

**Planungs- und Ingenieurgesellschaft
für Bauwesen mbH
Baugrundinstitut nach DIN 1054**

**Burgauer Straße 30
86381 Krumbach**

Tel. 08282 994-0

Fax: 08282 994-110

E-Mail: kc@klingconsult.de

**HYDROGEOLOGISCHES
GUTACHTEN**

**GEPLANTE GRUNDWASSER-
NUTZUNG "BÜRGER- UND
VEREINSZENTRUM"
DENKLINGEN**

GEMEINDE DENKLINGEN

Auftraggeber: Gemeinde Denklingen
Hauptstraße 23
86920 Denklingen

**Errichtung der
Grundwassermessstelle:** ABT Umwelttechnik GmbH
Daimlerstraße 2
87719 Mindelheim

**Hydrogeologische:
Begutachtung** Kling Consult
Planungs- und Ingenieurgesellschaft für Bauwesen mbH
Baugrundinstitut
Burgauer Straße 30
86381 Krumbach

Anlagen:

- 1) Übersichts- und Detaillageplan
- 2) Bohrprofil und Schichtenverzeichnis, Ausbauplan,
Protokoll Pumpversuch
- 3) Hydrotechnische Berechnungen
- 4) Fotodokumentation

Verteiler:

1) Gemeinde Denklingen	3-fach
2) KC 02, bu	1-fach

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	4
1.1	Vorgang und Auftrag	4
1.2	Unterlagen	5
1.3	Geologisch-hydrogeologischer und topografischer Überblick	6
2	Durchgeführte Untersuchungen	8
2.1	Auswertung vorhandener Unterlagen	8
2.2	Bohranzeige nach § 49 WHG	8
2.3	Errechnung der Grundwassermessstelle/Pump- und Eingießversuch	9
3	Untersuchungsergebnisse	10
3.1	Geologischen Situation	10
3.2	Hydrogeologische Situation	11
4	Verfasser	20

1 Allgemeines

1.1 Vorgang und Auftrag

Am südöstlichen Rand der Gemeinde Denklingen soll angrenzend an die Birkenstraße im Westen und den Buchweg im Norden auf den hier derzeit landwirtschaftlich genutzten Grundstücken mit den Flur-Nrn. 2835, 2836, 2856, 2856/1, 2857 und 2858 eine neue Sportanlage mit einem Bürger- und Vereinszentrum entstehen. Für das am nördlichen bzw. nordöstlichen Rand im Bereich des Buchwegs vorgesehene, ca. 115 m lange und 20 m breite Gebäude soll nach Möglichkeit eine Nutzung von Grundwasser zu Wärmepumpenzwecken erfolgen. Die benötigte Grundwassermenge wurde dabei bisher noch nicht im Detail ermittelt, überschlägig wurde jedoch ein Grundwasserbedarf von ca. 12 l/s angegeben.

Bereits im Februar 2015 wurde durch das Baugrundinstitut Kling Consult (BIKC) für das geplante Vorhaben ein Baugrundgutachten erstellt, wofür in diesem Zuge Kleinrammbohrungen nach DIN EN 22475/1 und Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde nach DIN EN 22476/2 ausgeführt wurden. Mit diesen Untersuchungen konnte der oberflächennahe Untergrund bis in Tiefen von max. ca. 5,0 m erkundet werden.

Für eine Prognose gewinnbarer Wassermengen wurde das BIKC durch die Gemeinde Denklingen mit Gemeinderatsbeschluss vom 2. März 2016 auf Grundlage des Angebots 02.16.048 vom 23. Februar 2016 ergänzend dazu beauftragt, auf Grundlage einer tiefreichenden Aufschlussbohrung mit Ausbau zur Grundwassermessstelle und der Durchführung eines Pumpversuchs die aus dem Grundwasserleiter gewinnbaren Grundwassermengen zu ermitteln. Das vorliegende hydrogeologische Gutachten beschreibt die durchgeführten Untersuchungen und stellt die hydrogeologische Situation im Untersuchungsgebiet, auch unter Berücksichtigung weiterer Erkenntnisse aus hydrogeologischen Erkundungen im Gemeindegebiet von Denklingen, dar. Hydrotechnische Berechnungen im Hinblick auf die Realisierung einer Grundwassernutzung für Wärmepumpenzwecke werden durchgeführt. Ergänzende Planungshinweise, wie z. B. zum möglichen Ausbau von Entnahme- und Schluckbrunnen bzw. deren Positionierung werden unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten erarbeitet.

1.2 Unterlagen

- Geologische Übersichtskarte, Blatt CC8726 Kempten (Allgäu), M 1:200.000, herausgegeben von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1983
- Baugrundgutachten Bürger- und Vereinszentrum Denklingen, erstellt durch das Baugrundinstitut Kling Consult, Krumbach vom 20. Februar 2015 (Projekt-Nr. 9976 02)
- Hydrogeologische Vorerkundung im Zuge des Umbaus des Gasthaus Hirsch zum Rathaus, Baugrundinstitut Kling Consult, Krumbach (Projekt-Nr. 10281 02)
- Hydrogeologische Erkundungen zur Neufestsetzung des Trinkwasserschutzgebietes der Gemeinde Denklingen (Auszüge), Hydro-Consult GmbH vom 8. Juli 2015
- Hydrogeologische Karte von Bayern, M 1:500.000, herausgegeben vom bayerischen Landesamt für Umwelt, Augsburg, 2009
- Geo Fachdaten Atlas (Bodeninformationssystem) des Bayerischen Landesamts für Umwelt mit Angabe zu Untergrund- und Grundwasserverhältnissen
- Grundwasserstandsdaten der amtlichen Messstelle DENKLINGEN 958 (Messstellen-Nr. 25156) des Wasserwirtschaftsamts Weilheim, Gewässerkundlicher Dienst Bayern des Bayerischen Landesamts für Umwelt
- Bohrprofil und Schichtenverzeichnis mit Ausbauplan und Ergebnis des Pump- und Eingießversuchs der Fa. ABT GmbH, Mindelheim vom April 2016 (ABT-Projekt-Nr. 2831)
- Ergebnisse von Ortseinsichtsnahmen zur Bohrüberwachung und Bohrgutaufnahme des BIKC, Überwachung des Pump- und Eingießversuchs mit Einmessung der Grundwassermessstelle
- Grundwasserstandsdaten Brunnen Denklingen, bereitgestellt durch die Gemeinde Denklingen im April 2016 einschließlich Ergebnis von chemischen Grundwasseruntersuchungen

