Feb. 2021
ss/cf

Hydrogeologische Bewertung eines geplanten Kiesabbaus im Vorranggebiet KS 66 bzw. im Vorbehaltsgebiet KS 66/1 Firma Kieswerk Klardorf GmbH & Co Produktions KG

Verfasser: Dr. Klaus Killy
Dipl.-Geol. E. Anders

Auftraggeber:

Kieswerk Klardorf GmbH & Co
Produktions KG
Klardorfer Str. 1
92421 Schwandorf
09431 / 5 15 27
info@kieswerk-klardorf.de

Durchführung:

ANDERS & RAUM
Sachverständigenbüro für Grundwasser
Hintelsberg 2
84149 Velden / Vils
08742 / 96 74 93
info@raum-anders.de

INHALTSVERZEICHNIS

1. Veranlassung 4
2. Hydrologie 5
3. Geologischer Aufbau 6
4. Hydrogeologische Verhältnisse 8
   4.1. Grundwasserleiter Quartärschotter 8
   4.2. Grundwasserleiter Keupersandstein 10
   4.3. Grundwasserneubildung 11
5. Beschreibung des geplanten Abbaus 12
6. Auswirkungen 13
   6.1. Auswirkungen auf die Brunnen Klardorf 13
   6.2. Auswirkungen auf Siedlungsbereiche 16
      6.2.1. Modellraum / Schematisierung der geologischen Verhältnisse 18
      6.2.2. Modellränder 22
      6.2.3. Grundwasserbilanz 24
      6.2.4. Kalibration 24
      6.2.5. Modellrechnung Variante 1 25
      6.2.6. Modellergebnisse Variante 1 26
      6.2.7. Modellrechnung Variante 2 28
      6.2.8. Modellergebnisse Variante 2 28
      6.2.9. Bewertung der Modellergebnisse 30
   6.3. Auswirkungen bei Hochwasserereignissen 30
7. Monitoring 32
   7.1. Bestehendes Beweissicherungsprogramm 32
   7.2. Zukünftiges Beweissicherungsprogramm 33
8. Zusammenfassung 35
9. Literatur 37

ABBILDUNGS- / TABELLEN- UND ANLAGEVERZEICHNIS

ABBILDUNGEN

Abbildung 1: Hydrogeologisches Profil
Abbildung 2: Grundwasserneubildung im Untersuchungsraum
Abbildung 3: Q-s-Diagramm der Brunnen Klardorf
Abbildung 4: Wasserspiegelganglinien GWM Klar 3 und Klar P6
Abbildung 5: Variante 1 - Abbaugebiet Süd inkl. Abbaugebiet Ost
Abbildung 6: Variante 2 - Abbaugebiet Süd inkl. Abbaugebiet Ost mit Teilverfüllung
Abbildung 7: Räumliche Erstreckung des Modellraums
Abbildung 8: Schematisierung des Modellraumes
Abbildung 9: K_f-Wert Verteilung der oberen Modellschicht
Abbildung 10: K_f-Wert Verteilung der unteren Modellschicht
Abbildung 11: Modellgleichen Variante 1
Abbildung 12: Wasserspiegeländerung Variante 1
Abbildung 13: Modellgleichen Variante 2
Abbildung 14: Wasserspiegeländerungen Variante 2
Abbildung 15: Hochwassergefahrenflächen HQ100

TABELLEN

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Stichtagsmessung vom 09.07.2020
Tabelle 2: Ergebnistabelle Keuper-Grundwasserstände Dezember 2019
Tabelle 3: Hydraulische Kenngrößen der Aquifere im Modellraum
Tabelle 4: Hydraulische Parameter der Drainagegräben
Tabelle 5: Bilanzgrößen im Modellraum
Tabelle 6: Ergebnistabelle der Differenzwertberechnung (obere Modellschicht)
Tabelle 7: Bestehende Beweissicherungsmessstellen
Tabelle 8: Erweiterte Beweissicherungsmessstellen

ANLAGEN

Anlage 1: Übersichtslageplan
Anlage 2.1: Geologische Karte 1:25.000 (Blatt 6738 Burglengenfeld)
Anlage 2.2: Geologisches Profil
Anlage 3.1: Grundwassergleichenplan Quartär
Anlage 3.2: Grundwassergleichenplan Keuper
Anlage 4: Lageplan Erweiterung Monitoring

1. Veranlassung

Das Kieswerk Klardorf plant im Vorranggebiet KS 66 bzw. Vorbehaltsgebiet KS 66/1 Kies abzubauen (Anlage 1). Vorrang- und Vorbehaltsgebiet sowie das geplante „Kiesabbaugebiet Süd“ liegen nördlich von Klardorf zwischen der Bundesstraße B 15 im Westen und der Bahnlinie Hof-Regensburg im Osten. Das Kiesabbaugebiet Süd schließt damit an das bestehende, seit 2019 im Abbau befindende, Kiesabbaugebiet Ost an. Südlich der geplanten Abbauflächen befindet sich das Wasserschutzgebiet der Brunnen 1 und 2 Klardorf der Städtischen Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf. Der geplante Abbau reicht im Südwesten bis ca. 310 m an Zielheim heran. Aus diesen Gründen sollen die Auswirkungen des Abbaus auf die Brunnen sowie die Siedlungsbereiche Zielheim und Klardorf untersucht werden. Zudem werden Aussagen zu den zu erwartenden Einflüsse des Abbaus auf Hochwasserereignisse getroffen.

2. Hydrologie

Das geplante „Kiesabbaugebiet Süd“ liegt im Naabtal (s. Anlage 1) südlich der durch ehemaligen sowie derzeitigen Kiesabbau entstanden Seen. Das Gebiet wird im Westen vom Ochsenweidgraben gequert, welcher auf Höhe des Kieswerks beginnt, zwischen dem bestehenden Baggersee und der Südsee in südliche Richtung fließt, bis er schließlich in Zielheim in den Wolferlohgraben einmündet. Dieses ca. 1,1 km lange Gerinne ist im Bereich zwischen den Baggerseen nur sporadisch wasserführend, im weiteren Verlauf zeigt der Graben i.d.R. einen nur geringen Abfluss. Der Wolferlohgraben fließt von Nordosten kommend durch das Scheibelholz nach Südwesten und mündet westlich von Zielheim in den Büchellohgraben. Abflussmessungen am Zusammenfluss von Wolferlohgraben und Ochsenweidgraben in Zielheim ergaben für die herbstlichen Niedrigwasserabflüsse stark differierende Werte. Am 25.9.2012 wurden 3 l/s gemessen, am 04.10.2013 lag der Abfluss bei 66 l/s. Der Büchellohgraben fließt in südliche Richtung, wo er in den Mühlbach (das Unterwasser des Naab-Wehres bei Stegen) mündet, der schließlich wieder der Naab zufließt. Am 30.09.2011 wurde kurz vor der Einmündung des Büchellohgraben in den Unterwasserkanal Stegen ein Abfluss von 125 l/s gemessen. Der Wolferlohgraben und Büchellohgraben stehen in Kontakt mit dem Grundwasser der quartären Kiese.

Der Mühlbach (Unterwasserkanal des Stauwehr Stegen) bildet im Untersuchungsgebiet die Vorflut für den Quartärgrundwasserleiter, sowie für den tieferen Grundwasserleiter. Letzterer wird hier über den Grundwasseraufstieg durch die überlagernden Schichten (Leakage) entlastet. Zwischen Büchelkühn und dem Stauwehr Stegen wird die Naab reguliert und angestaut. Aufgrund dieses Aufstaus bestehen exfiltrierende Verhältnisse, d.h. die Naab speist Uferfiltrat im Oberwasser in den Grundwasserleiter ein, das von dort das Stauwehr umströmt oder dem östlich gelegenen drainierenden Büchellohgraben zuströmen kann.

3. Geologischer Aufbau

Am Standort sind entsprechend der geologischen Karte 1:25.000 Blatt 6738 Burglengenfeld quartäre Ablagerungen des Naabtales über Trias-Gesteinen, bzw. weiter westlich über Sedimenten der sog. Tertiärrinne verbreitet (s. Anlage 2.1). Die Tertiärrinne besteht im Bereich um Klardorf aus einem westlichen Seitenast, der ca. 3 km südlich der Brunnen bei Katzdorf in die Hauptrinne mündet (s. Anlage 2.2). Der westliche Ast, mit einer Breite zwischen 500 m und 750 m, reicht im Osten bis Zielheim bzw. an die B15 heran und ist bis ca. 60 m (bzw. ca. 290 m ü. NN) in die Keupersandsteine eingeschnitten. Die Hauptrinne im Osten setzt in etwa an der Bahntrasse an, besitzt eine Breite von ca. 2 km und hat im Bereich der Autobahn A93 ihre maximale Tiefe von ca. 100 m (bzw. ca. 250 m ü. NN), wobei sie sich durch die triassischen Gesteine bis in das Grundgebirge eingetieft hat.

Die quartären Ablagerungen bestehen, entsprechend der Erkundungsbohrungen im geplanten Abbaugebiet, aus einer etwa 0,3 – 0,5 m mächtigen Mutterbodenauflage sowie einer ca. 0,5 – 1,5 m mächtigen Lage aus schluffigen Fein-Mittelsanden. Darunter folgen die Kiese des Naabtals welche als sandige Grobkiese ausgebildet und auf Höhe des Untersuchungsgebietes von Wiefelsdorf im Westen bis Unterweiherhaus im Osten verbreitet sind. Die Sedimente der tertiären Rinnenfüllung bestehen hauptsächlich aus Sanden und Tonen, die braunkohlehaltig sein können. Die triassischen Ablagerungen setzen sich entsprechend der stratigraphischen Zuordnung der Brunnenbohrprofile vom Hangenden ins Liegende, als Trossingen-Formation (Feuerletten), Hassberge-Formation (Blasensandstein), Steigerwald-Formation (Lehrberg-Schichten), Stuttgart-Formation (Schilfsandstein) und schließlich Buntsandstein zusammen (MEYER & BAUBERGER, 2010). Es handelt sich dabei um mittel-grobkörnige Arkose-Sandsteine mit nur wenigen, meist dünnen Tonhorizonten.

Entsprechend der Brunnenbohrprofile liegt die Basis der etwa 8 m mächtigen Quartärkiese (sandige Grobkiese) bei ca. 342 – 343 m ü. NN (s. Abb. 1). In der 2019 erstellten GWM Klar 3 wurden die Quartärschotter bis 7,5 m angetroffen. Im Liegenden wurde abgesehen von den beiden Pegelbohrungen (GWM Klar P1 und GWM Klar P2) in allen Bohrungen eine ca. 1,8 m mächtige Ton- bzw. Tonstein-Zwischenlage (Feuerletten) erbohrt, bevor die Keupersandsteine mit geringmächtigen Toneinschaltungen folgen. Dementsprechend muss davon ausgegangen werden, dass dieser Tonhorizont im Umfeld der Brunnen lateral unterbrochen ist.

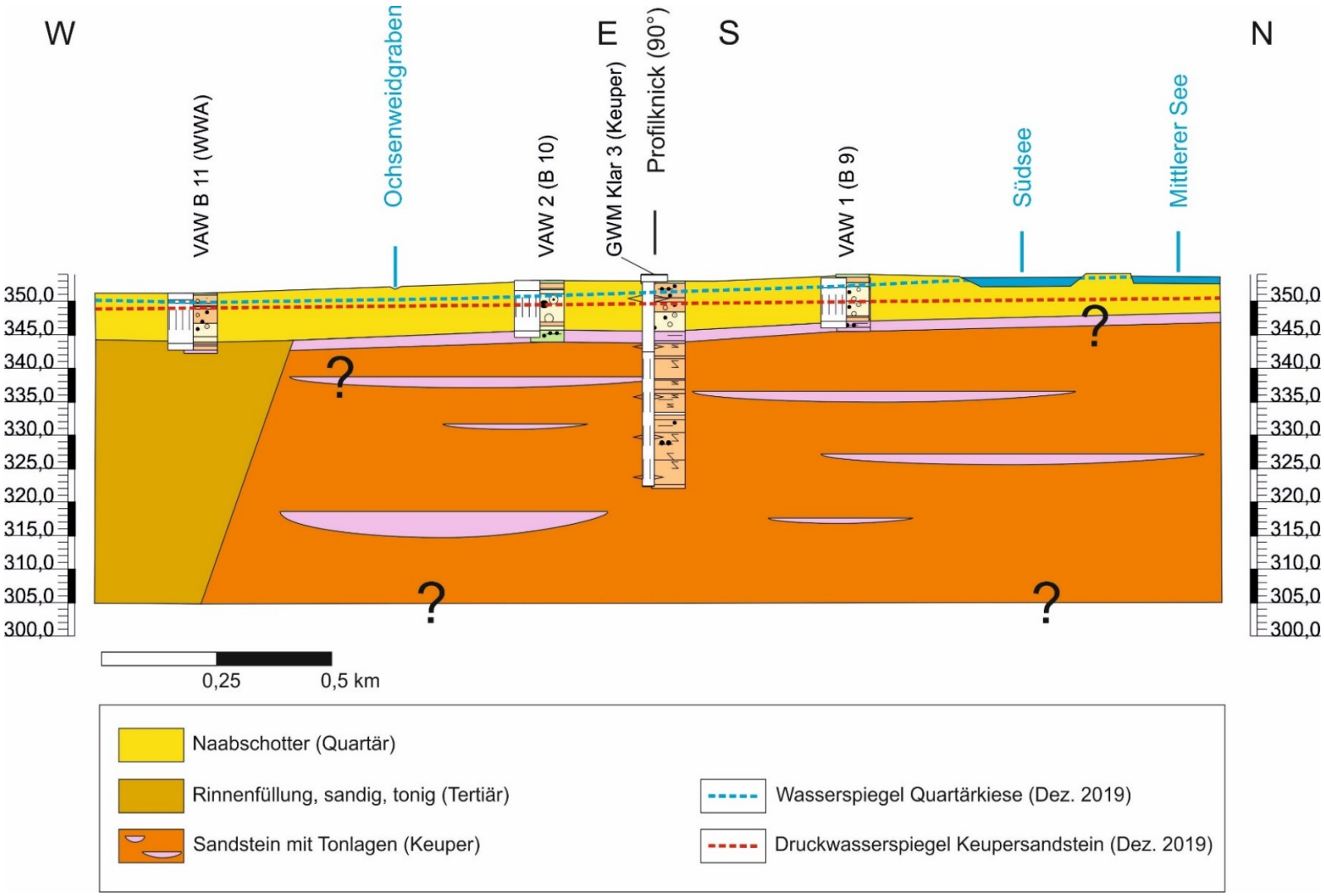

Abbildung 1: Hydrogeologisches Profil

4. Hydrogeologische Verhältnisse

Der Bereich des geplanten Kiesabbaus wird durch zwei Grundwasserleiter charakterisiert. Über dem Hauptgrundwasserleiter im Keupersandstein ist ein oberflächennaher Grundwasserleiter innerhalb der Quartärschotter verbreitet, welcher in hydraulischem Kontakt mit den Gräben und den Kiesabbauseen steht. Zwischen dem Grundwasserleiter in den Quartärkiesen und dem in den Keupersandsteinen ist auf Grundlage der vorliegenden Bohrprofile fast durchgehend ein Tonhorizont ausgebildet, der eine hydraulische Trennung zwischen den Stockwerken verursacht. In den Schichtaufnahmen von Brunnen 1 und 2 sowie der GWM Klar 3 ist der Tonhorizont zu finden, in den Grundwassermessstellen Klar 1 und Klar 2 ist kein Trennhorizont ausgebildet; hier ist von einem hydraulischen Kontakt zwischen den Grundwasserleitern auszugehen.

