



Appenzell Ausserrhoden

GEMEINDE BÜHLER

WASSERVERSORGUNG BÜHLER

GRUNDWASSERSCHUTZZONEN UM DIE GRUNDWASSERFASSUNGEN HERMOOS

HYDROGEOLOGISCHER / TECHNISCHER BERICHT

Schutzzonenreglement, Auflageplan und
Schutzzonenplan mit Gefahrenkataster als Beilagen

St.Gallen, 11. März 2020, Revision
Inkl. Ergänzungen Vorprüfung bis 3. Februar 2021



GEOLOGIEBÜRO LIENERT & HAERING AG

9015 St.Gallen-Winkeln

Schoretshuebstrasse 23

Tel: 071 371 17 33

E-Mail: lh.winkeln@haering-geo.ch

www.haering-geo.ch

8589 Sitterdorf TG

Langäckerstrasse 9

Tel: 071 461 22 82

E-Mail: lh.uttwil@haering-geo.ch

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG.....	1
1.1 Ausgangslage.....	1
1.2 Grundlagen zum Grundwasserschutz.....	1
1.3 Grundwasserschutzzonen GWF Hermoos.....	1
1.4 Auftrag.....	2
1.5 Ausgeführte Arbeiten.....	2
2. GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	3
2.1 Geologische Übersicht.....	3
2.2 Geologische und hydrogeologische Untersuchungen	3
2.2.1 Grundwasserevaluation 1962.....	3
2.2.2 Refraktionsseismik 1981	3
2.2.3 Grundwasserspiegelmessungen 1981	4
2.2.4 Überbauung Bleicheli 1990	4
2.2.5 Geotechnische Untersuchungen Mehrzweckhalle Hermoos 1993.....	5
2.2.6 Hochwasserentlastung Rotbach 2004 -2010.....	5
2.3 Hydrogeologische Verhältnisse	6
2.4 Grundwasserspiegel.....	7
2.5 Isohyphen des Grundwasserspiegels	7
2.6 Pumpversuche.....	8
3. MARKIERVERSUCHE	8
3.1 Bestimmung der Grundwasser-Fliessverhältnisse	8
3.2 Markierversuche 1988	9
3.3 Markierversuch 2004	9
3.4 Markierversuch 2015	9
3.4.1 Versuchsanordnung	10
3.4.2 Auswertung der Wasserproben.....	10
3.4.3 Schlussfolgerung	10
3.5 Markierversuche 2016	10
3.5.1 Versuchsanordnung.....	10
3.5.2 Auswertung der Wasserproben.....	12
3.5.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Markierversuche.....	13
4. DIE GRUNDWASSERFASSUNGEN HERMOOS	14
4.1 Standort.....	14
4.2 Technische Daten.....	15
4.3 Grundwasserspiegel.....	16
4.4 Fördermenge.....	16
4.5 Wasserbedarf	17

5. WASSERQUALITÄT	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Zusammenfassung der Trinkwasseranalysen	17
5.3 Weiteres Vorgehen	18
6. DIE GRUNDWASSERSCHUTZZONEN	18
6.1 Dimensionierung der Grundwasserschutzzonen.....	18
6.1.1 Allgemeine Bemerkungen	18
6.1.2 Veränderungen bisherige Schutzzonen - neue Schutzzonen	19
6.1.3 Zone S1	19
6.1.4 Zone S2	19
6.1.5 Zone S3	21
6.2 Gefahrenherde	21
6.3 Nutzungseinschränkungen	23
7. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	23

ANHANG

- Nr. 1: Verwendete Unterlagen
- Nr. 2: Übersichtsplan mit Fassungsstellen und Sondierbohrungen; Situation 1 : 2'000
- Nr. 3: Geologische Profile
 - a) Sondierbohrung I / Filterbrunnen III
 - b) Sondierbohrung II / Filterbrunnen II
 - c) Aufschlussbohrung Nr. 7 (Filterbrunnen I)
- Nr. 4: Grundwasserisohypsen mit Strömungsrichtung
- Nr. 5: Auszug aus dem Bericht "Markierungsversuche Grundwasserfassungen 'Herrmoos'" (1988: Kapitel 3 - 5) inkl. Daten und Situation
- Nr. 6: Auszug aus dem Bericht "Hochwasserentlastung Rotbach" (2005: Kapitel 3.3: Markierungsversuch 2004)
- Nr. 7: Markierungsversuch 2015 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos; Situation 1 : 2'000
- Nr. 8: Markierungsversuche 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos; Situation
- Nr. 9: Markierungsversuche 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos; Daten
- Nr. 10: Hochwasserentlastung Rotbach; Grundwasserspiegelmessungen 2008 – 2010; Grafik
- Nr. 11: Wasserbeschaffung Wasserversorgung Bühler
- Nr. 12: Trinkwasser-Untersuchungen inkl. Grenz- und Toleranzwerte sowie Erläuterungen
- Nr. 13: Erläuterungen zu den Grundwasserschutzzonen
- Nr. 14: Vergleich bisherige Schutzzonen - neue Schutzzonen
- Nr. 15: Berechnungen nach LANDES & WYSSLING; Tabelle

BEILAGEN

- Schutzzonenreglement für die Grundwasserfassungen Hermoos
- Änderungen der Grundwasserschutzzonen um die Grundwasserfassungen Hermoos; Auflageplan 1 : 1'000, Plan Nr. 2015-217/1
- Grundwasserschutzzonen um die Grundwasserfassungen Hermoos; Schutzzonenplan 1 : 1'000, Plan Nr. 2015-217/2

1. EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

Die Wasserversorgung (WV) Bühler stellt in der Gemeinde Bühler die Wasserversorgung sicher und versorgt rund 1'700 Personen sowie mehrere Industrie- und Gewerbebetriebe mit Trink- und Brauchwasser. Die jährliche Wasserbeschaffung betrug in den letzten Jahren im Mittel rund 150'000 m³. Zur Sicherstellung ihres Trink- und Brauchwasserbedarfs nutzt die WV Bühler in erster Linie das frei zufließende Wasser der Quellen in den Gebieten Untere Hägni, Städeli-Hüsli, Weissen, Moosweid und Schlittern sowie das aus den Grundwasserfassungen (GWF) Hermoos geförderte Grundwasser. Zudem kann die WV Bühler in Notfällen Wasser von der Regionalen Wasserversorgung Appenzell-Mittelland (RWAM) beziehen.

Im vorliegenden Bericht werden die drei **Grundwasserfassungen Hermoos** behandelt, in welchen jährlich im Mittel der letzten Jahre rund 55'000 m³ gefördert wurden.

1.2 Grundlagen zum Grundwasserschutz

Öffentliche Wasserversorgungen müssen gemäss Art. 20 des Bundesgesetzes über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) zum Schutz des Grundwassers Schutzzonen um Grundwasser- und Quelfassungen ausscheiden. Die Schutzzonen haben die Aufgabe, das Grund- und Quellwasser im Einzugsgebiet von Trinkwasserfassungen vor Verunreinigungen zu schützen. Die Dimensionierung der Schutzzonen ist vor allem von den Fliessverhältnissen, d.h. von den Fliessrichtungen und den Fliessgeschwindigkeiten des Grundwassers abhängig.

Die Gewässerschutzverordnung (GSchV) regelt im 4. Kapitel (Art. 29 – 32) und im Anhang 4 den planerischen Schutz der Gewässer. In der Vollzugshilfe "Wegleitung Grundwasserschutz" (2004, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU) wird das Vorgehen für die Dimensionierung der Grundwasserschutzzonen beschrieben. Zudem legt die Wegleitung, gestützt auf die Gewässerschutzgesetzgebung, die Schutzmassnahmen fest, welche für die Schutzzonen gelten.

Die Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 gilt für alle Grundwasserschutzzonen, also auch für diejenigen, die vor dem 1. Januar 1999 in Kraft gesetzt wurden. Im Hinblick auf die rechtliche Handhabung empfiehlt deshalb die Wegleitung Grundwasserschutz, *'bestehende Schutzzonenpläne und die zugehörigen Reglemente auf ihre Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Wegleitung zu überprüfen und dem neuesten Stand anzupassen'*.

1.3 Grundwasserschutzzonen GWF Hermoos

Die Schutzzonen um die GWF Hermoos wurden bereits in den 1980er-Jahren durch Dr. Otto Lienert festgelegt und sind seit der Genehmigung durch das Baudepartement am 30. Juli 1991 rechtskräftig.

Seit der Erarbeitung der Schutzzonenunterlagen haben verschiedene Grundlagen für die Ausscheidung der Schutzzonen eine Änderung erfahren. Mit Beschluss vom 24. Januar 1991 trat am 1. November 1992 das revidierte Gewässerschutzgesetz (GSchG) und mit Beschluss vom 28. Oktober 1998 am 1. Januar 1999 die Gewässerschutzverordnung (GSchV) in Kraft. Gestützt auf die neuen rechtlichen Grundlagen musste auch das kantonale Schutzzonenreglement überarbeitet werden.

1.4 Auftrag

Im Winter 2015/2016 beauftragte die WV Bühler unser Büro, die bestehenden Schutzzonenunterlagen für die GWF Hermoos unter Berücksichtigung der Gewässerschutzverordnung, der Wegleitung Grundwasserschutz und der in der Zwischenzeit neu gewonnenen Erkenntnisse zu überarbeiten.

1.5 Ausgeführte Arbeiten

Am 23. März 2016 führte Albert Zimmermann (Brunnenmeister) gemeinsam mit Roland Brunner und Susanne Scheiwiller (Geologiebüro Lienert & Haering AG) bei den Fassungsanlagen eine Besichtigung durch. Anlässlich der Feldbegehung wurden die technischen Fassungsdaten aufgenommen. Zudem wurden bei der WV Bühler die vorhandenen Wasseranalysen, die Fördermengen sowie Angaben zur Wasserbeschaffung bestellt.

Für die Überprüfung der Schutzzonendimensionierung führte der unterzeichnende Geologe am 8. Juli 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos Markierversuche durch.

Die im Schutzzonenplan 1985/89 eingetragenen Gefahrenherde wurden überprüft und das aktuelle Gefahrenkataster aufgenommen.

Dem vorliegenden Bericht liegen die bestehenden Schutzzonenunterlagen zu Grunde. Die Schutzzonen wurden gemäss Wegleitung Grundwasserschutz 2004 überarbeitet und im Schutzzonenplan (Beilage; Plan Nr. 2015-217/2) festgehalten. Die Änderungen der rechtskräftigen Grundwasserschutzzonen zu den neuen Grundwasserschutzzonen sind im Auflageplan (Beilage; Plan Nr. 2015-217/1) dargestellt. Das Schutzzonenreglement (Beilage) basiert auf dem kantonalen Muster-Schutzzonenreglement.

Die vorliegenden Schutzzonenunterlagen wurden 2017 ausgearbeitet und nach Rückmeldung und Genehmigung des Gemeinderats Bühler gemäss den Vorgaben 2019 (Schutzzonenreglement) angepasst.

2. GEOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

2.1 Geologische Übersicht

Die Gemeinde Bühler liegt in der nördlichen Randzone der subalpinen Molasse im Bereich der Unteren Süsswassermolasse. Bei den Gesteinsschichten handelt es sich hauptsächlich um Mergel und Sandstein, untergeordnet auch um Nagelfluh. Die Gesteinsschichten fallen relativ steil, mit 40 – 50° in Richtung SSE, ein.

Das Relief der Gemeinde Bühler ist einerseits charakterisiert durch Hügelzüge, die parallel zur Streichrichtung der Molasseschichten verlaufen und andererseits durch die von Osten nach Westen orientierte Talung des Rotbaches. Im Talkessel ist der Molassefels von einer unterschiedlich mächtigen Moränenschicht überlagert. Der mittlere und östliche Teil der Talung des Rotbaches ist mit Alluvionen und zum Teil mit Verlandungssedimenten mit Torfeinlagerungen aufgefüllt.

2.2 Geologische und hydrogeologische Untersuchungen

Im Einzugsgebiet der GWF Hermoos wurden bereits diverse geologische bzw. hydrogeologische Untersuchungen durchgeführt (vgl. verwendete Unterlagen Anhang Nr. 1). Die nachfolgenden Unterkapitel fassen diese Untersuchungen kurz zusammen. Der Übersichtsplan im Anhang Nr. 2 zeigt die Standorte der Sondierungen.

2.2.1 Grundwasserevaluation 1962

1962 führte P. Nänny in Bühler eine Grundwasserevaluation durch, in deren Rahmen mehrere Kernbohrungen abgeteuft wurden. Die GWF Hermoos wurden aufgrund dieser Untersuchungen bei den Bohrungen KB 1-62 (GWF Hermoos 3; vgl. Anhang Nr. 3a), KB 2-62 (GWF Hermoos 2; vgl. Anhang Nr. 3b) und KB 7-62 (GWF Hermoos 1; vgl. Anhang Nr. 3c) erstellt.

Die Schichtabfolge in den drei Fassungen und den restlichen Bohrungen ist sehr komplex und lässt sich nicht klar korrelieren. Es dürfte sich um Ablagerungen eines ehemaligen Sees zwischen Steigbach und Ebni handeln, der zuerst von Gletscherschmelzwasser und später durch Ablagerungen des Rot- bzw. Weissbaches aufgefüllt wurde. Die obersten lehmigen Schichten stammen von jüngeren Überschwemmungen.

2.2.2 Refraktionsseismik 1981

Zur Bestimmung eines Zusammenhanges zwischen dem Grundwasservorkommen, welches die WV Bühler nutzt, und dem im Westteil der Firma Eschler geförderten Grundwasser wurden 1981 an fünf Standorten Seismik-Messungen durchgeführt. Die Resultate wurden im Bericht 1982 von Dr. O. Lienert¹ wie folgt beschrieben:

3.2. Refraktionsseismik

Mit dieser Methode – die auf der Refraktion von seismischen Wellen an dichteren Schichten beruht – lässt sich – unter anderem – die Felsoberfläche unter Lockergestein bestimmen. Die 5 ausgeführten Messungen (...) ergaben folgende Resultate:

¹ Grundwasserschutzzonen Herrmoos; Geologisches Büro Dr. O. Lienert, 7. Juni 1982

Messpunkt Nr.	Mächtigkeit Lockerschicht	Mächtigkeit Zwischenschicht (Grundwasserleiter)	Oberfläche Kompakter Fels
1	2.3 m	2.6 m	4.9 m
2	3.4 m	6.1 m	9.5 m
3	3.5 m	9.1 m	12.6 m
4	5.1 m	9.7 m	14.8 m
5	5.2 m	-	5.2 m

Die Lockerschicht besteht aus Humus und locker gelagertem, sandigem Kies mit wechselndem Siltgehalt, die Zwischenschicht hauptsächlich aus wassergefüllten Schottern, im tieferen Teil eventuell auch aus Grundmoräne oder angewittertem Fels. Die letzte Zahl gibt die Tiefe der Oberfläche des kompakten Felsen unter Terrain an.