1.3 Geologisch-hydrogeologischer und topografischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet liegt am südöstlichen Ortsrand der Gemeinde Denklingen auf einer Höhe um ca. 685 m NN bis 690 m NN und ist weitestgehend eben. Dabei befindet sich Denklingen einschließlich des hier zu untersuchenden Gebiets am nordöstlichen Ende des sich nach Süd-Südwesten hin zunehmend verjüngenden Dienhauser Tals, in dessen Bereich sich auch Brunnenanlagen zur Wasserversorgung der Gemeinde Denklingen bzw. des Denklinger Ortsteils Dienhausen befinden. An den Talflanken steigt das Gelände deutlich auf Höhen bis zu ca. 740 m NN an. Im Bereich von Denklingen selbst weitet sich das Dienhauser Tal trompetenartig auf und mündet hier, morphologisch durch mehrere Geländestufen gekennzeichnet, in das von Süd-Südost nach Nord-Nordwest verlaufende Lechtal ein. Der Lechwasserspiegel auf Höhe von Denklingen liegt in einer Entfernung von ca. 3,0 km auf etwa 626 m NN. Die örtliche Situation kann aus Anlage 1.1 entnommen werden.

Nach den Angaben der geologischen Karte sowie aus den im Geofachdatenatlas des bayerischen Landesamts für Umwelt einsehbaren Daten zu diversen Bohrungen im Lechtal und dem Dienhauser Tal im Bereich von Denklingen ist zu erwarten, dass unter quartären Terrassenschotterablagerungen vorwiegend bindige, tonig-schluffige Ablagerungen der jungtertiären Oberen Süßwassermolasse (OSM) vorliegen. Nach den Unterlagen von Hydro Consult zirkuliert innerhalb der Terrassenschotterablagerungen im Dienhauser Tal dabei das erste, für Wärmepumpenzwecke nutzbare Grundwasservorkommen, das derzeit auch zur Trinkwasserversorgung von Denklingen bzw. Dienhausen genutzt wird. Die Trinkwasserfassung von Denklingen liegt dabei im zentralen Bereich des Dienhauser Tals am südlichen Ortsrand von Denklingen (Brunnen am Bachweg).

Aus den vorhandenen Unterlagen kann geschlossen werden, dass die Mächtigkeit der Terrassenschotterablagerungen im zentralen Teil des Dienhauser Tals am größten ist und zu den Talrändern hin eine rasche Ausdünnung der Terrassenschotterablagerungen gegen die OSM-Schichten erfolgt, die im vorliegenden Fall den grundwasserstauenden Horizont des ersten, nutzbaren Grundwasservorkommens darstellen. Aus den Unterlagen von Hydro Consult (vgl. Abb. 1) sowie dem Geofachdatenatlas ist zudem zu schließen, dass die Mächtigkeit der Terrassenschotterablagerungen sowie die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers innerhalb des Dienhauser Tals nach Nordosten zunimmt. Das Grundwassergefälle innerhalb des Dienhauser Tals liegt dabei bei ca. 8 ‰.

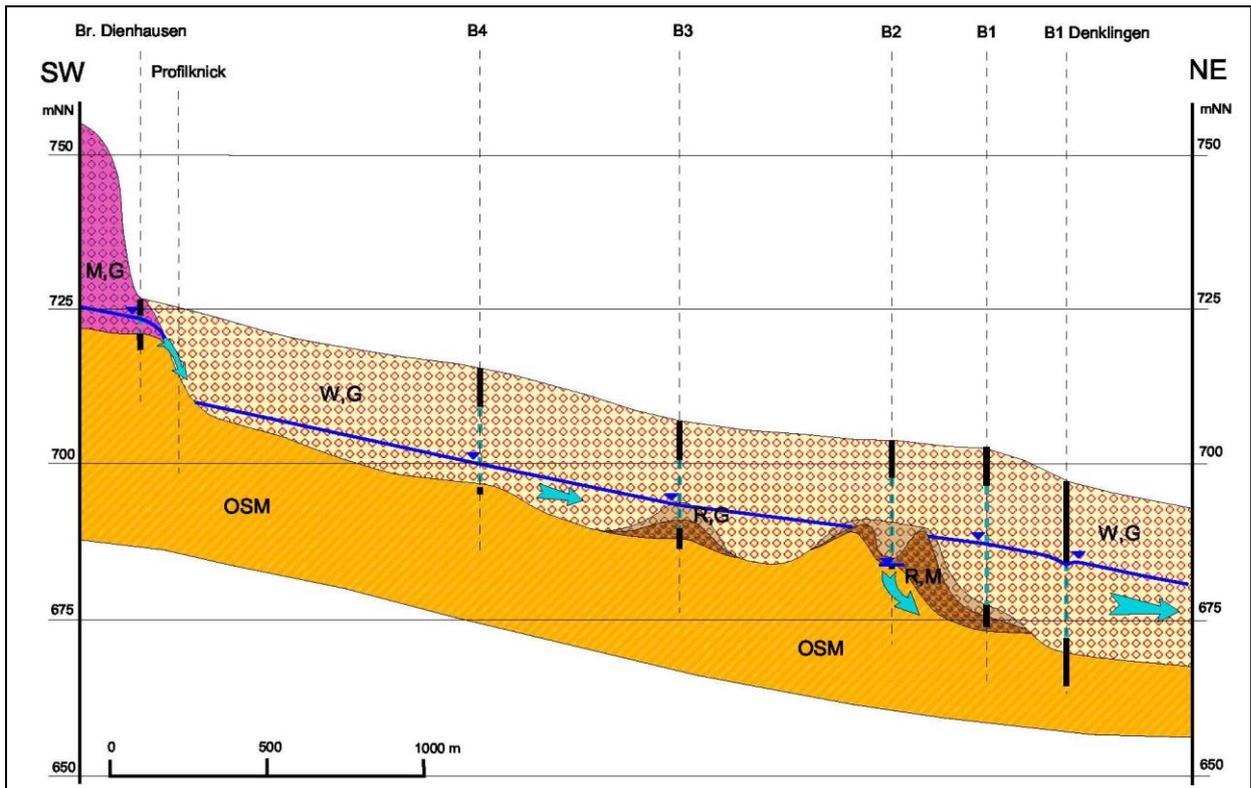


Abbildung 1: Hydrogeologischer Schnitt des Dienhauser Tals (HydroConsult)

