist zur Wertach hin gerichtet von WSW nach ONO.
- Das in den Kiesen / tertiären Sanden fließende Grundwasser ist unter den Auenlehmen gespannt.
- Bei niedrigen Grundwasserständen liegen die (entspannten) Druckwasserspiegel bei ca. 683,4 m bis 685,5 m ü. NN bzw. 1 m bis 2 m unter GOK.
- Das Grundwassergefälle liegt zwischen 2 % und 6 %.
- Daten zu Schwankungen und Höchstständen des Grundwassers liegen nicht vor. Es ist von (Druck-) Höchstwasserspiegeln bis an die Geländeoberkante auszugehen.

## 6. Analytische Aufstauberechnungen

Zunächst werden die Baumaßnahmen einzeln betrachtet und deren Auswirkungen im Grundwasserstrom mittels analytischer Verfahren berechnet.

### 6.1 Berechnungsansatz und Grundlagen

Die hier durchgeführten Berechnungen basieren auf den von BRANDL (1979) erläuterten Berechnungsmöglichkeiten von Grundwasser-Aufstauhöhen vor Gebäuden. Es werden darin Lösungsansätze für die unterschiedlichen Fälle der Unterströmung, Umströmung und Unter- und Umströmung von Objekten im Grundwasserstrom gegeben.

Die Berechnung der Aufstauhöhe erfolgt über folgende Formeln:

$$\Delta h = 0,5 \times I (1 - a) \times B \quad \text{Gleichung 1}$$

$$\text{mit: } a = \frac{B + L}{H (f_p + f_u) + B} \quad \text{Gleichung 2}$$

$$f_p = \frac{L}{H - T} \quad \text{Gleichung 3}$$

$$f_u = -\frac{4}{\pi} \ln \left( \sin \left( \frac{\pi}{2} \times \frac{H - T}{H} \right) \right) \quad \text{Gleichung 4}$$

mit:

$\Delta h$  = Aufstauhöhe

$I$  = Grundwassergefälle

$B$  = Breite des Objektes im Grundwasserstrom

$L$  = Länge des Objektes im Grundwasserstrom

$H$  = Grundwassermächtigkeit  $M$

$T$  = Eintauchtiefe des Objektes

$a$  = prozentualer Anteil der Unterströmung

$f_p$  und  $f_u$  = Formparameter

### 6.2 Annahmen

Zur Berechnung der Auswirkungen sind Angaben hinsichtlich Grundwassergefälle und Grundwasserfließrichtung notwendig. Grundlage für die Abschätzung dieser Werte sind die in Kapitel 5.3 beschriebenen Bohrwasserstände.

Die Ermittlung der hydraulischen Auswirkungen der geplanten Baumaßnahmen erfolgt auf der Grundlage von sog. *worst-case-scenarios*. Dies bedeutet, dass für die Aufstauberechnungen die jeweils ungünstigsten Eingangsparameter verwendet werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Baumaßnahmen sowie deren Berücksichtigung bei der Berechnung der Auswirkungen aufgeführt:

**Gebäude:**

- **Haus A, B und C** und dazwischen liegende Stützwände: geringfügiges Eintauchen in den Grundwasserleiter, Abmessungen und Eintauchtiefe aus (6) übernommen: Teilabspernung des Grundwasserstroms mit möglicher Unterströmung.
- **Haus D bis H** oberhalb des Grundwasserleiters: unberücksichtigt (kein Einfluss auf Grundwasserströme).

**Stützwände:**

- Stützwände zwischen Haus A und B bzw. B und C: Modellierung siehe Gebäude.
- Sonstige Stützwände: oberhalb des Grundwasserleiters: unberücksichtigt.

**Erdwärmesonden (EWS)**

- 47 Erdwärmesonden, 2 Reservesonden, 130 m bzw. 114 m tief, Durchmesser 0,2 m: komplette Abspernung des Grundwasserstroms, Eingriffstiefe bis zum Stauer.
- Leitungsnetz für die Erdwärmesonden im Bereich 1 m bis 2 m u. GOK, liegt in Deckschichten: unberücksichtigt.
- Unterquerungen des Hoch- und Mischwasserkanals von Leitungen an verschiedenen Stellen, Positionen aktuell noch nicht final beschlossen: unberücksichtigt (zu vernachlässigende Auswirkungen, da Durchmesser der Unterquerungen im Dezimeter-Bereich und Ausrichtung in Fließrichtung).

**Rammpfähle**

- 352 Rammpfähle, Tiefe ca. 7 m, Durchmesser 0,3 m: komplette Abspernung des Grundwasserstroms, Eingriffstiefe bis zum Stauer.

**Regenrückhaltevorrichtungen:**

- Abmessungen und Eintauchtiefe der Regenrückhaltebecken RHB-Nord und RHB-Süd sowie der Rückhaltung (RH) für Haus D und E aus (5) übernommen: Teilabspernung des Grundwasserstroms mit möglicher Unterströmung.