Der bei der -Brücke über den Rotbach sichtbare Felsriegel aus Nagelfluh zeichnet sich deutlich ab, sinkt aber gegen N und W rasch in die Tiefe ab. Die Messgenauigkeit dürfte bei etwa 1 m liegen.

2.2.3 Grundwasserspiegelmessungen 1981

1981 wurden im Bereich zwischen der Firma Eschler und den GWF Hermoos mehrmals die Grundwasserstände gemessen, dabei wurde folgendes festgestellt:

- Bei Ansteigen des Grundwassers infolge von Niederschlägen verläuft die Strömungsrichtung von den GWF Hermoos gegen die beiden Fabrikschächte. Nach längerer Trockenheit beginnt jedoch die Strömungsrichtung umzukehren. Es kann nun Grundwasser aus der Reserve unter dem Fabrikgebäude gegen die GWF Hermoos fließen. Zur GWF Hermoos 3 kann es aber nicht fließen, da dieser durch Infiltration von Rotbach her einen erhöhten Spiegel aufweist (möglicherweise aber auch wegen schlechterer Durchlässigkeit langsamer absinkt).
- Die Speisung des Grundwasservorkommens scheint hauptsächlich aus Richtung Rotbach zu erfolgen.

2.2.4 Überbauung Bleicheli 1990

Im Zusammenhang mit der Überbauung Bleicheli wurden 1990 drei Kernbohrungen linksseitig des Rotbaches niedergebracht. In der Bohrung KB 1-90, 25 m westlich der Göbsmühle, steht in 3 bis 7 m Tiefe Kies an, der möglicherweise mit dem von den GWF Hermoos genutzten Grundwasserleiter zusammenhängt.

Die beiden anderen, westlicher gelegenen Bohrungen KB 2-90 und KB 3-90 durchfuhren relativ schlecht durchlässige Bodenschichten. In der Bohrung KB 2-90 wurde der Stauer (Moräne) in 2.1 m Tiefe, der Molassefels (Sandstein) in 3 m Tiefe erbohrt. In der 4 m tiefen Bohrung KB 3-90 war die Moräne in 2.9 m Tiefe erreicht (kein Fels bis Bohrende).

Die Spiegelmessungen ergaben, dass im Betriebszustand vom Bleicheli ein Grundwassergefälle von ca. 1% gegen die GWF Hermoos besteht. Das Grundwasser steht links und rechts des Rotbaches unter dem Bachspiegel, d.h. der Bach fliesst durch ein weitgehend abgedichtetes Bett und scheint den Grundwasserstand nicht wesentlich zu tangieren.

2.2.5 Geotechnische Untersuchungen Mehrzweckhalle Hermoos 1993

Die 1993 im Bereich der Mehrzweckhalle Hermoos niedergebrachten Bohrungen zeichnen sich durch komplexe Schichtabfolgen aus, die sich kaum korrelieren lassen. Gut durchlässige, locker gelagerte sandige Kiesschichten werden durch feinsandige, lokal siltige Schichten unterbrochen. Aufgrund des geschichteten Untergrundaufbaus muss mindestens teilweise mit gespanntem Wasser gerechnet werden.

In der Bohrung KB 1-93 wurde der Grundwasserstauer (Moräne) in 8.4 m Tiefe, der Fels (Sandstein) in 9.3 m Tiefe angefahren. In der Bohrung KB 2-93 lag der Grundwasserstauer 13.55 m unter Terrain, der Fels (Mergel / Sandstein) wurde in 15.7 m Tiefe erreicht.

2.2.6 Hochwasserentlastung Rotbach 2004 -2010

Im Zusammenhang mit dem Projekt "Hochwasserentlastung Rotbach" wurden 2004 im Gebiet Hermoos neun Kernbohrungen (KB 1-2004 bis 9-2004) abgeteuft. Bei diesen Bohrungen wurden hauptsächlich fluviatile Ablagerungen des Rotbaches erbohrt, welche auf der Moräne und dem anstehenden Molassefels liegen. Bei allen Bohrungen - ausser KB 8-2004 - wurden Kleinpumpversuche durchgeführt, mit welchen nur geringe Wasserentnahmen und Profil k-Werte festgestellt wurden.

Bohrung		KB 1	KB 2	KB 3	KB 4	KB 5	KB 6	KB 7	KB 9
Entnahme	l/min	3.5	1.5	9.5	5.0	6.5	6.5	6.5	67.0
k-Wert	m/s	$4.7 \cdot 10^{-6}$	$3.3 \cdot 10^{-5}$	$2.8 \cdot 10^{-5}$	$3.0 \cdot 10^{-5}$	$4.0 \cdot 10^{-4}$	$2.0 \cdot 10^{-4}$	$7.3 \cdot 10^{-5}$	$3.0 \cdot 10^{-4}$

Tabelle 2.1: Durchlässigkeitswerte (k-Werte) der Bohrungen KB 1 – KB 9

Während der Bauphase wurden die GWF Hermoos und der Rotbach mit Feldparametermessungen überwacht.

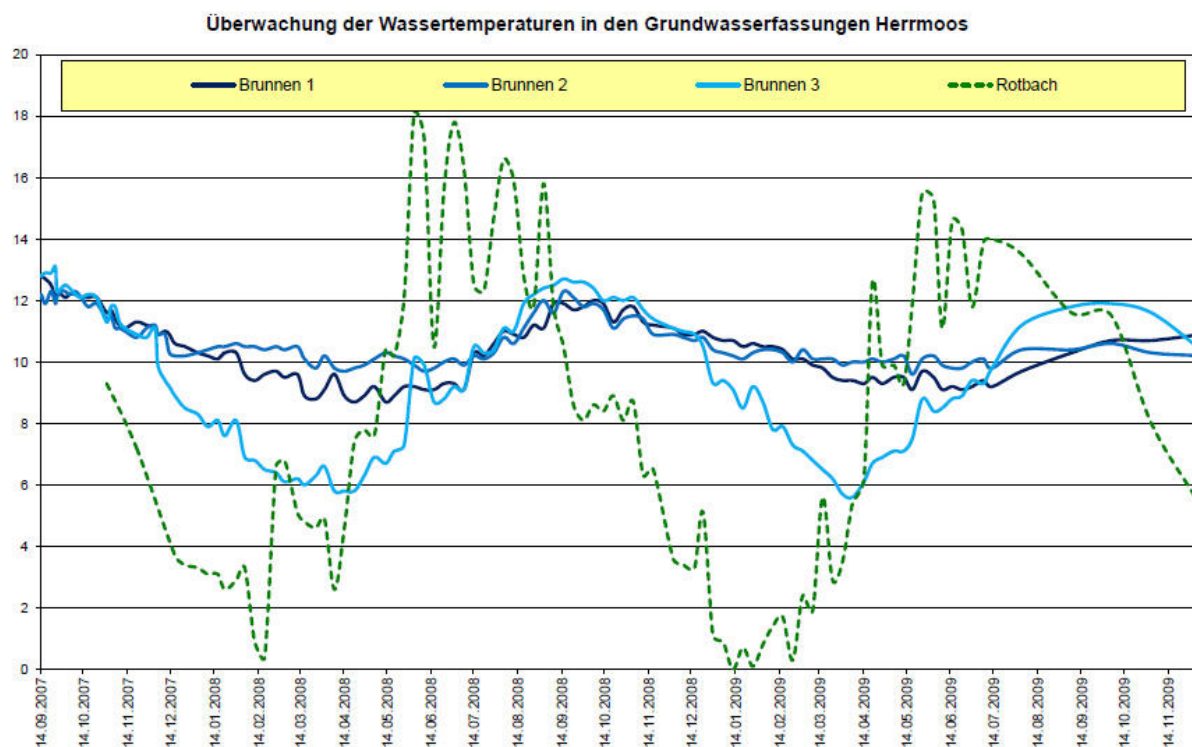


Abb. 2.1: Überwachung der Wassertemperaturen in den GWF Hermoos und im Rotbach vom September 2007 bis Dezember 2009

Die Temperaturmessungen des Grundwassers und im Rotbach zeigen deutlich die saisonalen Schwankungen. In der GWF Hermoos 3 ist zudem der Einfluss durch infiltrierendes Rotbachwasser mit ca. 1 Monat Verzögerung erkennbar.

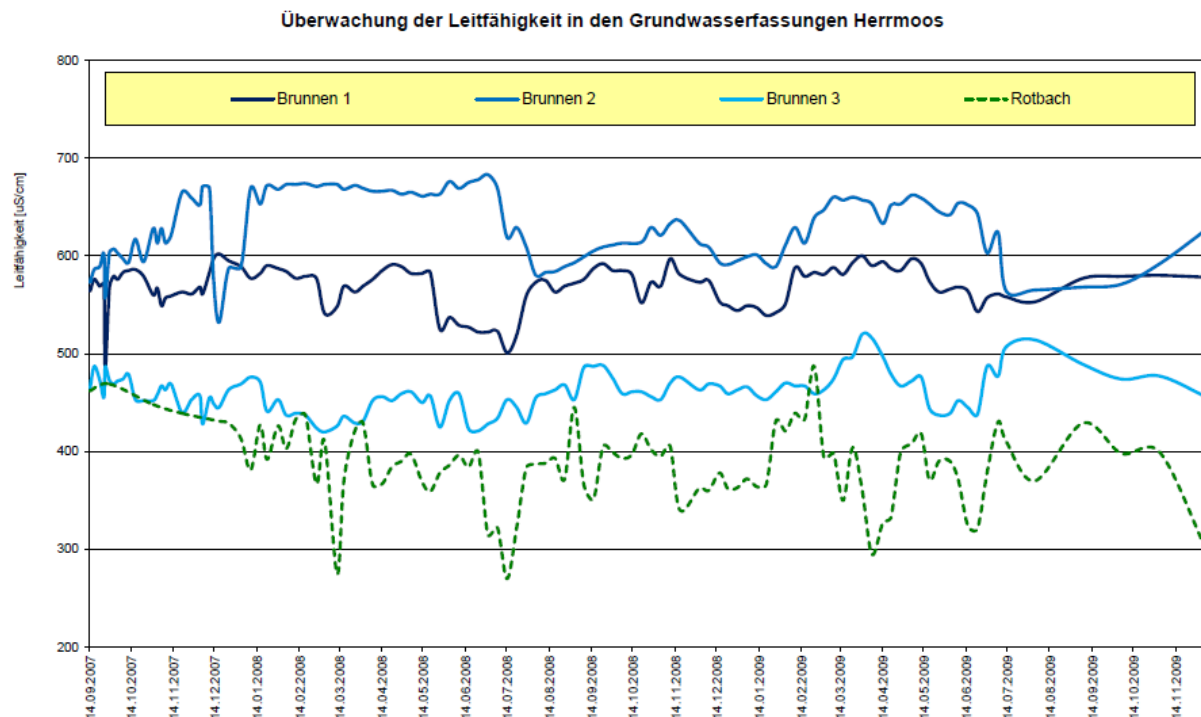


Abb. 2.2: Überwachung der Elektrischen Leitfähigkeit in den GWF Hermoos und im Rotbach vom September 2007 bis Dezember 2009

Der Rotbach weist naturgemäss die tiefste Elektrische Leitfähigkeit (300 – 500 $\mu\text{S/cm}$) auf. Von den Grundwasserfassungen weist die am nächsten zum Rotbach liegende Fassung Hermoos 3 die tiefste Leitfähigkeit auf (400 – 500 $\mu\text{S/cm}$). Dies könnte ein Hinweis auf Bachwasserinfiltrat sein. Die Elektrische Leitfähigkeit bei den vom Rotbach weiter entfernten Fassungen sind leicht höher (Hermoos 1: 500 – 600 $\mu\text{S/cm}$; Hermoos 2: 550 – 700 $\mu\text{S/cm}$).

2.3 Hydrogeologische Verhältnisse

Das Grundwasservorkommen Hermoos ist in eine flache Molassemulde von etwa 300 m Breite eingebettet. Durch die bereits durchgeführten Kernbohrungen ist der Schichtverlauf relativ gut bekannt: unter einer lehmigen Deckschicht von 0.6 – 1.6 m Mächtigkeit liegen kiesig-sandige, teilweise wasserführende Schotter von 2 bis über 15 m Mächtigkeit, worin lokal lehmige schlecht durchlässige Zwischenschichten eingebettet sind. Der Grundwasserstauer wird mehrheitlich durch eine schlecht durchlässige Moräne über dem Molassefels gebildet. Südlich der Firma Eschler, zwischen der Brücke und dem Wasserfall, ist der Fels am linken Bachufer aufgeschlossen. Die Bohrungen 2004 sowie die seismischen Messungen 1982 ergaben, dass der Fels mit rund 14% nach Norden absinkt. Der Fels bildet im östlichen Areal der Firma Eschler eine Schwelle, die das Grundwasserfeld Hermoos mindestens im westlichen Teil aufstaut. Die Stauerkarte zeigt im Bereich der Fassungen eine Senke. In der Mitte des Grundwasservorkommens Hermoos, im Bereich der Grundwasserfassungen, erreicht die Grundwassermächtigkeit rund 10 – 20 m. Sie nimmt an den seitlichen Rändern schnell ab.

