
Schutzgut

Wasser - Hydrogeologie

Inhalt

1	Einführung.....	1
2	Methodik.....	1
3	Bestand.....	3
3.1	Geologie.....	4
3.1.1	Schichtenfolge.....	4
3.1.2	Schichtlagerung und Störungen.....	4
3.1.3	Geophysikalische Untersuchungen.....	5
3.2	Hydrogeologie.....	5
3.2.1	Grundwasserleiter.....	5
3.2.2	Grundwasserganglinien.....	6
3.2.3	Durchlässigkeiten.....	7
3.2.4	Markierungsversuche.....	8
3.2.5	Grundwasserfließrichtung.....	8
3.2.6	Hydrochemische Analysen.....	9
3.2.7	Brunnen der Wasserversorgung Empfingen.....	10
4	Auswirkungen und Konflikte.....	12
4.1	Maßnahmen.....	14
5	Zusammenfassung.....	15



1 Einführung

Die E. Gfrörer & Sohn Schotterwerk GmbH & Co. KG betreibt in Sulz-Fischingen einen Muschelkalk-Steinbruch. Da dieser in absehbarer Zeit seine Kapazitätsgrenzen erreichen wird, soll er nach Norden erweitert werden. Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die hydrogeologische Situation der Steinbrucherweiterung unter Prüfung möglicher Beeinflussungen der Trinkwasserbrunnen des nördlich anschließenden Trinkwasserschutzgebiets "Empfingen GWF 1 Fischingen" durch ein hydrogeologisches Gutachten zu bewerten. Auch soll das bereits im Rahmen früherer Steinbrucherweiterungen durch das Büro für Angewandte Geologie Dr. Schmidt-Witte, Balingen, erarbeitete und in dessen Gutachten vom 10.06.1991 und 02.12.2011 dargestellte geologisch-hydrogeologische Modell anhand der im Jahr 2019 durchgeführten Erkundungsbohrungen und Untersuchungen überprüft und ergänzt werden.

2 Methodik

Das hydrogeologische Gutachten wurde vom Büro Smoltczyk & Partner GmbH, Stuttgart, erstellt (2022). Das vollständige Gutachten ist in Anlage 2 der Technischen Planung enthalten.

Die für die UVP – Schutzgut Wasser - Hydrogeologie wesentlichen Teile des Gutachtens und seiner Ergänzungen werden in den Folgekapiteln zitiert oder überarbeitet wiedergegeben.

Im Rahmen der Erweiterung des Muschelkalk-Steinbruchs wurden bereits in den Jahren 1991 und 2011 hydrogeologische Untersuchungen durch das Büro für Angewandte Geologie Dr. Schmidt-Witte, Geislingen bzw. Balingen, durchgeführt und die Ergebnisse in hydrogeologischen Gutachten vom 10.06.1991 und 02.12.2010 dargestellt und bewertet.

Nachfolgend sind sowohl diese Untersuchungsergebnisse als auch die im Rahmen der aktuell vorgesehenen Steinbruch-Erweiterung durchgeführten geologischen, hydrogeologischen und geophysikalischen Untersuchungen zusammengestellt.

- **Grundwassermessstellen:**

Im Jahr 1989 wurden im näheren Bereich um den Steinbruch die sechs Grundwassermessstellen GwM 1-6/1989 eingerichtet.

Aufgrund der fortschreitenden Abbautätigkeit sind die im südlichen Steinbruchbereich gelegene Messstelle GwM 6/1989 sowie die beiden im nördlichen Bereich des Steinbruchs gelegenen Messstellen GwM 3 + 4/1989 inzwischen nicht mehr vorhanden.

Im Jahr 2019 erfolgte die Herstellung folgender vier zusätzlicher Grundwassermessstellen, die im weiteren Bereich des Steinbruchs eingerichtet wurden: GwM 7-10/2019.

Damit sind derzeit **sieben Grundwassermessstellen** zur Beobachtung des Grundwasserspiegels vorhanden.

- **Geophysikalische Untersuchungen:**

In den zu Grundwassermessstellen ausgebauten Erkundungsbohrungen GwM 7-10/2019 sowie in der nicht ausgebauten Bohrung B 11/2019 wurden von der terratec Geophysical Services GmbH & Co. KG, Heiterheim, gamma-logs durchgeführt.

Zusätzlich erfolgten Befahrungen der Bohrungen GwM 8+9/2019 mit dem optischen Bohrlochscanner.

- **Grundwasserstandsmessungen:**

Aus dem Zeitraum Januar 2010 bis Dezember 2019 liegen etwa monatlich durchgeführte Wasserspiegelmessungen aus den folgenden Grundwassermessstellen vor:

Zeitraum 2010 bis 2012: GwM 1-4/1989,

Zeitraum 2013 und 2014: GwM 1-5/1989,

Zeitraum 2015 bis 2018: GwM 1-3/1989 und GwM 5/1989,

Zeitraum 2019: GwM 1-3/1989, GwM 5/1989 und GwM 7-10/2019.

Seit Februar 2020 bis Juli 2020 liegen werktägliche, morgens und abends durchgeführte Lichtlotmessungen der Messstellen GwM 1-2/1989, GwM 5/1989 sowie GwM 7-10/2019 vor.

Am 29.07.20 bzw. am 05.08.20 wurden in diese sieben Grundwassermessstellen Drucksonden und Datenlogger zur kontinuierlichen Aufzeichnung des Grundwasserstands im 30-Minuten-Takt eingebaut.

- **Niederschlagsdaten:**

Zur Korrelation der Grundwasserganglinien mit dem Niederschlag wurden die Tagesniederschlagssummen der naheliegenden DWD-Station (Deutscher Wetterdienst) Horb-Betra verwendet.

- **Hydrochemische Untersuchungen:**

Nach dem Gutachten des Büros Dr. Schmidt-Witte vom 02.12.10 liegen aus den drei **Brunnen der Wasserversorgung Empfingen** hydrochemische Analysen der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg bzw. der eurofins Institut Jäger GmbH, Tübingen, vor (4 Analysen 1987-2010).

Weitere chemische Untersuchungen der eurofins Institut Jäger GmbH liegen vom Wasser des **Neckars** (Probenahme auf Höhe des Brunnens 1) und von der **Karstwasserquelle Fischingen** vor (je 2 Analysen 2010).

Am 14.12.20 und am 15.12.20 wurden aus den **Grundwassermessstellen** GwM 2+5/1989 sowie GwM 7-8 + 10/2019 Schöpfproben entnommen und hydrochemisch nach dem Grundmessprogramm G der LUBW sowie auf Schwermetalle untersucht. Auf die Entnahme von Pumproben musste aufgrund des sehr tief liegenden Grundwasserspiegels, der geringen Grundwassermächtigkeiten in den Messstellen und der geringen Gebirgsdurchlässigkeiten verzichtet werden.