Die Erschließung eines Grundwasservorkommens innerhalb von tertiären OSM-Ablagerungen stellt sich aufgrund der zu erwartenden großen Tiefenlage der Grundwasseroberfläche sowie des anzunehmenden vorwiegend bindigen Untergrunds und der damit verbundenen geringen Durchlässigkeit als unwirtschaftlich dar. Nach der hydrogeologischen Karte von Bayern ist der geschlossene Grundwasserspiegel innerhalb der OSM-Ablagerungen im Bereich von Denklingen auf einer Höhe von ca. 630 m NN und damit rund 55 m – 60 m unter bestehender GOK zu erwarten.

2 Durchgeführte Untersuchungen

2.1 Auswertung vorhandener Unterlagen

Für die Vorabbeurteilung der hydrogeologischen Verhältnisse und für eine erste Einschätzung der grundsätzlichen Realisierbarkeit einer Grundwasserwärmepumpenanlage für das Bürger- und Vereinszentrum Denklingen wurden durch das BIKC die im Geofachdatenatlas des bayerischen Landesamts für Umwelt einsehbaren Ergebnisse diverser Bohrungen und sonstiger Informationen zur hydrogeologischen Situation erfasst und ausgewertet. Darüber hinaus wurden dem BIKC nach Rücksprache mit der Gemeinde Denklingen durch die Hydro-Consult GmbH, Augsburg die Ergebnisse hydrogeologischer Untersuchungen im Bereich des an Denklingen anschließenden, nach Südwesten verlaufenden und zunehmend schmaler werdenden Dienhauser Tals übermittelt. Weiterhin standen zur Auswertung geologische und hydrogeologische Karten im Archiv des BIKC zur Verfügung. Einen allgemeinen Überblick zum Chemismus des quartären Grundwasservorkommens im Dienhauser Tal verschafft über die Internetrepräsentanz der Gemeinde Denklingen mit den Ergebnissen regelmäßiger Grundwasseruntersuchungen des Brunnens Denklingen.

Auf Grundlage dieser Daten konnte die hydrogeologische Situation im Untersuchungsbereich auch hinsichtlich möglicher Grundwasserstandsschwankungen bereits im Vorfeld der Untersuchungen vergleichsweise genau voreingeschätzt und bewertet werden.

2.2 Bohranzeige nach § 49 WHG

Am 8. März 2016 wurde durch das BIKC beim LRA Landsberg am Lech eine Bohranzeige zur Errichtung einer Grundwassermessstelle DN 150 im Bereich des geplanten Neubaus des Bürger- und Vereinszentrums angezeigt.

Mit Schreiben von 9. März 2016 hat das LRA Landsberg am Lech der Durchführung der angezeigten Untersuchungen zugestimmt. Besondere Auflagen bei der Ausführung wurden dabei nicht erteilt.

2.3 Errichtung der Grundwassermessstelle/Pump- und Eingießversuch

Durch die ABT Wasser- und Umwelttechnik GmbH, Mindelheim wurde zwischen dem 7. April 2016 und dem 12. April 2016 eine 37,5 m tiefe Rammtrockenkernbohrung (Durchmesser der Verrohrung: 368 mm/324 mm) ausgeführt. Nach Erreichen der Bohrendteufe (Stauerhorizont in Form der jungtertiären OSM-Schichten) erfolgte dann der Ausbau zur Grundwassermessstelle DN 150 ohne Pumpensumpf. Die Lage der Grundwassermessstelle wurde bei einem gemeinsamen Ortstermin mit Vertretern der Gemeinde Denklingen am 11. März 2016 festgelegt. Darüber hinaus erfolgten weitere Ortstermine zur Bohrüberwachung bzw. zur Betreuung des Pump- und Eingießversuchs am 12. und 14. April 2016.

Die Lage der Grundwassermessstelle ist in Anlage 1.2 eingetragen. Das Bohrprofil mit Schichtenverzeichnis sowie der Ausbauplan der neu errichteten Grundwassermessstelle ist in Anlage 2 enthalten, in der auch die Ergebnisse des Pump- und Eingießversuchs enthalten sind. Die photographische Dokumentation des Bohrkerns findet sich in Anlage 4.

Nach den Vorgaben des BIKC erfolge am 14. April 2016 die Durchführung eines 8-stündigen Pumpversuchs in der neu errichteten Grundwassermessstelle. Anschließend wurde ein Eingießversuch durchgeführt. Da vor Ort jedoch kein ausreichend leistungsfähiger Wasseranschluss zur Verfügung stand, konnte im Rahmen des Eingießversuchs lediglich zweimal eine mittels Wasserfass antransportierte Wassermenge von 2.000 l in die Messstelle eingegeben werden.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Geologischen Situation

Mit der zur Errichtung der Grundwassermessstelle ausgeführten Aufschlussbohrung wurden unterhalb einer Mutterbodenschicht bzw. einer rund 0,8 m starken natürlichen Deckschicht aus schluffigen, schwach kiesigen Sanden zunächst bis in eine Tiefe von 2,5 m unter GOK schwach schluffige bis schluffige, sandige bis stark sandige Kiese angetroffen, die den Verwitterungshorizont der hierunter folgenden, steinig, schwach schluffigen bis schluffigen und sandigen bis stark sandigen Kiese der quartären Terrassenschotterablagerungen darstellen. Diese reichen im Bereich der neu errichteten Grundwassermessstelle GWM 1 bis in eine Tiefe von 37,0 m unter GOK (ca. 650,9 m NN) und sind im Bereich der Untersuchungsstelle zwischen 19,4 m und 22,0 m unter GOK nagelflurartig verfestigt. Die Basis der Terrassenschotter wird im Bereich des Bürger- und Vereinszentrums von einer halbfest bis fest konsistenten, feinsandigen und schluffigen Tonschicht der jungtertiären OSM aufgebaut, die auch in diversen weiteren Aufschlussbohrungen im Dienhauser Tal bzw. dem Lechtal festgestellt wurde. Somit ist davon auszugehen, dass die tertiären Ablagerungen unterhalb der quartären Kiese mehr oder weniger durchgängig bindig ausgebildet sind und den grundwasserstauenden Horizont für das erste Grundwasserstockwerk darstellen.