Die 2004 erstellten Grundwasserisohypsen (vgl. Anhang Nr. 4) lassen einen Zufluss aus Richtung Rotbach erkennen, dessen Infiltration allerdings nur bescheiden sein kann, wie die Markierversuche (vgl. Kapitel 3) und der Chemismus in der GWF Hermoos 3 belegen. Zu den GWF Hermoos 1 und 2 fliesst auch Grundwasser – wie aus dem Pumpversuch von 1972 ersichtlich - aus Nordosten. Denkbar wäre eine Infiltration vom Weissbach, kurz vor dessen Einmündung in den Rotbach, wo Schotter auf der Höhe des Bachbetts ansteht. Aus nördlicher Richtung fliessen geringe Mengen Hangwasser zur GWF Hermoos 2. Das Grundwasservorkommen Hermoos erhält zudem einen geringen Zuschuss von Hangwasser vom Gebiet Bleicheli linksseitig des Rotbaches.

Das Grundwasserfeld Hermoos erlaubt eine Entnahme von ca. 600 l/min, wobei dieser Wert einem Maximum entspricht. Bei Dauerbezug während einer Trockenperiode dürfte der Ertrag geringer werden. Rechnet man in den Voralpen mit einer Grundwasserneubildung von rund 9 – 10 l/min pro ha, so resultiert für das Grundwasserfeld Hermoos ein Einzugsgebiet von rund 60 – 65 ha Fläche.

2.4 Grundwasserspiegel

Der Grundwasserspiegel im Gebiet Hermoos steht im Ruhezustand 1 – 10 m unter Terrain an. Die in den letzten Jahren durchgeführten zahlreichen Messungen zeigen die Abhängigkeit des Grundwasserspiegels vom Pumpbetrieb in den GWF Hermoos, von der Wasserführung des Rotbaches sowie von den lokalen Niederschlägen.

Die Grundwasserspiegel in den GWF Hermoos reagieren innert Stunden auf den ansteigenden Rotbach, wobei der Anstieg nicht automatisch auf Rotbachinfiltrat zurückzuführen sein muss. Ein Ansteigen des Grundwasserspiegels ergibt sich auch, wenn Hangwasser durch die Stauwirkung des hochwasserführenden Rotbaches nicht abfliessen kann.

2.5 Isohypsen des Grundwasserspiegels

Im Anhang Nr. 4 sind die Isohypsen der Grundwasserspiegel für das Untersuchungsgebiet aufgrund der Wasserspiegelmessungen vom 11. August 2004 (Ruhe- und Pump-Grundwasserspiegel bei durchschnittlicher Grundwasserförderung in den GWF Hermoos 1 und 3) dargestellt. Die aufgezeigten Grundwasserstände zeigen die Grundwasserverhältnisse bei normaler Wasserführung des Rotbaches.

Mit einem Gefälle um 1% fliesst das Grundwasser von Norden, Osten (Weissbach ?) und Süden (Rotbach) im Grundwasservorkommen Hermoos zusammen. Die Entwässerung erfolgt je nach Fördermenge in den Trinkwasserfassungen mehr oder weniger stark über eine Felschwelle im Westen, die von Süden nach Norden abtaucht.

Die Isohypsen zeigen eine Infiltration des Rotbaches zwischen der Schulhausbrücke und der Firma Eschler. Die Ergebnisse des Markierversuches 2004 bestätigen den Verlauf der Grundwassertemperaturen, der Leitfähigkeiten sowie der Grundwasserisohypsen.

2.6 Pumpversuche

Die in den wasserführenden Schichten im Gebiet der GWF Hermoos 1 – 3 angetroffenen mittleren Durchlässigkeitsbeiwerte (vgl. Tabelle 2.2) sind eher bescheiden. Aus den Unterlagen geht jedoch hervor, dass einzelne Horizonte ein Mehrfaches an Durchlässigkeit aufweisen. Die einzelnen Schichten weisen k-Werte zwischen $2.8 \cdot 10^{-2}$ bis $8.3 \cdot 10^{-6}$ m/s auf, wobei die besten Durchlässigkeiten in der GWF Hermoos 1 in 2.7 – 7.2 m Tiefe berechnet wurden.

		GWF Hermoos		
		1	2	3
Schicht-k-Wert von	m/s	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$2.8 \cdot 10^{-4}$	$8.3 \cdot 10^{-6}$
bis	m/s	$2.8 \cdot 10^{-2}$	$3.1 \cdot 10^{-3}$	$1.6 \cdot 10^{-3}$
Mächtigkeit des nutzbaren Grundwasserleiters ²	m	14.00	11.10	15.10

Tabelle 2.2: Resultate der Kleinpumpversuche in den GWF Hermoos

3. MARKIERVERSUCHE

3.1 Bestimmung der Grundwasser-Fliessverhältnisse

Die Fliessverhältnisse des Grundwassers lassen sich mit Hilfe von Markierversuchen zuverlässig bestimmen. Die Markierstoffe werden unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Gegebenheiten und des Gefahrenpotentials in Versickerungsstellen eingepflegt. Zur Bestimmung von Bachwasserinfiltrationen wird der Markierstoff oberhalb der vermuteten Infiltrationsstrecke in den Bach eingepflegt. Die Fliessrichtungen und die Abstandsgeschwindigkeiten des Grundwassers können mit Wasserproben aus der Fassung bestimmt werden. Ein Speziallabor untersucht die Wasserproben quantitativ auf Farbstoffrückstände, wobei festgehalten wird, wann und in welchen Konzentrationen die eingepflegten Farbstoffe in der Fassung aufgetreten sind.

Der Transport eines Markierstoffes im Grundwasser erfolgt durch die Fliessbewegung des Wassers. Der Stoff breitet sich erfahrungsgemäss allmählich aus und verteilt sich auf ein immer grösseres Volumen des durchströmten Mediums. Dies ist das makroskopische Ergebnis der Bewegung von Teilchen des Markierstoffes durch die Porenräume und der verschiedenen physikalischen Vorgänge innerhalb der Poren.

Die Abstandsgeschwindigkeit eines Wasserteilchens ist der Quotient aus dem horizontalen Abstand zweier Messpunkte (Eingabestelle des Farbstoffes - Entnahmestelle der Wasserproben) geteilt durch die Fliesszeit. Da sich die maximale Abstandsgeschwindigkeit aus dem Zeitpunkt des ersten Auftretens des Farbstoffes in der Entnahmestelle ergibt, wird diese Geschwindigkeit wesentlich durch die Nachweisempfindlichkeit und die zeitlichen Abstände der Probenentnahmen bestimmt.

² Der Grundwasserleiter ist inhomogen aufgebaut, d.h. die wasserführenden, gut durchlässigen Schichten werden vermehrt durch geringmächtige lehmige, schlecht durchlässige Schichten unterbrochen.

Die Dimensionierung der Zone S2 erfolgt gemäss Wegleitung Grundwasserschutz in der Regel aufgrund der dominierenden Verweilzeit, welche beim Erreichen des Konzentrationsmaximums (Peak) erreicht wird. In der Farbstoffdurchgangskurve werden die an der Beprobungsstelle gemessenen Farbstoffkonzentrationen gegenüber der Zeit nach der Einspeisung aufgetragen. Die Kurve dient unter anderem der Visualisierung der verschiedenen Fliesszeiten (maximale / dominierende / mittlere Fliesszeiten).

3.2 Markierversuche 1988

1988 wurde mit Markierversuchen abgeklärt, ob zwischen dem Grundwasser im Gebiet der Firma Eschler und dem Grundwasserfeld Hermoos eine hydraulische Verbindung besteht. Die Beschreibung und die Erkenntnisse der Markierversuche wurden aus dem Bericht von 1988³ übernommen und sind im Anhang Nr. 5 ersichtlich.

Diese Markierversuche haben vor der Aufweitung des Bachprofils und der Absenkung des Felsriegels um rund einen Meter bei der Eschlerbrücke stattgefunden. Wir gehen davon aus, dass sich mit der Absenkung die Fliessrichtung des Grundwassers tendenziell Richtung Westen verlagert hat.

3.3 Markierversuch 2004

Im Juni 2004 wurde der Rotbach beim Zusammenfluss Rotbach/Weissbach eingefärbt. Ziel dieser Untersuchung war die Klärung des Einflusses des Rotbachs auf die Grundwasserfassungen Hermoos. Die Beschreibung des Markierversuches wurde aus dem Bericht "Hochwasserentlastung Rotbach"⁴ von 2005 übernommen (vgl. Anhang Nr. 6).

Mit dem Markierversuch konnte die Infiltration zur GWF Hermoos 3 nachgewiesen werden. Der Versuch zeigt somit, dass der Bach nur auf einer kurzen Strecke zwischen den beiden Brücken ins Grundwasserfeld Hermoos infiltriert.

3.4 Markierversuch 2015

In den Jahren 2007 bis 2009 wurde der Rotbach im Gebiet Hermoos in mehreren Etappen ausgebaut und die Bachsohle bei der Göbsmühle beginnend bis zur Eschlerbrücke abgesenkt. Der Felsriegel bei der Eschler-Brücke wurde um ca. einen Meter abgesenkt und der Bachlauf auf das Doppelte verbreitert. Mit der Bachverbreiterung und dem Entfernen der vorher teilweise befestigten Bachsohle könnte der Einfluss des Rotbachs auf das Grundwasserfeld Hermoos vorübergehend grösser gewesen sein. Um die Situation zu prüfen, wurde im Dezember 2015 ein weiterer Markierversuch im Rotbach durchgeführt (Versuchswiederholung MV 2004).

³ Markierversuche Grundwasserfassungen 'Herrmoos'; Dr. O. Lienert, 25. Oktober 1988

⁴ Hochwasserentlastung Rotbach; Geologiebüro Lienert & Haering AG, 7. März 2005

3.4.1 Versuchsanordnung

Zur Abklärung einer möglichen Bachinfiltration in das genutzte Grundwasservorkommen wurde am 1. Dezember 2015 - nach der Entnahme der Nullproben in den GWF Hermoos – der Rotbach beim Zusammenfluss Weissbach / Rotbach eingefärbt. Um ca. 17.00 Uhr impfte Roland Brunner (Geologiebüro Lienert & Haering AG) 900 g Eosin ein (vgl. Situation Anhang Nr. 7). Kurz nach der Einimpfung passierte der Farbstoff im Bachlauf die Höhe der GWF Hermoos.

Zur Bestimmung der hydraulischen Verbindungen entnahm Albert Zimmermann vom 1. – 23. Dezember 2015 in allen drei GWF Hermoos je insgesamt 25 Wasserproben in folgenden Zeitintervallen:

1. Woche	1. – 6. Dezember 2015
Dienstag	Je 1 Probe (Nullprobe)
Mittwoch - Samstag	Je 2 Proben
Sonntag	Je 1 Probe
2. - 3. Woche	7. - 20. Dezember 2015
Montag- Sonntag	Je 1 Probe
4. Woche	21. Dezember 2015
Montag	Je 1 Probe

Tabelle 3.1: Programm der Probenahmen

3.4.2 Auswertung der Wasserproben

Die Wasserproben wurden im Labor Nano Trace Technologies GmbH, Jens BE, auf Farbstoffrückstände analysiert. Der Farbstoff konnte während der ganzen Versuchsdauer in keiner der drei GWF Hermoos nachgewiesen werden.

3.4.3 Schlussfolgerung

Der Markierversuch belegt, dass bei den im Dezember 2015 herrschenden Bedingungen (hauptsächlich trocken, nur vereinzelte Niederschläge) kein oder nur geringste Mengen Bachwasser des Rotbaches in das von den GWF Hermoos genutzte Grundwasservorkommen infiltrieren.

3.5 Markierversuche 2016

3.5.1 Versuchsanordnung

Zur Bestimmung des Einzugsgebietes der GWF Hermoos wurden am 8. Juli 2016 weitere Markierversuche durchgeführt. Nach der Entnahme der Nullprobe in den GWF Hermoos wurden unter Berücksichtigung der bereits bekannten hydrogeologischen Verhältnisse und möglicher Verschmutzungsherde im näheren Einzugsgebiet der GWF Hermoos vier Markierstoffe in Sondierschlitz eingepflegt (Situation vgl. Anhang Nr. 8). Die eingepflegten Farbstoffe wurden mit 2 – 3 m³ Wasser nachgespült.

Der 2.6 m tiefe Sondierschlitz A wies eine Fläche von ca. 2.5 auf 0.6 m auf. Dabei wurde folgendes Grabenprofil aufgenommen:

0.00 – 0.30 m	Humus
0.30 – 1.80 m	leicht siltiger Fein- bis Mittelsand mit Kies
1.80 – 2.60 m	Fein- bis Mittelsand mit Kies, ab 2.5 m Wasser

Der 2.4 m tiefe Sondierschlitz B hatte eine Fläche von ca. 2.6 auf 0.6 m.

0.00 – 0.20 m	Humus
0.20 – 0.70 m	siltiger Feinsand mit wenig Kies
0.70 – 1.60 m	leicht siltiger Feinsand mit Kies und einzelne Steinen
1.60 – 2.40 m	Fein- bis Mittelsand mit Kies und Steine

Der 2.1 m tiefe Sondierschlitz C hatte eine Fläche von ca. 2.5 auf 0.6 m.

0.00 – 0.20 m	Humus
0.20 – 0.50 m	siltiger Feinsand
0.50 – 1.10 m	siltiger Fein- bis Mittelsand mit Kies
1.10 – 1.40 m	Fein- bis Mittelsand
1.40 – 2.10 m	sandiger Kies mit Steinen

Der 3 m tiefe Sondierschlitz D hatte eine Fläche von ca. 2.5 auf 0.6 m.