4.1. Grundwasserleiter Quartärschotter

Die vorwiegend als sandige Grobkiese ausgebildeten quartären Schotter, sind bis ca. 8 m mächtig und grundwasserführend. Zur Ermittlung des Grundwasserfließschemas wurde am 09.07.2020 eine Stichtagsmessung durchgeführt und ein Grundwassergleichenplan konstruiert (Anlage 3.1). In diesem Rahmen wurden zusätzlich zu den existierenden Quartärpegeln, weitere umliegende Messstellen miteinbezogen (s. Tab. 1).

Das bereits in früheren Stichtagsmessungen ermittelte Fließschema des Quartärgrundwasserleiters bestätigte sich auch bei der Messung vom 09.07.2020. Der generelle, nach Südwesten zur Naab hin gerichtete Grundwasserstrom, schwenkt einerseits in Annäherung an den Büchellohgraben (dieser fließt ca. 100 m westlich der B15 nach Süden) nach Westen um. Andererseits biegt der Grundwasserstrom südlich des Südsees und Abbaugebietes Ost nach Süden um. Hier wird die Vorflutwirkung des Wolferlohgrabens deutlich. Nördlich des Südsees liegen keine weiteren Stützstellen mehr vor. Es kann jedoch von einer Fortsetzung der zur Naab ausgerichteten Grundwasserströmung in süd- bis südwestliche Richtung ausgegangen werden.
Dementsprechend wird das geplante Kiesabbaugebiet Süd in Nordost-Südwest-Richtung durchströmt. Das Grundwassergefälle zwischen Unterweiherhaus (Hausbrunnen: 352,52 m ü. NN) und Zielheim (GWM Klar P7: 360,83 m ü. NN) liegt bei ca. 0,0001.
Die Grundwasserströmungsverhältnisse werden von der durch Niederschlag gesteuerten Grundwasserneubildung und dem Oberflächenabfluss in den Gräben beeinflusst. Durch den 2019 begonnenen Kiesabbau im Abbaugebiet Ost sind bisher keine nennenswerten Ausspiegelungseffekte, welche Auswirkungen auf das Grundwasserfließschema im Untersuchungsgebiet haben können, zu erkennen. Auf Grundlage der vorliegenden Daten sind keine quantitativen Auswirkungen des Kiesabbaus im Scheibelholz auf das Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen bei Klardorf erkennbar.

Tabelle 1: Ergebnistabelle der Stichtagsmessung vom 09.07.2020

Name	**RW**	**HW**	**GOK**	**MOK**	**Abstich**	**Wsp**
			[m ü NN]		**09.07.2020**	
GWM Klar P 1	4507317,34	5460501,47	350,00	350,94*	1,26	349,68
GWM Klar P 2	4507566,17	5460348,19	352,60	353,17*	1,52	351,65
GWM Klar P 3	4507439,18	5460056,36	352,10	352,78*	1,65	351,13
GWM Klar P 4neu	4507997,81	5459976,44	352,20	352,99*	1,55	351,44
GWM Klar P 5	4508316,70	5460277,54	352,00	352,80*	1,10	351,70
GWM Klar P 6	4507852,86	5459919,26	352,86	353,94*	2,52	351,42
GWM Klar P 7	4507464,20	5459839,75	352,51	353,08*	2,25	350,83
VAW 1 (B 9)	4507963,00	5460370,00	353,72	353,54**	1,66	351,88
VAW 2 (B 10)	4507692,00	5460007,00	353,31	353,10**	1,40	351,70
VAW B 11 (WWA)	4507135,70	5460054,30	351,20	351,53*	2,54	348,99
GWM Klar SP1	4508264,70	5460694,41	-	353,34*	1,30	352,04
Lattenpegel Mittlerer See	4507863,25	5460920,50	-	353,01	0,31	352,31
Lattenpegel Südsee	4507893,25	5460830,50	-	352,64	0,01	352,01
Bach Durchlass	4507112,00	5460080,50	-	349,77	0,70	349,07
Bach Brücke	4507149,50	5459921,25	-	354,03	5,28	348,75
Hausbrunnen	4508572,00	5460656,00	354,97	354,97	2,45	352,52
GWM Zielheim 186	4507561,94	5459206,28	350,40	350,64	2,20	348,44
Brücke Naab SAD 2	4506567,27	5459641,73	-	354,82	5,27	349,55
Büchellohgraben Brücke Stegen	4507160,23	5459014,82	-	350,04	2,52	347,52
Wehr Stegen (Oberwasser)	4506990,96	5458945,26	-	351,62	2,09	349,53
Wehr Stegen (Unterwasser)	4507038,39	5458988,39	-	348,77	1,64	347,14

* *OK geöffnete Pegelkappe*

** *OK Ausbaurohr unter geöffnetem Unterflurpegelabschluss*

4.2. Grundwasserleiter Keupersandstein

Beim Keupersandstein handelt es sich um einen gespannten Grundwasserleiter, der aus einer Wechselfolge von Sand- und Tonsteinen besteht (s. Abb. 1 und Anlage 2.2). Im Untersuchungsgebiet wird er lediglich von fünf Bohrungen erschlossen. Für die Ermittlung des Grundwasserfließschemas wurden die Ruhewasserspiegel vom Dezember 2019 verwendet und darauf basierend ein Gleichenplan konstruiert. Abgesehen von der GWM Klar 3, wurden die Werte (Tabelle 2) aus den vom Brunnenbetreiber zur Verfügung gestellten Monatswerten für Ruhe und Betriebswasserspiegel generiert. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass es sich bei den generierten Brunnenwasserspiegel nicht um absolute Ruhewasserspiegel handelt, sondern dass die übermittelten Werte noch förderungsbeeinflusst sind. Der konstruierte Gleichenplan ist in Anlage 3.2 dargestellt.

Tabelle 2: Ergebnistabelle Keuper-Grundwasserstände Dezember 2019

Name	RW	HW	MOK	Abstich Dez. 2019	WSP Dez. 2019
Brunnen 1	4508037,0	5459642,0	351,53	2,71	348,82
Brunnen 2	4507888,0	5459851,0	351,42	2,41	349,01
GWM Klar 1 (Keuper)	4508260,0	5459898,0	354,19	2,91	350,91
GWM Klar 2 (Keuper)	4508223,0	5459683,0	353,27	2,04	351,30
GWM Klar 3 (Keuper)	4507851,7	5459917,0	353,90	2,90	351,11

Für das Keupersandstein-Grundwasservorkommen im Untersuchungsgebiet ergibt sich eine generelle Fließrichtung von Ost nach West, bzw. Nordost nach Südwest. Das Grundwassergefälle zwischen dem Brunnenfeld (Brunnen 1: 348,82 m ü. NN) und dem Vorfluter Naab (Wehr Stegen Unterwasser: 347,14 m ü. NN) liegt bei ca. 0,0001. Damit wird das Fließschema des „Unteren Grundwasserstockwerks (Trias)“, welches durch die Hydrogeologische Landesaufnahme (LFU, 2014) ermittelt wurde, bestätigt. In der Bearbeitung der Landesaufnahme wurden innerhalb der Bodenwöhrer Senke entsprechende Stützstellen vom Naabtal im Westen bis Neubäu am See im Osten verwendet, um einen überregionalen Gleichenplan für den Keupersandstein zu erstellen. Ein Ausschnitt des Gleichenplans (Unteres Grundwasserstockwerk Trias) der Landesaufnahme, ist ebenfalls in den Anlage 3.2 dargestellt.

4.3. Grundwasserneubildung

Nach der HK 500 Bayern (LFU 2009) liegt die mittlere Grundwasserneubildung (Zeitraum 1971 – 2000) für den oberflächennahen Grundwasserleiter im Untersuchungsgebiet zwischen < 25 und 200 – 250 mm/a (Abb. 2). Der Mittelwert beträgt dementsprechend 77 mm/a bzw. 2,4 l/s*km².

Die Grundwasserneubildung im Keupersandstein erfolgt einerseits über einem Randzustrom aus dem östlichen Keuper-Verbreitungsgebiet aber andererseits durch Zusickerung aus den tertiären und quartären Deckschichten. Aufgrund der deutlich höheren Gebirgsdurchlässigkeit (Faktor 100) der quartären Auflage, kommt es vor allem im Bereich des Absenktrichters der Brunnen zu einer vertikalen Zusickerung. Unter natürlichen Bedingungen besteht eine Potentialdifferenz von ca. 1 m zwischen Kies- und Keuperaquifer. Diese erhöht sich bei Brunnenförderung auf bis zu max. 40 m in den Absenkbereichen der Brunnenstandorte. Bei einem k_f-Wert von 10^{-7} m/s bis 10^{-8} m/s (geschätzte vertikale Gebirgsdurchlässigkeit der Keupersandsteinfolge) sowie einer Mächtigkeit des Trennhorizontes zwischen Quartär und Keuper von 0,5, bzw. 5,4 m (bei einem vertikalen k_f-Wert von 5 x 10^{-8} m/s), kommt es dabei zu einer potentiellen Zusickerung von 1 - 8 l/s pro ha Absenkfläche (PRÖSL, 2002).