- **Markierungsversuche:**

Am 11.03.91 wurde vom Büro Dr. Schmidt-Witte in der Grundwassermessstelle GwM 2/1989 ein Markierungsversuch mit Uranin durchgeführt.

Bereits im Jahr 1970 erfolgte ein Markierungsversuch durch das da-malige Geologische Landesamt Baden-Württemberg. Der Markierungsstoff wurde rund 400 m nordwestlich des heutigen Steinbruchs in eine Doline eingegeben

3 Bestand

Der bestehende Steinbruch liegt rund 5 km SSW von Horb am Neckar, gut 2,5 km westlich von Empfingen und 500 m nördlich von Sulz-Fischingen. Er grenzt direkt nördlich an die Landesstraße L 410 („Am Bolzgraben“) an.

Der Steinbruch liegt auf der rechten Seite des Neckars, rund 400 m vom Flusslauf entfernt. Die Steinbruchsohle liegt rund 35 Höhenmeter oberhalb des Neckartals.

Die geplante Erweiterungsfläche für den vorgesehenen Abbaubetrieb schließt im Nordwesten an die bereits genehmigte Abbaufäche des Steinbruchs an, erstreckt sich nach Norden bis zur Gemarkungsgrenze zwischen Sulz-Fischingen und Horb-Betra und verläuft im Nordosten des Steinbruchs nach Süden bis etwa auf Höhe des nördlichen Viertels des bestehenden Steinbruchs.

3.1 Geologie

3.1.1 Schichtenfolge

Unter einer 1,5 m mächtigen Quartären Deckschicht folgen die Schichtglieder des Oberen Muschelkalks:

- **Bis 20,1 m** u. Gel. wurde der noch 18,6 m mächtige **Trigonodusdolomit** erbohrt, der überwiegend aus braungelbem bis beigegrauem und unterschiedlich kalkhaltigem Dolomitstein besteht.
- **Bis 47,4 m** u. Gel. folgen die 27,3 m mächtigen **Plattenkalk-Schichten**, die überwiegend aus grauem, mikritischem Kalkstein bestehen, in den Schillkalklagen und Tonsteinhorizonte eingelagert sind.
- **Bis 88,3 m** folgt die **Trochitenkalk-Formation**. Diese ist 40,9 m mächtig und besteht ebenfalls überwiegend aus grauem, mikritischem Kalkstein. In diesen sind häufig Schillkalklagen und Mergelstein- und Tonmergelsteinhorizonte sowie Trochitenbänke eingelagert. Auch wurde das Auftreten von Stylolithen vermerkt.

Zwischen 76,35 m und 81,4 m u. Gel. wurden die **Haßmersheim-Schichten** in einer Mächtigkeit von 5,05 m erschlossen.

Der Übergang zum **Mittleren Muschelkalk** liegt bei 88,3 m u. Gel. Von seinem obersten Schichtglied, der aus Kalkstein und Dolomitstein bestehenden Diemel-Formation, wurden bis zur Endteufe der Bohrung bei 95,0 m noch 6,7 m erbohrt.

3.1.2 Schichtlagerung und Störungen

In einer Schichtlagerungskarte wurde nur die bereits in den Gutachten des Büros Dr. Schmidt-Witte enthaltene und in den Erläuterungen zur Geologischen Karte, Blatt 7618 Haigerloch, als Fortsetzung des Freudenstädter Bruchsystems beschriebene, von Fischingen über Kirchberg bis zur Stunzach von Nordwesten nach Südosten streichende "**Kirchberger Störung**" eingezeichnet.

Weitere, vor allem kleinräumige und schollenartige Störungen, die im Steinbruch erkennbar sind bzw. durch unterschiedliche Deckschichtenmächtigkeiten (Quartär und Lettenkeuper) oberhalb des Muschelkalks nachgewiesen wurden und auf Auslaugungsvorgänge im Mittleren Muschelkalk zurückzuführen sind, sind in der großräumigeren Schichtlagerungskarte nicht berücksichtigt. Diese bis zu rund 10 m Sprunghöhe aufweisenden kleinräumigen Störungen haben eine abbautechnische und rohstoffgeologische Relevanz hinsichtlich der Verwertbarkeit (Menge und Qualität) der Schichtglieder des Muschelkalks.

Nach der Schichtlagerungskarte fallen die Schichten des Oberen Muschelkalks auf der Nordost-Seite der "Kirchberger Störung" und damit auf der Steinbruchseite mit im Mittel 2,6 % nach SSO ein.

Es ist davon auszugehen, dass auch großräumig betrachtet, etwa WSW-ONO verlaufende Störungen mit Versätzen von jeweils wenigen Metern vorhanden sind. Dies wird durch die im Steinbruchbereich vorhandenen Störungen sowohl von der Streichrichtung der Störungen als auch von deren Sprunghöhen bestätigt. Im Bereich des Steinbruchs dürfte die Sprunghöhe der "Kirchberger Störung" bei rund 10 m liegen.

3.1.3 Geophysikalische Untersuchungen

In den Bohrungen GwM 7- 10/2019 sowie B 11/2019 wurden Gamma-Log-Messungen durchgeführt.

Die Haßmersheim-Schichten, die zumindest regional eine grundwasserstauende und damit trennende Wirkung haben, machen sich aufgrund ihrer tonig-mergeligen Ausprägung und ihres dadurch bedingten höheren Gehalts an Kalium-40-Isotopen durch höhere gamma-Intensitäten bemerkbar. Insbesondere die Oberfläche der Haßmersheim-Schichten weist in den Messungen einen markanten Peak auf, der als Bezugspunkt für die stratigraphische Gliederung der erbohrten Schichtenfolge herangezogen werden kann.

3.2 Hydrogeologie

In den nachfolgenden Kapiteln ist die hydrogeologische und die hydrochemische Situation im Bereich des bestehenden Muschelkalk-Steinbruchs und seiner geplanten Erweiterungsfläche sowie mögliche Einflüsse auf die Brunnen der Wasserversorgung Empfingen auf der Basis der vorliegenden Untersuchungen dargestellt und bewertet. Berücksichtigt wurden auch die Untersuchungsergebnisse aus den beiden Gutachten des Büros Dr. Schmidt-Witte (1991, 2010), die im Rahmen von früheren Steinbrucherweiterungen angefertigt wurden.