**Weitere Leitungen (Trinkwasser, Schmutzwasser, Regenwasser)**

- Überwiegend in den geringdurchlässigen Deckschichten, maximale Durchmesser 30 cm: worst-case-Abschätzung mit Eintauchtiefe von 30 cm, mit möglicher Unterströmung.

### 6.3 Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Annahmen und Ergebnisse der analytischen Aufstauberechnungen für die einzelnen Baumaßnahmen zusammengefasst.

Tabelle 1: Annahmen und Aufstauhöhen für die Einzelmaßnahmen

|  | Haus A-C<br>mit Stütz. | RHB-Süd     | RHB-Nord    | RH Haus D   | RH Haus E   | Leitungen    | Rammpfahl   | EWS         |
|--|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Länge Bauwerk [m]                          | 60,0                   | 4,4         | 3,4         | 2,7         | 2,7         |              | 0,3         | 0,2         |
| Breite Bauwerks [m]                        | 5,5                    | 2,9         | 6,0         |             | 2,7         |              | 0,3         | 0,2         |
| Tiefe Bauwerk [m ü. NN]                    | 685,0                  | 682,1       | 681,3       | 681,1       | 681,5       |              | OK Stauer   | OK Stauer   |
| Breite B (senkrecht zur Fließrichtung) [m] | 60,0                   | 3,3         | 6,0         | 2,7         | 2,7         | 160,0        | 0,4         | 0,2         |
| Länge L [m] (parallel zur Fließrichtung)   | 5,5                    | 5,3         | 3,4         | 2,7         | 2,7         | 0,3          | 0,4         | 0,2         |
|  |                        |             |             |             |             |              |             |             |
| Oberkante Grundwasserleiter [m ü. NN]      | 685,2                  | 683,1       | 682,7       | 682,7       | 682,7       | -            | -           | -           |
| Unterkante Grundwasserleiter [m ü. NN]     | 682,4                  | 680,9       | 680,8       | 680,6       | 680,4       | -            | -           | -           |
| Grundwassermächtigkeit H [m]               | 2,8                    | 2,2         | 1,9         | 2,1         | 2,3         | 2,0          | -           | -           |
| H-T [m]                                    | 2,6                    | 1,2         | 0,5         | 0,5         | 1,1         | 1,7          | -           | -           |
|  |                        |             |             |             |             |              |             |             |
| <b>Aufstauhöhe Brandl [m]</b>              | <b>0,01</b>            | <b>0,04</b> | <b>0,04</b> | <b>0,02</b> | <b>0,01</b> | <b>0,004</b> | <b>0,01</b> | <b>0,01</b> |

#### Haus A,B und C mit Stützwänden:

Die Untergeschosse der Häuser A, B und C sowie die dazwischen geplanten Stützwände reichen bis zu ca. 15 cm in den Grundwasserleiter, dessen Mächtigkeit im Bereich dieser Gebäude ca. 2,8 m beträgt. Bei der WSW-ONO gerichteten Grundwasserströmung zur Wertach hin kann die Breite und Länge der Barriere im Grundwasserstrom mit 60 m bzw. 5,5 m abgeschätzt werden. Bei einem Grundwassergefälle von 6% (entspricht der Wasserspiegellagendifferenzen von KRB3 und KRB2 im Südwesten) ergibt sich rechnerisch westlich der Gebäude eine Aufstauhöhe von ca. 1 cm.

#### RHB-Süd:

Bei einer geplanten Tiefe von 3,66 m ab GOK reicht das Rückhaltebecken ca. 1 m in den Grundwasserkörper hinein, dessen Mächtigkeit an dieser Stelle ca. 2,2 m beträgt. Damit ist ein Unterströmen des Bauwerks möglich. Für eine Breite von 3,3 m und eine Länge von 5,3 m im Grundwasserstrom und ein Grundwassergefälle von 6% ergibt sich westlich des Rückhaltebeckens eine Aufstauhöhe von ca. 4 cm.

#### RHB-Nord:

Dieses - senkrecht zur Fließrichtung ausgerichtete - Rückhaltebecken ragt ca. 1,4 m in den ca. 1,9 m mächtigen Grundwasserkörper hinein. Bei einer Breite von 6 m und einer Länge von 3,4 m im Grundwasserstrom errechnen sich für ein Grundwassergefälle von 2,5 % (Gefälle im Norden) eine Aufstauhöhe von ca. 4 cm.

#### RH-Haus D/E:

Für die Rückhaltebauwerke für Haus D bzw. E im Norden des Vorhabengebietes ergeben sich bei Eingriffstiefen von 1,2 m bzw. 1,6 m in den Grundwasserkörper und einem Gefälle von 2,5 % Aufstauhöhen von 1 cm bzw. 2 cm.