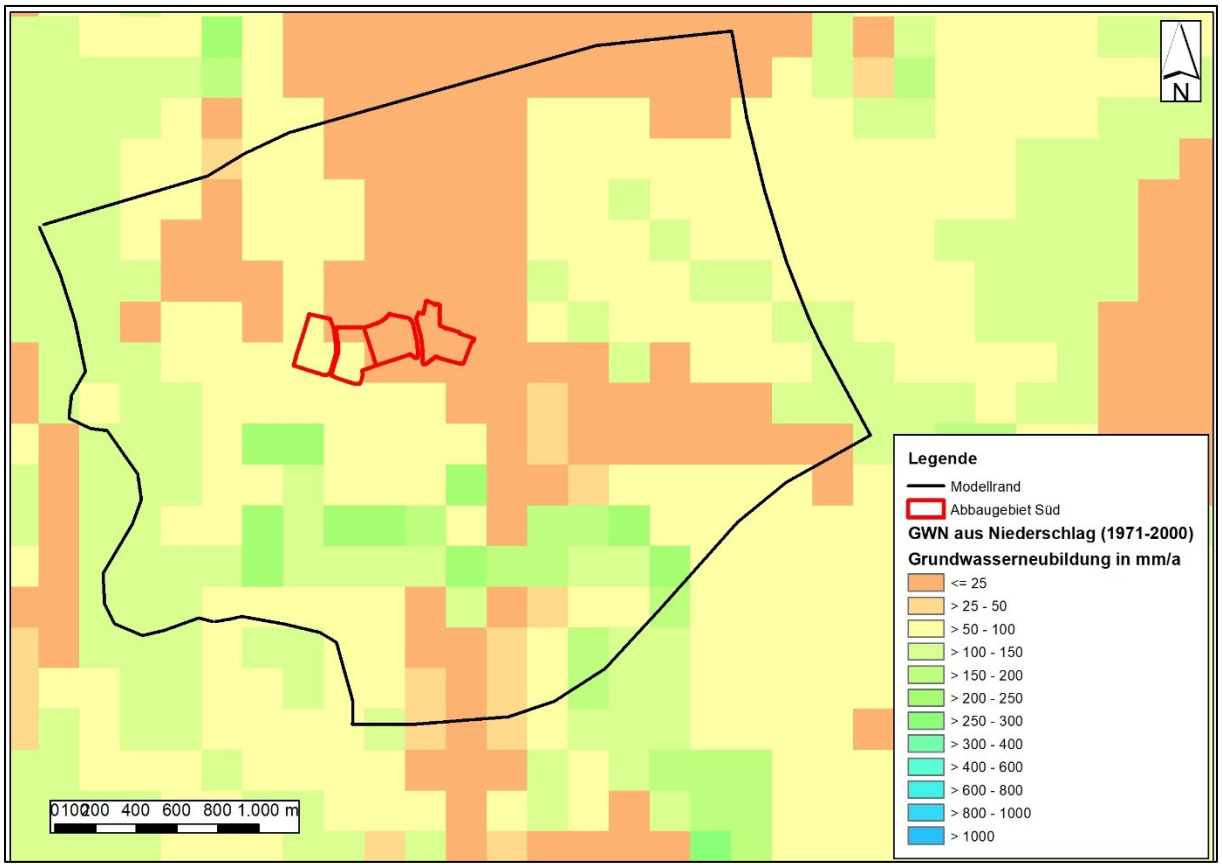

Abbildung 2: Grundwasserneubildung im Untersuchungsraum

5. Beschreibung des geplanten Abbaus

Der geplante Abbau im Kiesabbaugebiet Süd soll in vier Abbauschritten erfolgen (s. Abbauplan). Dabei wird von nordöstliche in südwestliche Richtung vorangegangen. Der erste Abschnitt (Abbauabschnitt 1) schließt direkt an das bestehende Abbaugebiet Ost an und erstreckt sich bis zu dem Wirtschaftsweg, der das Scheibelholz quert und unter Einhaltung beidseitiger Abstandsflächen in seiner ursprünglichen Form erhalten bleibt. Im Norden dieses Abschnittes verbleibt ein Gehölzbestand sowie ein Abstandsbereich zum Südsee. Der zweite und dritte Abbauabschnitt - der letztlich eine zusammenhängende Abbaufläche darstellt - schließt in südwestliche Richtung an und endet schließlich am Ochsenweidgraben. Abbauabschnitt 4 kommt folglich zwischen dem Ochsenweidgraben, der St 2934 und dem bestehenden Abbausee unter Berücksichtigung der entsprechenden Abstandsflächen zu liegen. Damit ist auch diese Abbaufläche von den bestehenden Abbauseen im Norden getrennt. Der geplante Nasskiesabbau erfolgt bis zur Basis der grundwassererfüllten Quartärkiese, die im Untersuchungsgebiet bei maximal 8 m u. GOK liegt.

Der Abbauplan inkl. Schnittdarstellungen ist der Anlage XX des Abbauantrags zu entnehmen. Die Abbauweise sieht vor, dass die einzelnen Abbauflächen randlich mit betriebseigenem Abraum verfüllt werden. Die dadurch entstehende Rekultivierungsböschung ermöglicht die Gestaltung variabler Uferbereiche. Der Rekultivierungsplan ist in Anlage XX des Abbauantrags dargestellt. Im Endzustand entstehen drei voneinander getrennte Abbauseen, von denen der östlichste (Abbauabschnitt 1) mit dem See des Abbaugebiet Ost eine gemeinsame Seefläche bildet.
In einem gesonderten Verfahren wird die Teilverfüllung (Pilotprojekt Nassverfüllung) des Abbaugebiet Ost behandelt. Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass der nördliche Bereich des Abbaugebiet Ost verfüllt wird und damit die gemeinsame Seefläche (Abbaugebiet Ost und Abbauabschnitt 1 des Abbaugebiet Süd) reduziert wird.

6. Auswirkungen

6.1. Auswirkungen auf die Brunnen Klardorf

Die Brunnen Klardorf der SW Schwandorf erschließen das Grundwasser im Keupersandstein-Grundwasserleiter und sind bis 12,3 m (Brunnen I), bzw. 14,5 m (Brunnen II), mit einem Sperrrohr gegen Oberflächenwasser und Quartärgrundwasser abgesperrt. Im Ruhezustand ist aufgrund der lokal ausgebildeten hydraulischen Trennung nur eine geringe Potenzialdifferenz zwischen den beiden Grundwasserleitern vorhanden.
Anhand der Pumpversuchsergebnisse nach Erstellung der Brunnen wurden im Rahmen des Wasserrechtsantrages für die Brunnen Klardorf k_f-Werte von 2,2 – 5,4 x 10^{-6} m/s ermittelt. Auf Grundlage des Pumpversuchs, nach Erstellung der GWM Klar 3, konnte entsprechend der orientierenden Bestimmungsmethode nach HÖLTING (1995) ein k_f-Wert von 7,1 x 10^{-6} m/s ermittelt werden. Damit liegt der mittlere k_f-Wert für den Keupersandstein im Bereich dieser Bohrungen bei 4,9 x 10^{-6} m/s.
Für den Durchlässigkeitsbeiwert der quartären Naabschotter (sandige Grobkiese) werden nach HÖLTING (2013) k_f-Werte zwischen 10^{-3} – 10^{-2} m/s angenommen.

Das Einzugsgebiet der Brunnen im Keupersandstein erstreckt sich in Richtung Nordosten (s. PRÖSL, 2002). Der Grundwasserzustrom zu den Brunnen erfolgt dabei einerseits über einen unterirdischen Zustrom aus dem östlichen Keuper-Verbreitungsgebiet sowie durch Zusickerung aus den tertiären und quartären Deckschichten. Wird durch die Brunnen Wasser aus den Keupersandsteinen entnommen, bildet sich ein Absenktrichter im Keupergrundwasser aus, wodurch sich die Potenzialdifferenz zum Wasserspiegel in den Quartärkiesen um bis zu 25 – 30 m vergrößert. Dadurch kann vermehrt Wasser aus dem quartären Grundwasserleiter in das durch die Brunnen erschlossene Stockwerk gelangen. Die Schutzmaßnahmen für das Brunnenfeld betreffen daher auch den Anstrombereich im quartären Grundwasserleiter zu den Absenktrichtern der Brunnen. Die Beeinflussung des in den Brunnen geförderten Wassers durch Quartärwasser, lässt sich anhand der wechselnden wasserchemischen Zusammensetzung ableiten (PRÖSL, 2002).

Die Reichweite des Absenktrichters, unter Verwendung des mittleren k_f-Werts (4,9 x 10^{-6} m/s) und einer maximalen Absenkung im Betriebszustand des Brunnen II von bis zu 30 m, beträgt nach SICHARDT (1928) etwa 200 m. Für diese Ausdehnung des Absenktrichters wurden stationäre Bedingungen (Dauerbetrieb) angenommen. Da der Brunnen nicht kontinuierlich betrieben wird, kommt dieser Effekt im Normalbetrieb nicht in diesem Ausmaß zum Tragen. Laut PRÖSL (2002) kann, unter Berücksichtigung einer mittleren kontinuierlichen Brunnenentnahme von 4 l/s, eine Reichweite des Absenktrichters zwischen 30 m und 60 m abgeschätzt werden.
Für Bewertungen im brunnennahen Bereich ist daher die maximale monatliche Entnahme ausschlaggebend (LFW 1995). Mit Bescheid vom 15.12.2015 wurde die maximale monatliche Entnahme aus den Brunnen auf 17.000 m³ begrenzt, um die Reichweite der Brunnen auf den Bereich

südlich des Wolferlohgrabens zu beschränken. Dies erfolgte im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für den Kiesabbau Abbaugebiet Ost (Bescheid des LRA Schwandorf vom 27.04.2018). Anhand der monatlichen Maximalentnahme lässt sich eine mittlere kontinuierliche Entnahme von ca. 6,5 l/s ableiten. Aus dem Q-s-Diagramm des Brunnen II ergibt sich für diese Förderleistung eine Absenkung von ca. 10 m. Bestimmt man nun die Reichweite des Absenktrichters nach SICHARDT (1928) unter Einbeziehung des mittleren k_f-Werts von 4,9 x 10^{-6} m/s, ergibt sich eine maximale Entfernung vom Brunnen von ca. 66 m. Der Absenktrichter des Brunnen II liegt unter diesen Voraussetzungen südlich des Wolferlohgrabens. Für den Brunnen I, der in einer Entfernung von ca. 300 m vom Wolferlohgraben liegt, ergibt sich bei Begrenzung der monatlichen Entnahme auf 17.000 m³ eine Reichweite von ca. 80 m (angenommene Absenkung anhand Q-s-Diagramm: 13 m). Dadurch bleibt der Einflussbereich im Quartär auf den Bereich südlich des Wolferlohgrabens beschränkt.

Um diese Annahmen zu überprüfen wurde zur Beweissicherung für den Kiesabbau Abbaugebiet Ost (LRA Bescheid vom 27.04.2018) eine Grundwassermessstelle im Quartär-Grundwasserleiter (Klar P6) und eine im Keuper-Grundwasserleiter (Klar 3) knapp nördlich des Wolferlohgrabens errichtet. Seit Dez. 2019 liegen kontinuierliche Wasserspiegelganglinien der beiden Messstellen vor (s. Abb. 4). Bei der Bohrung wurde zwischen Quartärkiesen und Keupersandsteinen ein 1,8 m mächtiger Tonhorizont angetroffen. Die kontinuierlichen Wasserspiegelaufzeichnungen zeigen einen weitgehend parallelen Verlauf, wobei der Quartärgrundwasserspiegel im Ruhezustand der Brunnen ca. 20 cm über dem Keupergrundwasserspiegel liegt. Durch den Brunnenbetrieb wird die an den beiden Pegeln gemessene Potenzialdifferenz von ca. 20 cm lediglich auf bis zu 75 cm erhöht. Der Wasserspiegel im Quartär-Grundwasserleiter wird nicht beeinflusst. Da der Betrieb diskontinuierlich erfolgt ist im Mittel mit einer Erhöhung der Potenzialdifferenz, bei der derzeitigen Entnahme, um deutlich unter 1 m zu rechnen. Eine verstärkte Tiefensickerung im Bereich nördlich des Wolferlohgrabens ist daher nicht zu erwarten. Somit kann durch das Vorhaben keine negative Beeinflussung der Brunnen erfolgen. Einen zusätzlichen Schutzfaktor bietet die Filterwirkung des 1,8 m mächtigen Tonhorizontes, der im Rahmen der Bohrungen nachgewiesen wurde.