Nach den zur Verfügung stehenden Unterlagen ist zu erwarten, dass die OSM-Oberkante zu den Rändern des Dienhauser Tals vergleichsweise rasch ansteigt. Im Bereich der durchgeführten Aufschlussbohrung beim ehemaligen Gasthaus Hirsch im Ortszentrum von Denklingen (Buchweg 1) in einer Entfernung von ca. 400 m wurde der grundwasserhemmende OSM-Horizont auf einer Höhe von rund 676,75 m NN angetroffen, im Bereich der nur wenige Meter nordwestlich hiervon gelegenen Kirche erreicht die OSM-Oberfläche bereits die bestehende Geländeoberkante. Ein Anstieg der OSM-Oberkante ist auch nach Süden bzw. Südosten innerhalb des Dienhauser Tals zu erwarten, nach Nordosten hingegen ist von einem weiteren Abtauchen der OSM-Oberfläche über mehrere unterirdische Stufen zum Lechtal hin auszugehen. Die Grundwassermessstelle GWM 1 wurde in etwa im zentralen Bereich des sich zum Lechtal hin öffnenden Dienhauser Tal errichtet, wesentlich höhere Kiesmächtigkeiten sind hier nicht mehr zu erwarten.

3.2 Hydrogeologische Situation

3.2.1 Grundwasserstände

Der Ruhewasserspiegel in der neu errichteten Grundwassermessstelle GWM 1 wurde am 14. April 2016 in einer Tiefe von rund 25,1 m unter GOK, entsprechend einer Höhe von ca. 662,8 m NN festgestellt. Zu diesem Zeitpunkt war in der Messstelle somit eine Grundwassersäule von rund 12,0 m vorhanden.

Nach den zugänglichen Daten aus der amtlichen Messstelle Nr. 25156 (DENKLINGEN 958) lagen zum Zeitpunkt der Untersuchungen im Allgemeinen mittlere Grundwasserstände vor. Die Grundwasserschwankungsbreite dieser etwa 1,1 km nordöstlich gelegenen Grundwassermessstelle im Umfeld einer Kiesabbaufläche wird seit 1983 beobachtet. Die Messstelle liegt bereits innerhalb der quartären Schotterablagerungen des Lechtals mit einem um rund 16 m tiefer liegenden Grundwasserspiegel als im Bereich von GWM 1. Seit Beginn der Aufzeichnungen wurde in dieser Messstelle ein niedrigster Grundwasserspiegel (NGW) auf einer Höhe von rund 642,0 m NN beobachtet, der damit etwa 2,0 m unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels von ca. 644,0 m NN liegt. Bei einer Grundwasserschwankungsbreite von insgesamt rund 6,8 m wurde der höchste Grundwasserspiegel (HGW) bei 648,8 m NN registriert, wobei die Grundwasserstände ansonsten üblicherweise eine Höhe zwischen 646,5 m – 647,0 m NN nicht übersteigen.

Regelmäßige Grundwasserstandsmessungen liegen auch von dem Trinkwasserbrunnen der Gemeinde Denklingen am südwestlichen Ortstrand von Denklingen bzw. von dem am Ende des Dienhauser Tals gelegenen Brunnen Dienhausen vor.

Zwischen dem mittleren Grundwasserstand von ca. 683,65 m NN und dem niedrigsten Grundwasserstand von rund 681,7 m NN liegt auch im Brunnen Denklingen zwischen dem mittleren und dem niedrigsten Grundwasserspiegel eine Differenz von ca. 2,0 m. Zwischen dem mittleren und dem höchsten Grundwasserstand wurde hier bisher eine Differenz von rund 2,25 m registriert.

Deutlich geringer fallen die Grundwasserspiegeldifferenzen im noch weiter südlich gelegenen Brunnen Dienhausen aus, dessen Grundwasserschwankungsbreite bisher mit insgesamt nur etwa 2,0 m zwischen niedrigstem und höchstem Wasserspiegel ermittelt wurde. Da dieser Brunnen jedoch nur eine vergleichsweise geringe Grundwassermächtigkeit erschließt und sich am äußersten Ende des Dienhauser Tals befindet, sind diese Werte zur Beurteilung

der möglichen Grundwasserschwankungsbreite im Bereich von GWM 1 des Bürger- und Vereinszentrums jedoch als nicht repräsentativ anzunehmen.

Zur Ermittlung des im Bereich GWM 1 anzunehmenden niedrigsten zu erwartenden Grundwasserstands zur Ermittlung der potenziell gewinnbaren Wassermengen zu Zeiten geringster Grundwasserführung, kann auf Grundlage der beobachteten Grundwasserstandsschwankungsbreiten im Brunnen Denklingen und der WWA-Messstelle demzufolge von einem noch um ca. 2,0 m niedrigeren Wasserstand ausgegangen werden als im Zuge der feldtechnischen Untersuchungen ermittelt. Auf der sicheren Seite liegend sollte davon ausgegangen werden, dass der Grundwasserspiegel in GWM 1 zu Zeiten niedrigster Grundwasserstände auf einer Höhe von ca. 660,75 m NN liegen kann, wobei noch niedrigere Grundwasserstände nicht ausgeschlossen werden.

Für die Beurteilung der Wiedereinleitung des thermisch veränderten Grundwassers in den Aquifer ist hinsichtlich der Auswirkungen durch den Aufstaukegel der höchste zu erwartende Grundwasserspiegel (HGW) relevant. In vorliegendem Fall ist auf Grundlage der vorliegenden Wasserstandsdaten davon auszugehen, dass dieser noch um bis zu ca. 4,8 m über dem im April in GWM 1 gemessenen Wasserstand, entsprechend einer Höhe von ca. 667,6 mNN ansteigen kann. Der Grundwasserflurabstand liegt im Bereich des geplanten Bürger- und Vereinszentrums damit sogar zu Zeiten höchster Grundwasserstände noch etwa 20 m unter GOK.