### **Rammpfähle / Erdwärmesonden**

Die geplanten Rammpfähle und Erdwärmesonden reichen bis in den Grundwasserstauer und können nur umströmt werden. Der Faktor  $a$  in o.g. Berechnung wird damit 0. Für den Fall einer ausschließlichen Umströmung eines Hindernisses im Grundwasserstrom ist die Grundwassermächtigkeit unerheblich. Maßgeblich für die berechnete Aufstauhöhe ist das Grundwassergefälle sowie die Breite des Bauwerks senkrecht zur Grundwasserfließrichtung. Diese liegt bei den Rammpfählen bei ca. 0,45 m (Diagonale) und bei den EWS bei 0,2 m. Für beide Einbauten betragen die maximalen Aufstauhöhen 1 cm (Gefälle 6 %).

### **Weitere Leitungen**

Bei einer maximalen Länge von 160 m (Nord-Süd-Ausdehnung des Vorhabengebietes), einer maximalen Eintauchtiefe von 30 cm und einem maximalen Grundwassergefälle von 6 % kommt es bei solchen Leitungen zu keinem nennenswerten Aufstau.

Alle analytisch berechneten Wasserstandsveränderungen liegen deutlich unter dem aus wasserrechtlicher Sicht i.d.R. zugrunde gelegten Grenzwert einer Differenzhöhe von 10 cm.

## **7. Numerisches Grundwassermodell**

Zur Berechnung möglicher Auswirkungen der geplanten Baumaßnahmen auf die Grundwasserverhältnisse wurde ein numerisches Grundwasserströmungsmodell erstellt. Hierzu wurde die Software Feflow in der aktuellen Version 8.1 (DHI-Wasy) verwendet. Der Modellaufbau beruht auf den vorliegenden Bohrungen und Bohrwasserspiegeln, exakte Messwerte zu Grundwassergefälle und Grundwasserfließrichtung fehlen. In einem teilschematischen Modell wurden die örtlichen Verhältnisse mit einem hinlänglich großen Umgriff auf Grundlage der Datenbasis abgebildet. Das Modell wurde stationär, d.h. mit im zeitlichen Verlauf unveränderlichen Randbedingungen, bei gespanntem Aquifer berechnet.

### **7.1 Modellaufbau**

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von rd. 950 m x 1.550 m = rd. 1,5 km<sup>2</sup>, die der vermuteten Fließrichtung folgend von WSW nach ONO ausgerichtet ist. Das Diskretisierungsnetz der verwendeten Software basiert auf dem Prinzip der finiten Elemente. Abbildung 9 zeigt den Modellumgriff sowie die horizontale Diskretisierung, die die vorhandenen Misch- und Hochwasserkanäle sowie die geplanten, dauerhaft ins Grundwasser eindringenden Bauwerke berücksichtigt. Im Bereich der sehr kleinräumigen Erdwärmesonden und Bohrpfähle liegen die Kantenlänge der finiten Elemente bei unter 0,1 m, im Umfeld der Kanäle bei ca. 0,5 m. Mit zunehmender Entfernung vom Planungsgebiet vergrößern sich die Elemente auf bis zu ca. 65 m Kantenlänge am Modellrand.



Abbildung 9: Umgriff des numerischen Grundwassermodells

Der vertikale Aufbau besteht aus den drei stratigraphischen Einheiten: stauende Deckschichten, Schotter und sandige Molasseablagerungen. Die Modelloberkante entspricht der Geländehöhe, die Unterkante des Modells wird durch die Oberkante der schluffigen Molassesedimente, der Unterkante des Grundwasserleiters, gebildet.

Im Umfeld des Bauvorhabens erfolgte eine Regionalisierung der stratigraphischen Schichthöhen auf Basis der vorliegenden Baugrunduntersuchungen (15 Bohrungen) und der Bohrprofile im Umfeld des Bauvorhabens (6 Bohrungen aus dem Umweltatlas). Abbildung 10 zeigt beispielhaft die variierenden Schichtmächtigkeiten im Planungsgebiet.