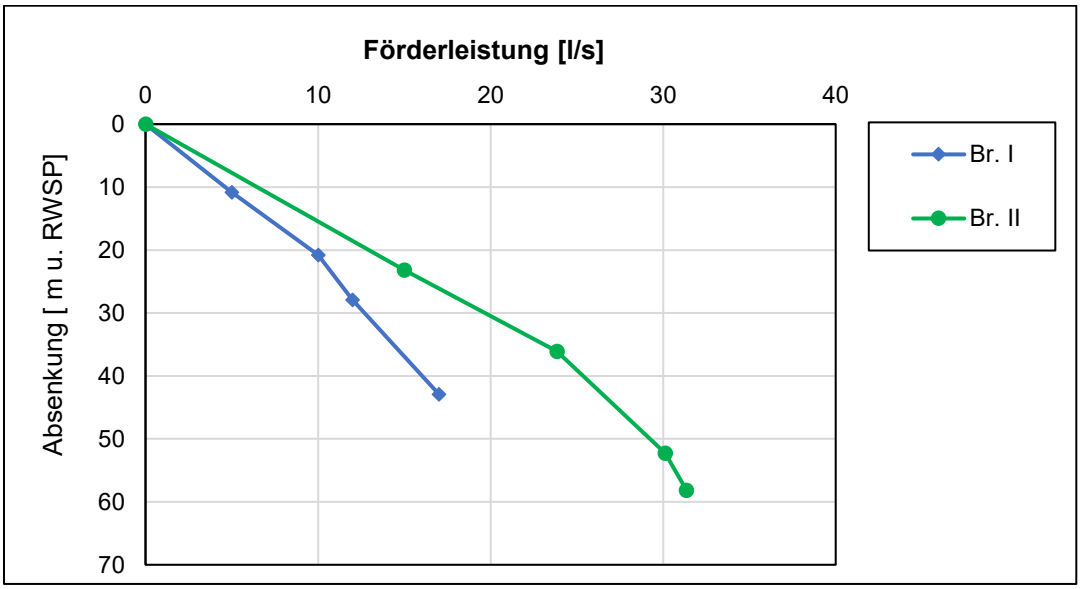

Abbildung 3: Q-s-Diagramm der Brunnen Klardorf

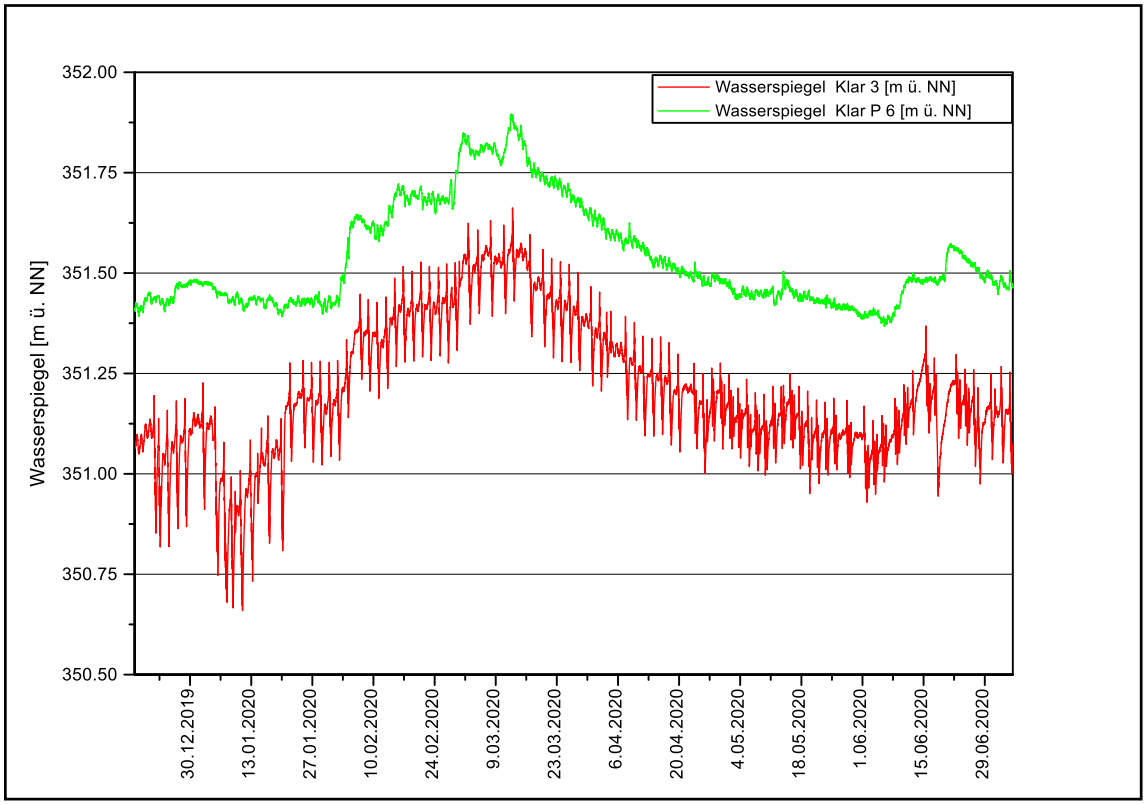

Abbildung 4: Wasserspiegelganglinien GWM Klar 3 und Klar P6

6.2. Auswirkungen auf Siedlungsbereiche

Um Aussagen zu den Auswirkungen des geplanten Kiesabbaus auf das Grundwasserfließschema (Ausspiegelung) treffen zu können, wurde ein stationäres, numerisches Grundwassermodell für das Gebiet erstellt. Hierfür wurde die Software MODFLOW (USGS) verwendet. Mit Hilfe des Modells wurde untersucht, welche hydrogeologischen Auswirkungen und dementsprechend Änderungen des Grundwasserfließschemas sich nach Auskiesung der gesamten, geplanten Abbauflächen einstellten. Dabei wurden zwei unterschiedliche Varianten untersucht.

Variante 1 stellt eine Abbausituation dar, bei der das gesamte Abbaugebiet Süd ausgekiest und dabei die östliche Abbaufläche mit dem vollständig ausgekiesten Abbaugebiet Ost eine zusammenhängende Seefläche bildet (s. Abb 5). Der Kieskörper wird dabei bis zur Basis abgebaut und die Uferbereiche der einzelnen Abbauseen sukzessive mit betriebseigenem Abraum randlich verfüllt. Somit bleiben zwischen den Abbaubereichen der Wirtschaftsweg durch das Scheibelholz sowie der Ochsenweidgraben erhalten. Ebenso sind die Zwischenbereiche zu den bestehenden Kiesseen im Norden (Südsee und bestehender Baggersee) vom Kiesabbau ausgenommen (s. Schnittdarstellungen des Abbauantrags).

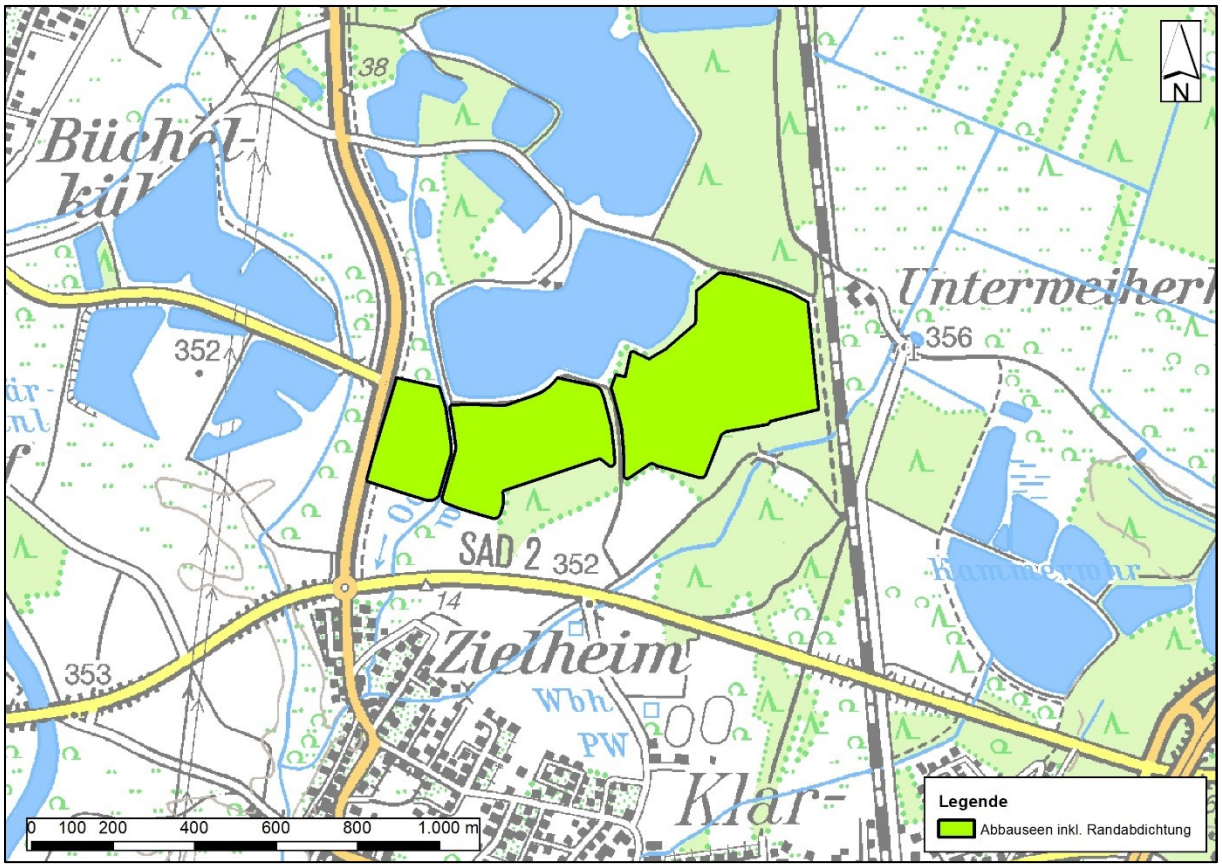

Abbildung 5: Variante 1 - Abbaugebiet Süd inkl. Abbaugebiet Ost

Variante 2 stellt eine Abbausituation dar, die als Modifikation der Variante 1 zu sehen ist. Zusätzlich zu den oben beschriebenen Teilabbauflächen und den randlichen Verfüllungen mit betriebseigenem Abraum wird hier das Pilotprojekt Nassverfüllung, d.h. die Teilverfüllung des nördlichen Bereiches des Abbaugebiet Ost mit Fremdmaterial berücksichtigt. Dementsprechend verkleinert sich die östliche Seefläche um den Bereich der Nassverfüllung (s. Abb. 6).

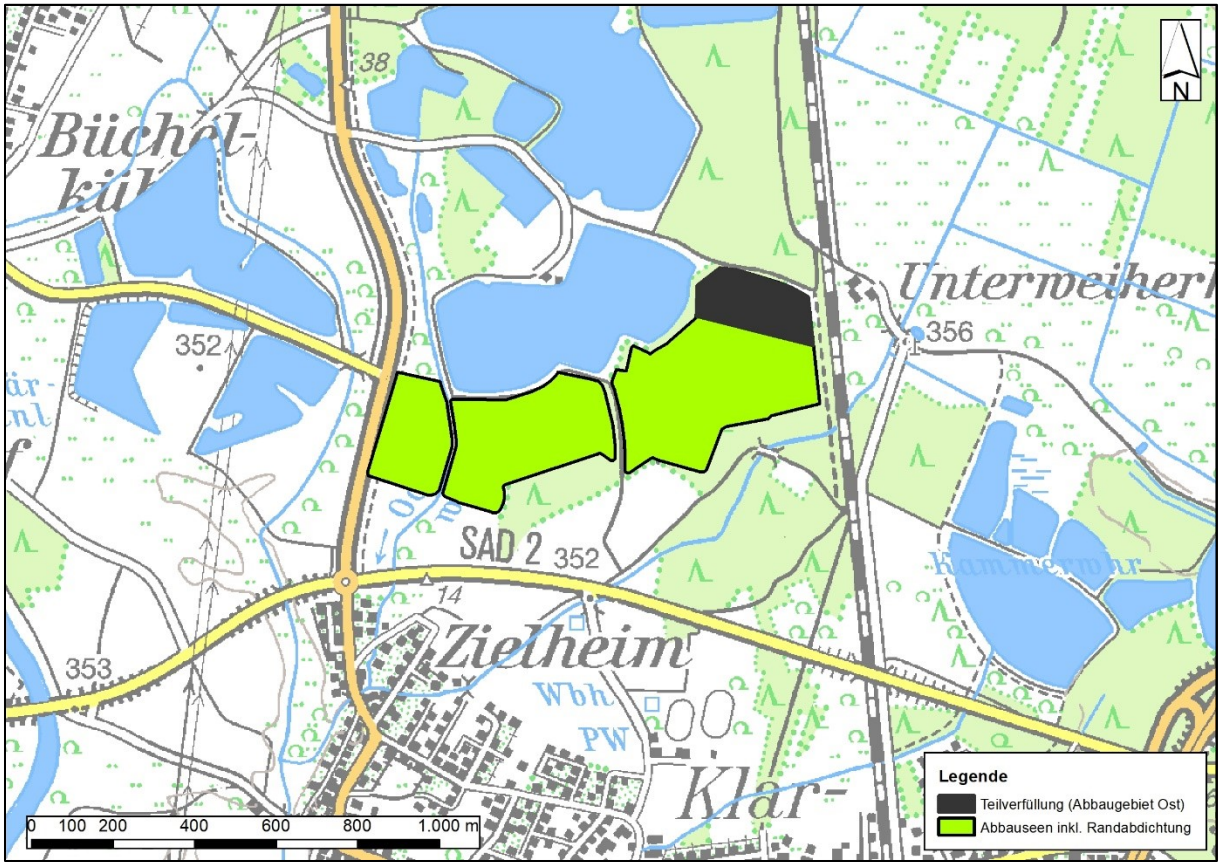

Abbildung 6: Variante 2 - Abbaugebiet Süd inkl. Abbaugebiet Ost mit Teilverfüllung

6.2.1. Modellraum / Schematisierung der geologischen Verhältnisse

Modellraum und Modellschichten

Der Modellraum orientiert sich in seiner Erstreckung an den Randstromlinien parallel zur Grundwasserfließrichtung, setzt im Osten in ca. 1,2 km Entfernung zum Abbaugebiet an und endet im Westen an der Naab, die den Vorfluter darstellt (s. Abb. 7).

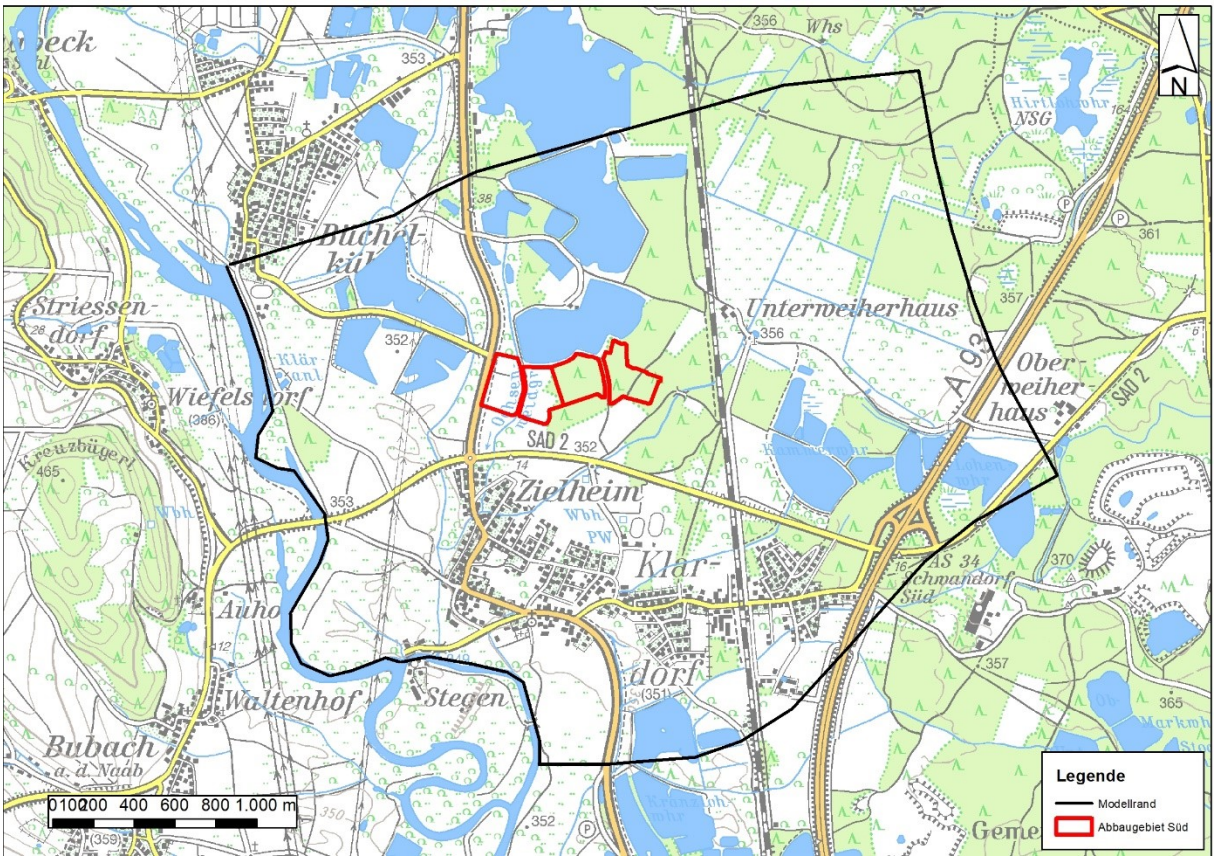

Abbildung 7: Räumliche Erstreckung des Modellraums

Hydrogeologisch wird der Modellraum in zwei hydraulisch miteinander in Kontakt stehende Aquifere eingeteilt, die im Folgenden als „oberer Grundwasserleiter“ (quartäre Kiese) bzw. obere Modellschicht und als „tieferer Grundwasserleiter“ (Trias-Sandsteine) bzw. untere Modellschicht bezeichnet werden (s. Abb. 8). Der tiefere Grundwasserleiter wird innerhalb des hydrogeologischen Strukturmodells vereinfachend als eine hydraulische Einheit betrachtet, obwohl er aufgrund der Wechsellagerungen von Sandsteinen und Tonlagen stockwerkartig gegliedert ist und aus Zonen unterschiedlicher Wasserwegsamkeiten besteht. Die im Untersuchungsgebiet erschlossenen Schichten des Buntsandsteins und Keupers sind als Kluft-Porengrundwasserleiter anzusprechen. Die Brunnen Klardorf erschließen eine Mindestmächtigkeit des Aquifers von 140 m.

