



Baden-Württemberg

REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU

Regierungspräsidium Freiburg · Ruppmannstraße 21 · 70565 Stuttgart

Landratsamt Ludwigsburg
Fachbereich Umwelt
GT221 - Umwelttechnik
Hindenburgstr. 40
71638 Ludwigsburg


Stuttgart. 08.07.2021

Name Julian Rolker

Durchwahl 0711 904 19102

Aktenzeichen 94-4763.2//21_3765

(Bitte bei Antwort angeben)

 Hydrogeologische Stellungnahme zum Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation der Firma Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Vaihingen an der Enz, Ortsteil Ensingen, Lkr. Ludwigsburg (Top. Karte 1:25000, Blatt 7019 Mühlacker)

E-Mail vom 30.03.2021, Betreff: Ensinger Mineralquellen GmbH; Einzugsgebiet der Gipskeuperbrunnen in Vaihingen/Enz, Gemarkung Ensingen, mit: Antrag auf Verlängerung der wasserrechtlichen Erlaubnis zur Grundwasserentnahme aus den Bohrbrunnen E 1, E 3, E 6, E 9, E 10 auf den Flst. Nr. 320, 688, 757, 2359, Gemarkung Ensingen, Stadt Vaihingen an der Enz, Lkr. Ludwigsburg vom 18.12.2018 und Ergänzung vom 05.11.2020

Anlagen

1. Dokumentation neuer Ergebnisse aus dem Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation
2. Übersicht zur Geologie im Umfeld von Ensingen mit relevanten Bohraufschlüssen
3. Grundwassergleichenplan (konzeptionell und synoptisch)
4. Abgrenzung des Einzugsgebiets

Inhalt

1	Vorgang	2
2	Hydrogeologische Verhältnisse	3
3	Einzugsgebiet für die Förderbrunnen E 1, E 3, E 6, E 9 und E 10 in der Grabfeld-Formation (Stand 2013)	5
4	Neue Erkenntnisse aus Erkundungen nach 2013.....	5
5	Grundwasserfließverhältnisse in der Grabfeld-Formation.....	10
6	Hydrogeologische Bewertung.....	11
7	Abgrenzung des Einzugsgebietes der Brunnen in der Grabfeld-Formation.....	12
8	Weitere Empfehlungen	14
9	Schriftenverzeichnis.....	15

1 Vorgang

Die Firma Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH (nachfolgend abgekürzt: Ensinger) betreibt im Umfeld von Ensingen mehrere Bohrbrunnen zur Mineralwassergewinnung. Die Bohrungen erschließen z.T. das Grundwasser in der Grabfeld-Formation (Hinweis zur Nomenklatur: In der modernen stratigraphischen Nomenklatur wird anstelle der bisher gebräuchliche Bezeichnung Gipskeuper der Name Grabfeld-Formation verwendet) und z.T. im Oberen Muschelkalk. Im Zuge der Bereitstellung des Informationssystems oberflächennahe Geothermie (ISONG) des LGRB wurde im Jahr 2013 das Einzugsgebiet für die Mineralwasserbrunnen in der Grabfeld-Formation (E 1, E 3, E 6, E 9 und E 10) abgegrenzt (LGRB-Gutachten Az.: 94-4715.02//12-9687 vom 24.06.2013; hier auch bezeichnet als Gipskeuperbrunnen; E 1 = BO_7019/238, E 3 = BO_7019/236, E 6 = BO_7019/428, E 9 = BO_7019/745, E 10 = BO_7019/747).

Mit dem Antrag vom 18.12.2018 wurde seitens der Firma Ensinger eine Neuerteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die o.g. Bohrbrunnen beantragt. Da eine gehobene wasserrechtliche Erlaubnis beantragt wird, bittet das Landratsamt Ludwigsburg mit dem Schreiben vom 30.03.2021 das LGRB um eine Überprüfung des 2013 vom LGRB abgegrenzten Einzugsgebiets.

Für die Überprüfung des Einzugsgebietes wurden alle im LGRB verfügbaren neuen Erkenntnisse zum Gipskeuper seit 2013 zusammengestellt und ausgewertet. Darauf aufbauend wird das Einzugsgebiet mit aktuellem Kenntnisstand hydrogeologisch beurteilt.

2 Hydrogeologische Verhältnisse

Das hydrogeologische Verständnis für das Gebiet im Umfeld von Ensingens beruht auf entsprechend veröffentlichten Unterlagen (Geol. Karte und Erläuterung zur Geologischen Karte 1:25 000; Hydrogeol. Erkundung Baden-Württemberg Enzkreis und Enzthal-Pforzheim, LGRB 2004 und 2008) und auf Ergebnissen jüngerer Bohrkampagnen und Untersuchungen, welche im Zuge der Mineralwassererkundung im Auftrag der Firma Ensinger durchgeführt wurden. Darüber hinaus liefern die durchgeführten Erkundungen für den Bau der Neubaustrecke Mannheim-Stuttgart der Deutschen Bahn hydrogeologische Informationen bis in Tiefen von maximal ca. 20 m.

Auf eine detaillierte hydrogeologische und geologische Beschreibung wird im Zuge dieser Stellungnahme verzichtet und auf das LGRB-Gutachten Az.: 94-4715.02//12-9687 vom 24.06.2013 verwiesen. Die Standortbedingungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Das Gebiet um Ensingens ist topographisch durch den Eselsberg geprägt, der einen südlichen Ausläufer des Strombergs bildet. Am Eselsberg sowie an dem nach Westen verlaufenden Bergrücken stehen Schichten der Löwenstein-Formation an, welche die am Südhang anstehenden Schichten der Mainhardt-Formation und Hassberge-Formation überlagern.

Weiter Richtung Süden streichen die Schichten der Grabfeld-Formation großflächig auf einer Hochebene aus. Die quartäre Überdeckung besteht aus lössführenden Fließerden sowie im Bereich des Brünlesbachs aus holozänen Abschwemmmassen.

Die Schichtlagerung ist durch die sog. Strombergmulde bedingt, die zu einer relativ starken Schichtverbiegung führte. Es ist davon auszugehen, dass diese Schichtverbiegung zu einer verstärkten Klüftung der Schichten führte.

Die Basis der mit durchschnittlich 3-4° nach Norden bis Nordwesten einfallende Grabfeld-Formation streicht zirka 1,5 km südlich von Ensingen aus.

Mit Ausnahme von E 10 setzen die Keuperbrunnen der Firma Ensinger in der Grabfeld-Formation an und erschließen wasserführende Bereiche auf Höhe des Gipsspiegels. Im Bereich des nördlichsten Brunnens E 10 liegt der Gipsspiegel in einer Tiefe von ca. 60 m (~221 mNN). Im südlichsten, noch für die Mineralwassergewinnung genutzten Brunnen E 6, wird der Gipsspiegel in einer Tiefe von 41 m (~201 mNN) angetroffen.

Der übergeordnete Grundwasserabfluss erfolgt oberhalb des Gipsspiegels ohne stratigraphischen Bezug innerhalb der Grabfeld-Formation in verkarsteten Horizonten. Entsprechend des Grundwasserströmungsmodell von Smolczyk & Partner (2012) wird ein Grundwasserabfluss in Richtung S-SO mit Anbindung an den Brünnesbach (später Glattbach) und später Enz als Hauptvorfluter angenommen.

Entsprechend der vorliegenden Geologischen Karte 1:25 000 (5. Auflage, Stand 1996) sind in dem Gebiet um Ensingen keine tektonischen Verwerfungen dargestellt. Im Zuge der integrierten geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa) wurden nordwestlich des Einzugsgebiets NO-SW streichende Verwerfungen beschrieben.

Reflexionsseismische Untersuchungen, welche im Zuge der Erkundungen zu den Muschelkalkbrunnen zwischen Februar und Juni 2013 von der Firma GeoExpert AG durchgeführt wurden, deuten auf ein größeres Inventar an Verwerfungen hin, als bislang dokumentiert. Zusammengefasst und vereinfacht lässt die seismische Interpretation durch HydroGeo+ (28.11.2019) auf eine tektonische 3-Gliederung schließen, welche durch jüngere WSW-ENE gerichtete Schwächezonen als auch durch herzynisch geprägte NW-SE Störungen bestimmt ist und im Bereich von Ensingen zu einer Schollenstruktur geführt hat, die aus der „Hochscholle Ensingen“, der „Tiefscholle Ensingen“ und der „Hochscholle Illingen“ besteht.

3 Einzugsgebiet für die Förderbrunnen E 1, E 3, E 6, E 9 und E 10 in der Grabfeld-Formation (Stand 2013)

Für die Brunnen in der Grabfeld-Formation wurde 2013 ein gemeinsames Einzugsgebiet abgegrenzt, welches dem weiteren Zustrombereich der Brunnen entspricht. Grund hierfür ist die räumliche Nachbarschaft der Brunnen zueinander, der angenommene übergeordnete Grundwasserabfluss in der Grabfeld-Formation innerhalb des Einzugsgebietes von Brünnesbach / Glattbach und der Annahme von Absenktrichtern, die sich um die Brunnen herum ausbilden.

Das 2013 abgegrenzte Einzugsgebiet hat eine Gesamtfläche von 8,5 km² und erstreckt sich von Ensingen ausgehend sichelförmig nach Nordwesten bzw. Süden und Südosten. Im Norden, Westen und Südwesten verläuft die Grenze des Einzugsgebietes entlang der oberirdischen Wasserscheide. Es wurde angenommen, dass diese in erster Näherung auch der unterirdischen Wasserscheide entspricht (LGRB 2013, Az. 94-4715.02//12-9687). Aufgrund einer vermuteten NO-SW-verlaufenden Verwerfung nordöstlich von Ensingen, welche auf eine potentiell höhere Gebirgsdurchlässigkeit schließen lässt, greift das unterirdische Einzugsgebiet hier über das oberirdische Einzugsgebiet hinaus. Die südliche Grenze des Einzugsgebietes wurde durch die angenommene Liegendgrenze des Bochingen Horizonts beschrieben.

4 Neue Erkenntnisse aus Erkundungen nach 2013

Seit 2013 wurden mehrere neue Brunnen gebohrt, die Erkenntnisse zu den hydrogeologischen Verhältnissen im Gipskeuper lieferten. Die neuen Erkenntnisse wurden erhoben und für jeden Brunnen im Detail in der Anlage 1 dargestellt. Hierbei ist zu beachten, dass es Neuerschließungen in der Grabfeld-Formation gab (KS) als auch im Muschelkalk (MKS), wobei die Grabfeld-Formation in diesen Aufschlüssen separat getestet und untersucht wurde.

Die seit 2013 durchgeführten Untersuchungen erbrachten zusammenfassend folgende Erkenntnisse:

- KS 1 – 3 (LGRB-Nr. BO_7019/2265-2267)
 - Flache Bohrungen zur Erkundung im Umfeld von E 3 belegen zwei voneinander getrennte Grundwassersysteme (Quartär und Gipskeuper).
 - Da die Grundwasserstände im Bereich des Grundwasserstands des Brunnens E 1 liegen, ist davon auszugehen, dass E 1 an das oberflächennahe Grundwassersystem angeschlossen ist (auch belegt durch nachgewiesene Metabolite von Pflanzenschutzmittel). Neue Erkenntnisse in Bezug auf das Einzugsgebiet in der Grabfeld-Formation lassen sich aus diesen Bohrungen nicht ableiten.