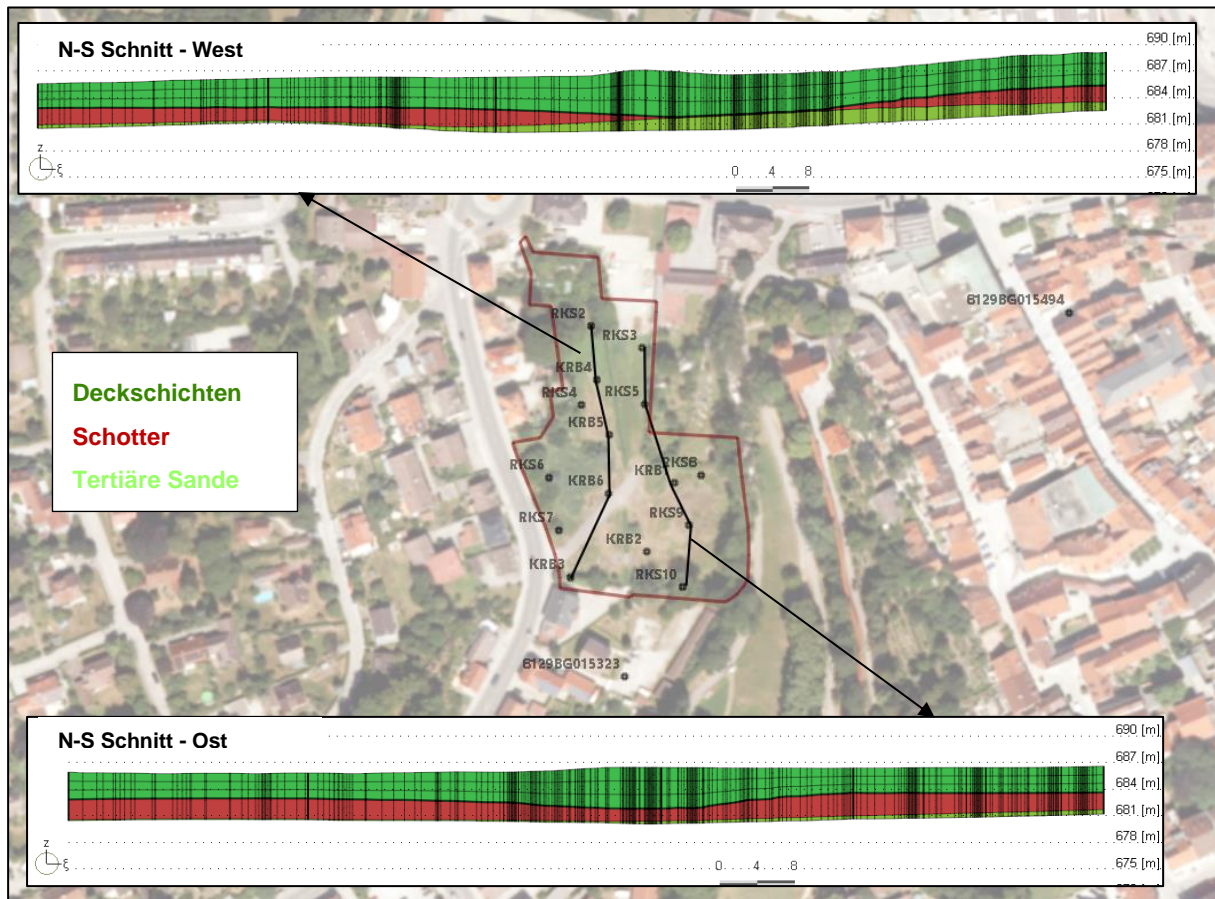


Abbildung 10: Regionalisierung der Schichthöhen

## 7.2 Materialparameter und Randbedingungen

Die für das Grundwasserströmungsmodell maßgeblichen Materialparameter und Randbedingungen werden als zeitlich unveränderlich, d.h. stationär angesetzt und sind im Folgenden aufgeführt:

Für die hydraulische Durchlässigkeit wurden in Anlehnung an die vorliegenden Baugrundgutachten (vgl. Kapitel 5.2) über das gesamte Modellgebiet folgende Werte pauschal angesetzt:

- Die feinkörnigen Deckschichten/Auenablagerungen werden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \times 10^{-06}$  m/s abgebildet.
- Den Schottern des quartären Grundwasserleiters wird ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $1 \times 10^{-03}$  m/s zugewiesen.
- Die darunter liegenden wasserführenden Sande werden mit einem  $k_f$ -Wert von  $1 \times 10^{-05}$  m/s modelliert.

Die ober- und unterstromigen Modellränder wurden als Randbedingung 1. Art jeweils mit einem Fixpotential von 701 m u. NN bzw. 677 m u. NN belegt. Unter diesen Randbedingungen, die großräumig einem Grundwassergefälle von ca. 1,5 % entsprechen, werden die bei den beiden Baugrunduntersuchungen aufgenommenen Bohrwasserspiegel bestmöglichst abgebildet.







## 8. Modellrechnungen

### 8.1 Istzustand

Abbildung 12 zeigt die Grundwassergleichen, die sich aus der Modellanwendung für den Istzustand ergeben. Die bei den beiden Baugrunduntersuchungen aufgenommenen Bohrwasserspiegel werden hinreichend genau wiedergegeben.

Das großräumig angesetzte Grundwassergefälle versteilt sich im Planungsgebiet auf ca. 2 % bis 5 %. Diese Werte sind vergleichbar zu den bei den Baugrunduntersuchungen beobachteten Grundwassergefällen, die sich aus den Differenzen der unterschiedlichen Bohrwasserspiegel ergeben (vgl. Kapitel 5.3).

Auch im numerischen Modell spiegelt sich die geringere Durchlässigkeit des Grundwasserleiters im SW und der Einfluss der Süd-Nord-gerichteten Kanäle in der Verteilung der Grundwassergleichen wider.