3.2.2 Geohydraulische Parameter

Am 14. April 2016 wurde in der neu errichteten Grundwassermessstelle GWM 1 ein mehrstufiger Kurzpumpversuch über einen Zeitraum von 8 h durchgeführt (vgl. Anlage 2.2). Die Entnahmemenge wurde dabei von anfangs 5,0 l/s zunächst auf 7,0 l/s bis auf eine Entnahmemenge von rund 10,0 l/s gesteigert. Eine weitere Leistungssteigerung war mit der in die Messstelle noch einbaubare Unterwasserpumpe aufgrund der Förderhöhe nicht möglich. Die höchste Pumpstufe wurde über einen Zeitraum von 7 Stunden bis zum quasistationären Beharrungszustand aufrecht erhalten. Der Ruhewasserspiegel wurde um dabei 0,9 m von 26,05 m unter POK (662,82 mNN) auf 26,95 m unter POK (661,92 mNN) abgesenkt.

Nach dem Abstellen der Pumpe wurde der Wiederanstieg des Grundwasserspiegels in GWM 1 über einen Zeitraum von 0,75 Stunden bis zum Erreichen des Ausgangswertes vor dem Beginn des Pumpversuchs gemessen. Im Anschluss an diese Beobachtungsphase erfolgte die Durchführung eines Eingießversuchs in GWM 1, um die Möglichkeit der Wieder-

einspeisung von thermisch verändertem Grundwasser in den Aquifer zu untersuchen. Hierzu wurde eine mittels Wasserfass antransportierte Wassermenge von 2 m³ in die Messstelle eingeleitet, da mangels Wasseranschluss vor Ort eine kontinuierliche Wassereingabe über einen längeren Zeitraum nicht möglich war. Die aus dem Wasserfass eingegebene Wassermenge wurde mit 10 l/s ermittelt, der daraus resultierende Aufstaubetrag betrug nur rund 2 cm. Dieser Versuch wurde 2-mal ausgeführt.

Aus dem Absenkverhalten des Grundwasserspiegels in GWM 1 lässt sich für ungespannte Verhältnisse nach verschiedenen Berechnungsmethoden die Durchlässigkeit berechnen:

- DAHLHAUS: ca. $1,3 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1,4 \cdot 10^{-3}$ m/s
- BIESKE: ca. $1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s
- CHOW: ca. $5,3 \cdot 10^{-4}$ m/s
- THIEM: ca. $3,1 \cdot 10^{-4}$ m/s
- DUPUIT-THIEM: ca. $9,6 \cdot 10^{-4}$ m/s (Anlage 3.1)

Aus dem Wiederanstieg des Grundwasserspiegels in GWM 1 nach dem Abschalten der Pumpe lässt sich für gespannte Verhältnisse ebenfalls die Durchlässigkeit berechnen:

- THEIS: ca. $7,3 \cdot 10^{-3}$ m/s

Auch aus Eingießversuchen bzw. der dabei eingeleiteten Wassermenge lässt sich nach HERTH & ARNDTS, *“Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung“*, durch Umstellung der Formel zur Berechnung der Leistungsfähigkeit eines Einzelbrunnens nach DUPUIT & THIEM die Durchlässigkeit des Aquifers berechnen. Dies ist in vorliegendem Fall jedoch nicht möglich, da eine kontinuierliche Wasserzugabe nicht erfolgen konnte und somit keine gesicherten Daten über den dauerhaften Aufstau gewonnen werden konnten. Der nur geringe Aufstaubetrag bei der Wasserzugabe dokumentiert jedoch insgesamt die starke Durchlässigkeit der Terrassenschotter.

Auf Grundlage des durchgeführten Pumpversuchs kann für die weitere Planung und Dimensionierung von Entnahme- und Schluckbrunnes aus dem quartären Grundwasserstockwerk im Bereich des geplanten Bürger- und Vereinszentrums ein mittlerer k-Wert von ca. $1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s angenommen werden. Eine vergleichbare Durchlässigkeit der Terrassenschot-

terablagerungen im Dienhauser Tal wurde auch durch HydroConsult im Zuge der bisher ausgeführten Erkundungsmaßnahmen zur Trinkwassergewinnung zwischen Denklingen und Dienhausen ermittelt. Auf der sicheren Seite liegend sollten für die Dimensionierung der Brunnen jedoch auch Vergleichsberechnungen mit ungünstigeren k-Werten bis zu $5,0 \cdot 10^{-4}$ m/s durchgeführt werden.

Grundsätzlich ist bei der Konzeption von Grundwasserförderanlagen zu berücksichtigen, dass die horizontale und vertikale Durchlässigkeit kleinräumig schwanken kann. Es ist somit nicht auszuschließen, dass im Untersuchungsgebiet höhere – jedoch ggf. auch geringere – Durchlässigkeiten als bisher ermittelt vorliegen können.

3.2.3 Grundwasserchemismus

Im Zuge der bisher ausgeführten Untersuchungen erfolgte in Abstimmung mit dem AG keine Untersuchung des Grundwassers hinsichtlich des Chemismus, da vorerst auf die bestehenden Daten des Brunnens Denklingen, der den selben Grundwasserleiter erschließt, zurückgegriffen werden kann. Demzufolge liegen die betriebsrelevanten Parameter, insbesondere Eisen und Mangan, in unauffälligen bzw. in für den Aquifer typischen Konzentrationen vor. Die Grundwassertemperatur wurde bei den im Jahresverlauf entnommenen Proben dabei im Mittel zwischen ca. 8°C und 9°C ermittelt.

Wir empfehlen, im Rahmen der weiteren Planungen aus der Messstelle GWM 1 eine Grundwasserprobe zu entnehmen und diese auf betriebsrelevante Parameter untersuchen zu lassen. In der Regel umfasst dies die in Abb. 2 aufgeführten Parameter, was mit dem jeweiligen Hersteller der Anlage jedoch im Detail abgestimmt werden sollte.