- KS 4 – 6 (LGRB-Nr. BO_7019/2271-2273)
 - Die Bohrprofile deuten bei KS 4 und KS 6 auf Störungsbereiche in den Grauen Estherienschiefern hin.
 - Die gemessenen Grundwasserstände der benachbarten, in der Grabfeld-Formation ausgebauten Messstellen KS 6 und KS 6flach unterscheiden sich voneinander, sodass in der Grabfeld-Formation mindestens zwei hydraulisch mehr oder weniger voneinander getrennte Teilstockwerke existieren.
 - Die hydraulische Reaktion des Brunnens E 10 während des Pumpversuchs in KS 6 belegt, dass innerhalb der Grabfeld-Formation auch über größere Entfernung (ca. 500 m) enge Wechselbeziehungen zwischen den Grundwasserleitern bestehen.
 - Flowmeter-Messungen in KS 6 deuten darauf hin, dass die gewählte Ausbaukonfiguration zu einem hydraulischen Kurzschluss zweier Teilstockwerke im Mittleren Gipschizont geführt hat.
 - Der Anstieg der Mineralisation im Laufe des Pumpversuchs in KS 6 deutet darauf hin, dass das Grundwasser des oberen Teilstockwerks geringer mineralisiert ist als das Grundwasser des unteren Teilstockwerks.
 - Bei der Betrachtung der hydrochemischen Analysen ist zu berücksichtigen, dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass bei Probenahmen primär das geringmineralisierte Grundwasser des oberen Zustrombereichs analysiert wurde (da kontinuierlich abwärts gerichtete Strömung in der Messstelle).
 - Aufgrund der Nichtnachweisbarkeit von Tritium ist bei dem geringmineralisiertem Wasser in KS 6 im oberen Zustrombereich von einem Wasser alten Ursprungs auszugehen.
 - Im Brunnen E 10 wurde ein Betriebspumpversuch durchgeführt. Hierbei zeigte die KS 6 eine deutlich stärkere Reaktion als die etwas weiter vom

Brunnen E 10 entfernte Messstelle KS 5. Es ist davon auszugehen, dass im Umfeld von E10 ein asymmetrischer Absenktrichter ausgebildet ist.

- Im Hinblick auf das Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation ist aufgrund der neuen Erkenntnisse hinsichtlich des ausgeprägten Absenktrichters im Bereich der KS 6 eine Vergrößerung des bisherigen Einzugsgebiets zu empfehlen. Aufgrund des anzunehmenden asymmetrischen Absenktrichters ist von einem nach Südwesten weniger weit als nach Nordwesten ausgedehntem (elliptischem) Einflussbereich auszugehen (vgl. Abbildung 1).
- KS 8 (LGRB-Nr. BO_7019/2295)
 - Die Ergiebigkeit der KS 8 ist im Vergleich zur nahegelegenen MKS 5 (80 m) deutlich geringer. Im Gegensatz zur MKS 5 gibt es bei dem Bohrprofil von KS 8 keine Hinweise auf störungsbezogene Mächtigkeitsänderungen.
 - Da die KS 8 außerhalb des bisher abgegrenzten Einzugsgebietes liegt und weiterhin davon ausgegangen wird, dass der Bergrücken westlich des Eselsberg die oberirdische Wasserscheide darstellt, haben die neuen Erkenntnisse keine Auswirkung auf die Abgrenzung des Einzugsgebietes der Brunnen in der Grabfeld-Formation.
- MKS 1 – 2 (LGRB-Nr. BO_7019/2275 und BO_7019/2277)
 - Die Grabfeld-Formation ist im Bereich der zwei Messstellen bereits vollständig ausgelaugt. Ergiebige Grundwasserzutritte konnten im Grenzdolomit der Erfurt-Formation festgestellt werden.
 - Die Grundwasserstände der zwei Bohraufschlüsse liegen tiefer als in den aktuell zur Mineralwassergewinnung genutzten Förderbrunnen E 6 und E 9.
 - Das in den Messstellen im Bereich des verkarsteten Grenzdolomits beprobte Grundwasser deutet auf ausgeprägte Jungwasserzumischung und intensive landwirtschaftliche Einträge hin.
 - Hinsichtlich des Einzugsgebietes für die Brunnen in der Grabfeld-Formation ergeben sich aus den neuen Erkenntnissen an den Bohrpunkten für die Muschelkalkmessstellen MKS 1 und MKS 2 keine erforderlichen Anpassungen.
- MKS 3 (LGRB-Nr. BO_7019/2279)
 - Bei dem im Tiefenbereich des Gipskeupers angetroffenen Grundwasser handelt es sich primär um altes Wasser (geringe Tritiumwerte), das aufgrund der

- deutlichen Nachweisbarkeit von Nitrat mit einem Nitrat-belasteten Jungwasser vermischt ist.
- Die Ergiebigkeit wird als gering eingestuft.
 - Der Grundwasserstand liegt im Bereich der Förderbrunnen E 6 und E 9 der Firma Ensinger.
 - Die qualitative Grundwasserbeschaffenheit in der Grabfeld-Formation von MKS 3 unterscheidet sich deutlich von den nächstgelegenen Förderbrunnen in der Grabfeld-Formation E 9, E 6 und E 3.
 - Der fortwährende Betrieb im Förderbrunnen E 9 führt zu einem weiträumigen Absenktrichter, welcher aufgrund der NO-SW-verlaufenden Verwerfung (Stellungnahme LGRB 94-4715.02//12-9687) in dieser Richtung voraussichtlich asymmetrisch ausgebildet ist.
 - Eine hydraulische Verbindung zwischen E 9 und dem Abschnitt in der Grabfeld-Formation in MKS 3 ist mit den aktuell vorliegenden hydrochemischen Daten nicht nachweisbar.
 - Es ist zu erwarten, dass sich der Absenktrichter um den Brunnen E 9 bei gleichbleibender Bewirtschaftung vergleichsweise weiter in Richtung Nordosten und somit in Richtung des Einwirkungsbereichs des Standorts von MKS 3 ausbreitet. Die Entfernung zwischen E 9 und MKS 3 ist mit > 1100 m groß, sodass zum aktuellen Zeitpunkt keine Ausweitung des unterirdischen Einzugsgebiets weiter in nordöstlicher Richtung (in Richtung MKS 3) erforderlich erscheint.
- MKS 4 – 5 (LGRB-Nr. BO_7019/2280 und BO_7019/2206)
 - Die MKS 5 durchfährt eine Störungszone im Bereich der Steigerwald-Formation.
 - Die MKS 4 erweist sich im Bereich des ausgelaugten Gipskeupers als stark aufgelockert. Konkrete tektonische Störungen lassen sich aus dem Bohrprofil nicht ableiten.
 - Die Gesamtmineralisation in der Grabfeld-Formation ist vergleichsweise hoch und liegt in der Grabfeld-Formation der MKS 5 mit ca. 2700 mg/l im Bereich der Förderbrunnen E 1, E 3 und E 9. Der Mineralgehalt des Abschnittes der Grabfeld-Formation der MKS 4 liegt mit ca. 1500 mg/l unterhalb der Mineralgehalte der Förderbrunnen.

-
- Im Gegensatz zu den genutzten Förderbrunnen enthält das im Abschnitt der Grabfeld-Formation der MKS 5 angetroffene Grundwasser aufgrund des Tritiumwertes von $4,1 \pm 0,8$ einen deutlichen Jungwasseranteil.
 - Der durchgeführte Kurzpumpversuch im Bereich der Grabfeld-Formation der MKS 5 deutet auf einen ergiebigen Grundwasserleiter hin.
 - Der bei MKS 4 gemessene Wasserstand in der Grabfeld-Formation liegt ca. 15 m oberhalb des Wasserstands des nächstgelegenen Förderbrunnens E 3.
 - Der in der MKS 4 gemessene Grundwasserstand deckt sich mit dem 2013 prognostizierten Grundwassergleichenplan. Die neuen Erkenntnisse führen in diesem Bereich des Einzugsgebiets zu keinen erforderlichen Anpassungen.
 - Der gemessene Grundwasserstand im Abschnitt der Grabfeld-Formation der MKS 5 liegt in etwa auf selber Höhe wie der gemessene Grundwasserstand der KS 7. Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass der Bergrücken westlich des Eselsberg die oberirdische Wasserscheide darstellt und sich demnach die MKS 5 nicht im Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation befindet. Eine Anpassung der nördlichen Grenze des Einzugsgebiets ist auf Basis der aktuellen Datengrundlage somit nicht erforderlich.
- Gipskeuperbrunnen Se5 der Firma Alwa Mineralbrunnen GmbH (LGRB-Nr. BO_7020/2233)
 - Der Grundwasserstand im Bereich des Gipsspiegels liegt mit ca. 216 mNN deutlich unterhalb der Förderbrunnen der Firma Ensinger.
 - Das Gebiet um den Brunnen Se5 liegt damit außerhalb des Einzugsgebietes der Ensinger Brunnen in der Grabfeld-Formation.
 - Förderbrunnen Mauch (LGRB-Nr. BO_7019/2292)
 - Für den Zeitraum zwischen 1981 und 2019 ist eine deutliche Abnahme der Gesamtmineralisation bei gleichzeitiger Erhöhung des nitratbelasteten Grundwasseranteils festzustellen.
 - Auswirkungen auf die Abgrenzung des Einzugsgebiets ergeben sich hieraus nicht.

5 Grundwasserfließverhältnisse in der Grabfeld-Formation

Bislang gibt es keinen Grundwassergleichenplan für eine Stichtagsmessung in allen Grundwasseraufschlüssen in der Grabfeld-Formation. Die heutigen Wasserstände sind insbesondere im Umfeld der Förderbrunnen durch die Bewirtschaftung stark geprägt. Es ist davon auszugehen, dass aufgrund des langsamen Nachströmens des Grundwassers in der Grabfeld-Formation eine sehr lange Ruhezeit erforderlich ist, bis sich ungestörte Ruhewasserstände einstellen. Ein Grundwassergleichenplan kann daher nur zusammenfassend für unterschiedliche Stichtage sowie unter Einfluss des Förderbetriebs erstellt werden.

Bei der Interpretation der gemessenen Wasserstände ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass es sich hierbei um Grundwasserstandsmessungen in unterschiedlichen Jahren bzw. zu unterschiedlichen Jahreszeiten handelt. Jahreszeitliche als auch langfristige Änderungen des Grundwasserstands sind hierbei nicht ableitbar und führen unter Umständen zu Diskrepanzen und zu Grundwassergleichenpläne mit erheblichen Unsicherheiten.

Um dennoch eine erste Orientierung zur Lage der Grundwasserstände in der Grabfeld-Formation zu geben, wurde ein konzeptioneller synoptischer Grundwassergleichenplan erstellt, der in Anlage 3 dokumentiert ist.

Ein Vergleich des synoptischen Grundwassergleichenplans in Anlage 3 mit dem vom LGRB 2013 erstellten zeigt, dass die Wasserstände im Plan aus 2013 tendenziell zu hoch eingeschätzt wurden und die Grundwasserstände insbesondere im Bereich des Eselsbergs und in dem Bereich des nach Westen verlaufenden Bergrückens zu hoch angenommen wurden. So wurde im Bereich der KS 5 ein Grundwasserstand von ca. 280 mNN prognostiziert. Der bei KS 5 gemessene Ruhewasserspiegel liegt mit 264 mNN deutlich darunter. Der gemessene Grundwasserstand in der Grabfeld-Formation in der MKS 5 (diese liegt nördlich des oberirdischen Einzugsgebiets) liegt mit 261 mNN auf einer ähnlichen Höhenkote. Es ist daher davon auszugehen, dass der Bergrücken auch eine Wasserscheide ausbildet.

6 Hydrogeologische Bewertung

Bezogen auf das Gesamteinzugsgebiet der Ensinger Gipskeuperbrunnen ist von einem schicht- und stockwerksübergreifenden Grundwasservorkommen in der Grabfeld-Formation auszugehen, das erhöhte Grundwasserergiebigkeiten im Bereich des Gipsspiegels aufweist.