3.2.1 Grundwasserleiter

Im Bereich des bestehenden Steinbruchs und seiner Erweiterungsflächen sind hauptsächlich folgende zwei Grundwasserleiter ausgebildet:

- Der auf den Hochflächen anstehende **Lettenkeuper** kann insbesondere innerhalb seiner sandigen bzw. dolomitisch ausgebildeten Schichtglieder wasserführend sein.

- Der Hauptgrundwasserleiter ist der **Karstgrundwasserleiter** im Bereich der Trochitenkalk-Formation des Oberen Muschelkalks und der Diemel-Formation des Mittleren Muschelkalks. Der Vorfluter des Karstgrundwasserleiters ist der nahe gelegene Neckar.

Aufgrund der Nähe des Steinbruchbereichs zum Vorfluter Neckar und zu dem meist steil in die Gesteine des Oberen Muschelkalks eingeschnittenen Neckartal sind in den höheren Schichten des Oberen Muschelkalks keine Grundwasserleiter ausgebildet.

Lediglich temporär vorhandene "schwebende" grundwasserführende Schichten sind nicht auszuschließen.

Nach Angaben im Gutachten Schmidt-Witte (1991) erfolgten bei der Herstellung der Bohrungen Grundwasserzutritte erst im Bereich der Oberen Dolomitzone im Mittleren Muschelkalk. Der Obere Muschelkalk erwies sich als trocken.

Auch nach den Erläuterungen zur Geologischen Karte wird erst der Karstwasserspiegel im Bereich der Oberen Dolomit-Formation als zusammenhängender Grundwasserleiter betrachtet, der durch die darüber liegenden Klüfte gespeist wird. Diese dürften aufgrund der Nähe zum Talrand sowie durch die Auslaugung der salinaren Schichtglieder des Mittleren Muschelkalks eine hohe Durchlässigkeit aufweisen.

3.2.2 Grundwasserganglinien

Im Hydrogeologischen Gutachten Smoltczyk & Partner sind die Ganglinien der seit 2010 und damit über einen Zeitraum von knapp 12 Jahren vorliegenden Lichtlot- und Drucksondenmessungen zusammen mit den Niederschlagshöhen der Station Horb-Betra dargestellt.

Da die Lichtlotmessungen regelmäßig und nicht ereignisbezogen erfolgten, wurden extreme Grundwasserstände zwar nicht aktiv erfasst, die Ganglinien geben aufgrund des langen Messzeitraums dennoch die Bandbreite der Grundwasserstände aussagekräftig wieder.

Durch die kontinuierlichen Datenaufzeichnungen seit 2020 über bisher 16 Monate sind gesicherte Angaben zum Grundwasserschwankungsbereich, zur Grundwasserfließrichtung und zur Reaktion auf klimatische Ereignisse möglich.

Die kontinuierlichen Datenaufzeichnungen zeigen Folgendes:

Bei niedrigen Grundwasserständen während trockenen Witterungsperioden machen sich Niederschlagsereignisse in den Wasserspiegelganglinien der Messstellen nicht bzw. nicht signifikant bemerkbar. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Niederschläge in höherliegenden Schichten wie den quartären Ablagerungen oder dem Lettenkeuper zurückgehalten werden und nicht unmittelbar zur Grundwasserneubildung im erschlossenen Muschelkalk-Grundwasserleiter führen bzw. nur gepuffert zur Tiefe abfließen. Erst nach der Sättigung

der Deckschichten bzw. der Klüfte im Oberen Muschelkalk führen neuerliche Niederschläge sofort bzw. geringfügig verzögert zur Grundwasserneubildung und damit zu signifikant und kurzfristig steigenden Grundwasserständen. Dieser Effekt ist bei nur geringer Überdeckung bzw. bei den näher zum Vorfluter liegenden Messstellen nicht bzw. weniger ausgeprägt.

Dementsprechend gibt es hauptsächlich drei Messstellengruppen, die vergleichbare Wasserspiegelganglinien aufweisen:

- Die Ganglinien der Messstellen GwM 09+10/2019 reagieren nicht bzw. sehr gedämpft auf klimatische Ereignisse, sie geben jedoch längerfristige klimatische Trocken- oder Feuchtperioden wieder. Dass kurzfristige Niederschlagsereignisse im Wasserspiegelgang nicht erkennbar sind, ist darauf zurückzuführen, dass die beiden Messstellen am weitesten vom Vorfluter entfernt liegen und die höchste Gesteinsüberdeckung haben.
- Die beiden Messstellen GwM 2/1989 und GwM 7/1989 zeigen während Perioden mit geringen Niederschlägen einen den Messstellen GwM 09+10/2019 analogen Wasserspiegelverlauf. Bei Sättigung der Deckschichten reagieren die Wasserspiegel des Muschelkalks jedoch relativ kurzfristig auf Niederschläge. Dies dürfte auf der näheren Lage zum Neckartal und des dadurch (vermutlich tektonisch bedingten) höheren Anteils an größeren Klüften oder Spalten im Kalkstein des Oberen Muschelkalks zurückzuführen sein, durch die eine rasche Grundwasserneubildung erfolgen kann.
- Die nahe am Rand des Neckartals liegende und eine geringe Gesteinsüberdeckung aufweisende Messstelle GwM 5/1989 reagiert spontan auf Niederschlagsereignisse, da die Grundwasserneubildung des Karstgrundwasserleiters in diesem Bereich rasch erfolgt. Der weitgehend gleichbleibende Niedrigwasserspiegel ist auf die Nähe zum Vorfluter zurückzuführen.

3.2.3 Durchlässigkeiten

Ein am 14.12.20 in der Grundwassermessstelle GwM 5/1989 durchgeführter Kurzpumpversuch hat überschlägig eine technische Ergiebigkeit von rund $0,01 \text{ l}/(\text{s}\cdot\text{m})$ und einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \leq 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ ergeben.

Grundsätzlich variieren die Durchlässigkeiten des Oberen Muschelkalks aufgrund der heterogen verteilten und ausgebildeten Klüfte um mehrere Zehnerpotenzen. V.a. aufgrund der Nähe zum Rand des Neckartals und der Auslaugungsvorgänge im salinaren Bereich des Mittleren Muschelkalks können hohe Gebirgsdurchlässigkeiten im teilweise verkarsteten Oberen Muschelkalk auftreten, wie die hohe Abstandsgeschwindigkeit von 430 m/h des Markierungsversuchs aus dem Jahr 1970 belegt.