<p>Die Wasserqualität sollte den in der nachstehenden Tabelle angegebenen Grenzwerten für Edelstahl (1.4401) und Kupfer entsprechen. Werden diese Grenzwerte eingehalten, ist in der Regel mit einem problemlosen Brunnenbetrieb zu rechnen. Aufgrund schwankender Wasserqualitäten empfehlen wir einen Wärmetauscher aus Edelstahl als Trennwärmetauscher einzusetzen (siehe auch unter „Planungshinweise“ in den separaten Planungsunterlagen zu den Wärmepumpen).</p> <p>In folgenden Fällen ist ein geschraubter Wärmetauscher aus Edelstahl als Trennwärmetauscher immer erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Die Grenzwerte für Kupfer können nicht eingehalten werden. ■ Bei Wasser aus Seen und Teichen. <p>Hinweis Primärkreis (Zwischenkreis) mit Frostschutzgemisch, z.B. Tyfooor füllen.</p> <p>Beständigkeit von Plattenwärmetauschern aus Kupfer oder Edelstahl gegenüber Wasserinhaltsstoffen</p> <p>Hinweis Die folgende Tabelle ist nicht vollständig und dient nur als Orientierungshilfe.</p> <p>+ Unter normalen Umständen gute Beständigkeit 0 Korrosionsgefährdet, besonders, falls mehrere Faktoren mit 0 bewertet sind - Nicht geeignet</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elektrische Leitfähigkeit</th> <th>Kupfer</th> <th>Edelstahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 10 µS/cm</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10 bis 500 µS/cm</td> <td>+</td> <td>+</td> </tr> <tr> <td>> 500 µS/cm</td> <td>-</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Elektrische Leitfähigkeit	Kupfer	Edelstahl	< 10 µS/cm	0	0	10 bis 500 µS/cm	+	+	> 500 µS/cm	-	0	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Inhaltsstoff</th> <th>Konzentration in mg/l</th> <th>Kupfer</th> <th>Edelstahl</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Organische Elemente</td> <td>falls nachweisbar</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Ammoniak (NH₃)</td> <td>< 2 2 bis 20 > 20</td> <td>+ 0 -</td> <td>+ + 0</td> </tr> <tr> <td>Chlorid (Cl⁻)</td> <td>< 300 > 300</td> <td>+ 0</td> <td>+ 0</td> </tr> <tr> <td>Eisen (Fe), gelöst</td> <td>< 0,2 > 0,2</td> <td>+ 0</td> <td>+ 0</td> </tr> <tr> <td>Freie (aggressive) Kohlensäure (CO₂)</td> <td>< 5 5 bis 20 > 20</td> <td>+ 0 -</td> <td>+ + 0</td> </tr> <tr> <td>Mangan (Mn), gelöst</td> <td>< 0,1 > 0,1</td> <td>+ 0</td> <td>+ 0</td> </tr> <tr> <td>Nitrate (NO₃), gelöst</td> <td>< 100 > 100</td> <td>+ 0</td> <td>+ +</td> </tr> <tr> <td>pH-Wert</td> <td>< 7,5 7,5 bis 9,0 > 9,0</td> <td>0 + 0</td> <td>0 + +</td> </tr> <tr> <td>Sauerstoff</td> <td>< 0,2 > 0,2</td> <td>+ 0</td> <td>+ +</td> </tr> <tr> <td>Schwefelwasserstoff (H₂S)</td> <td>< 0,05 > 0,05</td> <td>+ -</td> <td>+ 0</td> </tr> <tr> <td>Hydrogencarbonat (HCO₃⁻)</td> <td>< 1,0 > 1,0</td> <td>0 +</td> <td>0 +</td> </tr> <tr> <td>Sulfate (SO₄²⁻)</td> <td>< 70 70 bis 300 > 300</td> <td>0 + 0</td> <td>+ + 0</td> </tr> <tr> <td>Aluminium (Al), gelöst</td> <td>< 0,2 > 0,2</td> <td>+ 0</td> <td>+ +</td> </tr> <tr> <td>Sulfate (SO₄²⁻)</td> <td>< 70 70 bis 300 > 300</td> <td>+ 0 -</td> <td>+ + 0</td> </tr> </tbody> </table>	Inhaltsstoff	Konzentration in mg/l	Kupfer	Edelstahl	Organische Elemente	falls nachweisbar	0	0	Ammoniak (NH ₃)	< 2 2 bis 20 > 20	+ 0 -	+ + 0	Chlorid (Cl ⁻)	< 300 > 300	+ 0	+ 0	Eisen (Fe), gelöst	< 0,2 > 0,2	+ 0	+ 0	Freie (aggressive) Kohlensäure (CO ₂)	< 5 5 bis 20 > 20	+ 0 -	+ + 0	Mangan (Mn), gelöst	< 0,1 > 0,1	+ 0	+ 0	Nitrate (NO ₃), gelöst	< 100 > 100	+ 0	+ +	pH-Wert	< 7,5 7,5 bis 9,0 > 9,0	0 + 0	0 + +	Sauerstoff	< 0,2 > 0,2	+ 0	+ +	Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	< 0,05 > 0,05	+ -	+ 0	Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	< 1,0 > 1,0	0 +	0 +	Sulfate (SO ₄ ²⁻)	< 70 70 bis 300 > 300	0 + 0	+ + 0	Aluminium (Al), gelöst	< 0,2 > 0,2	+ 0	+ +	Sulfate (SO ₄ ²⁻)	< 70 70 bis 300 > 300	+ 0 -	+ + 0
	Elektrische Leitfähigkeit	Kupfer	Edelstahl																																																																						
< 10 µS/cm	0	0																																																																							
10 bis 500 µS/cm	+	+																																																																							
> 500 µS/cm	-	0																																																																							
Inhaltsstoff	Konzentration in mg/l	Kupfer	Edelstahl																																																																						
Organische Elemente	falls nachweisbar	0	0																																																																						
Ammoniak (NH ₃)	< 2 2 bis 20 > 20	+ 0 -	+ + 0																																																																						
Chlorid (Cl ⁻)	< 300 > 300	+ 0	+ 0																																																																						
Eisen (Fe), gelöst	< 0,2 > 0,2	+ 0	+ 0																																																																						
Freie (aggressive) Kohlensäure (CO ₂)	< 5 5 bis 20 > 20	+ 0 -	+ + 0																																																																						
Mangan (Mn), gelöst	< 0,1 > 0,1	+ 0	+ 0																																																																						
Nitrate (NO ₃), gelöst	< 100 > 100	+ 0	+ +																																																																						
pH-Wert	< 7,5 7,5 bis 9,0 > 9,0	0 + 0	0 + +																																																																						
Sauerstoff	< 0,2 > 0,2	+ 0	+ +																																																																						
Schwefelwasserstoff (H ₂ S)	< 0,05 > 0,05	+ -	+ 0																																																																						
Hydrogencarbonat (HCO ₃ ⁻)	< 1,0 > 1,0	0 +	0 +																																																																						
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	< 70 70 bis 300 > 300	0 + 0	+ + 0																																																																						
Aluminium (Al), gelöst	< 0,2 > 0,2	+ 0	+ +																																																																						
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	< 70 70 bis 300 > 300	+ 0 -	+ + 0																																																																						