Der obere Grundwasserleiter ist ein relativ homogener Porengrundwasserleiter im quartären Terrassenschotter bzw. Talkiesen und wird durch grobklastische, gut durchlässige sandige Kiese mit

einer Mächtigkeit zwischen 7 – 9 m gebildet. Im Bereich des Abbaugebietes folgen unter 0,8 – 2,5 m mächtigen Sanden mit Feinkies- und Schluffanteilen, sandige Kiese bis 8 m unter GOK. Im Liegenden wurde, abgesehen von den beiden Pegelbohrungen (Klar P1 und P2), in allen Bohrungen des Untersuchungsgebiet eine ca. 1,8 m mächtige Ton- bzw. Tonstein-Zwischenlage erbohrt, bevor die z.T. schluffigen Keupersandsteine mit geringmächtigen Toneinschaltungen folgen. Dementsprechend muss zumindest bereichsweise von einem lokalen Kontakt zwischen beiden Grundwasserleitern ausgegangen werden.

Zwei tiefreichende tertiäre Rinnen rahmen das Untersuchungsgebiet ein. Aufgrund ihrer Tiefe und partiellen guten Durchlässigkeit bilden sie bedeutsame Kontaktzonen zwischen beiden Grundwasserstockwerken. Zur vereinfachten Modellbildung wurden sie strukturell in zwei Modellschichten eingebunden. Die westliche, tertiäre Rinne „Büchelkühn“ im Liegenden unter dem Terrassenschotter des Naabtal wurde in die untere Modellschicht (tieferer Grundwasserleiter) integriert. Ebenso wurde die östlich gelegene Urnaab-Hauptrinne dieser Modellschicht zugeordnet. Der oberflächennahe Abschnitt der Urnaab-Hauptrinne wurde jedoch in die obere Modellschicht (oberer Grundwasserleiter) integriert.

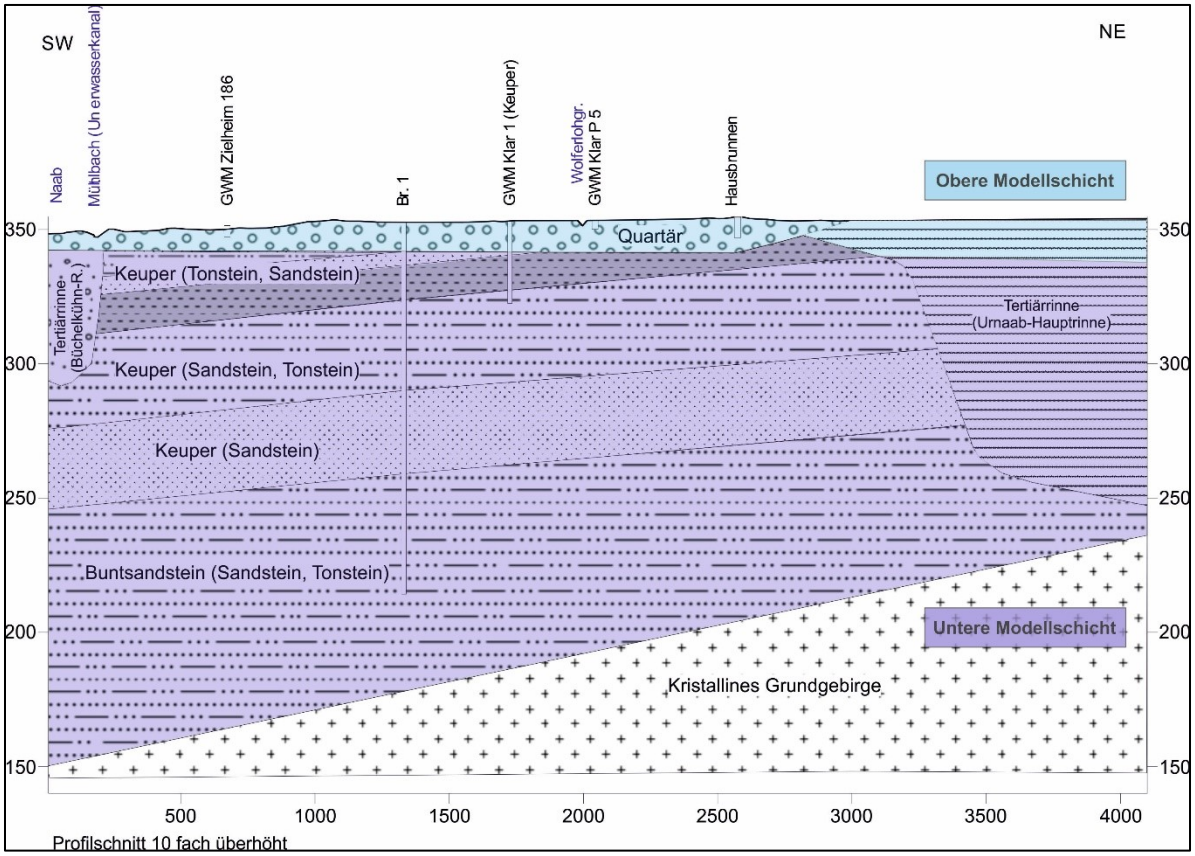

Abbildung 8: Schematisierung des Modellraumes

Die folgende Tabelle zeigt die wesentlichen hydraulischen Kenngrößen, die verallgemeinert für den betreffenden Aquifer gelten:

Tabelle 3: Hydraulische Kenngrößen der Aquifere im Modellraum

	Oberer Grundwasserleiter		**Tieferer Grundwasserleiter**	
	Quartäre Kiese	**Oberflächennahe Schichten (Urnaab- Rinne)**	**Keuper**	**Tertiäre Rinnen (Büchelkühn-R. und Urnaab-R.)**
Eff. Porosität ( )	0,1 – 0,25*	0,2	0,05*	0,2
k_f-Wert (m/s)	10^{-3} bis 10^{-2}; Bereich parallel Büchelohgraben bzw. Rinne 10^{-5} (Schätzung und Kalibration)		10^{-6} (auf Grundlage der PV an Brunnen I u. II)	10^{-5} (Schätzung)
Mächtigkeit des Aquifers (m)	7 – 9	50	140 – 180 Wechsellagerung Ton-/Sandstein, ca. 100 m Sandstein	100
Mittleres Grundwassergefälle (%)	0,2		0,1	

* Werte aus der Literatur entnommen

Die Terrassenschotter werden im Bilanzraum durch die bis zur Quartärbasis ausgekiesten Abbauseen unterbrochen. Die Seen bilden damit Blänken des Grundwasserspiegels im oberen Grundwasserleiter. Innerhalb dieser Abschnitte erhöht sich die Durchlässigkeit durch das Fehlen der Sedimentkörper, weshalb ein k_f-Wert von 1 m/s sowie aufgrund der Ausspiegelung ein Gefälle von annähernd 0 angenommen werden kann.

Die Verteilung der in Tabelle 3 gelisteten k_f-Werte innerhalb des Modellraums ist in den Abbildungen 9 und 10 dargestellt.

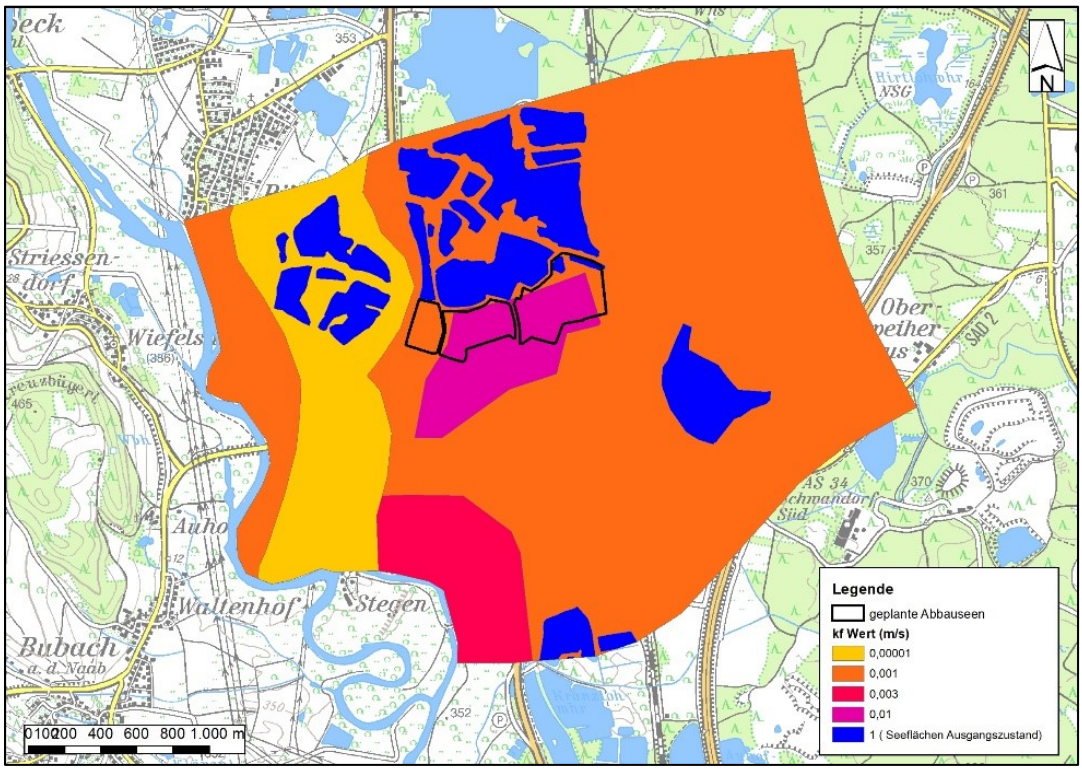

Abbildung 9: k_f-Wert Verteilung der oberen Modellschicht

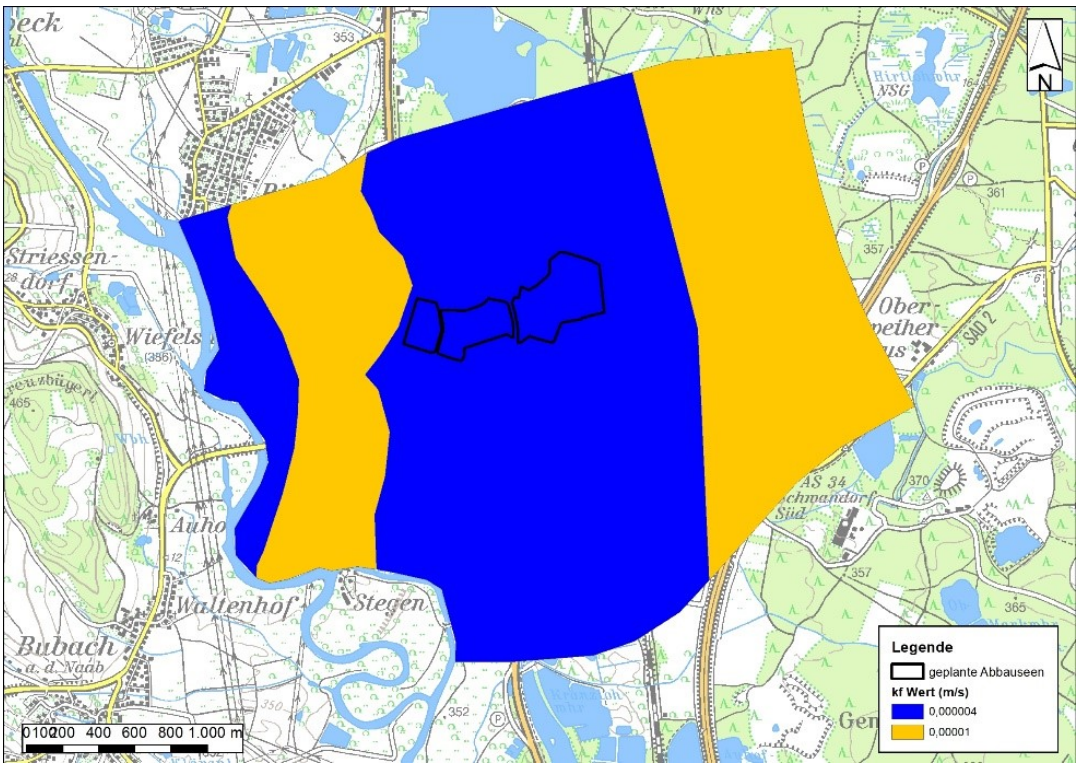

Abbildung 10: k_f-Wert Verteilung der unteren Modellschicht

6.2.2. Modellränder

Für den Modellraum, der eine Fläche von 9,3 km² umfasst sind folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Randstrom Nord und Süd:

Den Nord- und Südrand bilden die Grundwasserrandstromlinien des oberen Grundwasserleiters, welche ebenfalls als Ränder des Bilanzgebietes verwendet werden. An diesen Rändern erfolgt kein Zu- oder Abstrom in das, bzw. aus dem Bilanzgebiet.