3.2.4 Markierungsversuche

Im Bereich des Steinbruchs wurden in den Jahren 1970 durch das Geologische Landesamt und 1991 durch das Büro Dr. Schmidt-Witte Markierungsversuche durchgeführt:

- **1970:** Der Markierungsstoff wurde in eine Doline eingegeben, die rund 400 m NNO des Steinbruchs und rund 300 m WNW der heutigen Grundwassermessstelle GwM 8/2019 liegt. Untersucht wurde, ob und wann der Markierungsstoff in der 1 km SSW der Eingabestelle gelegenen Karstquelle Fisingen ankommt. Aufgrund der hohen Gebirgsdurchlässigkeit erfolgte dies bereits nach kurzer Zeit, so dass daraus eine Abstandsgeschwindigkeit von 430 m/h errechnet werden konnte.
- **1991:** Es wurden 3 kg Uranin mit 10 m³ Wasser in die GwM 2/1989 eingegeben und mit 25 m³ Wasser nachgespült. Untersucht werden sollte, ob und wann der Markierungsstoff in den Tiefbrunnen 1 bis 3 der Wasserversorgung Empfingen, in der Karstquelle Fisingen und im Neckar zwischen den Brunnen und der Karstquelle ankommt. Nach einer 14-tägigen Beobachtungszeit konnte der Markierungsstoff in keiner der Probenahmestellen nachgewiesen werden. Daraus wurde geschlossen, dass das Grundwasser über eine Störung vom Mittleren Muschelkalk in den Unteren Muschelkalk abfließt. Da der Neckar jedoch der Vorfluter des Muschelkalkgrundwassers ist, ist auch nicht auszuschließen, dass die 14-tägige Beobachtungszeit zu kurz war.

3.2.5 Grundwasserfließrichtung

Um festzustellen, ob und gegebenenfalls wie sich die Grundwasserfließrichtung bei niedrigem und bei hohem Grundwasserstand unterscheidet, wurden aus den Datenloggeraufzeichnungen 2020-2021 zwei signifikante Stichtage ausgewählt (niedriger / hoher Grundwasserstand).

Die Grundwassergleichenkarten für den niedrigen bzw. den hohen Grundwasserstand zeigen folgendes:

- Niedriger Grundwasserstand (Stichtag 21.01.21):

Bei niedrigem Grundwasserstand liegt eine grundsätzliche Fließrichtung von NNO in Richtung zum Steinbruch vor.

Im Bereich der Grundwassermessstellen GwM 8- 10/2019 besteht dabei ein niedriges Grundwassergefälle von 0,54 %. Ab der Grundwasserhöhenlinie 435 mNN bis zum Neckar ist der hydraulische Gradient mit 3,4 % deutlich höher.

Etwa im Zentrum des bestehenden Steinbruchs scheint sich eine Wasserscheide auszubilden, die den Grundwasserstrom nach SSO in Richtung der Karstquelle Fisingen und nach Südwesten in Richtung

des Wasserschutzgebiets der Brunnen Empfingen aufteilt. Dies stimmt mit der durch den Markierungsversuch aus dem Jahr 1970 nachgewiesenen direkten Fließrichtung von der Eingabestelle zur Karstquelle Fischingen überein.

- Hoher Grundwasserstand (Stichtag 22.07.21):

Bei hohem Grundwasserstand ist das Grundwassergefälle höher und "ausgeglichener" als bei niedrigem Grundwasserstand. Der hydraulische Gradient im Bereich der Grundwassermessstellen GwM 8-10/2019 liegt bei 1,7 % und nimmt in Richtung zum Neckar auf 4% zu. Die Grundwasserganglinien zeigen dabei einen ähnlichen Verlauf.

Die potentielle Grundwasserscheide ist auch bei hohem Grundwasserstand vorhanden, sie verschiebt sich im Bereich des Steinbruchs jedoch etwas nach Südwesten. Die "Trennung" der Fließrichtung ist bei hohem Grundwasserstand ausgeprägter als bei niedrigem Grundwasserstand, so dass der Abstrom aus dem Steinbruch und seiner Erweiterungsflächen etwa zur Hälfte nach Südwesten und zur Hälfte nach Südsüdosten erfolgt.

3.2.6 Hydrochemische Analysen

2020 wurden aus den Grundwassermessstellen am Steinbruch Wasserproben entnommen und nach dem Grundmessprogramm G der LUBW sowie auf Schwermetalle untersucht. Die beprobten Grundwassermessstellen erschließen mit ihren Filterstrecken die Trochitenkalk-Formation des Oberen Muschelkalks und die darunter folgende Diemel-Formation (Obere Dolomite) des Mittleren Muschelkalks. Aufgrund der Bohr- bzw. Ausbautiefen ist stellenweise ein hydrochemischer Kontakt zur darunter liegenden Oberen Sulfatregion vorhanden bzw. nicht auszuschließen.

Die Analysenergebnisse zeigen folgendes:

- Die meisten Proben hatten bei der Probenahme eine bräunliche oder graubraune **Färbung** und wiesen eine +/- starke Trübung auf. Dies spricht für eine nur geringe Durchströmung der Messstellen.
- Die **Wassertemperaturen** lagen zwischen 7,7 °C und 9,9 °C.
- Die **pH-Werte** liegen erwartungsgemäß im Carbonat-Pufferbereich.
- Die Labor-Messungen der **el. Leitfähigkeiten** zeigen Werte zwischen 650 µS/cm und 980 µS/cm.
- **Chemische Hauptbestandteile:** Die Analysenergebnisse des Grundwassers der beprobten Messstellen zeigen folgende drei sich voneinander unterscheidende Wassertypen:
 - Mit den eher auf der westlichen Seite des Steinbruchs liegenden Messstellen wurde ein Ca-Mg-HCO₃-SO₄-Wasser erschlossen. Die Wässer sind (annähernd) sauerstoffgesättigt und oxidiert.

- Das Grundwasser der Messstelle GwM 7/2019 hat die höchste Gesamtmineralisation, die zum einen auf hohe Calcium- und Sulfat-Konzentrationen und zum anderen auf einen hohen Natrium- und Chlorid-Gehalt zurückzuführen ist. Dies spricht für einen erhöhten Einfluss aus den unterhalb der Diemel-Formation folgenden salinaren Folgen der Heilbronn-Formation des Mittleren Muschelkalks. Dementsprechend gehört das Wasser zum Ca-Mg-SO₄-HCO₃-Typ. Das Wasser ist sauerstoffunter-sättigt und weist dementsprechend mit 8,1 mg/l den geringsten Nitrat-Gehalt, jedoch erhöhte Am-monium- sowie Eisen- und Mangan-Gehalte auf.
- Auch der Chemismus des Grundwassers der Messstelle GwM 8/2019 weist auf einen Einfluss der salinaren Gesteine der Heilbronn-Formation hin. Allerdings ist die Sulfat-Konzentration sehr gering und liegt deutlich niedriger als die Chlorid-Konzentration. Dementsprechend gehört das Grundwas-ser zum Ca-Mg-HCO₃-Cl-Typ. Das Wasser ist sauerstoffgesättigt und enthält kein gelöstes Eisen und Mangan.
- **Schwermetalle:** Bei den untersuchten Schwermetallen Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel und Quecksilber liegen die Konzentrationen in allen Grundwassermessstellen unter oder nur knapp oberhalb der jeweiligen Bestimmungsgrenze.
Die Zink-Konzentrationen liegen in mehreren Messstellen deutlich oberhalb der Bestimmungsgrenze.
Die Gehalte an gelöstem Eisen und Mangan liegen in mehreren Messstellen oberhalb der Bestimmungsgrenze.