0.00 – 0.25 m	Humus
0.25 – 0.60 m	Fein- bis Mittelsand mit Kies
0.60 – 0.90 m	alter Boden
0.90 – 2.80 m	Fein- bis Mittelsand
2.80 – 3.00 m	Mittelsand mit Kies und Steinen

Die Distanzen der Impfstellen zu den GWF Hermoos und die eingesetzten Farbstoffe sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Impfstellen	A	B	C	D
Distanz zur GWF I	183 m	96 m	105 m	104 m
GWF II	111 m	98 m	165 m	166 m
GWF III	182 m	161 m	170 m	97 m
Farbstoff	Eosin	Sulforhodamin G	Uranin	Sulforhodamin B
Farbstoff-Menge	100 g	100 g	100 g	100 g
Wassermenge	2 m ³	3 m ³	2 m ³	2 m ³

Tabelle 3.2: Angaben zu den Impfstellen

Zur Bestimmung der hydraulischen Verbindungen entnahm Albert Zimmermann vom 8. Juli bis am 5. August 2016 in allen drei GWF Hermoos je insgesamt 24 Wasserproben in folgenden Zeitintervallen:

1. Woche	8. – 10. Juli 2016
Freitag	Je 1 Probe (Nullprobe)
Samstag - Sonntag	Je 1 Probe
2. - 4. Woche	11. - 31. Juli 2016
Montag- Samstag	Je 1 Probe
Sonntag	Keine Probe
5. Woche	1. – 5. August 2016
Montag, Mittwoch, Freitag	Je 1 Probe
Dienstag, Donnerstag, Samstag, Sonntag	Keine Probe

Tabelle 3.3: Programm der Probenahmen

Die Proben wurden im Labor Nano Trace Technologies GmbH, Jens BE, auf Farbstoffrückstände analysiert. In den GWF Hermoos wurde bei jeder Fassung vor jeder Probenahme mindestens 12 – 15 m³ Grundwasser gefördert. In der nachfolgenden Grafik ist der Grundwasserspiegel von der GWF 3 während den Markierversuchen 2015 und 2016 dargestellt. Ersichtlich ist, dass während den Markierversuchen aufgrund des genügenden Quellwasserertrags für die Trinkwasserversorgung nur wenig wasserwerksmässig gepumpt wurde.

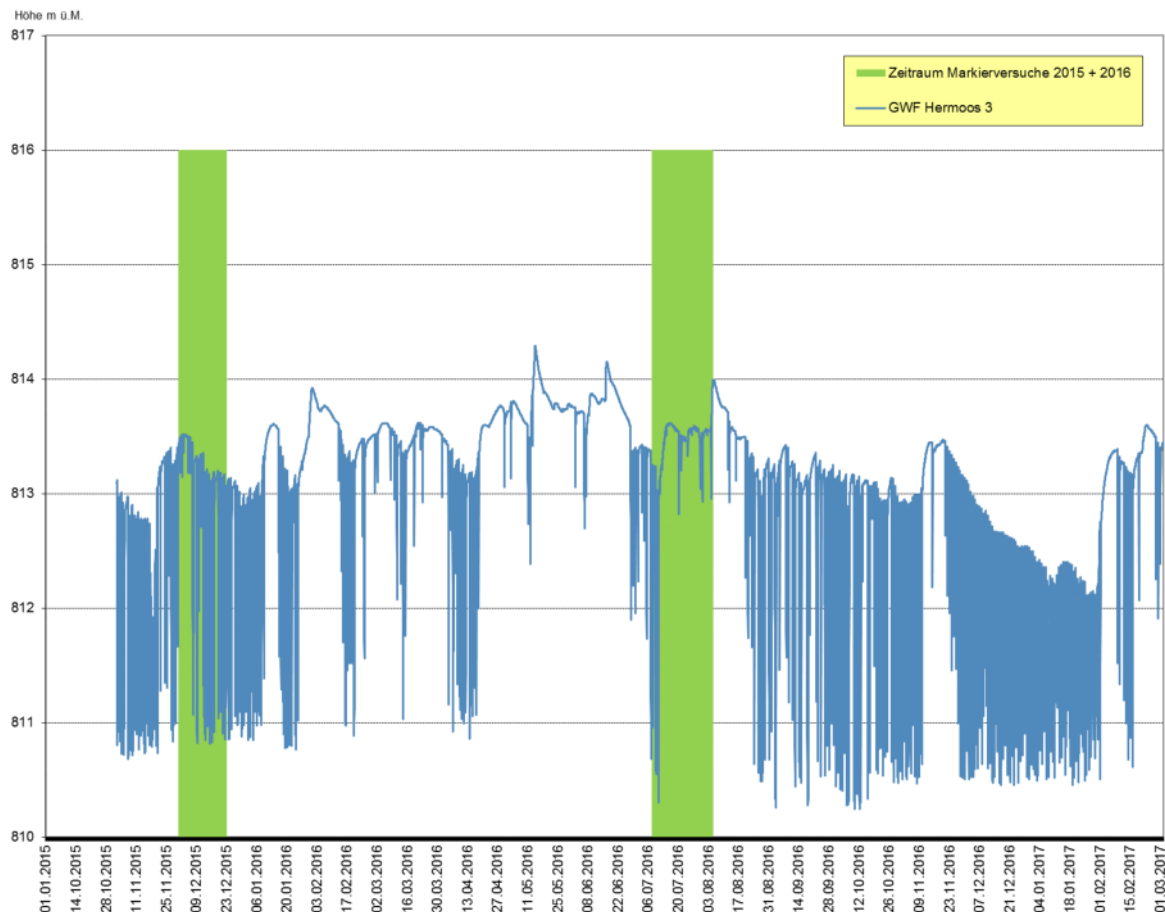


Abb. 3.1: Grundwasserspiegel in der GWF Hermoos 3 während den Markierversuchen 2015 und 2016

3.5.2 Auswertung der Wasserproben

GWF Hermoos 1

Der Farbstoff Uranin (**Impfstelle C**) konnte in der GWF Hermoos 1 am 1. August 2016, 24 Tage nach der Impfung, zum ersten Mal nachgewiesen werden. Die maximale Farbstoffkonzentration von 20 µg/m³ wurde zwei Tage später, am 3. August 2016, erreicht. Bei Versuchsende am 5. August 2016 war der Farbstoff noch mit einer Konzentration von 10 µg/m³ nachweisbar (Daten vgl. Anhang Nr. 9).

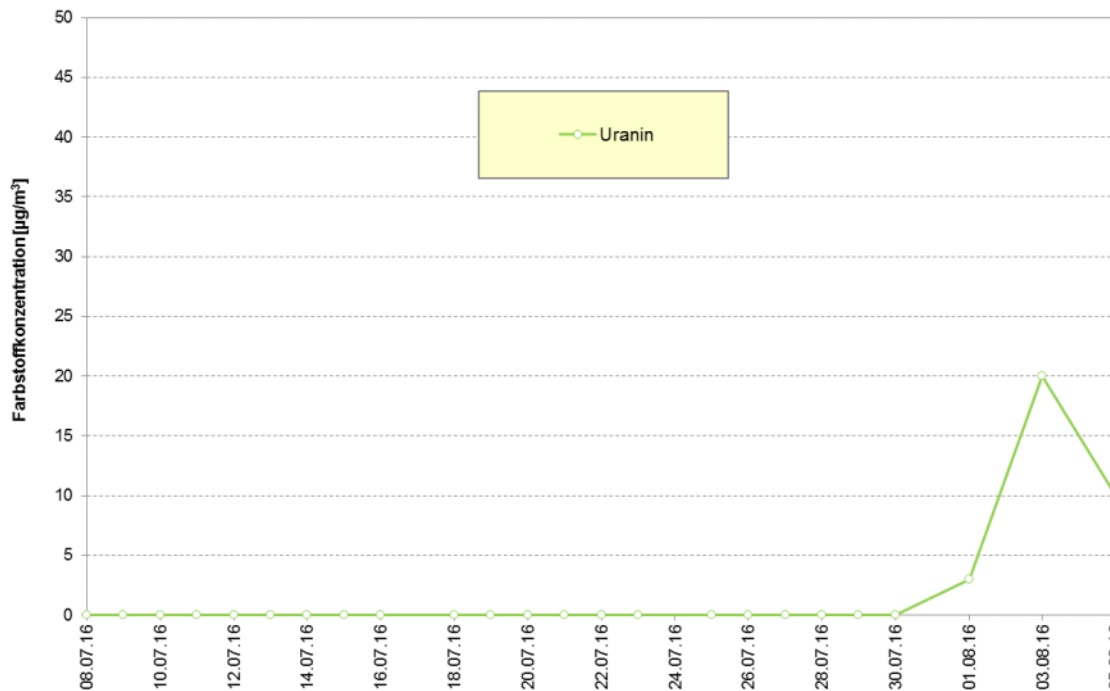


Abb. 3.2: Farbstoffnachweis in der GWF Hermoos 1

Die Farbstoffe Eosin (**Impfstelle A**), Sulforhodamin G (**Impfstelle B**) und Sulforhodamin B (**Impfstelle D**) konnten in der GWF Hermoos 1 nicht nachgewiesen werden.

GWF Hermoos 2

In der GWF Hermoos 2 konnte während der gesamten Versuchsdauer keiner der vier eingesetzten Farbstoffe nachgewiesen werden.

GWF Hermoos 3

In der GWF Hermoos 3 konnte während der gesamten Versuchsdauer keiner der vier eingesetzten Farbstoffe nachgewiesen werden.

3.5.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen der Markierversuche

Die maximale Abstandsgeschwindigkeit $v_{\max}$ lässt sich aus dem Zeitpunkt des ersten Nachweises des Farbstoffes in der GWF und der Distanz zwischen der Eingabestelle und der Entnahmestelle berechnen, die mittlere Abstandsgeschwindigkeit v_{mit} lässt sich gemäss Definition über die maximale Farbstoffkonzentration ermitteln. Die folgende Tabelle zeigt die aufgrund der Markierversuche ermittelten maximalen und mittleren Fliessgeschwindigkeiten.

Impfstelle	C
Farbstoff	Uranin
Fliessgeschwindigkeiten [m/Tag]	
maximale	4.4
mittlere	4

Tabelle 3.4: Nachgewiesene Fliessgeschwindigkeiten

Das Nicht-Erscheinen der Farbstoffe der Impfstellen A, B und D kann wie folgt erklärt werden:

- Der Farbstoff Eosin (Impfstelle A) wurde in schlecht durchlässige Moräne in das in 2.5 m Tiefe vorhanden Grundwasser eingepfht. Wir vermuten, dass der Farbstoff aufgrund des N – S verlaufenden Felsriegels Richtung Südwesten abfloss.
- Der Farbstoff Sulforhodamin G wurde bei der Impfstelle B in Moräne über den wasserführenden Kiesschichten eingepfht. Aufgrund des Hauptzuflusses aus östlicher Richtung und der geringen Fliessgeschwindigkeiten, wie bei der Impfstelle C nachgewiesen, ist der Farbstoff vermutlich erst nach Abschluss der Probenahmen zur GWF Hermoos 1 gelangt.
- Der Farbstoff Sulforhodamin B wurde bei der Impfstelle D (linke Seite des Rotbaches) nahe des Rotbachs in Bachablagerungen eingepfht. Vermutlich ist der Farbstoff aufgrund der Hauptfliessrichtung des Grundwassers von E – W an der GWF Hermoos 3 vorbeigeflossen.

4. DIE GRUNDWASSERFASSUNGEN HERMOOS

4.1 Standort

Die drei GWF Hermoos liegen im Wiesland zwischen der Firma Eschler und dem Schulhaus Hermoos bzw. zwischen Bahnhof und Rotbach. Bei allen drei Fassungen ist ein abschliessbarer Zustiegsschacht mit feuerverzinktem Deckel sowie ein Revisionsschacht mit abschliessbarem Chromstahldeckel für die Auswechslung der Pumpen vorhanden.

GWF Hermoos 1:

Die GWF Hermoos 1 (Koordinaten: 2'749'776 / 1'248'669; 817.0 m ü.M.) liegt auf der Parzelle Nr. 442 (derzeitiger Eigentümer: Einwohnergemeinde Bühler).



Abb. 4.1: GWF Hermoos 1



Abb. 4.2: Filterbrunnen I mit Pumpen

GWF Hermoos 2:

Die GWF Hermoos 2 (Koordinaten: 2'749'717 / 1'248'711; 817.8 m ü.M.) liegt auf der Parzelle Nr. 640 (derzeitiger Eigentümer: Einwohnergemeinde Bühler).



Abb. 4.3: GWF Hermoos 2



Abb. 4.4: Filterbrunnen II mit Pumpe

GWF Hermoos 3:

Die GWF Hermoos 3 (Koordinaten: 2'749'722 / 1'248'622; 816.9 m ü.M.) liegt wie die GWF Hermoos 2 auf der Parzelle Nr. 640.



Abb. 4.5: GWF Hermoos 3



Abb. 4.6: Filterbrunnen III mit Pumpe

4.2 Technische Daten

Die GWF Hermoos wurden 1968 nach der umfangreichen Sondierkampagne von 1962 erstellt. Die Bohrprofile sind in den Anhängen Nrn. 3a - 3c ersichtlich.

GWF Hermoos 1:

Die GWF Hermoos 1 wurde an der Stelle der Sondierbohrung 7-62 erstellt und besteht aus einem Betonrohr mit 0.6 m Durchmesser. Über den Aufbau der Verrohrung sind keine Angaben vorhanden. Die Oberkante (OK) des Schachtes liegt auf 816.90 m ü.M., die OK des Filterbrunnens auf 815.30 m ü.M. Im Filterbrunnen (FB) sind zwei Pumpen mit einer Leistung à 300 l/min installiert.

Bei der Bohrung 7-62 wurde in 12 – 17 m Tiefe lehmiger Sand mit geringer Durchlässigkeit angetroffen, weshalb mindestens lokal von zwei voneinander unabhängigen Grundwasserstockwerken ausgegangen wird.

GWF Hermoos 2:

Die GWF Hermoos 2 wurde an der Stelle der Sondierbohrung 2-62 erstellt und besteht aus einem Chromstahlrohr mit 0.4 m Durchmesser. Der FB beginnt in einem unterirdischen Bauwerk in 816.29 m ü.M., OK Schacht liegt auf 818.03 m ü.M. In 4.5 – 6.5 m und 8.5 – 14.5 m ab OK Terrain sind Filterrohre eingebaut. In der Fassung ist eine Pumpe à 200 l/min installiert.

GWF Hermoos 3:

Die GWF Hermoos 3 wurde an der Stelle der Sondierbohrung 1-62 erstellt und besteht aus einem Chromstahlrohr mit 0.4 m Durchmesser. Der FB beginnt in einem unterirdischen Bauwerk in 815.5 m ü.M., OK Schacht liegt auf 817.22 m ü.M. In 3 – 6 m und 9 – 16 m ab OK Terrain sind Filterrohre eingebaut. In der Fassung ist eine Pumpe à 200 l/min installiert.

Das geförderte Grundwasser wird ohne Aufbereitung ins Reservoir Hermoos und anschliessend ins Netz Dorf gepumpt.