Abbildung 12: Modellierungsergebnisse für den Istzustand

### 8.2 Variante Istzustand

Außerhalb des Planungsgebietes verläuft im Westen unter der Kemptener Straße ein Mischwasserkanal (DN600) nahezu senkrecht zur Strömungsrichtung. Basierend auf den vorliegenden Baugrunduntersuchungen schneidet dieser Kanal in Teilbereichen geringfügig (wenige

Dezimeter) in den quartären Grundwasserkörper ein, kann aber auf der gesamten Länge des Bauvorhabens unterströmt werden.

Um mögliche Auswirkungen des Kanals auf die Grundwasserströmung im Planungsgebiet abzuschätzen, wurde der Istzustand variiert. In Anbetracht fehlender Bohrungen westlich des Bauvorhabens wurde der Kanal in einem worst-case-Szenario mit einer Eindringtiefe in den Grundwasserkörper von 60 cm im Modell abgebildet. Abbildung 13 zeigt die berechneten Grundwassergleichen und die resultierenden Auswirkungen.

Bei der betrachteten Variante wird durch den zusätzlichen Kanal ein oberstromiger Aufstau und eine korrespondierende unterstromige Absenkung von jeweils ca. 1 cm verursacht. Diese Änderungen zeigen keine erkennbaren Auswirkungen auf den Verlauf der Grundwassergleichen und können vor dem Hintergrund der Modell- und Rechengenauigkeit vernachlässigt werden.

Von der Wirkung her verursacht der Kanal eine kaum merkliche Abnahme des Grundwasser-gefälles östlich der Straße. Damit verbunden zeigen auch Einbauten ins Grundwasser tendenziell geringere Auswirkungen. Im Sinne einer worst-case-Betrachtung wird der Mischwasserkanal unter der Kemptener Straße bei den weiteren Berechnungen außer Acht gelassen.