Die hydrochemischen Untersuchungen zeigen, dass die in der Trochiten-Formation und der Diemel-Forma-tion erschlossenen Grundwässer oberhalb der vermutlichen Grundwassersohlschicht der Heilbronn-Forma-tion nur eine geringe Mächtigkeit aufweisen und dass die Messstellen vor allem bei hoher Gesteinsüberde-ckung nur langsam durchströmt werden. Der Einfluss der salinaren Folgen der Heilbronn-Formation zeigen sich an erhöhten Sulfat- und Natriumchlorid-Konzentrationen.

3.2.7 Brunnen der Wasserversorgung Empfingen

Die Gemeinde Empfingen betreibt ein Wasserwerk, das zu 90 % durch Eigenwasser aus ihren drei Brunnen in der Neckartalaue gespeist wird. Die übrigen 10 % Wasser werden von der Wasserversorgung Nordstetten ge-liefert und zugemischt.

Brunnenausbau:

Nach den Brunnenausbauten erschließen die drei Brunnen stockwerksübergreifend sowohl den Neckarkies-Grundwasserleiter als auch den Festgesteinsgrundwasserleiter des Mittleren Muschelkalks. Die jeweiligen Anteile an der Gesamtfördermenge sind abhängig von den Durchlässigkeitsbeiwerten der beiden Grundwasserleiter und der hydraulischen Verhältnisse. Aufgrund des gegenüber dem Festgestein höheren Durchlässigkeitsbeiwerts des Neckarkieses ist davon auszugehen, dass der Anteil des Neckarkiesgrundwassers (deutlich) überwiegt.

Hydrochemie:

Nachfolgend sind die Wasserproben aus den Brunnen 1 bis 3, aus dem Neckar sowie aus der Karstquelle Fischingen beschrieben und bewertet. Da nur einzelne Kationen (Calcium und Magnesium) und Anionen (Chlorid, Nitrat, Sulfat) untersucht wurden, lassen sich die Brunnenwässer nicht in Wassertypen einteilen. Dennoch lassen sich folgende Angaben machen:

Die **Brunnen 1 und 3** zeigen einen nahezu identischen Chemismus, obwohl der Brunnen 1 als Schachtbrunnen nur Wasser aus dem Neckarkies-Grundwasserleiter erschließt und dem Brunnen 3 als stockwerksübergreifend ausgebautem Bohrbrunnen potentiell zusätzlich Grundwasser aus dem Muschelkalk zufließen kann. Auffallend sind die relativ hohen Gehalte von Calcium, Sulfat und Chlorid, die auf den Einfluss salinärer Folgen des Mittleren Muschelkalks hindeuten. Demnach enthält das Uferfiltrat der Neckartalaue einen Anteil an Muschelkalkwasser.

Auch das **Neckarwasser** selbst weist mit rel. hohem Chlorid- und einem geringeren (und wechselnden) Sulfat-Gehalt einen Muschelkalkwasser-Anteil auf (Vorfluter Neckar).

Der rund 500 m stromabwärts gelegene und ebenfalls stockwerksübergreifend ausgebaute **Brunnen 2** weist gegenüber den Brunnen 1 und 3 eine geringere Mineralisation auf.

Der Chemismus des Wassers aus der **Karstquelle Fischingen** weist aufgrund des hohen Nitratgehalts und des relativ hohen Chlorid- und Sulfat-Gehalts sowohl Merkmale eines Oberflächeneinflusses als auch eines Einflusses des Mittleren Muschelkalks auf. Bereits der Markierungsversuch hat gezeigt, dass Oberflächenwasser bzw. oberflächennahes Wasser vor allem im Bereich von Dolinen rasch versickern kann, sich mit dem Muschelkalk-Grundwasser mischt und mit einer hohen Abstandsgeschwindigkeit durch Karstklüfte in Richtung Neckar fließt.

4 Auswirkungen und Konflikte

Nachfolgend sind die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zusammenfassend dargestellt und im Hinblick auf eine quantitative und qualitative Beeinflussung des Karstgrundwasserleiters unter besonderer Berücksichtigung der Wasserfassungen der Empfänger Wasserversorgung bewertet.

Grundwasserstände und Abbausohle:

Im Bereich der nördlichen Erweiterungsfläche des Steinbruchs (Bereich GwM 8-10/2019) herrscht hauptsächlich bei niedrigen aber auch bei hohen Grundwasserständen ein relativ flaches Grundwassergefälle von 0,54 % bzw. von 1,7 % vor. Dies ist auf die größere Entfernung zum Vorfluter, eine hohe Gesteinsüberdeckung des Grundwasserkörpers, eine geringe Auslaugung des Mittleren Muschelkalks und ein dadurch bedingtes wenig zerrüttetes Gebirge zurückzuführen, was zu einer "gedämpften" Grundwasserneubildung führt.

Die näher zum Talrand des Neckartals liegenden Bereiche des bestehenden Steinbruchs und der Erweiterungsfläche haben dagegen ein steileres Grundwassergefälle von 3,4 % bzw. 4 %. Diese Bereiche weisen eine geringere Gesteinsüberdeckung sowie ein eher zerrüttetes Gebirge mit einer durch Störungen begrenzten Schollenstruktur auf, die auf die in Talrandnähe bedingte höhere Auslaugung der salinaren Folgen im Mittleren Muschelkalk zurückzuführen ist.

Wahrscheinlich führen die geringer durchlässigen Störungsbereiche und die gegeneinander versetzten Schollen zu eher geringeren Gebirgsdurchlässigkeiten mit insgesamt steileren Grundwassergradienten. Dennoch sind örtlich auch höhere Durchlässigkeiten und hohe Abstandsgeschwindigkeiten durch Großklüfte oder Verkaltungen möglich.