- Anstrom am Ostrand:

Anhand der Grundwassergleichenpläne wurde die östliche Begrenzung des Bilanzraumes entsprechend der Grundwassergleichenhöhe für den oberen Grundwasserleiter sowie für den in diesem Bereich der tertiären Hauptrinne angekoppelten tieferen Grundwasserleiter bei 355 m ü. NN festgelegt. Dort erfolgt ein Grundwasser-Anstrom in den Bilanzraum aus östlicher Richtung, sowohl in den oberen als auch in den tieferen Grundwasserleiter. Die Anstrommenge für beide Aquifere wird über die Anpassung des Modells an die beobachteten GW-Gleichen sowie die geschätzten Durchlässigkeitsbeiwerte quantifiziert. Im Modell wird eine konstante Zustromrate verwendet.

- Unterirdischer Zustrom:

Der unterirdische Zustrom kann messtechnisch nicht ermittelt werden und wird daher im Modell durch Anpassung an die realen Grundwasser-Gleichen als Festpotential mit zeitlich unabhängiger Piezometerhöhe ermittelt. Die Piezometerhöhe für den Oberen sowie für den Tieferen Grundwasserleiter liegt bei 355 m ü. NN.

Dabei gilt nach DARCY: $Q = k_f * F * i$

wobei: Q = Wassermenge in m³/s

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert des Aquifers in m/s

F = Durchflussfläche in m²

i = Gefälle der Grundwasserdruckfläche; dimensionslos

- Abstrom am Westrand:

Die Vorflutfunktion der Naab und des Unterwasserkanals am Stauwehr Stegen wird durch eine Randbedingung mit Festpotential einer vorgegebenen Pegelhöhe festgelegt.

- Grundwasserentnahme durch Brunnenförderung:

Die maximal genehmigte Entnahmemenge der Brunnen 1 und 2 Klardorf liegt bei 250.000 m³/a bzw. 8 l/s. Im Rahmen der Modellrechnung wurde die tatsächliche Entnahme von 2019 verwendet, die in diesem Zeitraum bei 161.300 m³/a, bzw. 5,1 l/s lag. Die Entnahme erfolgt aus dem tieferen Grundwasserleiter.

- Drainagegräben:

Die Gräben im Modellgebiet stellen lineare Ränder dar, die nach dem Leakage-Prinzip den Entzug von Grundwasser aus dem oberen Grundwasserleiter verursachen. Die Leakage-Faktoren (s. Tab. 4) werden abschnittsweise, entsprechend der jeweiligen Durchlässigkeit der Gewässersohlen, angepasst.

Tabelle 4: Hydraulische Parameter der Drainagegräben

Drainage (Exfiltration)	**Bachsohle**	**conductance multiplier (=k_f*W/M)**	**k_f-Wert (Bachsohle)**	**W (Flussbreite)**	**M (Mächtigkeit)**
	[m ü. NN]	[m/s]	[m/s]	[m]	[m]
Ochsenweidgraben					
Nord	351,5	1,0E-05	4,0E-06	0,5	0,2
Klar P2	351,3	1,0E-05	4,0E-06	0,5	0,2
nördlich Klar P 3	350,9	1,0E-05	4,0E-06	0,5	0,2
Süd	350,5	1,0E-07	4,0E-08	0,5	0,2
Büchelohgraben					
Nord	349,6	1,0E-04	2,0E-05	1,0	0,2
Süd	348,1	1,0E-05	2,0E-06	1,0	0,2
Wolferlohgraben					
West	350,0	1,0E-05	2,0E-06	1,0	0,2
Mitte	350,6	1,0E-06	2,0E-07	1,0	0,2
Ost	351,5	5,0E-04	1,0E-04	1,0	0,2

6.2.3. Grundwasserbilanz

Der Grundwasserumsatz auf der ca. 9,3 km² großen Fläche des Modellraums ist in Tab. 5 dargestellt. Am östlichen Modellrand liegt der Anstrom im oberen Grundwasserleiter bei 57,5 l/s, im unteren Grundwasserleiter bei 5,7 l/s. Die Grundwasserneubildung liegt bei 17,0 l/s. Über die Naab und dem Mühlbach besteht ein Grundwasserabstrom von 56,0 l/s. Weitere 21,0 l/s fließen über die Gräben aus dem Modellgebiet, die Brunnenentnahme liegt bei 5,1 l/s.

Tabelle 5: Bilanzgrößen im Modellraum

Bilanzgröße	l/s
Positiv	
Anstrom Ost (Oberer Grundwasserleiter)	57,5
Anstrom Ost (Unterer Grundwasserleiter)	5,7
Grundwasserneubildung (Oberer Grundwasserleiter)	17,0
Negativ	
Abstrom (Naab und Mühlbach)	56,0
Drainagen Gräben	21,0
Brunnen	5,1

6.2.4. Kalibration

Während der Kalibration des Modells wurden die Eingaben zum k_f-Wert und den Leakage/Sohldurchlässigkeiten der Gräben derart angepasst, dass die zum Stichtag vom 09.07.2020 beobachteten Grundwasserstandhöhen im oberen und unteren Grundwasserleiter gut nachgebildet werden.

Die Abweichungen der modellierten Ergebnisse zum Wasserstand im oberen Grundwasserleiter und den Oberflächengewässerpegel betragen maximal 0,45 m (s. Tab. 6). Die statistische Modellgüte entsprechend der in Tab. 6 angegebenen Abweichungen ergibt einen mittleren relativen Fehler von 1,97 %. Gemäß DVGW-Regelwerk W 107 kann bei einem mittleren relativen Fehler von unter 5 % von einer guten Modellanpassung ausgegangen werden.

Tabelle 6: Ergebnistabelle der Differenzwertberechnung (obere Modellschicht)

Stützpunkt	**Ruhe-Wasserspiegel 09.07.2020**	**Modellergebnis**	**Differenz**
Messstellen Quartär/ Oberflächengewässer	[m ü. NN]	[m ü. NN]	[m]
GWM Klar P 1	349,68	349,56	-0,12
GWM Klar P 2	351,65	351,78	0,13
GWM Klar P 3	351,13	351,08	-0,05
GWM Klar P 4neu	351,44	351,40	-0,04
GWM Klar P 5	351,70	351,76	0,06
GWM Klar P 6	351,42	351,26	-0,16
GWM Klar P 7	350,83	350,89	0,06
VAW 1 (B 9)	351,88	351,78	-0,10
VAW 2 (B 10)	351,70	351,25	-0,45
VAW B11 (WWA)	348,99	349,05	0,06
GWM Klar SP1	352,04	352,09	0,05
Lattenpegel Mittlerer See	352,31	352,16	-0,15
Lattenpegel Südsee	352,01	352,02	0,01
Hausbrunnen	352,52	352,40	-0,12
GWM Zielheim 186	348,44	348,40	-0,04
Brücke Naab Str. SAD 2	349,55	349,55	0,00
Büchellohgraben Brücke Stegen	347,52	347,31	-0,21
Wehr Stegen (Oberwasser)	349,53	349,52	-0,01
Wehr Stegen (Unterwasser)	347,13	347,27	0,14

6.2.5. Modellrechnung Variante 1

Für die Modellierung der Variante 1 wurde in den Bereichen des Abbaugebiet Süd (Seekörper) eine Durchlässigkeit (k_f-Wert) von 1 m/s angenommen. Die Bereiche zwischen den Seeflächen, welche von der Auskiesung nicht betroffen sind, bleiben bzgl. der hydraulischen Parameter unverändert. Die Randabdichtungen der einzelnen Seen werden als 5 m breite, vertikale Barrieren angenommen. Sie bestehen aus feinsandig, schluffigem Material (betriebseigener Abraum), für die anhand der in den Erkundungsbohrungen angetroffenen Schichten, eine spezifische Durchlässigkeit von 10^{-5} m/s angenommen wird. Nach HÖLTING (2013) liegt die Durchlässigkeit von schluffigem Sand bei Werten zwischen 10^{-5}–10^{-7} m/s. Dementsprechend wird durch die o.g. Annahme die Erniedrigung der Durchlässigkeit und demnach die hydraulische Wirksamkeit der Barriere nicht überbewertet. Zudem wurde das Festpotential von 355 m ü. NN am östlichen Anstrom mittels konstanter Zustromrate festgelegt. Dadurch wird gewährleistet, dass die durch die Auskiesung und Randverfüllung bewirkten Wasserstandveränderungen im numerischen Modell bis in den Anstrombereich berechnet werden können. Es wird dabei von einem unveränderten Wasserzustrom ausgegangen.

6.2.6. Modellergebnisse Variante 1

Das Modellergebnis der Variante 1 ist mittels Gleichenplan (Abb. 11), die entsprechende Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand (Kalibrierung des Grundmodells) mittels Differenzenkarte (Abb. 12) dargestellt. Die Differenzenkarte zeigt die Aufhöhungen bzw. Absenkungen im Quartärgrundwasserleiter. In dieser Variante ergibt sich ein verändertes Strömungsbild im Gegensatz zur Ausgangssituation, da der laterale Grundwasserstrom durch vertikale Barrieren unterbrochen wird. Die Wasserstandänderungen beinhalten Absenkungen im Bereich südlich der geplanten Abbauflächen, die sich bis in die Ortsmitte Zielheim auswirken (s. Abb. 12). Es werden dementsprechend Quartärgrundwasserabsenkungen von 10 - 20 cm im nördlichen Ortsteil von Zielheim prognostiziert. Der anhand der GWM Klar P7 ermittelte Flurabstand von 1,67 m (s. Tab. 1) vergrößert sich damit auf ca. 1,87 m. Im Bereich des Weilers Unterweiherhaus, der sich im Anstrom der geplanten Abbauflächen befindet, ist von einer Grundwasseraufhöhung zwischen 30 – 40 cm auszugehen. Der Flurabstand von 2,45 m, der bei der Stützstelle Hausbrunnen gemessen wurde (s. Tab. 1), würde sich damit auf ca. 2,15 m reduzieren. Bei derartigen Änderungen des Grundwasserstandes kann mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass keine negativen Auswirkungen auf die Gebäude oder die landwirtschaftliche Nutzung im betroffenen Bereich entstehen.

Die Wasserspiegel der beiden westlichen Abbauseen (westlich bzw. östlich des Ochsenweidgrabens) werden sich auf einem Niveau zwischen 352,2 – 352,3 m ü. NN einpegeln, der östliche Abbausee bei etwa 352,4 m ü. NN. Die Gewässerführung des Büchelohgraben, Ochsenweidgraben und Wolferlohgraben bleibt im Wesentlichen unverändert (Veränderungen < 2 l/s je Graben).