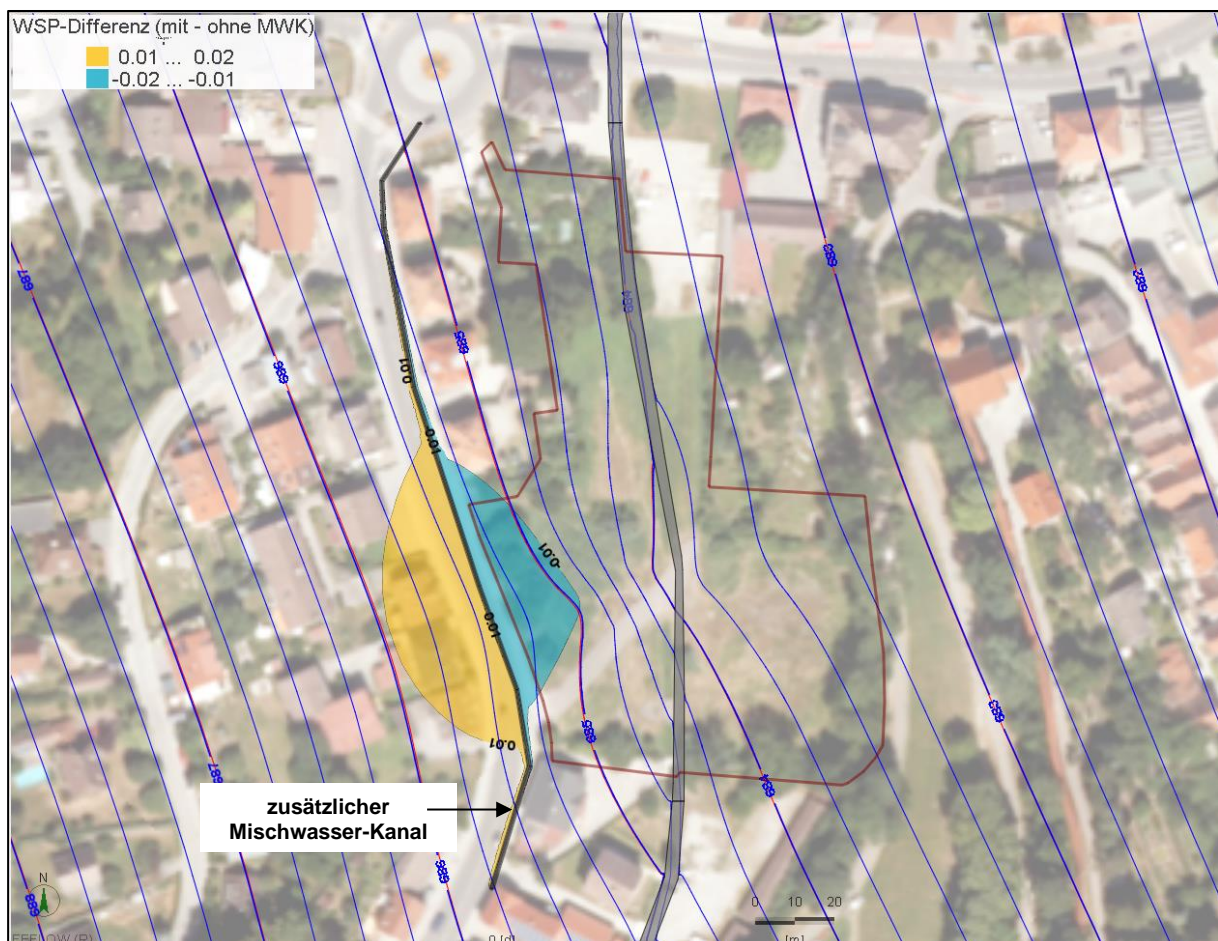


Abbildung 13: Ergebnis der Variantenrechnung (orange = Aufstau, blau = Absenkung); Angaben in [m]

## 8.3 Planungszustand

### 8.3.1 Modellierung des Bauvorhabens

Zur Abbildung des Planungszustandes wurden die dauerhaft ins Grundwasser eindringenden Baumaßnahmen in das Modell eingearbeitet:

- Erdwärmesonden und Rammpfähle wurden vertikal über alle Schichten als undurchlässig mit einem  $k_f$ -Wert von  $1 \times 10^{-10}$  m/s modelliert.
- Die vier Regenrückhaltevorrichtungen, die zum Teil in den quartären Schotter reichen, wurden entsprechend den Angaben in (5) als undurchlässig ( $1 \times 10^{-10}$  m/s) modelliert.

Das Leitungsnetz zwischen den Erdwärmesonden und die Anbindungen an Kanalisation und Regenrückhaltebecken wurden nicht im Modell berücksichtigt. Diese linienhaften Strukturen liegen größtenteils in den geringdurchlässigen Auenablagerungen. Selbst bei vollständiger Lage im Grundwasserkörper können die Leitungen mit maximalen Durchmessern von 30 cm<sup>5</sup> unterströmt werden. Derartige Leitungen wirken sich nur minimal auf die Grundwasserströmung aus, wie die worst-case-Abschätzung aus Kapitel 6.3 zeigt.

Zudem verdeutlicht die Variantenrechnung in Kapitel 8.2 (Auswirkungen des DN600-Kanals westlich des Bauvorhabens), dass selbst bei doppeltem Leitungsdurchmesser ein Aufstau bzw. eine Absenkung von nur ca. 1 cm zu erwarten ist.

### 8.3.2 Auswirkungen des Bauvorhabens

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Baumaßnahmen erläutert, die sich aus der Modellanwendung für den Planungszustand und dem Vergleich mit dem Istzustand ergeben.

Abbildung 14 zeigt die berechneten Grundwassergleichen für den Ist- (blau) und den Planungszustand (rot) sowie die daraus resultierenden Wasserspiegeldifferenzen für das gesamte Untersuchungsgebiet. Die Isolinien beider Zustände verlaufen nahezu identisch.

Geringfügige Veränderungen der Grundwasserstände treten im Umfeld der Regenrückhaltebecken auf. Hier wird durch die Baukörper oberstromig ein Aufstau und unterstromig eine korrespondierende Absenkung verursacht. Maximale Veränderungen von ca. 5 cm werden an RHB-Süd erreicht, die Reichweite dieser Veränderungen im cm-Bereich liegt bei ca. 15 m und damit vollständig innerhalb des Projektgebietes. An RHB-Nord mit Änderungen von bis zu 4 cm wird die Reichweite durch den Hoch- und Mischwasserkanal im Zentrum des Bauvorhabens auf ca. 6 m beschränkt. Die Rückhaltevorrichtungen für Haus D bzw. E verursachen einen Aufstau von 2 cm bzw. 1 cm.

Zusätzlich wird an der Westseite des Grundstücks durch die Untergeschosse der Häuser A bis C und die dazwischen verlaufenden Stützwände ein oberstromiger Aufstau von ca. 1 cm verursacht. Diese vernachlässigbare Beeinflussung der Wasserstände reicht bei einer maximalen Reichweite von 15 m nicht über die Kemptener Straße hinaus. Der Gebäudebestand westlich der Straße ist nicht betroffen.

---

<sup>5</sup> vgl. Angaben in (5)





Abbildung 14: Grundwassergleichen für Ist- bzw. Planungszustand (blau bzw. rot), Wasserspiegeldifferenzen in m (Plan - Ist: orange = Aufstau, blau/grün = Absenkung)

Eine stauende Wirkung der Rammpfähle und Erdwärmesonden ist nur im Südwesten des Vorhabengebietes zu erkennen (vgl. Abbildung 15). Aufgrund des vergleichsweise hohen Grundwassergefälles hier führen die Rammpfähle zu Wasserstandsveränderungen von ca. 1 cm bei maximalen Reichweiten von einem halben Meter. Änderungen durch Erdwärmesonden liegen auch hier unter 1 cm.