Da der Gesteinsabbau im Steinbruch als Trockenabbau erfolgen soll, ergibt sich die Höhe der Abbausohle auf der Basis der höchsten gemessenen Grundwasserstände. Der höchste Grundwasserstand liegt im Bereich der nördlichsten Ausdehnung der Erweiterungsfläche bei 437 mNN. Er nimmt nach Südwesten ab, so dass die südlichsten Enden der Erweiterungsfläche bei 416 mNN liegen.

Ausgehend davon, dass die tiefste Abbausohle mindestens 1 m oberhalb des höchsten Grundwasserstands liegen soll, ergeben sich unter Berücksichtigung fortgesetzter Wasserspiegelaufzeichnungen und möglicher höherer Grundwasserstände für die Erweiterungsflächen **Abbautiefen zwischen knapp 440 mNN und 420 mNN**.

Trinkwasserschutzgebiet Wasserversorgung Empfingen:

Der Steinbruch und seine Erweiterungsflächen liegen außerhalb des Wasserschutzgebiets der Empfinger Trinkwasserbrunnen im Neckartal.

Da der Neckar jedoch der Vorfluter des Muschelkalkgrundwassers ist, liegt der Steinbruch dennoch (indirekt) im Zustrombereich der Wasserfassungen. Daher sind potentielle quantitative und qualitative Beeinflussungen der Trinkwasserbrunnen nicht auszuschließen. Diese werden wie folgt bewertet:

- Potentielle quantitative Beeinflussung:

Die Aufzeichnung der Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen der Steinbruchumgebung hat gezeigt, dass die Schichten oberhalb des Karstgrundwasserleiters, das Quartär und der Lettenkeuper sowie in geringerem Maße auch Schichtglieder des Oberen Muschelkalks, eine "dämpfende" Wirkung auf die Grundwasserneubildung im Karstgrundwasserleiter haben, so dass eine signifikante Grundwasserneubildung erst nach der Wassersättigung der Deckschichten erfolgt. Durch den Abtrag der Deckschichten in der Erweiterungsfläche fällt diese Retentionswirkung weg, so dass eine potentiell höhere und "direktere" Grundwasserneubildung in den Karstgrundwasserleiter erfolgt.

Nach Beendigung des Kalksteinabbaus und vollendeter Wiederverfüllung des Steinbruchs ist aufgrund des zumindest teilweise bindigen und damit geringporigen Materials und des Verlustes der ursprünglich vorhandenen Kluftstruktur des Kalksteins jedoch mit einer örtlich geringeren Grundwasserneubildung im Muschelkalkgrundwasserleiter zu rechnen.

Da jedoch davon auszugehen ist, dass das unterirdische Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen deren oberirdisches Einzugsgebiet deutlich überwiegt, ist die dadurch bedingte quantitative Beeinflussung der Brunnen als nicht erheblich anzusehen. Auch ist im Hinblick darauf, dass der Trinkwasserbrunnen 1 ausschließlich den Quartären Grundwasserleiter der Neckarkiese und die Brunnen 2 und 3 aufgrund ihres stockwerksübergreifenden Ausbaus ihr Wasser ebenfalls zumindest teilweise, bzw. aufgrund des gegenüber dem Muschelkalk potentiell höheren Durchlässigkeitsbeiwerts des Neckarkieses, überwiegend aus dem Neckarkies fördern, eine erhebliche quantitative Beeinflussung der Wasserfassungen der Empfinger Wasserversorgung nicht zu besorgen.

Bezüglich der Trinkwasserquantität besteht kein Konflikt.

- Potentielle qualitative Beeinflussung:

Dass der Neckar der Vorfluter für den Karstgrundwasserleiter der Trochitenkalk-Formation des Oberen Muschelkalks und der Diemel-Formation des Mittleren Muschelkalks ist, macht sich auch im Chemismus der Brunnenwässer durch erhöhte Chlorid- und Sulfat-Gehalte bemerkbar. Selbst im Brunnen 1, der als Schacht-

brunnen keinen stockwerksübergreifenden Ausbau aufweist und ausschließlich Uferfiltrat erschließt, ist aufgrund der erhöhten Calciumsulfat- und Chlorid-Gehalte ein Grundwassereinfluss aus dem Mittleren Muschelkalk erkennbar.

Da im bestehenden Steinbruch und auch in den vorgesehenen Erweiterungsflächen die tiefste Abbausohle oberhalb des Karstgrundwassers liegt bzw. liegen wird, ist kein direkter Eingriff in den Grundwasserleiter vorhanden. Der natürliche Grundwasserstrom sowie der Grundwasserchemismus werden demnach nicht direkt beeinflusst. Dennoch bleibt ein Restrisiko (Verkarstung).

Bezüglich der Trinkwasserqualität ein geringer Konflikt WA 01.

4.1 Maßnahmen

Zur Lösung des geringen Konflikts WA 01 beim Schutzgut Wasser – Hydrogeologie werden überwiegend technische Lösungen eingesetzt:

- **Bestehende und zusätzlich vorgesehene Sicherheitsmaßnahmen:**

Wie der im Jahr 1991 durchgeführte Markierungsversuch gezeigt hat, ist auch nach einer Beobachtungszeit von 14 Tagen kein Markierungsstoff an den Beprobungsstellen im Neckartal angekommen, so dass davon ausgegangen werden kann, dass auch im Havariefall eine ausreichende Vorwarnzeit für die Wasserversorgung Empfangen besteht.

Wie bereits im derzeitigen Steinbruchbetrieb werden auch in den geplanten Erweiterungsbereichen des Steinbruchs keine Gefahrstoffe gelagert. Die Betankung von Fahrzeugen erfolgt ausschließlich auf dafür vorgesehenen und durch technische Maßnahmen besonders geschützten Bereichen. Zudem wird für einen nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließenden Havariefall innerhalb des Steinbruchs ein Notfallplan erstellt. Dieser beinhaltet auch eine Meldekette, nach der sowohl Rettungskräfte und technische Hilfsdienste als auch verantwortliche Personen des Betriebs sowie der Wasserversorgung und des Wasserwerks benachrichtigt werden müssen. Details regeln Betriebsanweisungen.

- **Verfüllung:**

Die Steinbruchsohle der Bereiche, die zur Wiederverfüllung vorgesehen sind, werden vor der Wiedereinlagerung von fremdem Erd- bzw. Gesteinsmaterial mit einer 5 m mächtigen Deckschicht aus vorwiegend bindigem Material aus dem Steinbruch abgedichtet. Das zur Wiederverfüllung verwendete Material wird den gesetzlich vorgeschriebenen Qualitätsuntersuchungen unterzogen.