Das Gesamtsystem des Grundwassers in der Grabfeld-Formation im Raum Ensingen erweist sich aufgrund der Ausbildung von Teilstockwerken innerhalb der Grabfeld-Formation mit zum Teil ausgeprägter hydrochemischer Zonierung als komplex. Darüber hinaus deuten die neuen Erkenntnisse darauf hin, dass das schicht- und stockwerksübergreifende Grundwasservorkommen durch Störungssysteme zum Teil erheblich beeinflusst sein kann. Der Vergleich zwischen MKS 5 und KS 8 zeigt, dass hohe Ergiebigkeiten auf lokale Effekte im Bereich von Störungszonen zurückzuführen sind.

Das Grundwassersystem in der Grabfeld-Formation bei Ensingen ist beim Stofftransport dominiert von Speichereffekten und langen Verweilzeiten mit geringen Austauschraten des tiefer abfließenden Grundwassers.

Der Pumpversuch in der KS 6 zeigt, dass auch zwischen hydrochemisch sich stark unterscheidenden Teilstockwerken hydraulisch Wechselbeziehungen in Form von druckgesteuerten Signalübertragungen über mehrere hundert Meter bestehen können. Daraus lässt sich schließen, dass einzelne Teilstockwerke über Klüfte oder Störungen zwar hydraulisch verbunden sein können, eine ausgeprägte Durchmischung (Stofftransport) jedoch nicht stattfinden muss.

Die Auswertung der hydrochemischen Analysen zeigt, dass in Bereichen, wo sich der Gipsspiegel in vergleichsweise großen Tiefen befindet (MKS 5, Gipsspiegel ca. 66 m u. GOK) bereits Anteile von Jungwasser nachzuweisen sind. Zurückzuführen ist dies voraussichtlich auf eine dort verlaufende NO - SW streichende, hydraulisch wirksame Störung. Die neu hinzugekommenen seismischen Untersuchungen deuten auf eine insgesamt hohe tektonische Beanspruchung in diesem Gebiet hin. Die morphologischen Gegebenheiten vor Ort, die vollständige Bewaldung und die Deckschichten erschweren eine detaillierte Störungskartierung.

7 Abgrenzung des Einzugsgebietes der Brunnen in der Grabfeld-Formation

Die hinzugewonnenen Erkenntnisse der Grundwasserstände geben keinen Hinweis auf eine Abweichung der bisher angenommenen übergeordneten Grundwasserfließrichtung in Richtung Südosten.

Im Bereich des Eselsbergs kann weiterhin die oberirdische Wasserscheide auch als Näherung für das unterirdische Einzugsgebiet angesehen werden.

Die Ergebnisse der im Bereich der südlichen Grenze des Einzugsgebiets abgeteufte MKS 1 und MKS 2 belegen, dass in diesem Bereich die Gesteine der Grabfeld-Formation vollständig ausgelaugt sind und dass die Grundwasserstände im verkarsteten Grenzdolomit des Unterkeupers unterhalb der Grundwasserstände der Förderbrunnen in der Grabfeld-Formation liegen. Die bisher angenommene Liegendgrenze des Bochingen Horizonts kann weiterhin näherungsweise als Grenze des Einzugsgebiets im Süden angesehen werden.

Die Bewirtschaftung von E 9 führt zu einem weiträumigen Absenktrichter mit einer vermutlich störungsbedingten asymmetrischen Ausbreitung in NO-SW Richtung. Eine hydraulische Verbindung zwischen MKS 3 und E 9 kann aufgrund der sich unterscheidenden Grundwasserbeschaffenheiten aktuell ausgeschlossen werden. Zum aktuellen Zeitpunkt ist eine Anpassung des Einzugsgebiets in diesem Bereich nicht erforderlich.

Aufgrund der festgestellten hydraulischen Verbindung zwischen KS 6 und Brunnen E 10 wird empfohlen, das Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation in diesem Bereich nach Südwesten zu vergrößern. Da der Pumpversuch in KS 6 sowie der Betriebstest in E 10 einen asymmetrisch ausgebildeten Absenktrichter erwarten lassen, ist von einem nach Südwesten weniger weit als nach Nordwesten ausgedehnten (elliptischen) Einflussbereich auszugehen. In Abbildung 1 ist die im Bereich der KS 6 hydrogeologisch abgeschätzte und angepasste Grenze des Einzugsgebiets dargestellt.

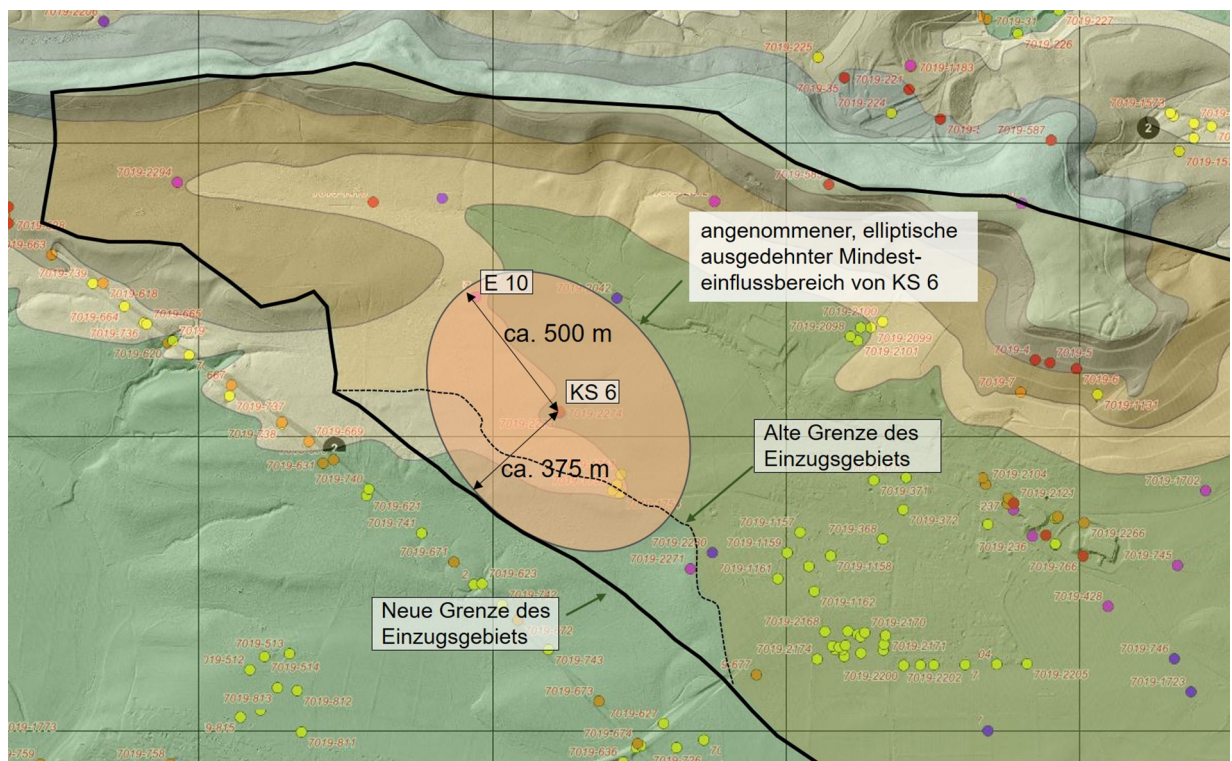


Abbildung 1: Anpassung des Einzugsgebiets im Bereich der KS 6

Weitere Daten zur Grundwasserbeschaffenheit erbringen keine Hinweise auf ein von 2013 abweichendes Einzugsgebiet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Annahmen zur Abgrenzung des Brunneneinzugsgebietes 2013 mit den neu hinzugekommenen Erkenntnissen größtenteils bestätigt werden konnten. Die Abgrenzung des Einzugsgebiets mit der Anpassung im Bereich von KS 6 ist in Anlage 4 dargestellt.

Der hohe Schutz des Grundwassers ist im Wesentlichen durch die gering durchlässigen, vollständig ausgelaugten Bereiche der Grabfeld-Formation und den insgesamt langsamen Grundwasserabfluss bedingt.

Aufgrund der genannten Randbedingungen (Schutz durch gering durchlässige Schichten und Vorhandensein von z.T. hydraulisch wirksame Störungen) sollte der genutzte Grundwasserleiter nicht durch Erdwärmesondenbohrungen durchteuft werden. Aus unzureichenden (oder durch Alterung undichten) Abdichtungen der Erdwärmesondenbohrungen können Gefährdungen für das in tieferen Bereichen der Grabfeld-Formation abfließende und hier genutzte Grundwasser ausgehen.

Daher gilt für das Einzugsgebiet der Förderbrunnen in der Grabfeld-Formation aus hydrogeologischer Sicht weiterhin eine Ablehnung des Baus von Erdwärmesonden im Ausstrichgebiet der Grabfeld-Formation.

Die bisherige hydrogeologische Empfehlung, bei vorhandener Überdeckung der Grabfeld-Formation eine Bohrtiefenbegrenzung auf die Hangendgrenze der Grabfeld-Formation festzulegen, wird nicht aufrechterhalten. Aufgrund des stark tektonisch überprägten geologischen Baus sollten aus hydrogeologischer Sicht im gesamten Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation keine Erdwärmesonden gebaut werden.

8 Weitere Empfehlungen

Wie bereits in Kapitel 4.1 erläutert, deuten die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchung sowie des Stufenpumpversuchs in KS 6 darauf hin, dass durch die gewählte Ausbaukonfiguration von KS 6 ein hydraulischer Kurzschluss zwischen Filterbereich 1 und Filterbereich 2 (beide Mittlerer Gipshorizont) erzeugt wurde. Aufgrund des vergleichsweise höheren hydrostatischen Drucks im oberen Grundwasserleiter kommt es im Bohrloch zu einer kontinuierlich nach unten gerichteten Fließbewegung und einer Infiltration in den eigentlich ergiebigeren Zuflussbereich auf Höhe des Gipspegels. Aus Sicht des langfristigen Grundwasserschutzes wird empfohlen, die Teilstockwerke hydraulisch voneinander zu trennen.

Julian Rolker

9 Schriftenverzeichnis

Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH (2021): Ensinger Betriebsdaten 2017-2020

HydroGeo⁺ (2013): Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Dokumentation und Auswertung der Betriebsdatenaufzeichnungen sowie der Ergebnisse zur Grundwasserbeschaffenheit Gipskeuperbrunnen E1, E3, E6, E9 und E10 inkl. Anhänge vom 08.04.2013

HydroGeo⁺ (2018): Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Erkundung der GW-Verhältnisse im Oberen Muschelkalk, Dokumentation zur Muschalkalksondierbohrung MKS 5 inkl. Anhänge vom 18.01.2018

HydroGeo⁺ (2019): Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Bericht zu den hydrogeologischen Verhältnissen und zum Einzugsgebiet der Brunnen E7, E11 und E15 im Muschelkalkaquifer, Untersuchungen von 2013-2019 inkl. Anhänge vom 28.11.2019

HydroGeo⁺ (2020): Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Erkundung der GW-Verhältnisse im Oberen Muschelkalk, Dokumentation zur Muschalkalksondierbohrung MKS 1-4 im Landkreis Ludwigsburg inkl. Anhänge vom 03.03.2020

HydroGeo⁺ (2020): Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Kurzdokumentation zu den Keuperbohrungen von 2016 – 2018 inkl. Anhänge vom 05.05.2020

LGRB (2004): Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Enzkreis

LGRB (2008): Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Enztal-Pforzheim

LGRB (2013): Hydrogeologisches Stellungnahme des LGRB vom 24.06.2013 zur Abgrenzung des Einzugsgebietes der Gipskeuper-Mineralwasserbrunnen der Firma Ensinger Mineralquellen GmbH für das Informationssystem oberflächennahe Geothermie (ISONG), Gemarkung Ensingen der Stadt Vaihingen an der Enz, Lkr. Ludwigsburg; Az. 94-4715.02//12-9687

Smoltczyk & Partner (2012): Ensinger Mineral- Heilquellen GmbH, Bericht zum Grundwasserströmungsmodell, stationär

Hydrogeologische Stellungnahme zum Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation der Firma Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Vaihingen an der Enz, Ortsteil Ensingen, Lkr. Ludwigsburg (Top. Karte 1:25000, Blatt 7019 Mühlacker)

Anlage 1:

Dokumentation neuer Ergebnisse aus dem Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation

Inhalt

1	Neue Erkenntnisse aus Erkundungen nach 2013	1
1.1	Keupersondierungen (KS)	1
1.2	Muschelkalksondierungen (MKS)	7
1.3	Weitere hydraulische Untersuchungen	11
1.4	Beschreibung weiterer Fassungen in der Grabfeld-Formation in der Umgebung des Einzugsgebiets	11

1 Neue Erkenntnisse aus Erkundungen nach 2013

1.1 Keupersondierungen (KS)

Im Anschluss an die im Jahr 2013 erfolgte Abgrenzung des Einzugsgebiets für die Förderbrunnen in der Grabfeld-Formation sind weitere Bohrungen zur Erkundung bzw. zur potentiellen Mineralwasserförderung abgeteuft worden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die nach 2013 abgeteuften Bohrungen zur Erkundung der Grabfeld-Formation.