4.3 Grundwasserspiegel

Im Zusammenhang mit der Rotbachsanierung wurden über mehrere Jahre die Grundwasserspiegel in mehreren Bohrungen und in den GWF Hermoos mit Datenloggern aufgezeichnet. Bei den GWF Hermoos liegt im Normalfall der leicht gespannte Grundwasserspiegel in 2.5 – 3.0 m Tiefe ab OK Terrain. In extremen Niederschlagsperioden steigt der Grundwasserspiegel so stark an, dass das Grundwasser bei den bestehenden Filterbrunnen in den Betonschacht überläuft.

Bei Pumpbetrieb wird in der GWF Hermoos 1 bei der Förderung mit einer Pumpe der Grundwasserspiegel um rund 0.5 m abgesenkt. Bei der GWF Hermoos 3 beträgt die Absenkung rund 2.5 – 3.0 m. Im Anhang Nr. 10 sind die Grundwasserspiegel der GWF Hermoos 1 – 3 sowie des Rotbachs der Jahre 2008 bis 2010 dargestellt.

4.4 Fördermenge

Die nachfolgende Tabelle zeigt die jährlichen Fördermengen in den drei Grundwasserfassungen seit 2005. Die durchschnittliche Fördermenge beträgt rund 55'000 m³/Jahr.

Jahr	Fördermenge [m³/Jahr]			Total
	GWF 1	GWF 2	GWF 3	m³/Jahr
2005	35'373	0	17'698	53'071
2006	33'199	0	17'265	50'464
2007	32'324	0	23'615	55'939
2008	33'729	0	19'271	53'000
2009	4'708	0	927	5'635
2010	26'032	0	9'863	35'895
2011	33'352	0	21'176	54'528
2012	41'246	0	29'255	70'501
2013	62'688	0	36'023	98'711
2014	32'897	2'744	19'331	54'972
2015	42'136	3'426	23'193	68'755
2016	27'364	958	17'334	45'656
Mittel	33'754	594	19'579	53'927

Tabelle 4.1: Jährliche Fördermengen in den GWF Hermoos

4.5 Wasserbedarf

Die WV Bühler versorgt rund 1'700 Personen sowie mehrere Industrie- und Gewerbebetriebe mit Trink- und Brauchwasser. Die jährliche Wasserbeschaffung beträgt im Schnitt der letzten Jahre rund 150'000 m³. Mit den Quellen in den Gebieten Untere Hägni, Städeli-Hüsli, Weissen, Moosweid und Schlittern deckt die WV rund die Hälfte des gesamten Trinkwasser- und Brauchwasserbedarfs. Die restlichen 50% werden von den GWF Hermoos und der RWAM bezogen.

Die Daten der gesamten Wasserbeschaffung der WV Bühler sind im Anhang Nr. 11 zusammengestellt.

5. WASSERQUALITÄT

5.1 Allgemeines

Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Grundwassers werden durch das Locker- und Festgestein sowie durch die Bodenschichten im Einzugsgebiet beeinflusst. Menschliche Einflüsse, vor allem Abgänge aus Haushalt, Gewerbe, Industrie und Landwirtschaft, können die Wasserqualität beeinflussen.

Im schweizerischen Lebensmittelbuch (SLMB) und in der Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV) werden für die einzelnen Untersuchungsparameter Erfahrungs- und Toleranzwerte für Trinkwasser angegeben. Die Erfahrungswerte bezeichnen Konzentrationen, die in der Regel auf wenig oder nicht anthropogen beeinflusstes Grund- und Quellwasser hindeuten. Toleranzwerte sind Höchstkonzentrationen von Stoffen, bei deren Überschreitung das Trinkwasser von der Kontrollbehörde beanstandet wird.

5.2 Zusammenfassung der Trinkwasseranalysen

Für die Beurteilung der Wasserqualität standen uns vom Rohwasser der GWF Hermoos 1 acht bakteriologisch/chemische sowie vom Rohwasser der GWF Hermoos 2 und 3 je zwei bakteriologische Wasserproben aus den Jahren 2013 – 2016 zur Verfügung. Zudem standen uns vom Einlauf in die Reservoirkammer (Mischwasser Hermoos) 29 bakteriologische und 5 Nitrat-Analysen zur Verfügung. Die Daten sind im Anhang Nr. 12 zusammengestellt.

Von den insgesamt 41 Rohwasserproben mussten vier wegen ungenügender bakteriologischer Qualität beanstandet werden. Es konnten die Fäkalbakterien *Escherichia coli* und Enterokokken nachgewiesen werden, welche aus den Exkrementen von Warmblütern stammen. Gemäss Lebensmittelbuch dürfen im Trinkwasser weder *Escherichia coli* noch Enterokokken nachweisbar sein.

Das in der GWF Hermoos 1 geförderte Grundwasser weist eine Gesamthärte von rund 34°fH auf und wird somit als hart bezeichnet. Der pH-Wert liegt zwischen 7.2 bis 7.4 und die Leitfähigkeit zwischen 540 – 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$. In chemischer Hinsicht ist das Wasser aktuell - soweit untersucht - von einwandfreier Qualität. Im Jahr 2013 überschritt die Chloridkonzentration zweimal den Erfahrungswert von 20 mg/l für Trinkwasser gemäss SLMB. Erfahrungsgemäss muss als mögliche Ursache die Strassensalzung in Betracht gezogen werden. Die Sulfat- und Nitratkonzentrationen sind gering, Ammonium und Nitrit konnten in keiner Probe nachgewiesen werden. Die Sauerstoffsättigung liegt zwischen 43 und 64%, es sind keine reduzierenden Verhältnisse vorhanden. Das Grundwasser wurde mehrmals auf Eisen und Mangan untersucht, deren Konzentrationen unter der Nachweisgrenze lagen.

Das Grundwasser aus der GWF Hermoos 1 wurde mehrmals auf flüchtige organische Verbindungen untersucht. Es konnte keiner der analysierten Stoffe nachgewiesen werden (vgl. Anhang Nr. 12). Zudem wurde die Fassungen bereits mehrfach auf Pflanzenschutzmittel und Indikatorstoffe untersucht. Dabei konnten Atrazin, Desethylatrazin, Desisopropylatrazin, Simazin, 2,6-Dichlorbenzamid und 1H-Benzotriazol nachgewiesen werden (vgl. Anhang Nr. 12). Die gemessenen Konzentrationen lagen immer unter den Anforderungen an Grundwasser, das als Trinkwasser verwendet wird (0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ je Einzelstoff).

Die Grundwassertemperaturen zeigen die saisonalen Schwankungen. Die gegenüber den GWF Hermoos 1 und 2 in der GWF Hermoos 3 festgestellten deutlich höheren Temperaturamplituden können mit der Nähe zum Rotbach erklärt werden.

5.3 Weiteres Vorgehen

Mit der Umsetzung der in den Übergangsbestimmungen festgelegten Massnahmen für die Gefahrenherde (vgl. Kap. 6.2) darf mit einer Verbesserung der Wasserqualität gerechnet werden. Zur Sicherstellung einer einwandfreien bakteriologischen Trinkwasserqualität sollte das geförderte Grundwasser vorsorglich aufbereitet werden.

Im Interesse einer optimalen Trinkwasserkontrolle ist die bakteriologische Qualität des Grundwassers (Rohwasser vor Aufbereitung) regelmässig (vierteljährlich) zu untersuchen. Aufgrund der Nutzungen im Einzugsgebiet soll die chemische Qualität des Rohwassers direkt an der Fassung mindestens einmal jährlich umfassend kontrolliert werden.

6. DIE GRUNDWASSERSCHUTZZONEN

6.1 Dimensionierung der Grundwasserschutzzonen

6.1.1 Allgemeine Bemerkungen

Zusammenfassende Informationen zu den Themen 'Ziel und Zweck der Schutzzonen', 'Dimensionierungsgrundsätze', 'Einschränkungen in den Schutzzonen' und 'Anforderungen an den Schutzzonenplan' finden sich im Anhang Nr. 13 unter 'Erläuterungen zu den Grundwasserschutzzonen'.

6.1.2 Veränderungen bisherige Schutzzonen - neue Schutzzonen

Die neuen Schutzzonen stützen sich auf die bisherigen, rechtskräftig ausgeschiedenen Schutzzonen. Im Weiteren wurden die neuen Erkenntnisse aus den Markierversuchen 2016 berücksichtigt, welche «nur» einen positiven Nachweis aus östlicher Richtung mit einer mittleren Abstandsgeschwindigkeit von 4.0 m/Tag ergab. Die fehlenden Farbstoffnachweise könnten auf die vorhandene lehmige Zwischenschicht (verschwemmte Moräne) zurück zu führen sein, welche nur eine geringe Durchlässigkeit aufweist. Möglicherweise sind die Farbstoffe zu einem späteren Zeitpunkt noch zu den Fassungen gelangt.

Ein weiterer Aspekt ist die Tatsache, dass ein Felsriegel im Bereich der Eschlerbrücke das zufließende Grundwasser staut. Das Grundwasser sammelt sich im rund 300 x 150 m grossen Kies-Sand Becken und bildet ein unterirdisches Reservoir, das Richtung Westen beim Felsriegel entwässert. Zufließendes Hangwasser – mit Schad- oder Farbstoffen - fliesst dadurch nur sehr langsam durch das im Becken aufgestaute Grundwasser. Eine Umwälzung findet erst durch den Pumpbetrieb in den Fassungen statt.

Aufgrund der langsamen Fliessgeschwindigkeiten, welche mit den tiefen k-Werten bei den Pumpversuchen in den Bohrungen bestätigt wurden, und den geringen Hangwasserzuflüssen aus nördlicher Richtung konnten die Grundwasserschutzzonen redimensioniert werden.

- Die Zonen S1 wurden neu mit einem Radius von 15 m ab Fassungsschacht festgelegt (früherer Radius: 25 m).
- Die Zone S2 wurde im westlichen und im südlichen Teil verkleinert, im östlichen Teil vergrössert und im nördlichen Teil in etwa gleich belassen.
- Die Zone S3 wurde im nördlichen, westlichen und südlichen Teil verkleinert. Im östlichen Teil wurde die Zone S3 in etwa gleich belassen.

Die Veränderungen zwischen den bisherigen Schutzzonen und den neuen Schutzzonen sind im Plan im Anhang Nr. 14 und im Auflageplan (Beilage; Plan Nr. 2015-217/1) ersichtlich.

6.1.3 Zone S1

Die Zone S1 soll verhindern, dass Trinkwasserfassungen sowie deren unmittelbare Umgebung beschädigt oder verschmutzt werden. Es sollten keinerlei Fremdstoffe (z.B. tierische Dünger) direkt in die Fassung gelangen, ohne dass Eliminations- oder Reinigungsvorgänge wirksam werden können.

Die Zone S1 wurde neu mit einem Radius von 15 m ab Fassungsschacht festgelegt. Innerhalb dieser Fläche sind nur Nutzungen zulässig, die der Wasserversorgung dienen. Der unverletzten Humusdecke kommt eine wichtige Schutz- und Reinigungsfunktion zu. Die Zonen S1 sind mit geeigneten Massnahmen zu markieren.

6.1.4 Zone S2

Massgebend für die Dimensionierung der Zone S2 ist die mittlere Verweildauer in der Zone S2. Die GSchV (Anhang 4 Ziffer 123) verlangt, dass *'die Fliessdauer des Grundwassers vom äusseren Rand der Zone S2 bis zur Grundwasserfassung ... mindestens zehn Tage beträgt'*. Zudem muss der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2 in der Zuströmrichtung mindestens 100 m betragen.

Berechnung der Zone S2 nach LANDES & WYSSLING

Die Berechnung der Umgrenzung der Zone S2 kann nach den Formeln von LANDES & WYSSLING (Eclogae geol. Helv. 72.2, 401 – 406) vorgenommen werden (vgl. Abb. 6.1). Für diese Berechnungen müssen folgende Daten zur Verfügung stehen:

- H = Mächtigkeit des Grundwasserleiters (m)
- k = Durchlässigkeit des Grundwasserleiters (m/s)
- i = Gefälle der Grundwasseroberfläche im Ruhezustand
- p = effektive Porosität (für die Zirkulation des Grundwassers zur Verfügung stehender freier Porenraum in Volumenprozenten)
- Q = Entnahmemenge im Pumpwerk (m³/s)

Mit diesen Daten können der Entnahmebereich und die Strecken gleicher Laufzeit berechnet werden:

$$B = \frac{Q}{H \cdot k \cdot i} \quad \text{Entnahmebreite oberstrom [m], bei Entnahme Q}$$

$$b = \frac{B}{2} = \frac{Q}{2H \cdot k \cdot i} \quad \text{Entnahmebreite auf Fassungshöhe [m]}$$

$$x_o = \frac{B}{2\pi} = \frac{Q}{2\pi \cdot H \cdot k \cdot i} \quad \text{Strecke vom Pumpwerk bis zur talseitigen Begrenzung des Entnahmebereiches [m], entspricht unterem Kulminationspunkt}$$

$$v_o = \frac{k \cdot i \cdot 86'400}{p} \quad \text{natürliche Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers [m/Tag]}$$

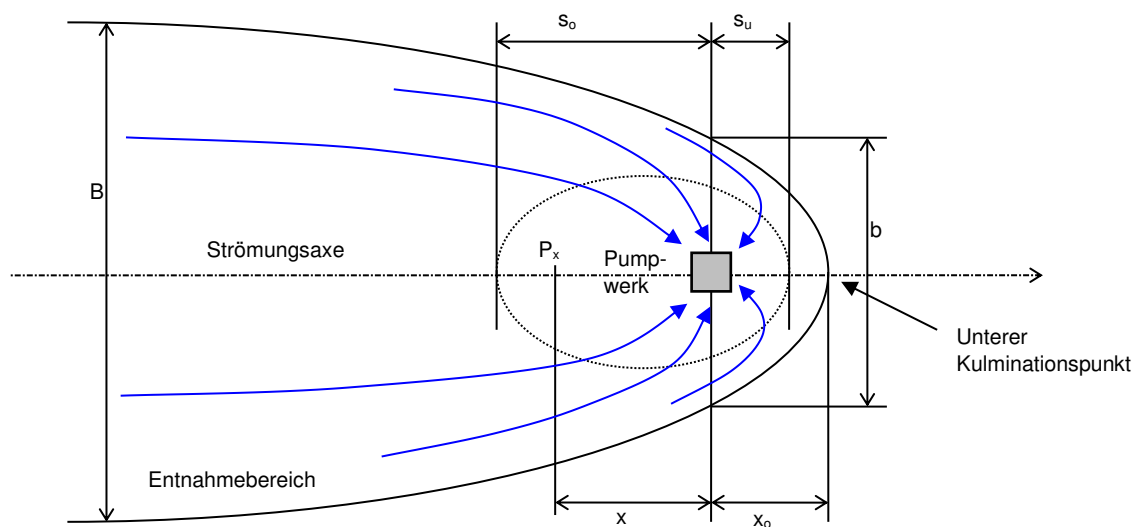


Abb. 6.1: Graphische Darstellung eines Strömungsbildes bei einer Grundwasserfassung in Lockergesteinen (aus: WYSSLING, 1979)

Gesuchte Grössen für die Zone S2:

Mit der modifizierten Formel von LANDES

$$s_{o/u} = \frac{\pm d + \sqrt{d \cdot (d + 8 \cdot x_o)}}{2}$$

können die Abstände der Zone S2 abgeschätzt werden, indem

$$d = v_o \cdot t \quad (t: \text{Laufzeit in Tagen, in unserem Fall: 10, bzw. 20})$$

s_o, s_u Strecke stromaufwärts, bzw. stromabwärts von der Fassung bis zu einem Punkt auf der Strömungsachse mit der gewünschten Laufzeit t , in Metern.