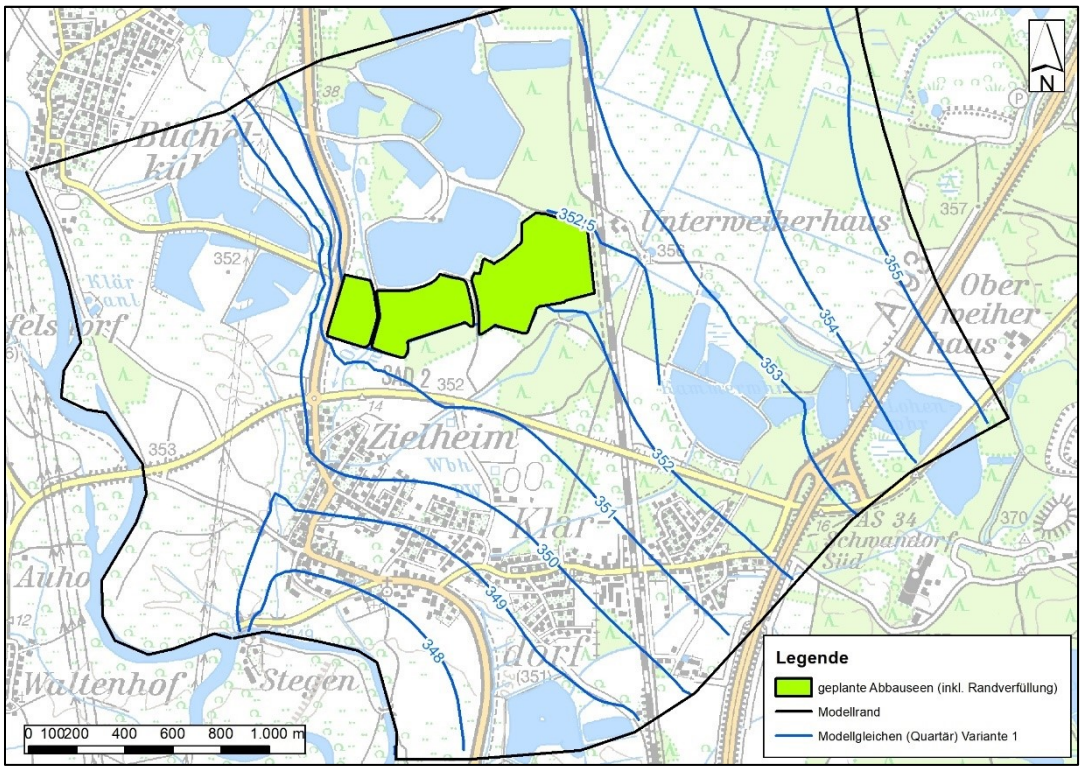

Abbildung 11: Modellgleichen Variante 1

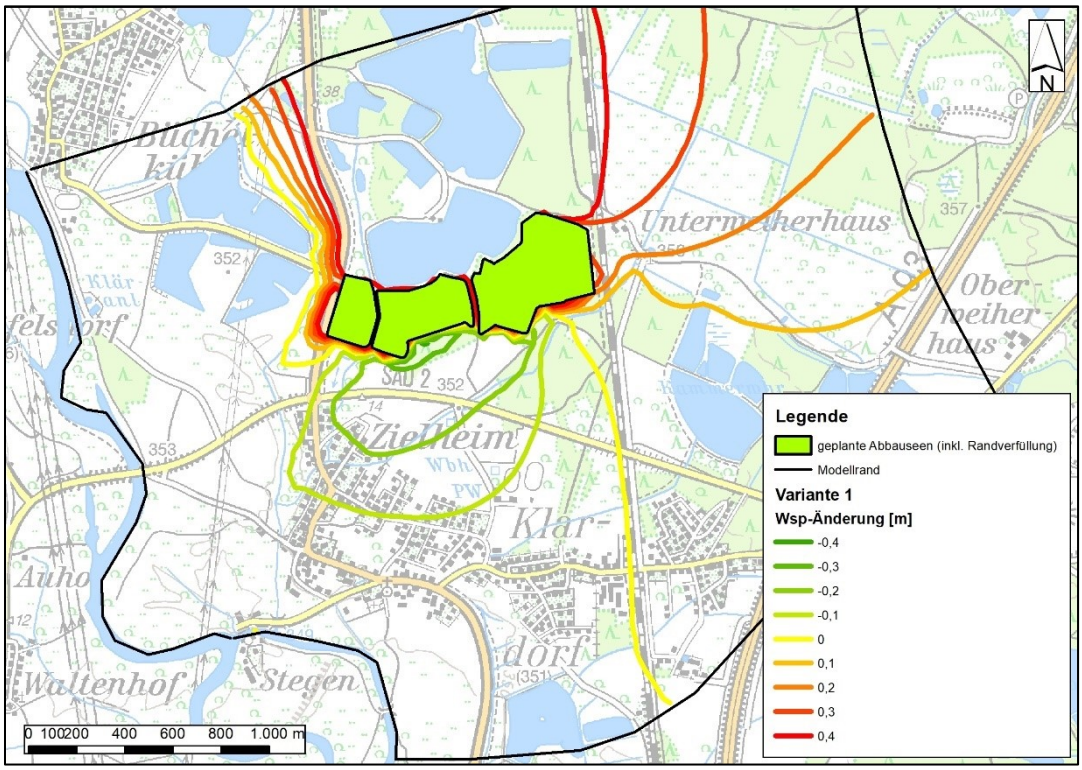

Abbildung 12: Wasserspiegeländerung Variante 1

6.2.7. Modellrechnung Variante 2

Für die Modellrechnung der Variante 2 wurde eine Durchlässigkeit (k_f-Wert) der Teilverfüllung (Abbaugebiet Ost) von 10^{-5} m/s angenommen. Alle weiteren, für die Modellrechnung relevanten Parameter blieben unverändert, bzw. identisch mit denen der Variante 1 (s. oben).

6.2.8. Modellergebnisse Variante 2

Das Modellergebnis dieser Variante ist im Gleichenplan (s. Abb. 13), die Veränderung gegenüber dem Grundmodell mittels Differenzenkarte (Abb. 14) dargestellt. Die Differenzenkarte zeigt die Aufhöhungen bzw. Absenkungen des oberen Grundwasserleiters. Die Ergebnisse der Variante 2 unterscheiden sich nicht wesentlich von der Variante 1. Lediglich im Nahbereich der Teilverfüllung (Abbaugebiet Ost) sind lokale Unterschiede durch die veränderte Ausspiegelung der verkleinerten Seefläche erkennbar (siehe Grundwassergleiche 352,5 m ü. NN).

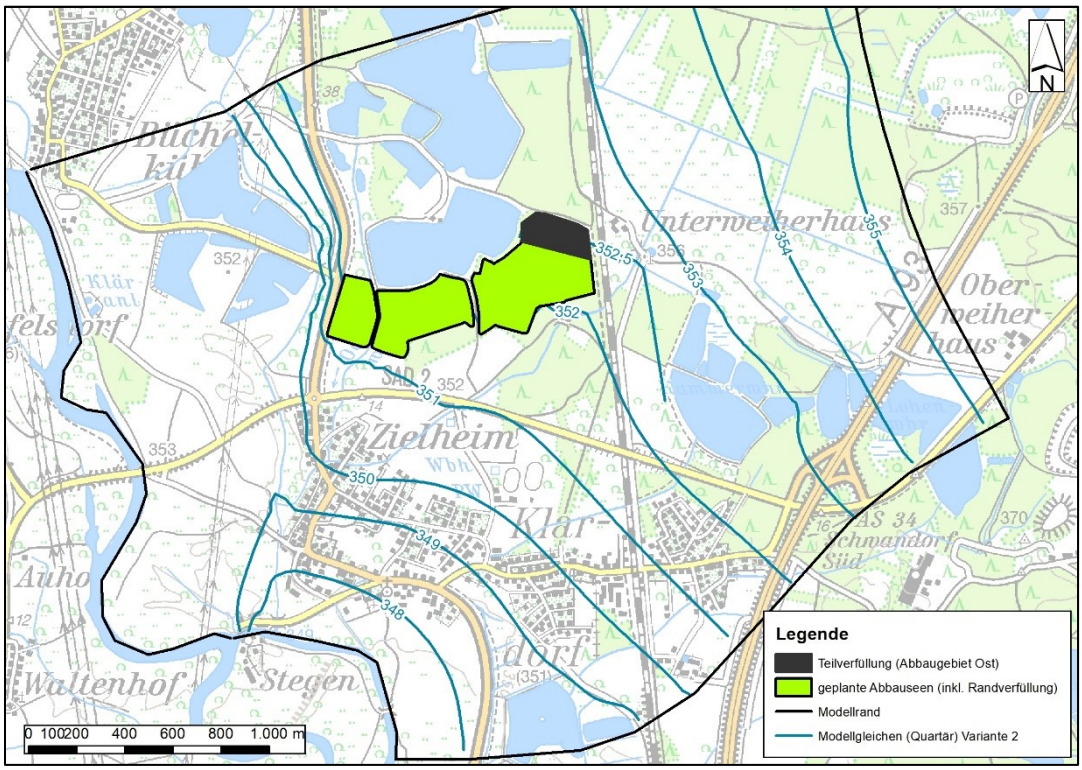

Abbildung 13: Modellgleichen Variante 2

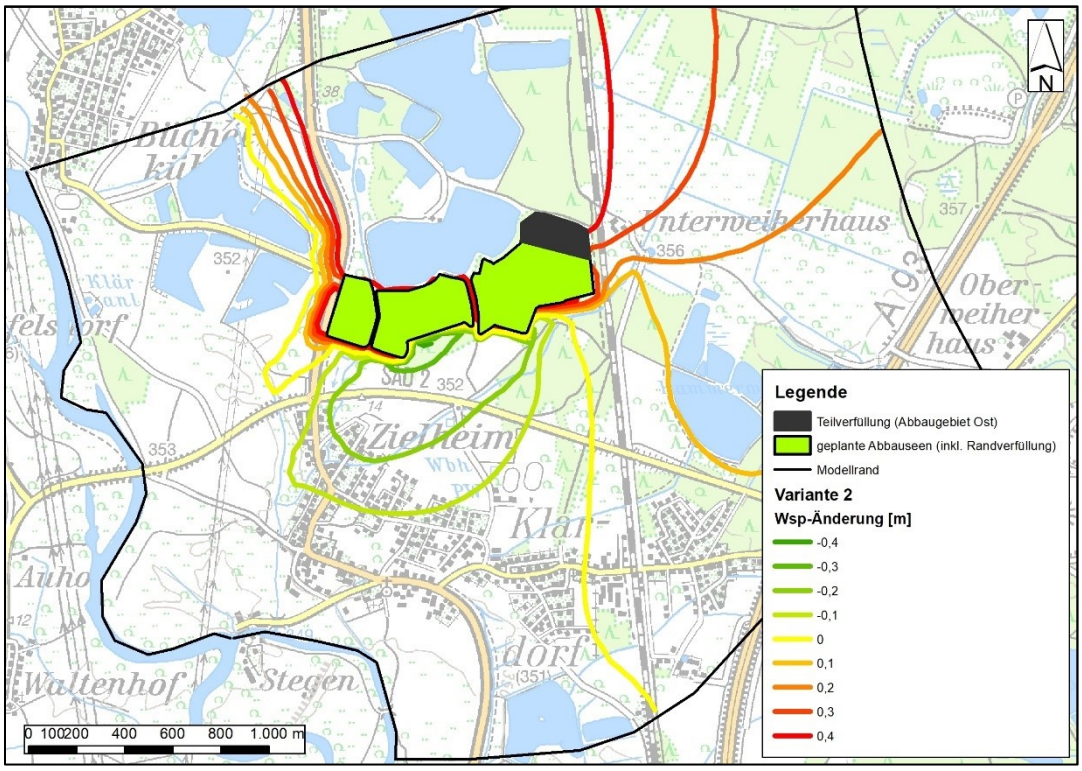

Abbildung 14: Wasserspiegeländerungen Variante 2

6.2.9. Bewertung der Modellergebnisse

Eine gegen den hauptsächlich lateralen Grundwasserstrom vertikal eingebrachte Barriere (randliche Abdichtungen der Seeufer) hat Auswirkungen auf die hydrogeologischen Verhältnisse und auf die Sensitivität im numerischen Modell. Die Sicherheit der auf dem Modell basierenden Prognosen für die zu erwartende Veränderung der Quartärgrundwasserverhältnisse in der Umgebung der Abbauseen sind abhängig von der Wirksamkeit der eingebrachten Randabdichtungen, d.h. ihrer lückenlosen, abdichtenden Funktion. Weiterhin fußt die Prognose auf der Annahme, dass die Abbausohle der Seen d.h. die geringdurchlässige Zwischenschicht der beiden Grundwasserleiter bzgl. ihrer hydraulischen Eigenschaften eine laterale Beständigkeit aufweist. Dies kann jedoch aufgrund der vorliegenden Bohrdaten mit großer Sicherheit angenommen werden.

Die vorgelegten Modellergebnisse sind dementsprechend zielführend für eine Bewertung der Auswirkungen des geplanten Kiesabbaus. Die Ergebnisse sprechen deutlich dafür, dass durch den geplanten Kiesabbau inkl. der randlichen Verfüllungen von einer Wasserspiegelabsenkung im Abstrom sowie einer Wasserspiegelaufhöhung im Anstrom auszugehen ist.

Der Vergleich der beiden Variantenrechnungen zeigte zudem, dass eine eventuelle Teilverfüllung des Abbaugebiet Ost keinen nennenswerten Auswirkungen auf die Gesamtbewertung bewirkt.

Vorberechnungen zu Szenarien ohne jegliche Randabdichtungen der Seen, auf die an dieser Stelle nicht detailliert eingegangen wird, hatten aufgezeigt, dass ohne Randabdichtungen Aufhöhungen bis zum Ortsrand Zielheim/Klardorf möglich sein könnten. Aufgrund des geringen Einfluss der Brunnenentnahme aus dem Keuper-Grundwasserleiter auf das Fließschema im Quartärgrundwasserleiter sind keine nennenswerten Auswirkungen bei einer Erhöhung der Brunnenentnahme zu erwarten.

6.3. Auswirkungen bei Hochwasserereignissen

Das geplante Abbaugebiet Süd kommt mit Teilflächen in den Randbereichen der Hochwassergefahrenfläche HQ 100 (Überschwemmungsgebiet des Wolferlohgraben) zu liegen (s. Abb. 15). Es befindet sich jedoch außerhalb des mit Verordnung vom 16.06.2006 festgesetzten Überschwemmungsgebiet (HQ 100) der Naab, welches im Bereich der geplanten Kiesabbaue von Westen bis unmittelbar vor die Staatsstraße 2397 heran reicht. Vom geplanten Kiesabbauvorhaben ist aus hydrogeologischer Sicht von keiner Erhöhung der Hochwassergefahren auszugehen. Durch das Entfernen der Oberboden-Auflage, was der geplanten Auskiesung vorausgeht sowie der Absenkung des Grundwasserspiegels südlich der Abbauflächen (s. Kap. 6.2) wird eher zusätzliches Retentionsvolumen geschaffen. Dementsprechend dürfte sich das geplante Abbauvorhaben nicht negativ auf Hochwasserereignisse, welche den Bereich des Wolferlohgrabens betreffen, auswirken.