Tabelle 1: Übersicht der Keupersondierungen (KS) nach 2013

Bohrung	LGRB-Nr.	Ansatzhöhe [mNN]	Bohrtiefe [m]	Höhe Gipsspiegel		Wasserstand [mNN]
				[m u. GOK]	[mNN]	
KS 1	7019/2265	251,1	12,2	-	-	247,0
KS 2	7019/2266	247,8	12,0	-	-	245,9
KS 3	7019/2267	247,1	12,0	-	-	244,7
KS 3 flach	7019/2268	247,1	6,0	-	-	245,0
KS 4	7019/2271	278,9	82,3	~ 44	235	256,9
KS 5	7019/2272	315,6	75,5	~ 73	243	264,4
KS 6	7019/2273	279,8	102,0	~ 54	226	255,7
KS 6 flach	7019/2274	279,8	32,0	-	-	259,4
KS 7	7019/2294	297,8	97,8	~ 41	256	262,8
KS 8	7019/2295	302,5	97,9	~ 70	232	255,0 (?)

Im Folgenden werden wesentliche Erkenntnisse aus den Sondierungen zusammengefasst:

Die drei flachen Kernbohrungen **KS 1 - KS 3** mit Tiefen von ca. 12 m zielten auf die Erkundung des nahen Umfelds des Brunnens E 3 ab. Aufgrund der im Laufe der Bewirtschaftung von E 3 zunehmenden Jungwasseranteile sollten die Sondierungen Hinweise auf eine potentielle hydraulische Verbindung zwischen dem obersten flachen Grundwassersystem und dem für die Mineralwasserförderung genutzten Grundwassersystem im Bereich des Mittleren Gipshorizont liefern.

Aufgrund der ca. 5 - 6 m höherliegenden Grundwasserstände im Bereich des flachen Grundwassersystems ist nicht von einer direkten hydraulischen Verbindung auszugehen. Die gemessenen Grundwasserstände in KS 1 – KS 3 liegen im Bereich des Brunnens E 1, welcher bereits in der Vergangenheit durch Spuren anthropogener Schadstoffe auffiel (Nachweis des Metabolits N,N-Dimethylsulfamid) und seit 2011 nicht mehr für die Mineralwassergewinnung genutzt wird.

Mit den westlich von Ensingen abgeteufte Erkundungsbohrungen KS 4, KS 5 und KS 6 sollte der Schichtenaufbau des Keupers im Umfeld der Mineralwasserbrunnen erkundet werden. Die Bohrungen wurden bis in Tiefen von 76 - 82 m (KS 5 und KS 4) bzw. aufgrund unklarer stratigraphischer Zuordnung bei der KS 6 bis auf 102 m (bis zu den eindeutig bestimmbar Dunkelroten Mergeln) abgeteuft.

Das Bohrprofil von **KS 4** lässt aufgrund einer Mächtigerreduzierung von 4 - 5 m im Bereich der Unteren Bunten Estherenschichten (kmUBE) auf eine Störung schließen. Im Bereich des Gipsspiegels (ca. 44 m u. GOK, ~ 235 mNN) wurde Grundwasser angetroffen. Aufgrund des fehlgeschlagenen Ausbaus als Grundwassermessstelle (Grundwasserzutritte wurden vermutlich durch nachrutschende Tonhinterfüllung blockiert), musste die KS 4 aufgegeben und verfüllt werden.

Die hydrochemische Analyse des angetroffenen Grundwassers in KS 4 deutet aufgrund des nachweisbaren Nitratgehalts ($\text{NO}_3^- = 9,5 \text{ mg/l}$) bzw. Tritiumgehalts ($\text{TU} = 6,1 \pm 0,7$) sowie der spezifischen Sauerstoffisotopie ($^{18}\text{O} = -8,37 \text{ ‰}$) auf ein dominant junges Grundwasser aus aktueller lokaler Neubildung hin. Der Sulfatgehalt von 264 mg/l deutet auf ein teilausgelaugtes Gebirge hin.

Die **KS 5** setzt im Bereich der Steigerwald-Formation an und erschließt den Auslaugungsbereich zwischen 68 – 73 m u. GOK, welcher sich hier als gering ergiebig erwies. Der Gipsspiegel befindet sich in ca. 73 m Tiefe (~ 243 mNN).

Die hydrochemischen Analyseergebnisse von KS 5 deuten aufgrund der Nachweisbarkeit von Nitrat ($\text{NO}_3^- = 5,09 \text{ mg/l}$) und einem geringen Tritiumgehalt ($\text{TU} = 0,7 \pm 0,4$) bei vergleichsweise hoher Mineralisation (im Vergleich zu KS 4 und KS 6) (el. Leitfähigkeit = $1643 \mu\text{S/cm}$, Sulfat = 551 mg/l , Calcium = 273 mg/l) auf ein dominant altes Grundwasser mit Zustromanteilen an nitratbelastetem, jungem Grundwasser hin.

Die **KS 6** setzt bei 279 mNN an und erschließt unterhalb einer quartären Überdeckung die Schichten von den Grauen Estherienschiefern bis zu den Dunkelroten Mergeln. Ähnlich zu der ca. 700 m südöstlich gelegenen KS 4 deutet das Bohrprofil aufgrund einer reduzierten Mächtigkeit der Unteren Bunten Estherienschiefern auf einen Störungsbereich hin. Der Gipsspiegel befindet sich in einer Tiefe von ca. 54 m u. GOK (226 mNN).

Die Grundwasserzuflussbedingungen erwiesen sich in der KS 6 aufgrund mehrerer Zuflusszonen mit abwärts gerichteter Vertikalströmung als komplex. Die Messstelle wurde mit drei Filterstrecken (F1 - F3) im Tiefenbereich von 36 – 42 m (F1), 46 – 55 m (F2) und 59 - 68 m (F3) ausgebaut. Um die hydraulischen Reaktionen im obersten Grundwasserabschnitt in der Grabfeld-Formation erfassen zu können, wurde zusätzlich eine flache Grundwassermessstelle (KS 6 flach) im direkten Umfeld von KS 6 erstellt (Filterbereich 26 – 32 m).

Geophysikalische Bohrlochmessungen ergaben, dass im Mittleren Gipshorizont mehrere Grundwasserzutrittsbereiche im Bereich der Filterstrecken 1 und 2 auftreten. Flowmeter-Untersuchungen im Pumpbetrieb belegen, dass wesentliche Grundwasserzuflüsse im unteren Abschnitt von F1 (ca. 37,8 – 42,1 m) und in F2 (ca. 46 – 53,8 m) stattfinden. In Bezug auf die Gesamtproduktivität über die gesamte Bohrlochlänge beträgt der Produktionsanteil der Filterstrecke F1 43,9 % ($\pm 21,6 \text{ l/min}$) und für die Filterstrecke F2 56,1 % ($\pm 28,3 \text{ l/min}$). In dem Bericht der Firma Werner Händel GmbH (im Anhang des Berichts von HydroGeo+ (2020): Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Kurzdokumentation zu den Keuperbohrungen von 2016 – 2018 vom 05.05.2020) wird der größte Produktionsanteil mit 36,3 % im Tiefenbereich von 50,7 – 53,8 m angegeben. Dies entspricht in etwa dem Bereich oberhalb des Gipsspiegels.

Entsprechend des vorliegenden Berichts tritt das Grundwasser in einer Tiefe von 50,6 – 53,6 m wieder in das Gebirge ein. Dies steht im Widerspruch bisheriger Beobachtungen, da sich in diesem Bereich die erfahrungsgemäß ergiebige Zuflusszone oberhalb des Gipsspiegels befindet und zusätzlich die Flowmeter-Messung während des Pumpbetriebs dort den mengenmäßig größten Produktionsanteil aufzeigt.

Die Ruhetemperatur- und Ruheleitfähigkeitsmessung ergaben für die Zustrombereiche (über Filterstrecke F1 und F2) einheitliche Werte (el. Leitfähigkeit = $800 \mu\text{S/cm}$, Temperatur = $11,4 \text{ }^\circ\text{C}$). Der niedrige Sulfatgehalt von $\text{SO}_4^{2-} = 62 \text{ mg/l}$ deutet auf einen bereits vollständig ausgelaugten Zustrombereich hin. Nitrat ($\text{NO}_3^- < 0,1 \text{ mg/l}$) und Tritium ($\text{TU} < 0,6$) konnten bei den Analysen ebenso wenig nachgewiesen werden wie Metaboliten von Pflanzenschutzmitteln.

Die in KS 6 vergleichsweise schwere Isotopensignatur von ca. $^{18}\text{O} = -8,66 \text{ ‰}$ bzw. $^2\text{H} = -61,5 \text{ ‰}$ zeigt eine Neubildung unter zu heute vergleichbaren Klimaverhältnissen an.

In der ca. 6 m zur KS 6 entfernten KS 6 flach (Ausbau in den Unteren Bunten Estherienschiefern kmUBE) befindet sich der Grundwasserstand ca. 3,5 – 4 m über dem Grundwasserstand in KS 6 (Ausbau im Mittleren Gipshorizont), sodass von mehreren übereinander lagernden Teilstockwerken ausgegangen werden kann.

Bei der KS 6 flach ist aufgrund des Tritiumgehalts von $\text{TU} = 2,3$ ein Jungwasseranteil nachweisbar. Nitrat war nicht nachweisbar. Da bei der hydrochemischen Analyse sowohl der Sauerstoffgehalt als auch die Eisen- und Mangankonzentration nicht bestimmt wurden, kann nicht abschließend beurteilt werden, ob die Nichtnachweisbarkeit von Nitrat nicht auf reduzierende Verhältnisse zurückzuführen ist.

Im Dezember 2018 erfolgte ein 3-stufiger Stufenpumpversuch in der KS 6 mit Aufzeichnung relevanter Grundwasserdaten (Grundwasserstand, Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Redox, pH und Trübung) in den Beobachtungsmessstellen KS 6 flach, KS 5 sowie E 10. Eine zusätzliche Wasserstandsmessung erfolgte mittels Drucksonde in der 2 km entfernten MKS 5. Darüber hinaus erfolgte vor und nach dem Pumpversuch eine Probenahme zur hydrochemischen Analyse in der KS 6.