Die so gewonnenen Werte für s sind als Abstände der Zone S2 einzusetzen.

Die Formeln setzen homogene Grundwasserleiter voraus, was in der Natur nur selten der Fall ist. Die berechneten Abstände der Schutzzonen-Umgrenzung sind deshalb nur als grobe Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse zu betrachten. Aus diesem Grunde verlangt die Gewässerschutzverordnung, dass der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2 in Zuflussrichtung mindestens 100 m beträgt.

Im Anhang Nr. 15 ist die Berechnung für die GWF Hermoos 1 – 3 nach LANDES & WYSSLING ersichtlich.

Unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse, der Resultate der Markierversuche, der Topographie und der Berechnung nach Landes & Wyssling wurde der Abstand von der Zone S1 zur Zone S2 in Zuströmrichtung mit maximal 110 m dimensioniert.

6.1.5 Zone S3

Die Zone S3 bildet eine Pufferzone um die Zone S2. Sie gewährleistet den Schutz vor Anlagen und Tätigkeiten, die ein besonderes Risiko für das Grundwasser bedeuten (z.B. Materialabbau, Gewerbe- und Industriebetriebe) und soll es ermöglichen, dass bei unmittelbar drohender Gefahr (z.B. bei einem Unfall mit einem Gefahrgut) für die erforderlichen Interventions- oder Sanierungsmassnahmen genügend Zeit und Raum zur Verfügung stehen.

Stromaufwärts wurde der Abstand von der Zone S2 zur Zone S3 mit maximal 105 m dimensioniert.

6.2 Gefahrenherde

Tankanlagen

Im Gebäude Assek. Nr. 190 auf der Parzelle Nr. 153 in der Zone S3 ist ein Heizöl-Tank mit 17'000 Liter Inhalt vorhanden.

Massnahmen:

Der Tank in der Zone S3 ist gemäss Schutzzonenreglement innert zwei Jahren seit Inkrafttreten des Reglements an die bundesrechtlichen Vorschriften anzupassen oder stillzulegen.

Schmutzwasserleitungen

Innerhalb der Zone S2 sind nur doppelwandige Schmutzwasserleitungen vorhanden.

In der Zone S3 sind einwandige und doppelwandige Schmutzwasserleitungen sowie eine Druckleitung vorhanden.

Massnahmen:

Die doppelwandig geführten Schmutzwasserleitungen in der Zone S2 sind jährlich visuell auf Leckwasser und alle sechs Jahre auf ihre Dichtheit zu prüfen. Die Schmutzwasserleitungen in der Zone S3 müssen gemäss dem Schutzzonenreglement innert Jahresfrist und nachher alle sechs Jahre auf ihre Dichtheit geprüft werden.

Allfällige Mängel sind umgehend zu beheben.

Verkehrsanlagen

Die durch die Zonen S2 und S3 verlaufenden Strassen (Bleichelstrasse, Hermoosstrasse und Grünaustrasse) sind Privatstrassen der Flurgenossenschaft Bleicheli. Die Strassen sind öffentlich und mit einer 30-Zone belegt. Die Grundwasserschutzzonen sind mit der Tafel Wasserschutzgebiet signalisiert.

Die Bleichelstrasse ist von der Parzelle Nr. 77 bei Nohblacke bis zur Göbismühle mit Randbordüren und einer Vollentwässerung versehen.

Die Hermoosstrasse ist mit einer Entwässerung versehen

Die Grünaustrasse wird über die Schulter entwässert.

Der Umschlagplatz beim ehemaligen Gebäudekomplex der Firma Eschler, heute Eschlerpark genannt, in der Zone S2 ist mit einer Vollentwässerung und Retention auf dem Vorplatz versehen und ist zonenkonform.

In der Zone S3 verläuft das Bahngleis der Appenzeller Bahn. Zudem befindet sich in der Zone S3 das Bahnhofareal Bühler.

Bei der Parzelle Nr. 73 ist ein unbefestigter Parkplatz vorhanden.

Massnahmen:

Die Verkehrsanlagen sind innert zehn Jahren den Vorschriften von Art. 11 und 12 des Schutzzonenreglements anzupassen.

Private unbefestigte Garagenvorplätze in der Zone S2 sind bei einer Umnutzung, Umgestaltung bzw. Sanierung den geltenden Vorschriften anzupassen.

Betriebe mit wassergefährdenden Stoffen

Im Eschlerpark sind zur Zeit diverse Firmen eingemietet.

Massnahmen:

Nach Vollzug des Reglements sind allfällige Gefahrenherde innert Jahresfrist zu erheben. Erforderlichen Schutzmassnahmen sind unter Berücksichtigung des Gefahrenpotentials innert fünf Jahren nach dem Stand der Technik zu treffen.

Belastete Standorte

Die Parzellen Nr. 157 und 684 sind unter der Katasternummer 3021B0005 im Kataster der belasteten Standorte eingetragen. Für den Standort wurde eine Voruntersuchung bestehend aus Historischer und Technischer Untersuchung durchgeführt. Aufgrund der Ergebnisse der Voruntersuchung wurde der Standort als belastet, aber weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig eingestuft.

Massnahmen:

Keine weiteren Massnahmen notwendig.

6.3 Nutzungseinschränkungen

Bodenbewirtschaftung und Düngung in der Zone S2 richten sich nach dem Bundesrecht⁵ und den ergänzenden Richtlinien. Die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln⁶ und Holzschutzmittel⁷ muss ebenfalls nach den Vorgaben des Bundes erfolgen.

Ackerbau ist in der Zone S2 nicht zulässig.

7. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die WV Bühler stellt in der Gemeinde Bühler die Wasserversorgung sicher und versorgt rund 1'700 Personen sowie mehrere Industrie- und Gewerbebetriebe mit Trink- und Brauchwasser. Die jährliche Wasserbeschaffung betrug in den letzten Jahren im Mittel rund 150'000 m³. Zur Sicherstellung ihres Trink- und Brauchwasserbedarfs nutzt die WV Bühler unter anderem die GWF Hermoos, in welchen jährlich im Mittel der letzten Jahre rund 55'000 m³ Grundwasser gefördert wurden. Zum Schutz des Grundwassers müssen Wasserversorgungen Schutzzonen um Grundwasserfassungen ausscheiden. Die Schutzzonen haben die Aufgabe, das Grund- und Quellwasser im Einzugsgebiet von Trinkwasserfassungen vor Verunreinigungen zu schützen. Die WV Bühler beauftragte unser Büro die bestehenden rechtskräftigen Schutzzonenunterlagen zu überarbeiten.

Die GWF Hermoos bestehen aus drei Filterbrunnen, welche 1968 nach einer umfangreichen Sondierkampagne erstellt wurden.

Mehrere Wasserproben mussten wegen ungenügender bakteriologischer Qualität beanstandet werden. In chemischer Hinsicht ist das Grundwasser - soweit untersucht - von einwandfreier Qualität. Obwohl bei Einhaltung der landwirtschaftlichen Nutzungsbeschränkungen innerhalb der Zone S2 mit einer Verbesserung der Wasserqualität gerechnet werden darf, empfehlen wir, zur Sicherstellung einer einwandfreien bakteriologischen Trinkwasserqualität, das geförderte Grundwasser vorsorglich aufzubereiten.

⁵ Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) vom 18. Mai 2005; Anhang 2.6

⁶ ChemRRV vom 18. Mai 2005; Anhang 2.5 und Pflanzenschutzmittelverordnung vom 18. Mai 2005

⁷ ChemRRV vom 18. Mai 2005; Anhang 2.4

Die Zonen S1 wurde mit einer Distanz von 15 m ab Fassungsschacht ausgeschieden und der Abstand von der Zone S1 zur Zone S2 beträgt in Zuströmrichtung maximal 110 m. Stromaufwärts wurde der Abstand vom äusseren Rand der Zone S2 bis zum äusseren Rand der Zone S3 aufgrund der Markierversuchsergebnisse mit 105 m ausgeschieden.

Mögliche Gefahrenherde sind die bestehenden Verkehrsanlagen (Strassen, Gleise), Schmutzwasserleitungen, Tankanlagen und Betriebe. Die Bestimmungen bezüglich der Gefahrenherde werden im Schutzzonenreglement beschrieben.

St.Gallen, 3. Februar 2021

GEOLOGIEBÜRO
LIENERT & HAERING AG



Christoph Haering
Dipl. Geologe ETH/SIA

ANHANG

- Nr. 1: Verwendete Unterlagen
- Nr. 2: Übersichtsplan mit Fassungsstellen und Sondierbohrungen
- Nr. 3: Geologische Profile
 - a) Sondierbohrung I / Filterbrunnen III
 - b) Sondierbohrung II / Filterbrunnen II
 - c) Aufschlussbohrung Nr. 7 (Filterbrunnen I)
- Nr. 4: Grundwasserisohypsen mit Strömungsrichtung
- Nr. 5: Auszug aus dem Bericht "Markierungsversuche Grundwasserfassungen 'Herrmoos'" (1988: Kapitel 3 - 5) inkl. Daten und Situation
- Nr. 6: Auszug aus dem Bericht "Hochwasserentlastung Rotbach" (2005: Kapitel 3.3: Markierungsversuch 2004)
- Nr. 7: Markierungsversuch 2015 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos; Situation
- Nr. 8: Markierungsversuche 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos; Situation
- Nr. 9: Markierungsversuche 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos; Daten
- Nr. 10: Hochwasserentlastung Rotbach; Grundwasserspiegelmessungen 2008 – 2010; Grafik
- Nr. 11: Wasserbeschaffung Wasserversorgung Bühler
- Nr. 12: Trinkwasser-Untersuchungen inkl. Grenz- und Toleranzwerte sowie Erläuterungen
- Nr. 13: Erläuterungen zu den Grundwasserschutzzonen
- Nr. 14: Vergleich bisherige Schutzzonen - neue Schutzzonen
- Nr. 15: Berechnungen nach LANDES & WYSSLING; Tabelle

Verwendete Unterlagen

**BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT, BUWAL;
HEUTE BUNDESAMT FÜR UMWELT, BAFU**

- 2004: Wegleitung Grundwasserschutz

BUNDESAMT FÜR UMWELT BAFU UND BUNDESAMT FÜR LANDWIRTSCHAFT, BLW

- 2011: Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft

DR. O. LIENERT

- 1982: Grundwasserschutzzonen Hermoos
- 1988: Markierungsversuche Grundwasserfassungen 'Herrmoos'
- 1992: Überbauung Bleicheli, Gem. Bühler AR – Aspekt Grundwasserschutz

GEOLOGIEBÜRO LIENERT & HAERING AG

- 2005: Hochwasserentlastung Rotbach: Ablauf und Ergebnisse der hydrogeologischen Untersuchungen 2004
- 2009: Gewässer- und Grundwasserschutzmassnahmen im Zusammenhang mit dem Ausbau des Rotbachs; Zwischenbericht Januar 2009
- 2010: Kontrolle und Überwachung der Gewässerschutzmassnahmen im Zusammenhang mit dem Ausbau des Rotbachs im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen Hermoos, Januar 2007 – Dezember 2009, Schlussbericht Januar 2010
- 2011: Kontrolle und Überwachung der Gewässerschutzmassnahmen im Zusammenhang mit dem Ausbau des Rotbachs im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen Hermoos, Grundwasserspiegelmessungen 2010, Ergänzungen zum Schlussbericht 2010
- 2016: Überbauung Kohli innerhalb der Grundwasserschutzzonen um die Grundwasserfassungen Hermoos; Einleitung Meteorwasser in Rotbach

GESETZESSAMMLUNG DES KANTONS APPENZELL AUSSERRHODEN

- 2004: Gesetz über die Einführung der Bundesgesetze über den Umweltschutz und über den Schutz der Gewässer (Umwelt- und Gewässerschutzgesetz, UGsG)
- 2005: Verordnung zum Gesetz über die Einführung der Bundesgesetze über den Umweltschutz und über den Schutz der Gewässer (Umwelt- und Gewässerschutzverordnung, UGsV)

GESETZGEBUNG DES BUNDES

- 1991: Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (SR 814.20; Gewässerschutzgesetz, GSchG)
- 1998: Gewässerschutzverordnung (SR 814.201; GSchV)
- 2005: Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit bestimmten besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen vom 18. Mai 2005 (SR 814.81; Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung, ChemRRV)
- 2010: Verordnung vom 12. Mai 2010 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (SR 916.161; Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV)
- 2016: Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen vom 16. Dezember 2016 (SR 817.022.11; TBDV)

KANTON APPENZELL AUSSERRHODEN

- Gewässerschutzkarte
- 2020: Gemeinde Bühler, Überarbeitete Grundwasserschutzzonen Hermoos, Vorprüfung

SCHWEIZERISCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES, SVGW

- 1989: Richtlinien für Projektierung, Ausführung und Betrieb von Quelfassungen
- 2005: Richtlinien für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung

SCHWEIZERISCHE GEOTECHNISCHE KOMMISSION, SGTK

- 1949: Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt St.Gallen – Appenzell, 1 : 25'000
- 1963: Geotechnische Karte der Schweiz, Blatt Nr. 2 Luzern-Zürich-St.Gallen-Chur, 1 : 200'000, inkl. Erläuterungen
- 1993: Hydrogeologische Karte der Schweiz, Blatt Bodensee, 1 : 100'000, inkl. Erläuterungen

WASSERVERSORGUNG BÜHLER

- Angaben zur Wasserbeschaffung
- Archivunterlagen
- Wasseranalysen

Übersichtsplan mit Fassungsstellen und Sondierbohrungen

Übersichtsplan Fassungsstellen und Sondierbohrungen; Situation 1 : 2'000

Grundwasserschutzzonen um die GWF Hermoos

Übersichtsplan Fassungsstellen und Sondierbohrungen; Situation 1 : 2'000

The map displays the following locations and features:

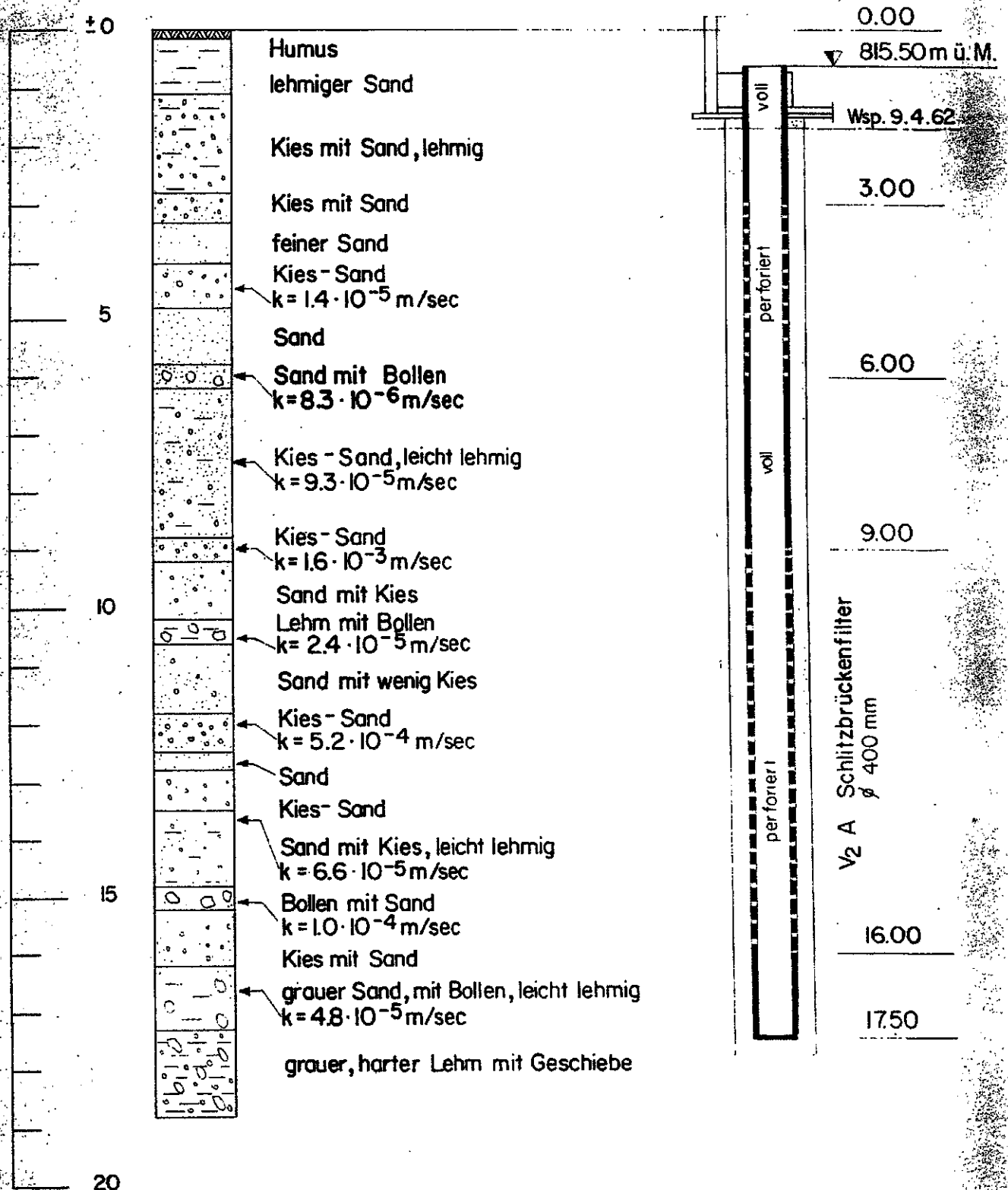
- Locations:** Moos, Nöggel, Grüt, Dorf, Hermoos, Oberes Hermoos, Nöhblacke, Edelgrueb, Bleichell, Gösismühle, Kohli, Knopf, Kratz, Unterer Brunnen, Rotbach Brücke, Dorfstrasse, Hinterdorf, Oberdorf, Moos, Nöggel, Grüt, Dorf, Hermoos, Oberes Hermoos, Nöhblacke, Edelgrueb, Bleichell, Gösismühle, Kohli, Knopf, Kratz, Unterer Brunnen, Rotbach Brücke.
- Points:** KB 1, KB 2, KB 3, KB 4, KB 5, KB 6, KB 7, KB 8, KB 9, KB 9-62, KB 1-93, KB 2-93, KB 4-62, GWS 1, GWS 2, Brunnen 1, Brunnen 2, Brunnen 3.
- Other Features:** North arrow, scale bar (0-100m), various numbered points (e.g., 124, 698, 672, 118, 393, 115, 341, 696, 409, 405, 390, 389, 28, 27, 26, 25, 22, 21, 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1).

Geologische Profile

- a) Sondierbohrung I / Filterbrunnen III**
- b) Sondierbohrung II / Filterbrunnen II**
- c) Aufschlussbohrung Nr. 7 (Filterbrunnen I)**

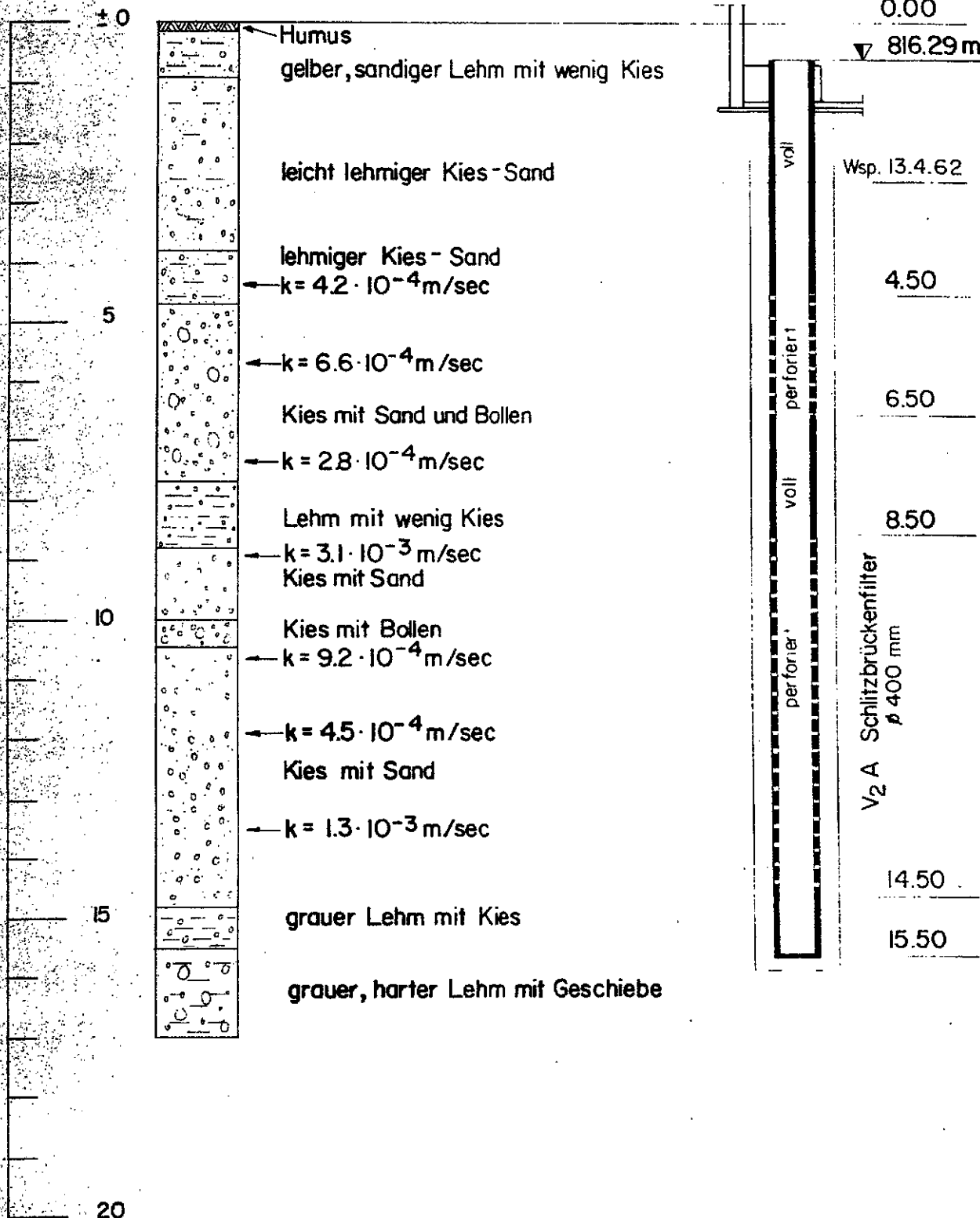
SONDIERBOHRUNG I

FILTERBRUNNEN III



SONDIERBOHRUNG 2

FILTERBRUNNEN II



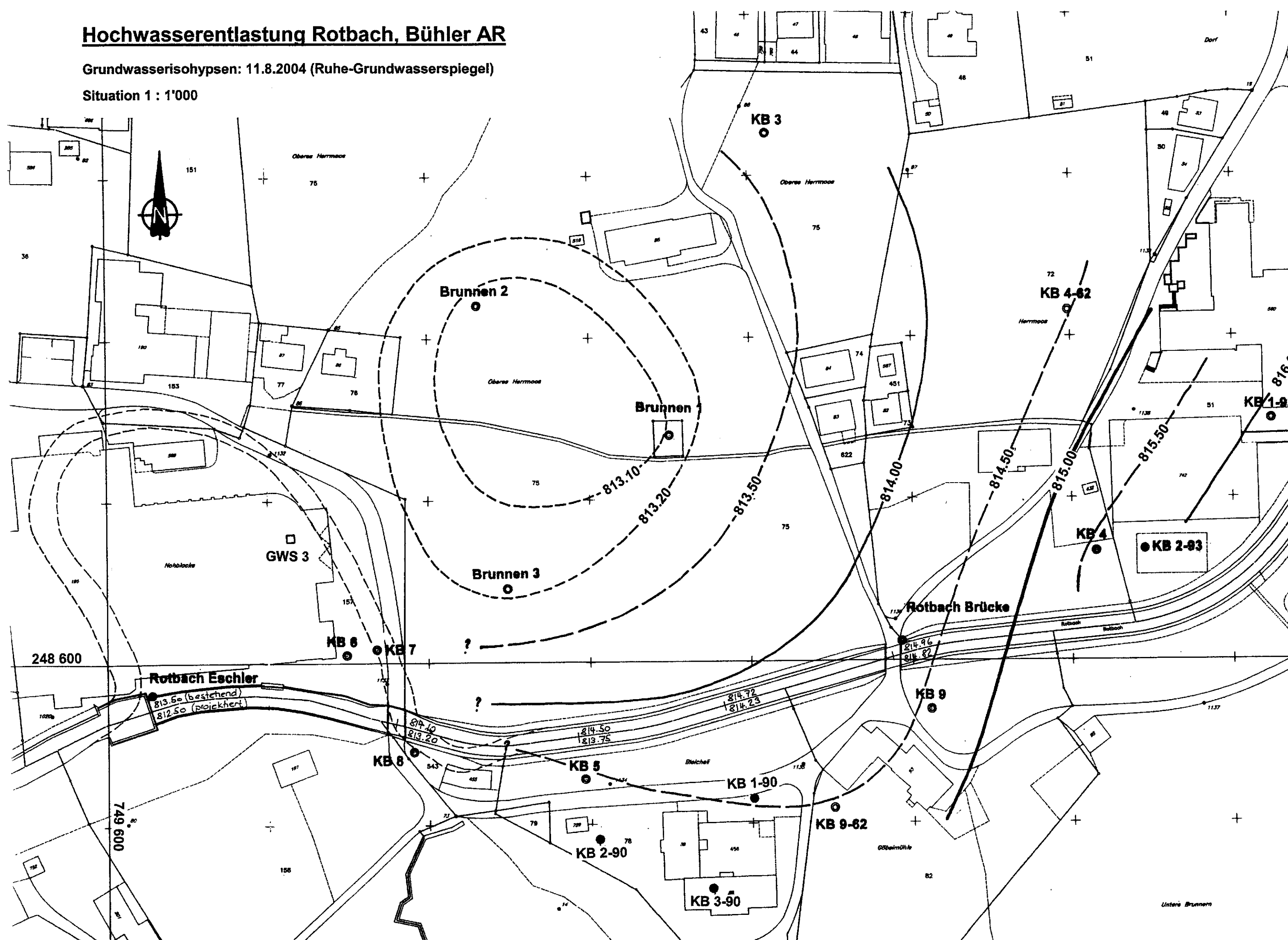
Obere Horizont:
 $k_m \sim 9.3 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$
 Untere Horizont:
 $k_m \sim 2.8 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$
 Mittel beider Horizonte:
 $k_m \sim 5.7 \cdot 10^{-4} \text{ m/sec}$

Grundwasserisohypsen mit Strömungsrichtung

Hochwasserentlastung Rotbach, Bühler AR

Grundwasserisohypsen: 11.8.2004 (Ruhe-Grundwasserspiegel)