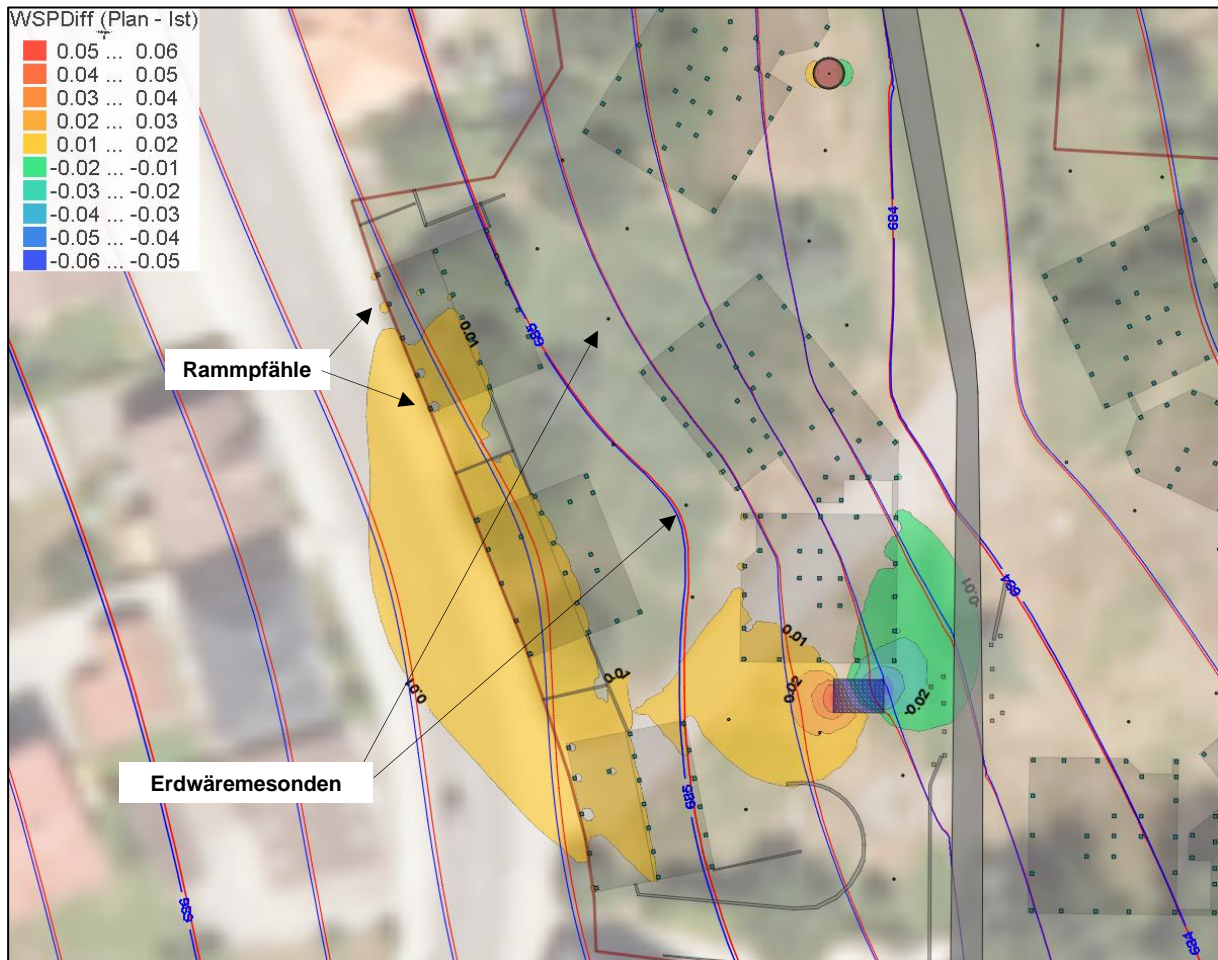


Abbildung 15: Detailausschnitt mit Wasserspiegeldifferenzen (Plan - Ist: orange = Aufstau, blau/grün = Absenkung)

Die über das Grundwassermodell durch die Baumaßnahmen berechneten Anstiege decken sich mit den analytischen Berechnungen in Kapitel 6. Auch hier wurden Aufstaubeträge für die Häuser, Rückhaltebecken, Sonden und Pfähle im Bereich weniger Zentimeter ausgewiesen.

Wechselwirkungen zwischen den umfangreichen Einbauten sind im Projektgebiet nicht erkennbar.

Alle berechneten Wasserstandsveränderungen liegen deutlich unterhalb des aus wasserrechtlicher Sicht i.d.R. zugrunde gelegten Grenzwertes der Differenzhöhe von 10 cm.

## 9. Auswirkungen auf benachbarten Gebäudebestand

Durch die permanenten Einbauten ins Grundwasser sind aufgrund der geringen Aufstauhöhen und -reichweiten keine schädlichen Auswirkungen auf benachbarte Bauwerke zu erwarten.