Bei einer maximalen Förderleistung von $Q = 1,3 \text{ l/s}$ wurde eine maximale Absenkung in der KS 6 von 8,3 m gemessen. Die aus der Leistungscharakteristik bestimmte Transmissivität deckt sich gut mit den bestimmten Transmissivitäten aus der Absenkung (Auswerteverfahren gemäß Cooper&Jacob) des Grundwasserspiegels während des Pumpversuchs und des nach dem Pumpversuch gemessenen Wiederanstiegs (Auswerteverfahren nach Theis) und liegt bei $T = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Bei einer angenommenen Aquifermächtigkeit von 20 m ergibt sich aus der Transmissivität ein hydraulischer Durchlässigkeitswert von $k_f = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

Im Gegensatz zur 530 m entfernten KS 5, in der keine hydraulische Reaktion auf den Pumpversuch in KS 6 festzustellen war, reagierte der 490 m entfernte Brunnen E 10 mit einer Absenkung von bis zu 0,5 m.

Da die Absenkung in E 10 am Ende des Pumpversuchs noch keinen stationären Zustand erreicht hatte, ist die endgültige Ausdehnung des Absenktrichters zu diesem Zeitpunkt demnach noch nicht erreicht worden.

Durch das hydrochemische Monitoring in KS 6 und die hydrochemische Analyse vor bzw. nach dem Pumpversuch kann ein Anstieg der Mineralisation während des Pumpversuchs aufgezeigt werden. Der Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit von $840 \text{ } \mu\text{S/cm}$ vor bzw. $1179 \text{ } \mu\text{S/cm}$ nach dem Pumpversuch ist auf eine erhöhte Ca-SO_4 -Fracht zurückzuführen ist (vgl. Tab. 2).

Das im Zuge des Pumpversuchs durchgeführte Monitoring bzw. die vor und nach dem Pumpversuch durchgeführten Analysen zeigen in KS 6 und E 10 einen deutlichen Unterschied der hydrochemischen Beschaffenheit und deuten darauf hin, dass die Brunnen unterschiedliche Grundwässer erschließen.

So kommt es in der E 10 im Verlauf des Pumpversuchs zu keiner nennenswerten Änderung der elektrischen Leitfähigkeit, die sich mit ca. 2600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ deutlich von der elektrischen Leitfähigkeit in KS 6 mit 840 $\mu\text{S}/\text{cm}$ zu Beginn bzw. 1179 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am Ende des Pumpversuchs unterscheidet. Die Gesamtmineralisation in der KS 6 liegt somit deutlich unter der Mineralisation der zur Mineralwasserförderung genutzten Keuperbrunnens (die Mineralisation der E 10 liegt bei ca. 2500 mg/l).

In Bezug auf die Isotopen- und Spurengasdaten kam es im Zuge des Pumpversuchs zu keinen bedeutsamen Veränderungen der Grundwasseraltersstruktur und Komponentenzusammensetzung in KS 6. Die vor und nach dem Pumpversuch durchgeführten Analysen in E 10 deuten ebenso darauf hin, dass bei kurzzeitiger Entnahme keine Veränderung der hydrochemischen Beschaffenheit des geförderten Mineralwassers in E 10 als Folge des Pumpbetriebs in KS 6 einherging.

Die Ergebnisse der geophysikalischen Bohrlochmessungen sowie des Stufenpumpversuchs geben Hinweise darauf, dass mit der gewählten Ausbaukonfiguration eine hydraulische Verbindung zwischen geringer mineralisiertem Grundwasser aus einem Bereich zwischen ca. 36 – 42 m (Filterbereich 1) und einem höher mineralisierten Grundwasser im Bereich von 46 – 55 m (Filterbereich 2) initiiert wurde.

KS 7 und die KS 8 sind die zwei jüngsten beim LGRB bekannten Keuperbohrungen im nördlichen Bereich des abgegrenzten Einzugsgebiets (KS 7 innerhalb, KS 8 nördlich außerhalb). Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Stellungnahme ist keine abschließende Dokumentation zu diesen Bohrungen vorliegend so dass für die nachfolgende Beschreibung die mitgeteilten Zwischenergebnisse verwendet werden.

KS 7 liegt knapp innerhalb des Einzugsgebiets und setzt auf ca. 298 mNN an, wo unter geringmächtiger Überdeckung aus quartärer Fließerde Gesteine der Steigerwald-Formation anstehen.

Der Gipsspiegel befindet sich im Bereich der Oberen Bunten Estheriensichten in einer Tiefe von ca. 41 m u. GOK (ca. 256 mNN). Nach Ausbau einer, bis in den oberen Bereich der Unteren Bunten Estheriensichten reichende Filterstrecke, stellte sich ein Grundwasserstand von 262,8 mNN ein.

Die Daten aus dem ca. 2-stündigen Kurzpumpversuch und dem im Anschluss daran dokumentierten Wiederanstieg sind widersprüchlich, sodass hierdurch keine brauchbaren Rückschlüsse auf die Aquifereigenschaften aktuell ableitbar sind.

In der KS 7 wurde im Standwasser unterhalb des Gipsspiegels ein außergewöhnlich hoch mineralisiertes Wasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von 6900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ festgestellt. Charakteristisch für dieses Wasser sind sowohl hohe Natrium und Chlorid-Konzentrationen ($\text{Na}^+ = 923 \text{ mg/l}$, $\text{Cl}^- = 984 \text{ mg/l}$) als auch sehr hohe Sulfatgehalte von $\text{SO}_4^{2-} = 2500 \text{ mg/l}$. Letzteres ist durch den erhöhten Chloridgehalt und die dadurch bedingt erhöhte Gipslöslichkeit zu erklären.

Da die hochmineralisierten Wässer im unausgelaugten, gipshaltigen Bereich der Grauen Estheriensichten vorzufinden sind und Chlorid als auch Nitrat ($\text{NO}_3^- = 11,9 \text{ mg/l}$) nachweisbar sind, handelt es sich bei dem beprobten Standwasser aller Voraussicht nach um Oberflächenwasser, welches im Zuge der Bohrarbeiten in das Bohrloch eingebracht wurde und nach Abschluss der Bohrarbeiten sich

aufgrund des Kontaktes mit Gesteinen / Gesteinsmehl der unausgelaugten Grabfeld-Formation rasch aufmineralisierte.

KS 8 wurde benachbart zur ca. 80 m entfernten MKS 5 abgeteuft (MKS = Muschelkalksondierungsbohrung), da damals im Gipskeuper ein ergiebiger Grundwasserzufluss beobachtet wurde.

Die KS 8 setzt im Bereich der Mainhardt-Formation auf einer Höhe von ca. 302 mNN an. Der Gipsspiegel liegt bei ca. 70 m u. GOK im Bereich der Grauen Estherien-schichten. Der dokumentierte Grundwasserstand von 255 mNN erscheint im Vergleich zur benachbarten MKS 5 als vergleichsweise gering. Es ist nicht auszuschließen, dass der Grundwasserstand durch das Vorhandensein der Störung beeinflusst ist. Für die Erstellung des Grundwassergleichenplans wird der in der MKS 5 gemessene und für plausibel eingeschätzte Grundwasserstand herangezogen.

Im Zuge des durchgeführten Kurzpumpversuchs wurde bei einer Förderleistung von 1,2 l/s das Bohrloch rasch entleert (ca. 25 m Absenkung in 9 min). Auch bei reduzierter Förderleistung von 0,31 l/s konnte im Laufe des Pumpversuchs kein stationärer Zustand erreicht werden. Im Gegensatz zur angrenzenden MKS 5 ist demnach bei der KS 8 von einer deutlich geringeren Ergiebigkeit auszugehen.

In Tabelle 3 sind ausgewählte hydrochemische Analyseergebnisse der Keupersondierungen aufgeführt. KS 1-3 werden nicht expliziert aufgeführt, da diese ausschließlich den obersten quartären Grundwasserleiter aufschließen und für die weitere Betrachtung der Verhältnisse in der Grabfeld-Formation nicht relevant sind. Für die Bohrungen KS 7 und KS 8 lagen zum Zeitpunkt dieser Stellungnahme keine Analyseprotokolle vor.

Tabelle 2: Ausgewählte Analyseergebnisse der Keupersondierbohrungen

		KS 4	KS 5	KS 6		KS 6 flach
				Beginn PV	Ende PV	
el. Leitfähigkeit	µS/cm	1184	1643	840	1179	847
Natrium (Na ⁺)	mg/l	56,9	18,8	6,6	9,2	9,24
Kalium (K ⁺)	mg/l	2,65	6,86	2,2	2,8	2,14
Calcium (Ca ⁺)	mg/l	124	273	100	167	167
Magnesium (Mg ⁺)	mg/l	65,6	72,9	53,5	63,7	49,8
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	18,4	13,5	11,9	12,1	26,4
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	264	551	61,9	290	32,8
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/l	9,5	5,09	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hydrogencarb. (HCO ₃ ⁻)	mg/l	466	505	493	456	493
Gesamtmineralisation	mg/l	~ 1000	~ 1450	~ 730	~ 1000	~ 720
Sauerstoff-18 (¹⁸ O)	‰	-8,37	-8,95	-8,66	-8,59	-8,72
Deuterium (² H)	‰	-57,6	-	-61,5	-	-
Tritium (³ H)	TU	6,1 ± 0,7	0,7 ± 0,4	< 0,6	< 0,6	2,3 ± 0,7
Desphenyl-Chloridazon	µg/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-	< 0,02

1.2 Muschelkalksondierungen (MKS)

Zur Erkundung der Grundwasserverhältnisse im Oberen Muschelkalk wurden im Zeitraum zwischen Oktober 2015 und März 2019 insgesamt fünf Muschelkalksondierbohrungen (MKS) abgeteuft. Im Zuge dieser Bohrungen wurden ebenso die Bereiche der Grabfeld-Formation detailliert betrachtet und Grundwasserzutritte dokumentiert, Wasserproben entnommen und zum Teil Kurzpumpversuche durchgeführt.

Tabelle 3 zeigt eine Übersicht der MKS mit den für den Bereich der Grabfeld-Formation relevanten Wasserstandsdaten.

Tabelle 3: Übersicht der Bohrungen nach 2013 in den Muschelkalk mit Untersuchungen im Bereich der Grabfeld-Formation

Bohrung	LGRB-Nr.	Ansatzhöhe [mNN]	Wasserstand* [mNN]	Hinweis
MKS 1	7019/2275	250,3	234,0	Grabfeld-Fm. vollständig ausgelaugt, Restmächtigkeit: 22 m, Zufluss im Bereich des verkarsteten Grenzdolomit (kuD) des Unterkeupers
MKS 2	7019/2277	250,2	227,0	Grabfeld-Fm. vollständig ausgelaugt, Restmächtigkeit: 26 m, Zufluss im Bereich verkarsteten Grenzdolomit (kuD) des Unterkeupers
MKS 3	7019/2279	242,8	229,0	Grundwasserzuflüsse im Bereich des Gipsspiegels (Gipsspiegel bei 198,8 m NN)
MKS 4	7019/2280	275,3	257,0	Grundwasserzuflüsse im Bereich des Gipsspiegels (Gipsspiegel bei 230,3 m NN)
MKS 5	7019/2206	304,4	261,0	Grundwasserzuflüsse im Bereich des Gipsspiegels (Gipsspiegel bei 238,4 mNN)

* Grundwasserstand im Keuper (MKS 1-2 im Unterkeuper (kuE), MKS 3-4 in der Grabfeld-Formation (kmGr))

Im Folgenden werden ausschließlich die für die Brunnen in der Grabfeld-Formation relevanten Erkenntnisse aus den Muschelkalksondierungen zusammenfassend dargestellt:

Der Ansatzpunkt der **MKS 1** befindet sich ca. 100 m südlich des Einzugsgebiets auf 250,2 mNN. Die Grabfeld-Formation hat hier noch eine Überdeckung von 14 m pleistozäner Flussablagerungen, wobei darunter die vollständig ausgelaugten Dunkelroten Mergel anstehen. Relevante Grundwasserzuflüsse sind im Bereich des stark verkarsteten Grenzdolomits der Erfurt-Formation (Unterkeuper) in einer Tiefe von ca. 17 m (233 mNN) festgestellt worden. Der gemessene Grundwasserstand lag bei ca. 234 mNN.