Abbildung 2: Betriebsrelevante Parameter für Wärmepumpenanlage (Fa. Viessmann)

4 Brunnenberechnungen

4.1 Gewinnbare Wassermengen

Entsprechend den Daten der vorangegangenen Ausführungen erfolgt die Abschätzung gewinnbarer Wassermengen aus einem Brunnen mit Bohrdurchmesser 324 mm bzw. 518 mm mit einem durchschnittlichen k-Wert von $1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s sowie zum Vergleich mit einem ungünstigeren k-Wert von $5,0 \cdot 10^{-4}$ m/s. Es wurden dabei niedrigste Grundwasserstände angenommen, wobei die erschlossene Grundwassermächtigkeit im Bereich von GWM 1 gem. den Ausführungen in Abschnitt 3.2.1 dann noch ca. 9,8 m beträgt. In der Anlage 3 sind Berechnungsbeispiele für die gewinnbaren Wassermengen enthalten.

Dabei zeigt sich, dass bei einem k-Wert von $1,0 \cdot 10^{-3}$ m/s je nach Durchmesser eine maximale Grundwassermenge zwischen ca. 16,5 l/s und 23,0 l/s gefördert werden kann (Anlage 3.2). Der Absenkbetrag in dem Brunnen liegt dann noch innerhalb der im Allgemeinen üblichen Begrenzung des Absenkbetrags von ca. 30 % der erschlossenen Wassersäule. Die rechnerische Reichweite des Absenktrichters liegt bei voller Ausnutzung des Fassungsvermögens des Brunnens in diesem Fall zwischen ca. 200 m und ca. 300 m. Wird der Absenkbetrag auf 1 m begrenzt, reduziert sich die rechnerische Reichweite des Absenktrichters bei diesem k-Wert auf einen Betrag knapp unterhalb von 100 m, was hinsichtlich der Abstände zwischen Entnahme- und Schluckbrunnen zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussungen zu berücksichtigen ist. In diesem Fall liegt die gewinnbare Grundwassermenge je nach Durchmesser zwischen ca. 9,5 l/s und 10,0 l/s.

Bei einem auf der ungünstigen Seite liegenden k-Wert von $5,0 \cdot 10^{-4}$ m/s kann je nach Durchmesser eine maximale Grundwassermenge zwischen ca. 10,5 l/s und 14,0 l/s gefördert werden kann (Anlage 3.3). Der Absenkbetrag in dem Brunnen liegt dann jedoch teilweise bereits oberhalb der im Allgemeinen üblichen Begrenzung des Absenkbetrags von ca. 30 % der erschlossenen Wassersäule. Die rechnerische Reichweite des Absenktrichters liegt bei voller Ausnutzung des Fassungsvermögens des Brunnens in diesem Fall zwischen ca. 190 m und ca. 265 m. Wird der Absenkbetrag auf 1,5 m begrenzt, reduziert sich die rechnerische Reichweite des Absenktrichters bei diesem k-Wert auf einen Betrag von knapp 100 m, was hinsichtlich der Abstände zwischen Entnahme- und Schluckbrunnen zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussungen zu berücksichtigen ist. In diesem Fall liegt die gewinnbare Grundwassermenge je nach Durchmesser zwischen ca. 6,5 l/s und 7,5 l/s.

4.2 Wiederversickerung von gefördertem Grundwasser

Entsprechend den Berechnungsbeispielen in Anlage 3.4.1 ergibt sich bei den höchsten anzunehmenden Grundwasserständen von bei einer Rückleitung von 10 l/s in einen Schluckbrunnen mit einem wirksamen Durchmesser von 0,5 m je nach k-Wert eine Grundwasseraufhöhung von ca. 0,5 m bis 1,0 m bei einer rechnerischen Reichweite des Aufstaukegels zwischen ca. 50 m und 75 m. Bei mittleren Grundwasserständen, wie zu Zeiten des Pumpversuchs in GWM 1, erhöht sich der Aufstaubetrag um ca. 60 % bis 70 %, die zu erwartende Reichweite des Aufstaukegels erhöht sich entsprechend.

Selbst bei der Wiedereinleitung von 20 l/s in einen derartigen Brunnen ist kein besonders hoher Aufstaubetrag zu erwarten. Bei höchsten GW-Ständen liegt dieser zwischen ca. 1,2 m und 2,4 m, bei mittleren Wasserständen ist in diesem Fall bei ungünstigsten Verhältnissen von einem Aufstaubetrag von bis zu ca. 3,5 m auszugehen. Die daraus resultierende Reichweite des Aufstaukegels liegt dann jedoch bereits bei ca. 230 m.

Grundsätzlich wird der aus der Wiederversickerung resultierende Aufstaubetrag bei dem im Untersuchungsgebiet vorliegenden hohen Grundwasserflurabstand keine negativen Auswirkungen auf umliegende Flächen bzw. Hoch- und Tiefbauwerke haben.