- **Monitoring:**

Zur mittel- und langfristigen Kontrolle des Grundwasserabstroms aus dem Steinbruchbereich ist ein Grundwassermonitoring vorgesehen. Dieses beinhaltet neben der Weiterführung der bisherigen Wasserspiegelaufzeichnungen mittels Drucksonden und Datenloggern jährliche Wasserprobenahmen aus den im Grundwasserabstrom liegenden Messstellen GwM 1/1989, GwM 2/1989, GwM 5/1989 und GwM 7/2019 mit hydrochemischen Untersuchungen nach dem Grundmessprogramm G, auf Schwermetalle sowie auf spezifische Schadstoffe. Die Untersuchungsergebnisse werden jeweils zusammen mit den chemischen Analysen der Brunnenwässer der Wasserversorgung Empfingen bewertet.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ist die hydrogeologische Situation der Steinbrucherweiterung unter Prüfung möglicher Beeinflussungen der Trinkwasserbrunnen des nördlich anschließenden Trinkwasserschutzgebiets "Empfingen GWF 1 Fischingen" durch ein hydrogeologisches Gutachten zu bewerten.

Das hydrogeologische Gutachten wurde vom Büro Smoltczyk & Partner GmbH, Stuttgart, erstellt (2022).

Methodik

Derzeit sind 7 Grundwassermessstellen (GwM) zur Beobachtung des Grundwasserspiegels vorhanden.

In ausgewählten Grundwassermessstellen aus wurden gamma-logs durchgeführt, zusätzlich erfolgten Befahrungen mit dem optischen Bohrlochscanner.

Seit 2020 wird der Grundwasserstand in den sieben Grundwassermessstellen im 30-Minuten-Takt kontinuierlich aufgezeichnet.

2020 wurden in ausgewählten GwM Schöpfproben entnommen und hydrochemisch nach dem Grundmessprogramm G der LUBW sowie auf Schwermetalle untersucht. Ältere hydrochemische Untersuchungen liegen aus den drei Brunnen der Wasserversorgung Empfingen, dem Neckar und der Karstquelle Fischingen vor.

Von 1970 und 191 liegen Markierungsversuche mit Uranin vor.

Geologie

Schichtenfolge am Steinbruch Fischingen-Eckwald:

Unter einer 1,5 m mächtigen Quartären Deckschicht folgen die Schichtglieder des Oberen Muschelkalks:

- 1,5- 20,1 m u. Gel. Trigonodusdolomit,
- 20,1- 47,4 m u. Gel. Plattenkalk-Schichten,
- 47,4- 88,3 m Trochitenkalk-Formation.

Der Übergang zum Mittleren Muschelkalk liegt bei 88,3 m u. Gel. Obersten Schichtglied ist die Diemel-Formation.

Hydrogeologie

- **Grundwasserleiter:** Der Hauptgrundwasserleiter ist der Karstgrundwasserleiter im Bereich der Trochitenkalk-Formation des Oberen Muschelkalks und der Diemel-Formation des Mittleren Muschelkalks. Der Vorfluter des Karstgrundwasserleiters ist der nahe gelegene Neckar.
Aufgrund der Nähe des Steinbruchbereichs zum Vorfluter Neckar und zu dem meist steil in die Gesteine des Oberen Muschelkalks eingeschnittenen Neckartal sind in den höheren Schichten des Oberen Muschelkalks keine Grundwasserleiter ausgebildet.
Auch nach den Erläuterungen zur Geologischen Karte wird erst der Karstwasserspiegel im Bereich der Oberen Dolomit-Formation als zusammenhängender Grundwasserleiter betrachtet, der durch die darüber liegenden Klüfte gespeist wird. Diese dürften aufgrund der Nähe zum Talrand sowie durch die Auslaugung der salinaren Schichtglieder des Mittleren Muschelkalks eine hohe Durchlässigkeit aufweisen.
- **Grundwasserganglinien:** Bei niedrigen Grundwasserständen während trockenen Witterungsperioden machen sich Niederschlagsereignisse in den Wasserspiegelganglinien der Messstellen nicht bzw. nicht signifikant bemerkbar. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese Niederschläge in höherliegenden Schichten wie den quartären Ablagerungen oder dem Lettenkeuper zurückgehalten werden und nicht unmittelbar zur Grundwasserneubildung im erschlossenen Muschelkalk-Grundwasserleiter führen bzw. nur gepuffert zur Tiefe abfließen. Erst nach der Sättigung der Deckschichten bzw. der Klüfte im Oberen Muschelkalk führen neuerliche Niederschläge sofort bzw. geringfügig verzögert zur Grundwasserneubildung und damit zu signifikant und kurzfristig steigenden Grundwasserständen. Dieser Effekt ist bei nur geringer Überdeckung bzw. bei den näher zum Vorfluter liegenden Messstellen nicht bzw. weniger ausgeprägt.
- **Durchlässigkeiten:** Grundsätzlich variieren die Durchlässigkeiten des Oberen Muschelkalks aufgrund der heterogen verteilten und ausgebildeten Klüfte um mehrere Zehnerpotenzen. V.a. aufgrund der Nähe zum Rand des Neckartals und der Auslaugungsvorgänge im salinaren Bereich des Mittleren Muschelkalks können hohe Gebirgsdurchlässigkeiten im teilweise verkarsteten Oberen Muschelkalk auftreten.
- **Markierungsversuche:**
1970 wurde der Markierungsstoff in eine Doline NNO des Steinbruchs eingegeben. Untersucht wurde, ob und wann der Markierungsstoff in der 1 km SSW der Eingabestelle gelegenen Karstquelle

Fischingen ankommt. Aufgrund der hohen Gebirgsdurchlässigkeit erfolgte dies bereits nach kurzer Zeit, so dass daraus eine Abstandsgeschwindigkeit von 430 m/h errechnet werden konnte.

1991 sollte untersucht werden, ob und wann der Markierungsstoff in den Tiefbrunnen 1 bis 3 der Wasserversorgung Empfingen, in der Karstquelle Fischingen und im Neckar zwischen den Brunnen und der Karstquelle ankommt. Nach einer 14-tägigen Beobachtungszeit konnte der Markierungsstoff in keiner der Probenahmestellen nachgewiesen werden.