Durch einen Kurzpumpversuch mit $Q = 2,2$ l/s im Grenzdolomit konnte nach ca. 6 Stunden ein quasi stationärer Zustand bei einer Absenkung von ca. 4 m erreicht werden, sodass von einem ergiebigen Grundwasserleiter ausgegangen werden kann.

Die Analyse des im Grenzdolomit angetroffenen Grundwassers ergibt mit einem relativ geringen Sulfatgehalt von $SO_4^{2-} = 24,3$ mg/l ein für ein ausgelaugtes Gebirge charakteristisches Bild. Hohe Nitratgehalt ($NO_3^- = 72,7$ mg/l) deuten auf intensive landwirtschaftliche Einträge hin.

Hohe Tritiumgehalte (5,0 TU) und die Sauerstoffisotopie von -8,65 ‰ belegen ein vorwiegend junges Grundwasser aus lokaler Herkunft.

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser im Grenzdolomit in Richtung des Glattbachs abströmt. Die Grundwasserbeschaffenheit des Grundwassers im Grenzdolomit unterscheidet sich von der Grundwasserbeschaffenheit im oberen Grundwasserleiter des Muschelkalks (Trigonodusdolomit) dahingehend, dass das Muschelkalkwasser etwas höher mineralisiert ist als das Keuperwasser. Die Nitratkonzentration im Muschelkalkwasser ist mit $NO_3^- = 13$ mg/l wesentlich niedriger als im Grenzdolomit mit $NO_3^- = 72,7$ mg/l. Hingegen ist der Sulfatgehalt im Muschelkalkwasser mit $SO_4^{2-} = 51,2$ mg/l ca. doppelt so hoch wie der Sulfatgehalt im Grenzdolomit ($SO_4^{2-} = 24,3$ mg/l). Zusätzlich wurden in dem Muschelkalkwasser im Gegensatz zum Keuperwasser Metaboliten von Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen. Daraus lässt sich schließen, dass das Muschelkalkwasser ein anderes Einzugsgebiet als das Grenzdolomitwasser hat. Es ist aber nicht auszuschließen, dass Wasser des Grenzdolomits auch in Teilen das Grundwassersystem des Muschelkalks speist.

Die **MKS 2** befindet sich im südlichen Bereich des Einzugsgebiets der Keuperbrunnen. Die Bohrung setzt in den Dunkelroten Mergel an und erschließt ebenso einen wasserführenden Bereich auf Höhe des verkarsteten Grenzdolomits (ca. 8 m u. GOK). Die in diesem Bereich ca. 26 m mächtige Grabfeld-Formation ist vollständig ausgelaugt, was analog zur MKS 1 einen geringen Sulfatgehalt ($SO_4^{2-} = 27,4$ mg/l) bedingt.

Rückstände des Metabolits Desphenyl-Chloridazon sowie erhöhte Nitratgehalte ($NO_3^- = 43,6$ mg/l) zeigen anthropogene Einträge an. Isotopenuntersuchungen erfolgten im Abschnitt der Grabfeld-Formation der MKS 2 nicht.

Auch am Standort der MKS 2 ist das Grundwasser im Trigonodusdolomit höher mineralisiert als im Grenzdolomit. Ähnlich zur MKS 1 wird davon ausgegangen, dass das Wasser des Grenzdolomits nicht in erster Linie als Speisung des oberen Grundwasserleiters im Muschelkalk dient. Bezeichnend hierfür sind der mehr als doppelt so hohe Sulfatgehalt im Muschelkalk (SO_4^{2-} im Muschelkalk = 69,4 mg/l, SO_4^{2-} im Grenzdolomit = 27,4 mg/l) als auch die höhere Nachweisbarkeit an Metaboliten (0,8 mg/l im Muschelkalk zu 0,024 mg/l im Grenzdolomit).

Die **MKS 3** setzt im Bereich des Mittleren Gipskeupers an und erschließt den Gipspegel in einer Tiefe von ca. 44 m, wo sich der Übergang der Dunkelroten Mergel zum Bochingen Horizont befindet. Der Bereich im Liegenden (Bochingen Horizont und Grundgipsschichten) ist unausgelaugt und anhydritführend.

Der gemessene Wasserstand (Stichtagsmessung) liegt im Bereich der Dunkelroten Mergel bei ca. 229 mNN.

Ein 4-stündiger Kurzpumpversuch führte bei einer anfänglichen Entnahmemenge von 1,5 l/s zu einer raschen Absenkung des Wasserspiegels von ca. 30 m. Auch die Reduzierung auf bis zu 0,13 l/s führte im weiteren Verlauf des Pumpversuchs (ca. 3,5 h) zu keinem Wiederanstieg. Der hier erschlossene Gipskeuper ist demnach vergleichsweise gering ergiebig.

Das im Bereich des Gipsspiegels beprobte Wasser zeigt mit einem Sulfatgehalt von $\text{SO}_4^{2-} = 240 \text{ mg/l}$ eine für den teilausgelaugten Gipskeuper charakteristische Zusammensetzung.

Der geringe Tritiumgehalt ($\text{TU} = 1$) und die Nichtnachweisbarkeit von Metaboliten deuten auf ein dominant altes Grundwasser hin. Die Nachweisbarkeit von Nitrat ($\text{NO}_3^- = 16 \text{ mg/l}$) lässt vermuten, dass das in der Gesamtsumme geringanteilige „Jungwasser“ hohe Nitratgehalte aufweist.

Aufgrund der Sauerstoffisotopie von $-8,62 \text{ ‰}$ ist von einer lokalen Grundwasserneubildung unter heutigen Klimaverhältnissen auszugehen.

Die Betriebsdaten der Jahre 2005 - 2021 der Firma Ensinger zeigen, dass der sich am nächsten zu MKS 3 befindliche Förderbrunnen E 9 mit Ausnahme weniger kurzer Unterbrechungen im Dauerbetrieb ist. In dem ca. 275 m entfernten, seit 2019 nicht bewirtschafteten Förderbrunnen E6 ist eine hydraulische Reaktion auf die Betriebsweise in E 9 festzustellen. So führte die kurzzeitige Außerbetriebnahme der Mineralwasserförderung in der E 9 Ende 2020 in der benachbarten E 6 zu einer Wasserspiegelerhöhung von ca. 2 m.

Es ist davon auszugehen, dass die langfristige und konstante Entnahme im Förderbrunnen E 9 zu einem weitreichenden Absenktrichter führt, welcher aufgrund der NO-SW-verlaufenden Verwerfung (vgl. 94-4715.02//12-9687) in dieser Richtung voraussichtlich asymmetrisch ausgebildet ist.

Aktuell liegen keine Daten vor, welche eine hydraulische Verbindung zu der ca. 1150 m nordöstlich von E 9 befindlichen MKS 3 belegen. Der in der MKS 3 durchgeführte Pumpversuch war hierfür zu kurz und ebenso liegen für die MKS 3 keine Ganglinien vor, welche etwaige Betriebsänderungen in der E 9 erkennen lassen. Darüber hinaus unterscheidet sich die Grundwasserbeschaffenheit zwischen dem Förderbrunnen E 9 und der MKS 3.

Bei gleichbleibender Bewirtschaftung von E 9 ist anzunehmen, dass sich der Absenktrichter weiter in Richtung MKS 3 ausbreitet. Langfristig ist nicht auszuschließen, dass trotz der großen Entfernung zwischen E 9 und MKS 3 der Absenktrichter des Förderbrunnens E 9 im Einflussbereich von MKS 3 liegen kann. Insbesondere aufgrund der in diesem Bereich vermuteten Störung könnten langfristig betrachtet Wegsamkeiten aktiviert werden, welche über die oberirdische Wasserscheide hinausgreifen. Etwaige Hinweise darauf ergeben sich derzeit aber nicht.

MKS 4 befindet sich ca. 90 m nordwestlich der KS 4. Grundwasserzuflüsse sind im Bereich des Gipsspiegels festzustellen. Dieser befindet sich im Bereich des Mittleren

Gipshorizonts in einer Tiefe von ca. 38 m (~237,3 mNN). Der im Bohrloch gemessene Wasserstand lag bei ca. 257 mNN.

Das Bohrprofil der MKS 4 gibt keine Hinweise auf störungsbedingte Mächtigkeitsreduzierungen wie sie in der KS 4 im Bereich der Unteren Bunten Estheriensichten festgestellt wurden. Stark aufgelockertes Gebirge im Bereich des ausgelaugten Gipskeupers deutet jedoch auch hier auf ein tektonisch beanspruchtes Gebirge hin.

Der Mineralgehalt liegt mit ca. 1500 mg/l unterhalb der Mineralgehalte der genutzten Förderbrunnen (die geringste Mineralisation der genutzten Förderbrunnen zeigt die E 6 mit ca. 1800 mg/l). Bei dem gemessenen Sulfatgehalt von $\text{SO}_4^{2-} = 648 \text{ mg/l}$ liegt keine Sättigung gegenüber dem Mineral Gips vor.

Ein ca. 5-stündiger Kurzpumpversuch ergab bei einer anfänglichen Entnahmerate von 3 l/s und einer Reduzierung auf 0,75 l/s nach ca. 1 Stunde eine nahezu stationäre Absenkung von ca. 29 m.

Die **MKS 5** setzt ca. 200 m nördlich des abgegrenzten Einzugsgebiets auf einer Höhe von ca. 304 mNN im Bereich der Steigerwald-Formation an. Anhand der Kernbohrstücke konnten im Bereich der Steigerwald-Formation Störungszonen (5,2 - 14,1 m u. GOK und 36,5 - 38,8 m u. GOK) festgestellt werden.

Der Gipsspiegel befindet sich im Bereich der Grauen Estheriensichten in einer Tiefe von ca. 66 m (~ 238 mNN). Die im Zuge der Bohrabreiten in diesem Tiefenbereich festgestellten vollständigen Spülungsverluste deuten auf eine ausgeprägte Verkarstung hin. Der Ruhewasserspiegel liegt hier bei ca. 261 mNN.

Ein 4-stündiger Kurzpumpversuch mit Entnahmemengen zwischen 2,2 und 3,0 l/s ergab eine hohe Ergiebigkeit mit nahezu stationärer Absenkung von ca. 21 m (bei $Q = 2,3 \text{ l/s}$) am Versuchsende.

Im Verlauf des Pumpversuchs wurde eine Erhöhung der Leitfähigkeit des geförderten Wassers auf bis zu ca. 2500 – 3000 $\mu\text{S/cm}$ festgestellt. Die Analyse der am Ende des Pumpversuchs entnommenen Wasserprobe weist mit einem Sulfatgehalt von 1510 mg/l und einem Calciumgehalt von 593 mg/l eine hohe Gipssättigung auf.

Der gemessene niedrige Nitratgehalt von 1,1 mg/l kann mit reduzierenden Milieuverhältnissen in Verbindung stehen. Da bei der hydrochemischen Analyse der Sauerstoffgehalt sowie die Eisen- bzw. Mangankonzentration nicht bestimmt wurden, kann dies nicht abschließend beurteilt werden.

Der Tritiumgehalt von $4,1 \pm 0,8 \text{ TU}$ und die Sauerstoffisotopie von $-8,6 \text{ ‰}$ deuten auf ein vorwiegend junges Grundwasser aus lokaler Herkunft hin. Da Niederschläge der letzten Jahre Tritiumgehalte von ca. 5 - 8 TU aufweisen, enthält das beprobte Grundwasser neben dem tritiumhaltigen Jungwasseranteil auch noch Anteile von altem, Tritium-freiem Grundwasser. Die hohe Gesamtmineralisation von $\sim 2700 \text{ mg/l}$ unterstreicht dies.