4.3 Brunnenabstände / Brunnenanzahl

Zur Vermeidung einer gegenseitigen Beeinflussung von Entnahme- und Schluckbrunnen sollte ein möglichst großer Abstand gewählt werden, der im Idealfall mindestens der Summe der rechnerischen Reichweiten von Grundwasserabsenkung und Grundwasseraufstau entspricht. Dies wird in vorliegendem Fall jedoch nicht möglich sein.

Selbst bei Annahme des in vorliegendem Fall ungünstigsten Rechenbeispiels aus Anlage 3.2.2 zeigt sich jedoch, dass die Absenkung bereits in einer Entfernung von 50 m nur noch ca. 25 % des Gesamtbetrags im Entnahmebrunnen erreicht (vgl. Anlage 3.5). Bei einer Reduzierung des zulässigen Absenkbetrags auf 1,0 m bis 1,5 m entsprechend den Berechnungsfällen in Abschnitt 4.1 wird der Absenkbetrag in einem Abstand von 50 m Entfernung vom Entnahmebrunnen nur noch im Bereich weniger cm bis dm nachzuweisen sein.

Insgesamt wird in vorliegendem Fall bei einer Anordnung der Entnahmebrunnen im südlichen Teil (Zustrom) und der Schluckbrunnen im nördlichen Teil (Abstrom) des Planungsgebiets auch bei einer Unterschreitung der rechnerisch optimalen Brunnenabstände die gegenseitige Beeinflussung durch die hohe Grundwasserdurchflussrate relativ gering sein. Aus un-

serer Sicht sinnvoll wäre die Errichtung der Entnahmebrunnen im Bereich der gemeinsamen Grenze der Flur-Nrn. 2835 und 2856, die Errichtung von Schluckbrunnen sollte am nördlichen Rand des Planungsgebiets erfolgen. Generell kann die bestehende Messstelle GWM 1 als Schluckbrunnen weitergenutzt werden. Grundsätzlich ist die Installation eines redundanten Systems aus mindestens 2 Entnahme- und Schluckbrunnen zu empfehlen, die jeweils gleichzeitig oder wechselweise betrieben werden. Dies gewährleistet auch bei z.B. erforderlichen Wartungsarbeiten in einem Brunnen oder bei einem Pumpenausfall zumindest die Sicherstellung einer dauerhaften Grundversorgung.

4.4 Ausbauvorschläge Entnahme/Schluckbrunnen

Grundsätzlich empfiehlt sich der Ausbau als vollkommene Brunnen. Für den Entnahmebrunnen sollte im Stauerbereich eine mindestens ca. 1 m lange Sumpfrohrstrecke unterhalb der Filterstrecke innerhalb der OSM-Schichten vorgesehen werden, damit Auflandungen nicht in den Bereich des Pumpeneinlaufs gelangen können bzw. die Förderpumpe möglichst tief in den Brunnen eingehängt werden kann. Die Filterstrecke sollte bei Ansatz des 30%-Kriteriums für den Absenkbetrag bei Ansatz eines niedrigsten Grundwasserspiegels unterhalb von ca. 657,5 mNN liegen, damit auch der abgesenkte Grundwasserspiegel bei Volllast noch oberhalb der Filterstrecke liegt. Die Filterkiesstrecke kann aus unserer Sicht dann bis ca. 5 m unter GOK geführt werden und dann gegen die Brunnenabdichtung mit einem Gegenfilter abgetrennt werden. Die Brunnenstube und der Brunnenabschluss sind nach Planungen des Ingenieurbüros auszuführen.

Für den Schluckbrunnen ist u. E. kein Pumpensumpf erforderlich. Die Filterstrecke sollte jedoch deutlich höher als beim Entnahmebrunnen bis auf eine Höhe von ca. 670,0 mNN geplant werden, um auch bei höchsten Grundwasserständen und einer maximalen Einleitmenge eine optimale Versickerungsleistung zu erzielen. Die Filterkiesstrecke kann aus unserer Sicht dann wiederum bis ca. 5 m unter GOK geführt werden und dann gegen die Brunnenabdichtung mit einem Gegenfilter abgetrennt werden. Die Brunnenstube und der Brunnenabschluss sind nach Planungen des Ingenieurbüros auszuführen. Der Auslauf des in den bzw. die Brunnen eingebauten Rohres zur Wiedereinleitung des aus dem Entnahmebrunnen geförderten Grundwassers muss entsprechend den geltenden Richtlinien unterhalb des Ruhewasserspiegels zu liegen kommen.

Die dargestellten Ausbauvarianten sind als Vorschlag zu verstehen. Der jeweilige Brunnenausbau ist im Zuge der weiteren Planungen aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten festzule-

gen bzw. muss vor Ort beim Bohren auf Grundlage der angetroffenen geologischen Situation festgelegt werden.

5 Zusammenfassung

Zur Erkundung der hydrogeologischen Situation im Bereich des geplanten Bürger- und Vereinszentrums Denklingen wurde für eine geplante Nutzung des Grundwassers zur Gebäudeklimatisierung eine 37,5 m tiefe Bohrung niedergebracht und zur Grundwassermessstelle DN 150 ausgebaut. Anhand von bereits vorhandenen Unterlagen zur hydrogeologischen Situation im Bereich von Denklingen und aus den Daten des in der neu errichteten Messstelle ausgeführten Pumpversuchs wurden die hydraulischen Kennwerte des Grundwasserleiters ermittelt und eine Abschätzung gewinnbarer Wassermengen mit Ausarbeitung von Ausbauvorschlägen zur Errichtung von Entnahme- und Schluckbrunnen vorgenommen.

Der Betrieb einer Anlage zur thermischen Nutzung des Grundwassers mit Wiedereinleitung des thermisch veränderten Grundwassers ist wasserrechtlich zu beantragen und zu bewilligen.

6 Verfasser

Baugrundinstitut Kling Consult
Krumbach, 28. Juli 2016


Dipl.-Geol. Jan-Peter Burghard
(Projektleiter)


Dipl.-Geol. Martin Bosch
(Projektmitarbeiter)

Die Veröffentlichung des Gutachtens einschließlich aller Anlagen, auch gekürzt oder auszugsweise, bedarf der ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung der Kling Consult GmbH.