- Grundwasserfließrichtung: Es liegt eine grundsätzliche Fließrichtung von NNO in Richtung zum Steinbruch vor. Dabei besteht im Bereich des Steinbruchs ein niedriges Grundwassergefälle. Ab der Grundwasserhöhenlinie 435 mNN bis zum Neckar ist der hydraulische Gradient deutlich höher. Etwa im Zentrum des bestehenden Steinbruchs scheint sich eine Wasserscheide auszubilden, die den Grundwasserstrom nach SSO in Richtung der Karstquelle Fischingen und nach Südwesten in Richtung des Wasserschutzgebiets der Brunnen Empfingen aufteilt.
- Hydrochemie: Die beprobten Grundwassermessstellen am Steinbruch zeigen Wässer reich an Calcium, Magnesium, Hydrogenkarbonat und Sulfat, stellenweise auch Natriumchlorid.
- Brunnen der Wasserversorgung Empfingen: Nach den Brunnenausbauten erschließen die drei Brunnen stockwerksübergreifend sowohl den Neckarkies-Grundwasserleiter als auch den Festgesteinsgrundwasserleiter des Mittleren Muschelkalks. Aufgrund des gegenüber dem Festgestein höheren Durchlässigkeitsbeiwerts des Neckarkieses ist davon auszugehen, dass der Anteil des Neckarkiesgrundwassers (deutlich) überwiegt. Auch das Neckarwasser selbst weist mit rel. hohem Chlorid- und einem geringeren (und wechselnden) Sulfat-Gehalt einen Muschelkalkwasser-Anteil auf (Vorfluter Neckar).

Auswirkungen und Konflikte

Grundwasserstände und Abbausohle:

Da der Gesteinsabbau im Steinbruch als Trockenabbau erfolgen soll, ergibt sich die Höhe der Abbausohle auf der Basis der höchsten gemessenen Grundwasserstände. Der höchste Grundwasserstand liegt im Bereich der nördlichsten Ausdehnung der Erweiterungsfläche bei 437 mNN. Er nimmt nach Südwesten ab, so dass die südlichsten Enden der Erweiterungsfläche bei 416 mNN liegen.

Ausgehend davon, dass die tiefste Abbausohle mindestens 1 m oberhalb des höchsten Grundwasserstands liegen soll, ergeben sich unter Berücksichtigung fortgesetzter Wasserspiegelaufzeichnungen und möglicher höherer Grundwasserstände für die Erweiterungsflächen **Abbautiefen zwischen knapp 440 mNN und 420 mNN**.

Trinkwasserschutzgebiet Wasserversorgung Empfingen:

Der Steinbruch und seine Erweiterungsflächen liegen außerhalb des Wasserschutzgebiets der Empfänger Trinkwasserbrunnen im Neckartal.

Da der Neckar jedoch der Vorfluter des Muschelkalkgrundwassers ist, liegt der Steinbruch dennoch (indirekt) im Zustrombereich der Wasserfassungen. Daher sind potentielle quantitative und qualitative Beeinflussungen der Trinkwasserbrunnen nicht auszuschließen. Diese werden wie folgt bewertet:

- Potentielle quantitative Beeinflussung:

Durch den Abtrag der Deckschichten in der Erweiterungsfläche im Zuge des Gesteinsabbaus fällt die Retentionswirkung für das Grundwasser weg, so dass eine potentiell höhere und "direktere" Grundwasserneubildung in den Karstgrundwasserleiter erfolgt.

Nach Beendigung des Kalksteinabbaus und vollendeter Wiederverfüllung des Steinbruchs ist aufgrund des zumindest teilweise bindigen und damit geringporigen Materials und des Verlustes der ursprünglich vorhandenen Kluftstruktur des Kalksteins jedoch mit einer örtlich geringeren Grundwasserneubildung im Muschelkalkgrundwasserleiter zu rechnen.

Da jedoch davon auszugehen ist, dass das unterirdische Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen deren oberirdisches Einzugsgebiet deutlich überwiegt, ist die dadurch bedingte quantitative Beeinflussung der Brunnen als nicht erheblich anzusehen.

Bezüglich der Trinkwasserquantität besteht kein Konflikt.

- Potentielle qualitative Beeinflussung:

Dass der Neckar der Vorfluter für den Karstgrundwasserleiter ist, macht sich auch im Chemismus der Brunnenwässer durch erhöhte Chlorid- und Sulfat-Gehalte bemerkbar.

Da im bestehenden Steinbruch und auch in den vorgesehenen Erweiterungsflächen die tiefste Abbausohle oberhalb des Karstgrundwassers liegt bzw. liegen wird, ist kein direkter Eingriff in den Grundwasserleiter vorhanden. Der natürliche Grundwasserstrom sowie der Grundwasserchemismus werden demnach nicht direkt beeinflusst. Dennoch bleibt ein Restrisiko (Verkarstung).

Bezüglich der Trinkwasserqualität ein geringer Konflikt WA 01.

Maßnahmen

Zur Lösung des geringen Konflikts WA 01 beim Schutzgut Wasser – Hydrogeologie werden überwiegend technische Lösungen eingesetzt:

- **Bestehende und zusätzlich vorgesehene Sicherheitsmaßnahmen:**

Es kann davon ausgegangen werden kann, dass auch im Havariefall eine ausreichende Vorwarnzeit für die Wasserversorgung Empfingen besteht.

Wie bereits im derzeitigen Steinbruchbetrieb werden auch in den geplanten Erweiterungsbereichen des Steinbruchs keine Gefahrstoffe gelagert. Die Betankung von Fahrzeugen erfolgt ausschließlich auf dafür vorgesehenen besonders geschützten Bereichen. Zudem wird für einen nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließenden Havariefall innerhalb des Steinbruchs ein Notfallplan erstellt.

- **Verfüllung:**

Die Steinbruchsohle der Bereiche, die zur Wiederverfüllung vorgesehen sind, werden vor der Wiedereinlagerung von fremdem Erd- bzw. Gesteinsmaterial mit einer 5 m mächtigen Deckschicht aus vorwiegend bindigem Material aus dem Steinbruch abgedichtet. Das zur Wiederverfüllung verwendete Material wird den gesetzlich vorgeschriebenen Qualitätsuntersuchungen unterzogen.

- **Monitoring:**

Zur mittel- und langfristigen Kontrolle des Grundwasserabstroms aus dem Steinbruchbereich ist ein Grundwassermonitoring vorgesehen. Dieses beinhaltet neben der Weiterführung der bisherigen Wasserspiegelaufzeichnungen jährliche Wasserprobenahmen aus den im Grundwasserabstrom liegenden Messstellen mit hydrochemischen Untersuchungen nach dem Grundmessprogramm G, auf Schwermetalle sowie auf spezifische Schadstoffe. Die Untersuchungsergebnisse werden jeweils zusammen mit den chemischen Analysen der Brunnenwässer der Wasserversorgung Empfingen bewertet.