Tabelle 4: Ausgewählte Analyseergebnisse der Grundwässer im Unterkeuper (MKS 1 - 2) und der Grabfeld-Formation (MKS 3 - 5) aus den Muschelkalksondierungen

		MKS 1*	MKS 2*	MKS 3	MKS 4	MKS 5
el. Leitfähigkeit	µS/cm	790	807	1180	1776	2800
Natrium (Na ⁺)	mg/l	4,7	5,89	13,4	51,7	38,3
Kalium (K ⁺)	mg/l	1,2	2,09	4,1	3,39	10,3
Calcium (Ca ⁺)	mg/l	100	90,2	168	196	593
Magnesium (Mg ²⁺)	mg/l	36,5	47,4	58,3	124	102
Chlorid (Cl ⁻)	mg/l	36,7	28,2	28,2	43,5	40,1
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/l	24,3	27,4	241	648	1510
Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/l	72,7	43,6	15,6	10,8	1,1
Hydrogencarb. (HCO ₃ ⁻)	mg/l	335	399	466	461	403
Gesamtmineralisation	mg/l	~ 600	~ 650	~ 1000	~ 1540	~ 2700
Sauerstoff-18 (¹⁸ O)	‰	-8,65	-	-8,62	-	-8,62
Tritium (³ H)	TU	5,0 ± 0,7	-	0,8 ± 0,4	-	4,1 ± 0,8

* In der MKS 1 und MKS 2 ist die Grabfeld-Formation vollständig ausgelaugt. Die beprobten Wässer stammen aus Grundwasserzuflüssen aus dem verkarsteten Grenzdolomit der Erfurt-Formation

1.3 Weitere hydraulische Untersuchungen

Im November 2018 wurde in E 10 ein 3-tägiger Betriebspumpversuch durchgeführt, bei dem die Entnahmerate von 0,8 l/s auf 2,8 l/s erhöht wurde und die Absenkung in der ca. 480 m entfernten KS 6 als auch in der ca. 870 m entfernten KS 5 aufgezeichnet wurde.

Hierbei zeigte sich, dass sowohl KS 5 als auch KS 6 hydraulisch durch eine Absenkung reagieren. Da sich die Absenkung in KS 6 deutlich stärker abzeichnete als in KS 5, kann von einem in Richtung ESE asymmetrisch ausgebildeten Absenktrichter ausgegangen werden. Der asymmetrische Absenktrichter deckt sich mit den Ergebnissen des Pumpversuchs in KS 6.

1.4 Beschreibung weiterer Fassungen in der Grabfeld-Formation in der Umgebung des Einzugsgebiets

Neben den genannten Sondierungen der Firma Ensinger existieren im Umfeld von Ensingen weitere Bohraufschlüsse, welche für die gesamtheitliche hydrogeologische Betrachtung und Bewertung relevant sind:

Gipskeuperbrunnen Se 5 der Firma Alwa Mineralbrunnen GmbH in der Gemeinde Sersheim, Gewinn Rainbiegel, Flst. Nr. 5457 (BO 7020/2233):

Der Brunnen Se 5 befindet sich ca. 5 km nordwestlich von Ensingen und ca. 3 km nordwestlich der Einzugsgebietsgrenze und setzt im Bereich der Mittleren Grabfeld-Formation (Weinsberg-Horizont) auf einer Höhe von ca. 226 mNN an.

Die Bohrung hat eine Gesamttiefe von 115 m und erschließt Grundwasser oberhalb des Gipsspiegels im Bereich des Bochingen Horizonts (ca. 30 - 36 m u. GOK). Der Ruhewasserspiegel wird mit 9,82 m u. GOK angegeben (216,63 mNN).

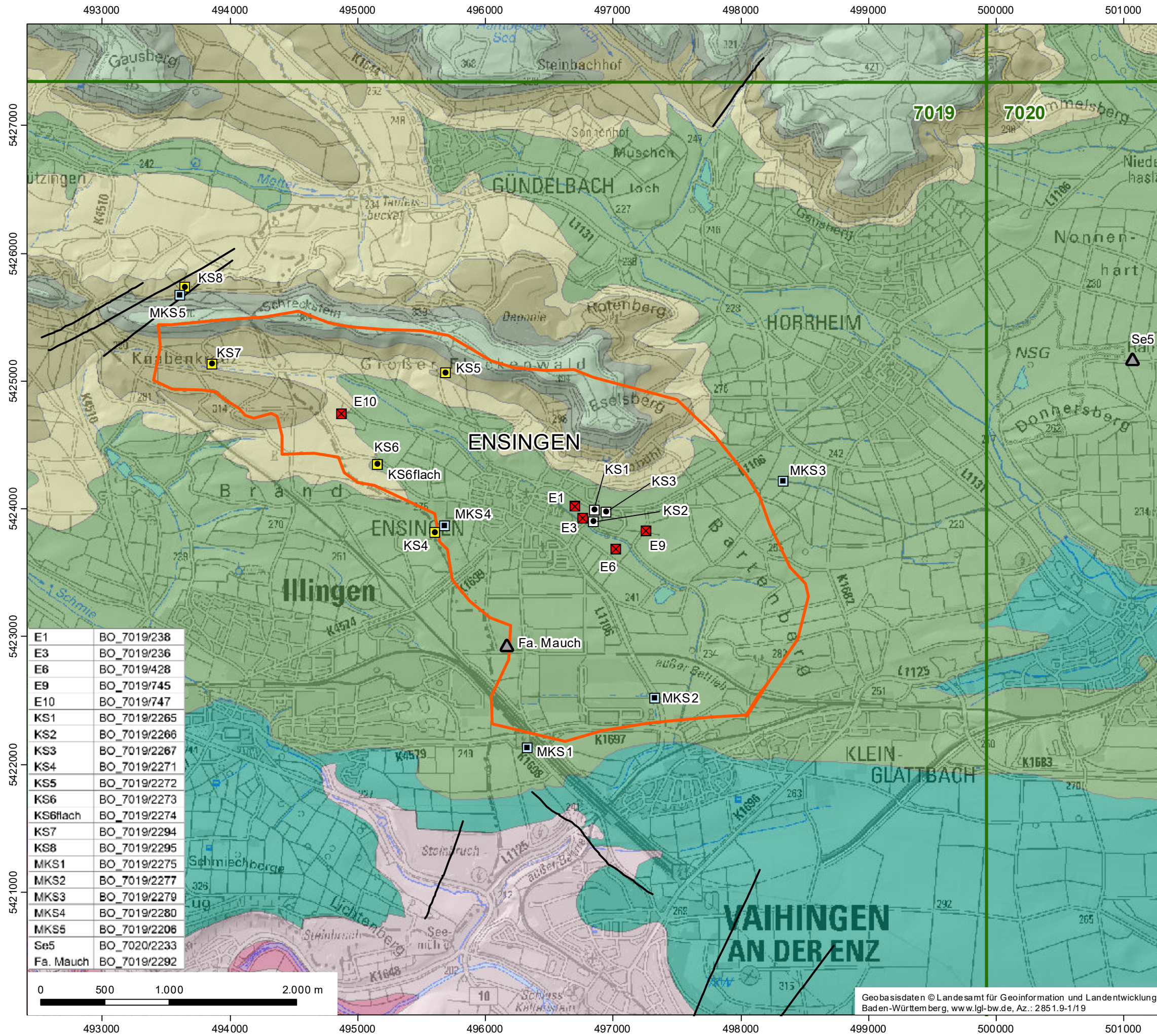
Im Zeitraum zwischen 2011 und 2013 wurden zahlreiche Wasserproben zur hydrochemischen Analyse entnommen. Bei dem geförderten Grundwasser handelt es sich um ein Calcium-(Magnesium)-Sulfat-Hydrogenkarbonat-Wasser mit einer elektrischen Leitfähigkeit von ca. 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Der Nitratgehalt von ca. 16 mg/l deutet möglicherweise auf einen Eintrag von nitrathaltigem Jungwasser hin. Ergebnisse von Tritium-/ bzw. Isotopenuntersuchungen liegen für den Zeitraum nicht vor.

Förderbrunnen der Firma Mauch Obstbau Ensingen (ehem. Gärtnerei Laichinger),
Gemeinde Vaihingen a.d. Enz, Gemarkung Ensingen (BO 7019/2292):

Der Förderbrunnen befindet sich an der Grenze des Einzugsgebiets ca. 500 m südlich von Ensingen und erschließt Gipskeupergrundwasser in einer Tiefe von ca. 40 m. Der Ansatzpunkt liegt bei ca. 250 mNN und der Ruhewasserspiegel wurde nach Abschluss der Bohrarbeiten 1981 mit 17,15 m u. GOK (ca. 233 mNN) angegeben.

Der Vergleich der hydrochemischen Analysen von 1981 und 2019 zeigt einen Rückgang der Mineralisation und einen steigenden Anteil an geringer mineralisiertem Grundwasser. So konnte bei der Analyse 1981 ein Sulfatgehalt von $\text{SO}_4^{2-} = 226 \text{ mg/l}$ festgestellt werden. Bei der Analyse 2019 betrug der Sulfatgehalt nur noch $\text{SO}_4^{2-} = 26 \text{ mg/l}$. Darüber hinaus verringerte sich zwischen 1981 und 2019 die Konzentrationen an Calcium, Magnesium und Natrium: Ca^+ : 170 mg/l \rightarrow 110 mg/l, Mg^{2+} : 89,5 mg/l \rightarrow 49 mg/l, Na^+ : 6,5 mg/l \rightarrow 4,8 mg/l.

Gleichzeitig erhöhte sich im o.g. Zeitraum die Chlorid-Konzentration von $< 30 \text{ mg/l}$ auf 40 mg/l. Da Chlorid oft aus Auftausalzen stammt, kann es sich um ein oberflächennahes Grundwasser handeln. Die mit der Analyse von 2019 festgestellte hohe Nitratbelastung von $\text{NO}_3^- = 62 \text{ mg/l}$ lässt auf intensive landwirtschaftliche Einträge schließen, die ebenfalls ursächlich für die erhöhten Chloridgehalte sein kann.