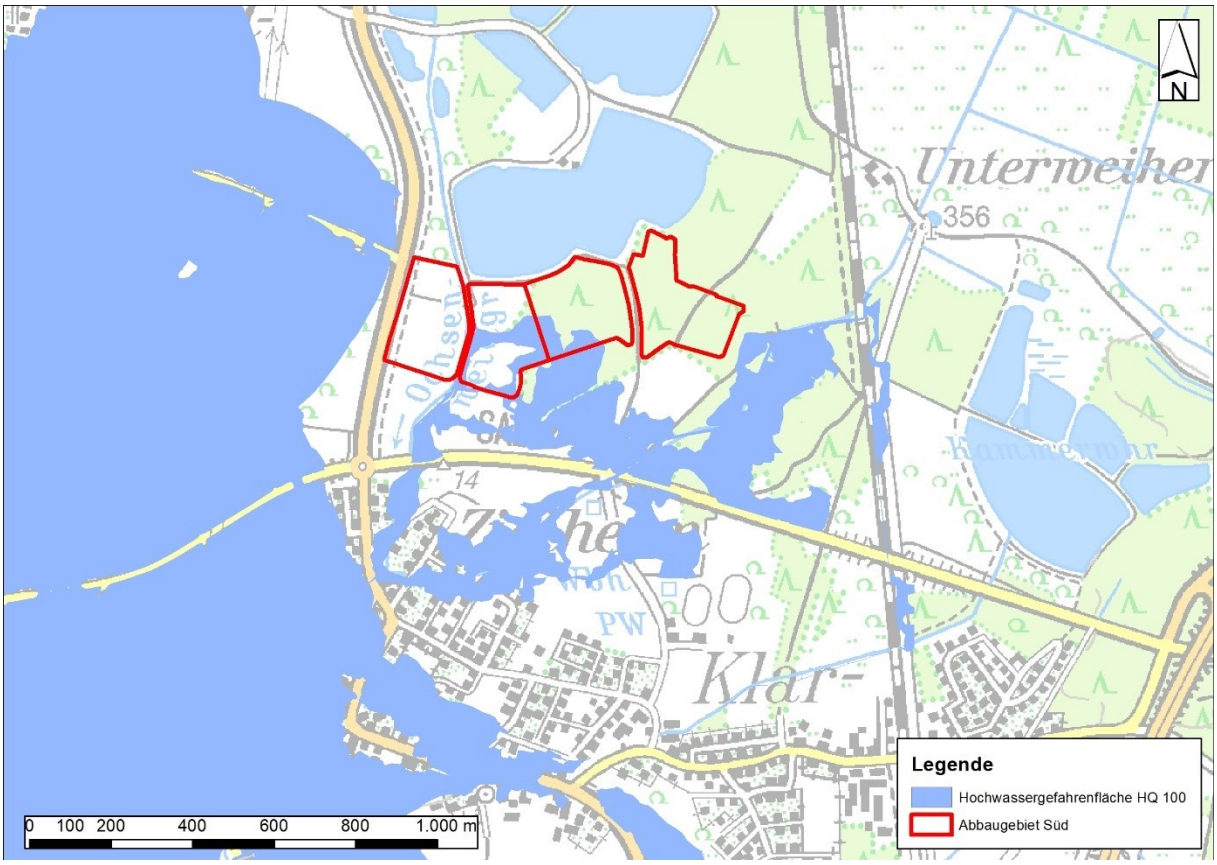

Abbildung 15: Hochwassergefahrenflächen HQ100

7. Monitoring

7.1. Bestehendes Beweissicherungsprogramm

In Verbindung mit dem Kiesabbau im Abbaugebiet Ost wird ein quantitatives und qualitatives Beweisicherungsprogramm an den in Tabelle 7 gelisteten Messstellen durchgeführt. Damit sollen die Auswirkungen des Kiesabbaus auf das Grundwasser, insbesondere auf das Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen bei Klardorf (Brunnen I und II der Städtischen Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf) sowie die Grundwasserstände in den Siedlungsbereichen von Klardorf und Zielheim, überwacht werden. Zudem wurde im entstehenden Abbausee ein Seepegel (Klar SP 1) mit kontinuierlicher Wasserspiegelaufzeichnung installiert.

Tabelle 7: Bestehende Beweissicherungsmessstellen

Bezeichnung	GWL	quantitative Überwachung	qualitative Überwachung
Klar SP 1	Seepegel	X	-
GWM Klar P 2	Quartär	X	-
GWM Klar P 3	Quartär	X	-
GWM Klar P 4 neu	Quartär	X	-
GWM Klar P 5	Quartär	X	-
GWM Klar P 6	Quartär	X	-
GWM Klar P 7	Quartär	X	-
GWM VAW 1 (B9)	Quartär	X	X
GWM Klar 3	Keuper	X	X

Die Aufzeichnung der Wasserstände in den Beweissicherungsmessstellen erfolgt kontinuierlich mittels Datenlogger (Aufzeichnungsintervall 30 Minuten). Die Filterstrecken der Messstellen GWM Klar P2 – 7 reichen ca. 1,5 – 2 m ins Grundwasser, die Pegel erschließen damit den quartären Grundwasserleiter der Naabkiese. Die Messtellen GWM Klar P2 – 5 wurden im unmittelbaren Uferbereich des Ochsenweid- bzw. Wolferlohgraben erstellt. Diese Gräben stehen im Kontakt mit dem Grundwasser der quartären Kiese. Die GWM Klar P6 und P7 befinden sich in einigen Metern, bzw. einigen Zehner Metern Entfernung zu den entsprechenden Gräben. Die Messstelle VAW 1 (B9) liegt im Scheibelholz, ca. 100 m abstromig des Südsees und erschließt mit einer Ausbautiefe von ca. 7,5 m u. GOK den gesamten quartären Kiesgrundwasserleiter. Bei der GWM Klar 3 handelt es sich um eine Keupermessstelle mit einer Ausbautiefe von 30,6 m u. GOK, die im Bereich der Quartärkiese abgedichtet ist. Damit erschließt

sie den Grundwasserleiter, der durch die südlich bzw. südöstlich gelegenen Brunnen II bzw. Brunnen I der Städtischen Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf erschlossen ist.
Der Beginn der kontinuierlichen Aufzeichnungen an den GWM Klar P2 – 5 sowie an der GWM VAW 1 (B9) erfolgte im August 2016. Der Seepegel Klar SP 1, die GWM Klar P6 und P7 sowie die Keuper-Messstelle GWM Klar 3, wurden im November bzw. Dezember 2019, im Anschluss an die jeweilige Erstellung, mit Datenlogger zur kontinuierlichen Wasserspiegelaufzeichnung ausgestattet.

7.2. Zukünftiges Beweissicherungsprogramm

Gemäß den im Grobkonzept des LfU zu den Pilotprojekten Nassverfüllung vom 14.02.2020 vorgesehenen Anforderungen an ein Grundwassermesskonzept sowie nach Abstimmung mit der Wasserwirtschaftsverwaltung (WWA Weiden) wurde vorgeschlagen folgende weitere Messtellen zu errichten:

- Eine Zustrom-Messstelle wird unmittelbar im Nordosten des Kiesgrubenrandes erstellt

- Eine weitere Abstrom-Messstelle (zusätzlich zur bereits bestehenden VAW 1 B9 und Mikromessstelle GWM Klar P5) wird wenige Meter südlich des Abbaugebiets vorgesehen.

- Errichtung einer Grundwassermessstelle im Verfüllkörper (sobald technisch möglich)

Für das erweiterte Grundwassermonitoring im Rahmen des beantragten Kiesabbaugebiet Süd sollten nun überdies hinaus zusätzlich Messtellen zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Seewasserspiegel errichtet werden. Der Umfang der daraus erforderlichen, erweiterten Beweissicherungsmessstellen ist Tabelle 8 zu entnehmen und in Anlage 4 dargestellt.

Tabelle 8: Erweiterte Beweissicherungsmessstellen

Bezeichnung	**GWL**	**quantitative Überwachung**	**qualitative Überwachung**
Klar SP 1	Seepegel	X	-
Klar SP Süd-Ost	Seepegel	X	-
Klar SP Süd-Mitte	Seepegel	X	-
Klar SP Süd-West	Seepegel	X	-
GWM Klar P 2	Quartär	X	-
GWM Klar P 3	Quartär	X	-
GWM Klar P 4 neu	Quartär	X	-
GWM Klar P 5	Quartär	X	-
GWM Klar P 6	Quartär	X	-
GWM Klar P 7	Quartär	X	-
GWM VAW 1 (B9)	Quartär	X	X
GWM Klar 3	Keuper	X	X
GWM Klar Anstrom	Quartär	X	X
GWM Klar Abstrom	Quartär	X	X
GWM Klar Verfüllkörper	Quartär / Verfüllung	X	X

8. Zusammenfassung

Das Kieswerk Klardorf plant im Vorranggebiet KS 66 bzw. Vorbehaltsgebiet KS 66/1 Kies auf einer Gesamtfläche von ca. 17,8 ha abzubauen. Südlich der geplanten Abbauflächen befindet sich das Wasserschutzgebiet der Brunnen 1 und 2 Klardorf der Städtischen Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf. Der geplante Abbau reicht im Südwesten bis ca. 310 m an Zielheim heran. Das Abbaugebiet liegt außerhalb des festgesetzten Überschwemmungsgebiet der Naab und in Teilbereichen in der Hochwassergefahrenfläche (HQ100) des Wolferlohgrabens.

Durch den geplanten Kiesabbau sind keine negativen Auswirkungen auf die Brunnen Klardorf der Städtischen Wasser- und Fernwärmeversorgung Schwandorf zu erwarten. Die Absenktrichter der beiden Brunnen, welche eine verstärkte Tiefensickerung bewirken, beschränken sich bei der maximal genehmigten, monatlichen Entnahme auf den Bereich südlich des Wolferlohgrabens. Somit kann durch das Vorhaben keine negative Beeinflussung der Brunnen erfolgen. Einen zusätzlichen Schutzfaktor bietet die Filterwirkung des 1,8 m mächtigen Tonhorizontes, der im Rahmen der Bohrungen nachgewiesen wurde.

Um die Auswirkungen des geplanten Kiesabbaus auf das Fließschema des Quartärgrundwasserleiters und dementsprechend die Grundwasserstände in den Siedlungsbereichen Zielheim und Klardorf zu bewerten, wurde ein numerisches Grundwassermodell erstellt. Hierbei erfolgte die Berechnung zweier Varianten, um die eventuelle Teilverfüllung des Abbaugebietes Nord ebenfalls zu berücksichtigen.
Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigten, dass durch das geplante Abbauvorhaben keine negativen Auswirkungen auf die Grundwasserstände in den Siedlungsbereichen zu erwarten sind. Durch die Randverfüllung der Abbauflächen mit betriebseigenem Abraum und die daraus entstehenden geringdurchlässigen Barrieren, kommt es zu einem Aufstau von Grundwasser im Anstrom und einer Grundwasserabsenkung im Abstrom. Die zu erwartenden Absenkungsbeträge im nördlichen Siedlungsbereich von Zielheim liegen dabei zwischen 10 - 20 cm, was zu keiner nennenswerten Veränderung im Siedlungsbereich führt. Der zu erwartende Aufstau im Anstrom bei Unterweiherhaus liegt bei ca. 30 cm und sollte dementsprechend keine Auswirkungen auf die Gebäude oder die landwirtschaftliche Nutzung im betroffenen Bereich haben. Eine eventuell zusätzliche Teilverfüllung des Abbaugebiet Ost bewirkt entsprechend der Modellergebnisse keine nennenswerten Veränderungen der Prognosen. Aufgrund des geringen Einfluss der Brunnenentnahme aus dem Keuper-Grundwasserleiter auf das Fließschema im Quartärgrundwasserleiter sind bei einer Erhöhung der Brunnenförderung keine zusätzlichen Auswirkungen auf die o.g. Grundwasserstandsänderuungen in den Siedlungsbereichen zu erwarten.

Die geplanten Abbauseen haben keinerlei negative Auswirkungen auf die Hochwassergefahren im Untersuchungsgebiet. Durch die Schaffung von zusätzlichem Retentionsvolumen dürfte sich das

geplante Abbauvorhaben tendenziell eher positiv auf Hochwasserereignisse, welche den Bereich des Wolferlohgrabens betreffen, auswirken.

Zur Überwachung der Auswirkungen wurde ein Monitoringkonzept erarbeitet.

Velden / Vils, den 12.02.2021
Sachverständigenbüro für Grundwasser

Dipl. Geol. Evi Anders

Der Sachverständige hat an dem von ihm angefertigten Gutachten ein Urheberrecht. Der Auftraggeber darf das Gutachten nur für den im Gutachten oder im Gutachtensvertrag angegebenen Zweck verwenden. Eine darüberhinausgehende Verwendung, insbesondere Vervielfältigung und Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Sachverständigen gestattet.

9. Literatur

HÖLTING, B. & COLDEWEY, W., G. (2013): Hydrogeologie: Einführung in die allgemeine und angewandte Hydrogeologie. Springer-Verlag, 2013.

LFU BAYERN (2010): Geologische Karte von Bayern 1: 25 000 Blatt 6738 Burglengenfeld. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg 2010.

LFU BAYERN (2014): Geowissenschaftliche Landesaufnahme in den Planungsregionen 6 Oberpfalz-Nord und 11 Regensburg Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte 1 : 100 000.

LFW-MATERIALIEN, Heft 52 (1995): Leitlinien für die Ermittlung der Einzugsgebiete von Grundwassererschließungen.

PRÖSL, DR. K. – H. (2002): Antrag auf eine beschränkte Erlaubnis zur Entnahme und Zutageförderung von Grundwasser und auf Neuausweisung eines Trinkwasserschutzgebietes für die Brunnen I u. II / Gewinnungsgebiet Klardorf .- Gutachten i.A. der Städt. Wasser- u. Fernwärmeversorgung Schwandorf, SVB K.-H.Prösl, Velden (unveröffentlicht)

SICHARDT, W. (1928): Das Fassungsvermögen von Rohrbrunnen und seine Bedeutung für die Grundwasserabsenkung, insbesondere für größere Absenkungstiefen. – 89 Seiten, 40 Abb., 19 Tab.; Berlin (Springer).

MEYER, R.K.F. & BAUBERGER, W. (2010): Erläuterungen zum Blatt 6738 Burglengenfeld.- Geologische Karte von Bayern. 1: 25 000. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg 2010