## 10. Altlastenproblematik

Im Zuge der Bodenuntersuchungen 2020 (vgl. (1)) wurden hinsichtlich der Schadstoffbelastung des Untergrundes Untersuchungen an neun Bodenproben aus den Auffüllungen durchgeführt. Im Rahmen der ergänzenden Baugrunderkundungen 2022 (vgl. (2)) wurden weitere Proben aus sechs Kernrammbohrungen auf die Laborparameter nach Lf/EPP1 analysiert.

Die Schadstoffbelastungen der untersuchten Proben in den anthropogenen Auffüllungen umfassen geringe Verunreinigungen mit Blei sowie erhöhte KW- und zum Teil auch PAK-Konzentrationen.

In den anstehenden Auelehmen wurden auch leicht erhöhte (geogen bedingte) Cyanidgehalte festgestellt.

Die Belastungen in den Auffüllungen sind auf die meist sichtbaren Fremdbeimengungen zurückzuführen und sind meist der Kategorie Z-1.1 (60 %) und Z-1.2 (20 %) nach Lf/EPP zuzuordnen<sup>6</sup>. Rd. 15% entsprechen Material bis Z-2, rd. 5 % > Z-2. Das schadstoffbelastete Material ist nicht wasserlöslich.

Die Gründung der geplanten Gebäude ist auf 352 Bohrpfählen geplant, welche zum Teil die schadstoffbelasteten Auffüllungen durchteufen. Die Bohrungen werden im Zuge des Bohrfortschritts verrohrt, das erbohrte Material entnommen, auf Bohrgut-Halden gelagert und nach Probennahme und Analyse entsprechend dem ermittelten Zuordnungswert ordnungsgemäß entsorgt. Die geogen belasteten Auelehme fallen gemäß den Angaben aus den Baugrunduntersuchungen unter die Verfüllklassen Z-1.1.

Eine Verschleppung der Schadstoffe in den tieferen Untergrund ist hierbei nicht zu erwarten. Vielmehr wird im Zuge der umfangreichen Bohrungen belastetes Material aus dem Untergrund entnommen und der ordnungsgemäßen Entsorgung zugeführt. Die Entnahme von belastetem Material mittels Sanierungsbohrungen ist eine verbreitet angewendete Methode der Bodensanierung.

---

<sup>6</sup> Leitfaden / Eckpunktepapier: Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen in der aktuellen Fassung vom 15.07.2021, Anlage 3, Tabelle 3

## 11. Zusammenfassung

Die Stadt Kaufbeuren plant im Zentrum der Stadt den Neubau eines Wohnviertels bestehend aus acht Mehrfamilienhäusern östlich der Kemptener Straße („Blasius-Blick“). Das Bauvorhaben greift durch unterschiedliche Baumaßnahmen permanent in den Untergrund bzw. in den Grundwasserkörper ein.

Im vorliegenden Gutachten wurden die hydrogeologischen Grundlagen im Vorhabengebiet erläutert. Darauf aufbauend wurden die Auswirkungen der einzelnen Eingriffe mit Hilfe von analytischen Berechnungsverfahren abgeschätzt. Um zudem mögliche Wechselwirkungen zu erfassen, wurden die Veränderungen der Grundwasserströmung durch das Bauvorhaben mit einem numerischen Grundwassermodell simuliert.

Nach beiden Berechnungsansätzen werden durch die Einbauten geringfügige Wasserstandsveränderungen im Zentimeterbereich verursacht. Im Südwesten des Vorhabengebietes, der durch ein vergleichsweise hohes Grundwassergefälle gekennzeichnet ist, werden durch das dort geplante Regenrückhaltebecken maximale Aufstauhöhen von ca. 5 cm bei Reichweiten von ca. 15 m erreicht. Wechselwirkungen zwischen den umfangreichen Einbauten sind nicht erkennbar.

Alle berechneten Aufstauhöhen liegen deutlich unter dem wasserrechtlich in der Regel zugrunde gelegten Grenzwert von 10 cm Differenzhöhe.

Durch die permanenten Einbauten ins Grundwasser sind aufgrund der geringen Aufstauhöhen und -reichweiten keine schädlichen Auswirkungen auf benachbarte Bauwerke zu erwarten. Abhilfemaßnahmen zur Verminderung der Auswirkungen sind damit nicht erforderlich.

Im Vorhabengebiet wurden in den anthropogenen Auffüllungen geringe Verunreinigungen mit Blei sowie erhöhte KW- und zum Teil auch PAK-Konzentrationen erfasst. Durch die umfangreichen Bohrungs- und Gründungsarbeiten ist keine Verschleppung der Schadstoffe in den tieferen Untergrund zu erwarten.

Eching am Ammersee, den 29.04.2024

Dr. Blasy - Dr. Øverland  
Beratende Ingenieure GmbH & Co. KG



i.V. Knut Hanke  
Dipl.-Geol.



i.A. Dr. Heidrun Fischer  
Dipl.-Math.oec.