Hydrogeologische Stellungnahme zum Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation der Firma Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Vaihingen an der Enz, Ortsteil Ensingen, Lkr. Ludwigsburg (Top. Karte 1 : 25 000, Blatt 7019 Mühlacker)

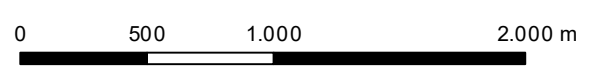
Übersicht zur Geologie im Umfeld von Ensingen mit relevanten Bohraufschlüssen

- Bohrungen**
- ☒ Br. Fa. Ensinger in der Grabfeld-Fm.
 - ☐ KS Keupersondierbohrungen (KS)
 - ◻ flache KS-Bohrungen
 - ◻ MKS Muschelkalksondierbohrungen (MKS)
 - ▲ sonstige Bohraufschlüsse
- Einzugsgebiet (LGRB, 2013)
 Störung
 TK 25 Blattschnitt

Hydrogeologische Einheiten ohne Deckschichten
(Grundlage: GeoLa, abgedeckte Karte)

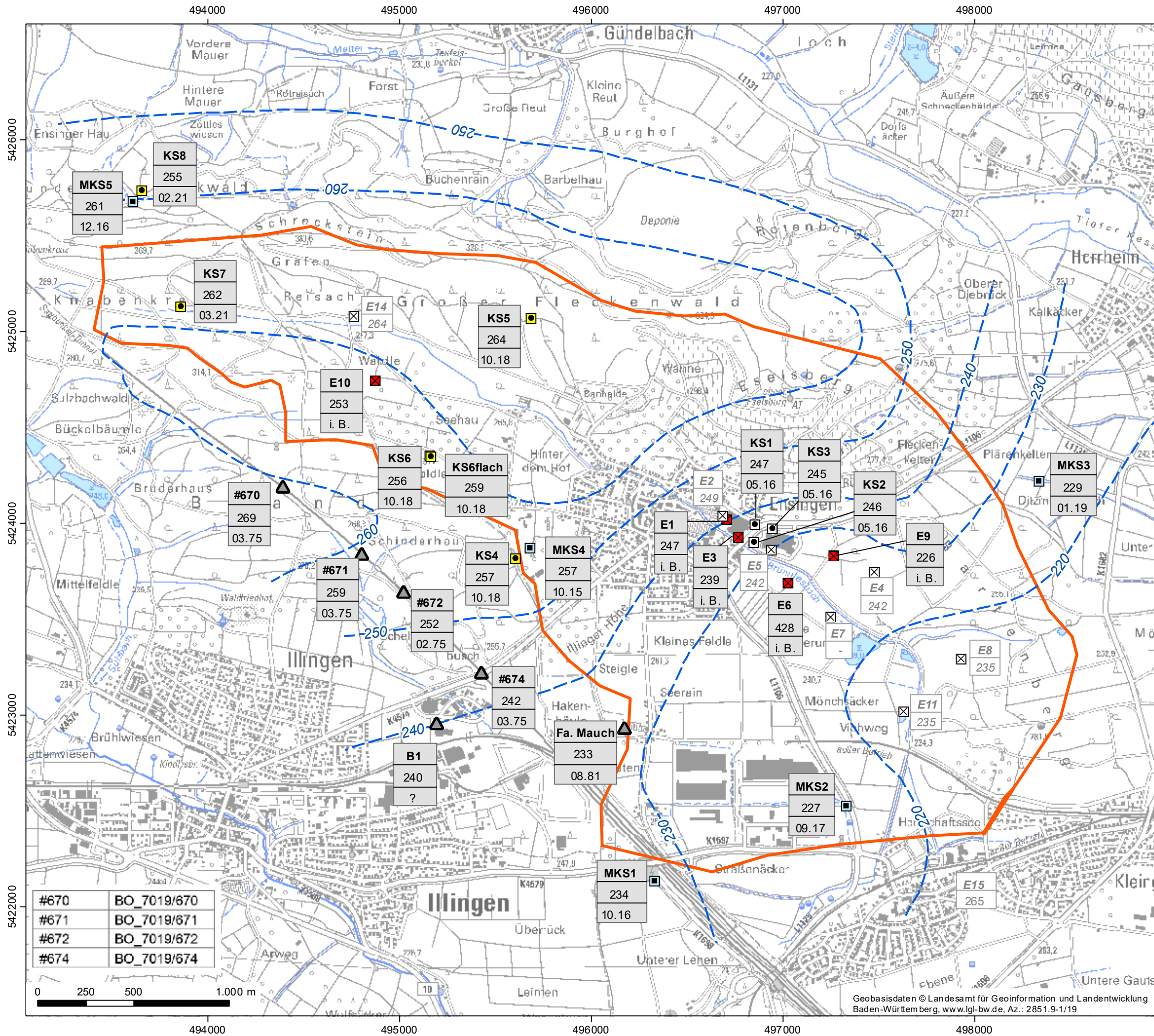
- Löwenstein-Formation (Stubensandstein)
- Mainhardt-Formation (Obere Bunte Mergel)
- Hassberge-Formation (Kieselsandstein)
- Steigerwald-Formation (Untere Bunte Mergel)
- Stuttgart-Formation (Schilfsandstein, Dunkle Mergel)
- Grabfeld-Formation (Gipskeuper)
- Erfurt-Formation (Lettenkeuper)
- Oberer Muschelkalk, ungegliedert
- Mittlerer Muschelkalk, ungegliedert

E1	BO_7019/238
E3	BO_7019/236
E6	BO_7019/428
E9	BO_7019/745
E10	BO_7019/747
KS1	BO_7019/2265
KS2	BO_7019/2266
KS3	BO_7019/2267
KS4	BO_7019/2271
KS5	BO_7019/2272
KS6	BO_7019/2273
KS6flach	BO_7019/2274
KS7	BO_7019/2294
KS8	BO_7019/2295
MKS1	BO_7019/2275
MKS2	BO_7019/2277
MKS3	BO_7019/2279
MKS4	BO_7019/2280
MKS5	BO_7019/2206
Se5	BO_7020/2233
Fa. Mauch	BO_7019/2292



Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 285.1.9-1/19

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
Altkanzleien: 94-4763.2/1/21_3765 DKA-Nr.: g424
Bearb.: Rol Zeichn.: Fis Anlage: 2



Hydrogeologische Stellungnahme zum Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation der Firma Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Vaihingen an der Enz, Ortsteil Ensingen, Lkr. Ludwigsburg (Top. Karte 1 : 25 000, Blatt 7019 Mühlacker)

Grundwassergleichenplan (konzeptionell und synoptisch)

- Bohrungen**
- ☒ Br. Fa. Ensinger in der Grabfeld-Fm.
 - ☒ Br. Fa. Ensinger mit alten Grundwasserständen in der Grabfeld-Formation [m NN]
 - Keupersondierbohrungen (KS)
 - flache KS-Bohrungen
 - Muschelkalksondierbohrungen (MKS)
 - ▲ sonstige Bohraufschlüsse

—230— angenommene Grundwasserhöhengleiche in der Grabfeld-Formation [m NN]

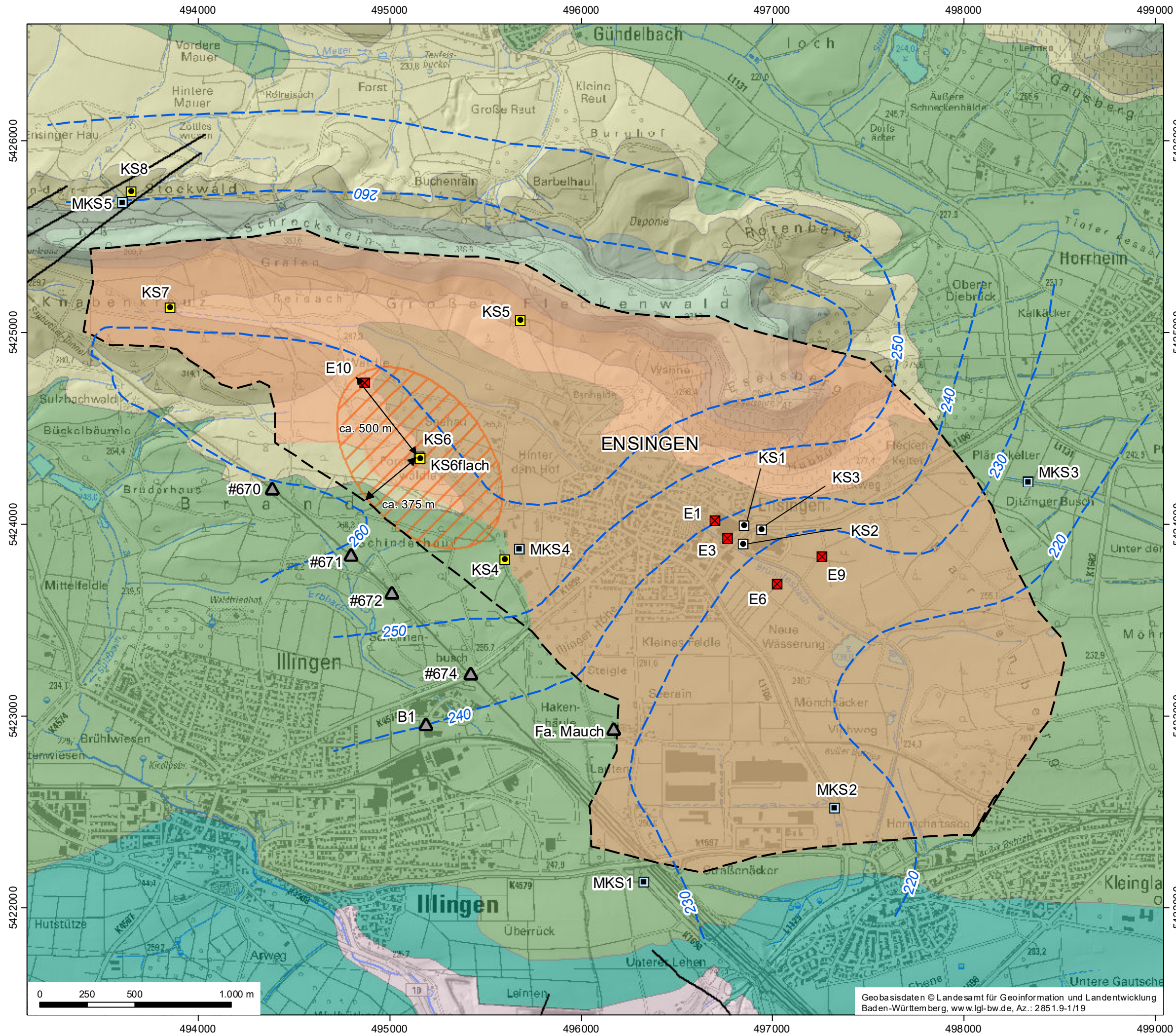
Einzugsgebiet (LGRB, 2013)

MKS2	Bohrung
227	Grundwasserstand [m NN] (kmGr)
09.17	Datum der Grundwassermessung (Monat.Jahr) bzw. i. B. = in Betrieb (abgesenkter Betriebspiegel)

E11	Bohrung
235	Grundwasserstand [m NN] (kmGr) Messwert alt

#670	BO_7019/670
#671	BO_7019/671
#672	BO_7019/672
#674	BO_7019/674

Baden-Württemberg
 REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
 Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
 Aktenzeichen: 94-4763.2/21_3765 DKA-Nr.: g424
 Bearb.: Rol Zeichn: FIS Anlage: 3



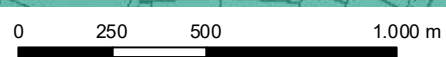
Hydrogeologische Stellungnahme zum Einzugsgebiet der Brunnen in der Grabfeld-Formation der Firma Ensinger Mineral-Heilquellen GmbH, Vaihingen an der Enz, Ortsteil Ensingen, Lkr. Ludwigsburg (Top. Karte 1 : 25 000, Blatt 7019 Mühlacker)

Abgrenzung des Einzugsgebiets

- Bohrungen**
- ☒ Br. Fa. Ensinger in der Grabfeld-Fm.
 - ☐ Keupersondierbohrungen (KS)
 - ◻ flache KS-Bohrungen
 - ◼ Muschelkalksondierbohrungen (MKS)
 - ▲ sonstige Bohraufschlüsse
 - bisheriges Einzugsgebiet
 - ▭ neue Grenze des Einzugsgebiets
 - ▨ angenommener, elliptisch ausgedehnter Mindesteinflussbereich von KS6, der wegen der hydraulischen Anbindung an E10 für das Einzugsgebiet berücksichtigt werden sollte
 - Störung

Hydrogeologische Einheiten ohne Deckschichten
(Grundlage: GeoLa, abgedeckte Karte)

- Löwenstein-Formation (Stubensandstein)
- Mainhardt-Formation (Obere Bunte Mergel)
- Hassberge-Formation (Kieselsandstein)
- Steigerwald-Formation (Untere Bunte Mergel)
- Stuttgart-Formation (Schilfsandstein, Dunkle Mergel)
- Grabfeld-Formation (Gipskeuper)
- Erfurt-Formation (Lettenkeuper)
- Oberer Muschelkalk, ungegliedert
- Mittlerer Muschelkalk, ungegliedert



Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 285.1.9-1/19

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung
Altkanzleien: 94-4763.2/1/21_3765 DKA-Nr.: g424
Bearb.: Rol Zeichn.: Fis Anlage: 4