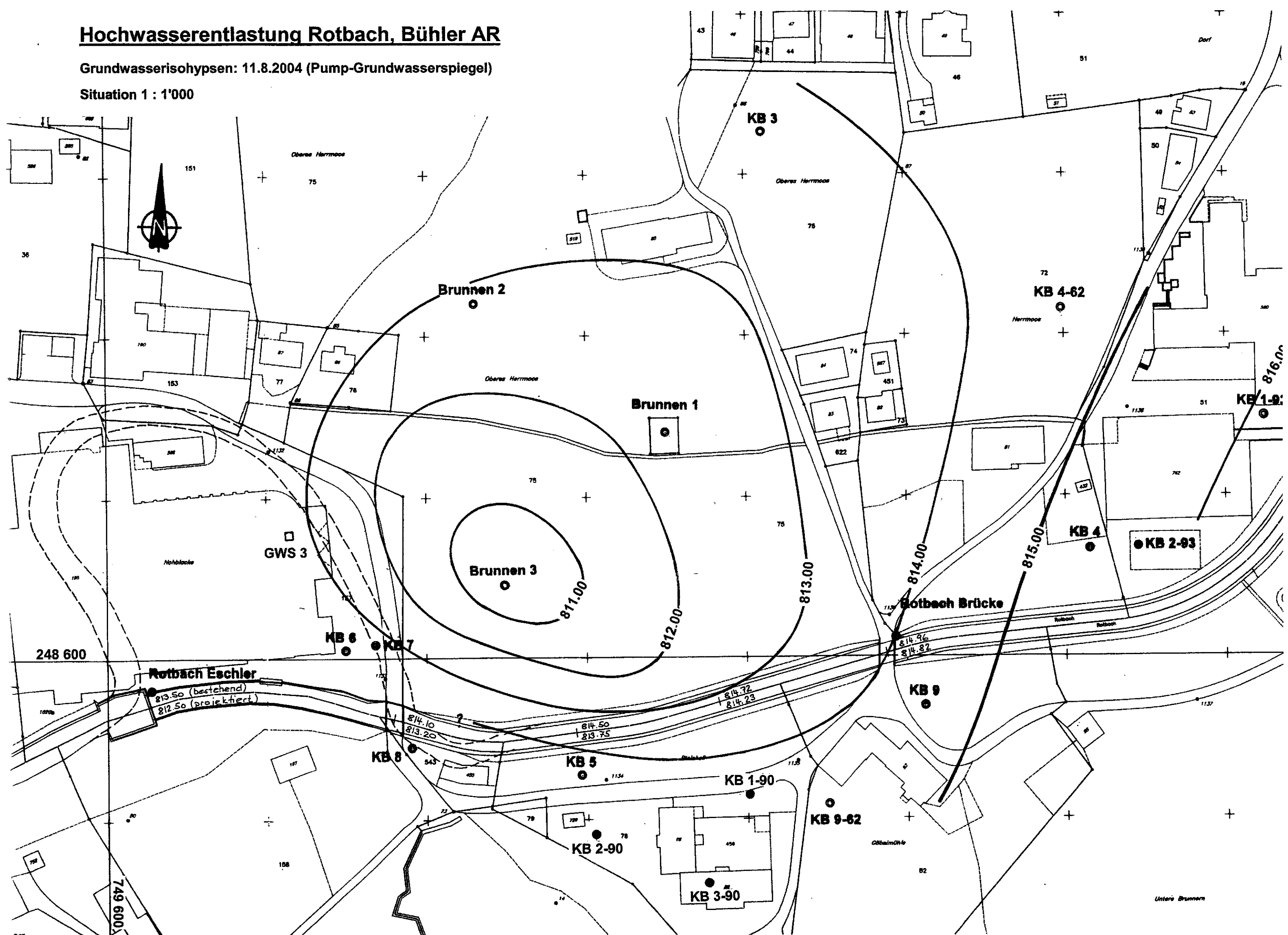
Situation 1 : 1'000



Hochwasserentlastung Rotbach, Bühler AR

Grundwasserisohypsen: 11.8.2004 (Pump-Grundwasserspiegel)

Situation 1 : 1'000



**Auszug aus dem Bericht "Markierungsversuche
Grundwasserfassungen 'Hermoos'"
(1988: Kapitel 3 – 5)
inkl. Daten und Situation**

3. Eingabe- / Entnahmestellen

Unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse und möglicher Verschmutzungsherde wurden im östlichen Areal der Fa. Eschler vier Farbstoffe via zwei Piezometer und zwei Einlaufschächte in das Grundwasser eingepflegt.

Das in den Brunnen I – III und dem Schacht I (Fa. Eschler) entnommene Grundwasser wurde während gut vier Wochen auf Farbstoffrückstände untersucht. Insgesamt wurden 96 Doppelproben in regelmäßigen Zeitabständen entnommen.

<u>Impfstellen</u>	A	B	C	D
<u>Distanzen</u>				
Brunnen I	103 m	116 m	108 m	141 m
II	74 m	87 m	105 m	104 m
III	55 m	63 m	38 m	89 m
Schacht	162 m	150 m	175 m	124 m
<u>Farbstoff</u>	Naphtionate	Rhodamin	Eosin	Fluorescein
<u>Farbstoff-Menge</u>	1 kg	50 g	100 g	100 g

4. Interpretation der Wasseranalysen

4.1 Allgemeines

Alle vier eingesetzten Markierungsstoffe konnten in mindestens einem Brunnen nachgewiesen werden. In den Brunnen I und III liess sich nur der Farbstoff Eosin nachweisen, im Brunnen II konnten die Farbstoffe Naphtionate, Rhodamin und Fluorescein festgestellt werden.

Im Schacht der Fa. Eschler konnte keiner der eingesetzten Farbstoffe nachgewiesen werden. Es ist unwahrscheinlich, dass die Farbstoffe nach Abschluss des Versuches noch im Grundwasser aufgetreten sind, oder dass die Konzentrationen der eingesetzten Farben für die Analyse zu gering waren, da die Nachweisgrenze dieser Farbstoffe bei 1 – 10 Mikrogramm je Kubikmeter ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1 \text{ Milliardstel Gramm/l}$) Wasser liegt.

Der empfohlene Toleranzwert von max. $100 \mu\text{g}$ Farbstoff pro Liter Wasser ($= 100 \text{ mg}/\text{m}^3$) wurde in den Proben zu keinem Zeitpunkt erreicht. Im Brunnen III wurde in einer Probe ein absolutes Maximum von $14.2 \text{ mg}/\text{m}^3$ gemessen.

4.2 Brunnen I

Fünf Tage nach der Impfung liess sich der Farbstoff Eosin in den Wasserproben des Brunnens I nachweisen. Die Konzentration erreichte drei Tage später das absolute Maximum von $1.23 \text{ mg}/\text{m}^3$ Wasser (Abb. 2) und nahm anschliessend wieder relativ rasch ab.

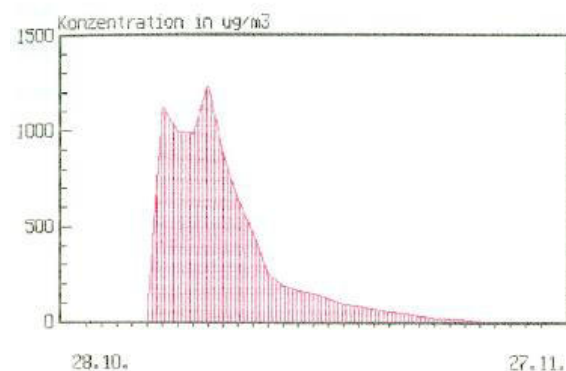


Abb. 2: Eosin im Brunnen I

Die maximale Abstandsgeschwindigkeit $v(\max)$, die sich aus dem Zeitpunkt des 1. Nachweises des Farbstoffes im Brunnen und der Distanz zwischen der Eingabestelle und der Entnahmestelle ergibt, beträgt rund 14 m/Tag. (Annahme: der Farbstoff trat effektiv am Abend des 4. Tages – keine Wasserprobe – zum 1. Mal im Brunnen auf). Die mittlere Abstandsgeschwindigkeit, die sich aus dem Konzentrations/Zeit – Graph ableiten lässt (...) beträgt rund 14 m/Tag.

4.3 Brunnen II

Im Brunnen II konnten die Farbstoffe Naphtionate, Rhodamin und Fluorescein festgestellt werden. Am Morgen des fünften Tages liess sich als erstes der Farbstoff Naphtionate feststellen. Vier Tage später wurde das Konzentrationsmaximum von 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen.

Die Farbstoffe Fluorescein und Rhodamin konnten erst 9, bzw. 10 Tage nach der Impfung nachgewiesen werden. Die Konzentrationsmaxima waren 2 Tage (Fluorescein, 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), bzw. 5 Tage (Rhodamin, 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) später erreicht.

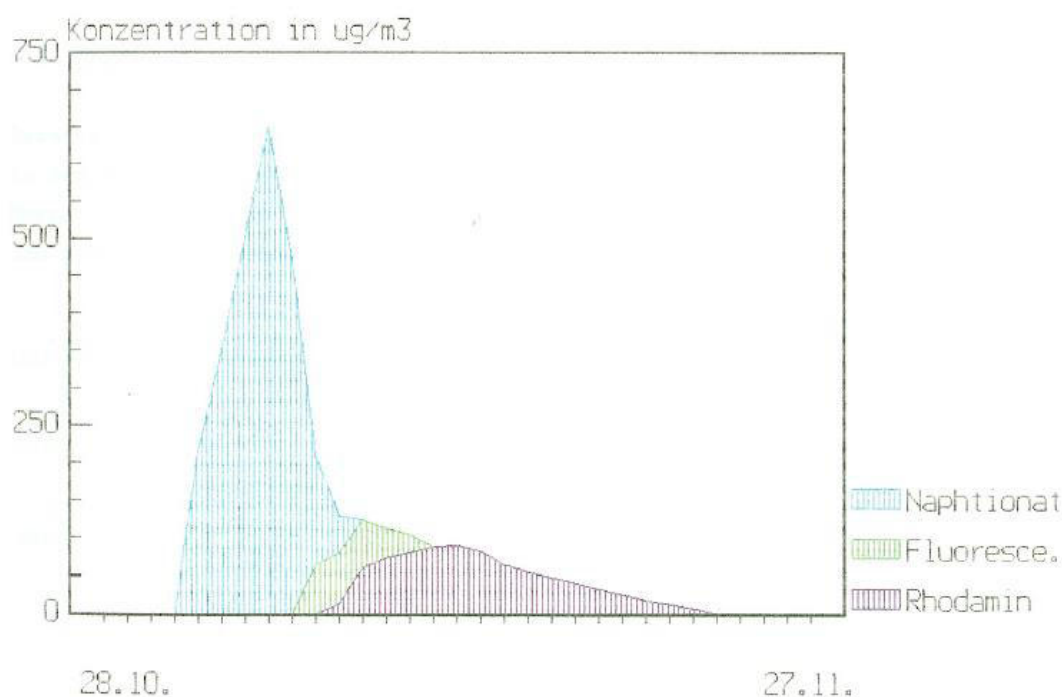


Abb. 3: Farbstoff-Nachweis im Brunnen II

Die maximalen und mittleren Abstandsgeschwindigkeiten zwischen den Impfstellen A, B, D und dem Brunnen II sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Impfstellen	A	B	D
Farbstoffe	Naphtionate	Rhodamin	Fluorescein
Abstandsgeschwindigkeiten			
$v(\max)$ [m/Tag]	21.1	9.2	12.2
$v(\text{mit})$ [m/Tag]	11.4	5.8	9.0

4.3 Brunnen III

Bereits 24 Stunden nach der Impfung liess sich der Farbstoff Eosin zum 1. Mal in den Wasserproben des Brunnens III nachweisen. Die Konzentration erreichte am Morgen des vierten Tages ein absolutes Maximum von 14.2 mg/m³ Wasser (Abb. 4) und nahm anschliessend kontinuierlich ab.

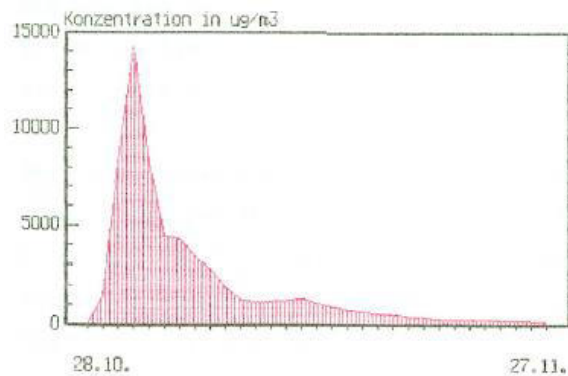


Abb. 4: Eosin im Brunnen III

Die maximale Abstandsgeschwindigkeit $v(\max)$ beträgt rund 50 m/Tag. (Annahme: der Farbstoff trat effektiv in der ersten Nacht – keine Wasserprobe – zum 1. Mal im Brunnen auf). Die mittlere Abstandsgeschwindigkeit beträgt rund 9.5 m/Tag.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen (Auswirkungen auf die Zone S 2)

Mit den Markierungsversuchen vom 28. Oktober bis 27. November 1987 ist der Nachweis erbracht, dass zwischen dem Grundwasser im Gebiet der Fa. Eschler und dem Grundwassergebiet 'Herrmoos' eine hydraulische Verbindung besteht. Bei Grundwasser-Niederstand fliesst Wasser vom Eschler-Areal Richtung Grundwasserfeld 'Herrmoos'.

Die berechneten mittleren Abstandsgeschwindigkeiten von 5.8 – 14.4 m/Tag liegen im Durchschnitt eines sandig-kiesigen Schotters. Die Deckschichten, durch die das Oberflächenwasser sickert und die das Grundwasser von Verunreinigungen schützen, wurden in diesen Berechnungen nicht berücksichtigt, da die Farbstoffe direkt ins Grundwasser eingepflegt wurden. Die natürliche Deckschicht dürfte die Abstandsgeschwindigkeiten um rund 10 – 15 % verringern.

ERGEBNISSE DER FAERBVERSUCHE GRUNDWASSERFASSUNGEN 'HERRMOOS'
(28.10 - 27.11.1988)

Eosin-Nachweis in den Brunnen I und III

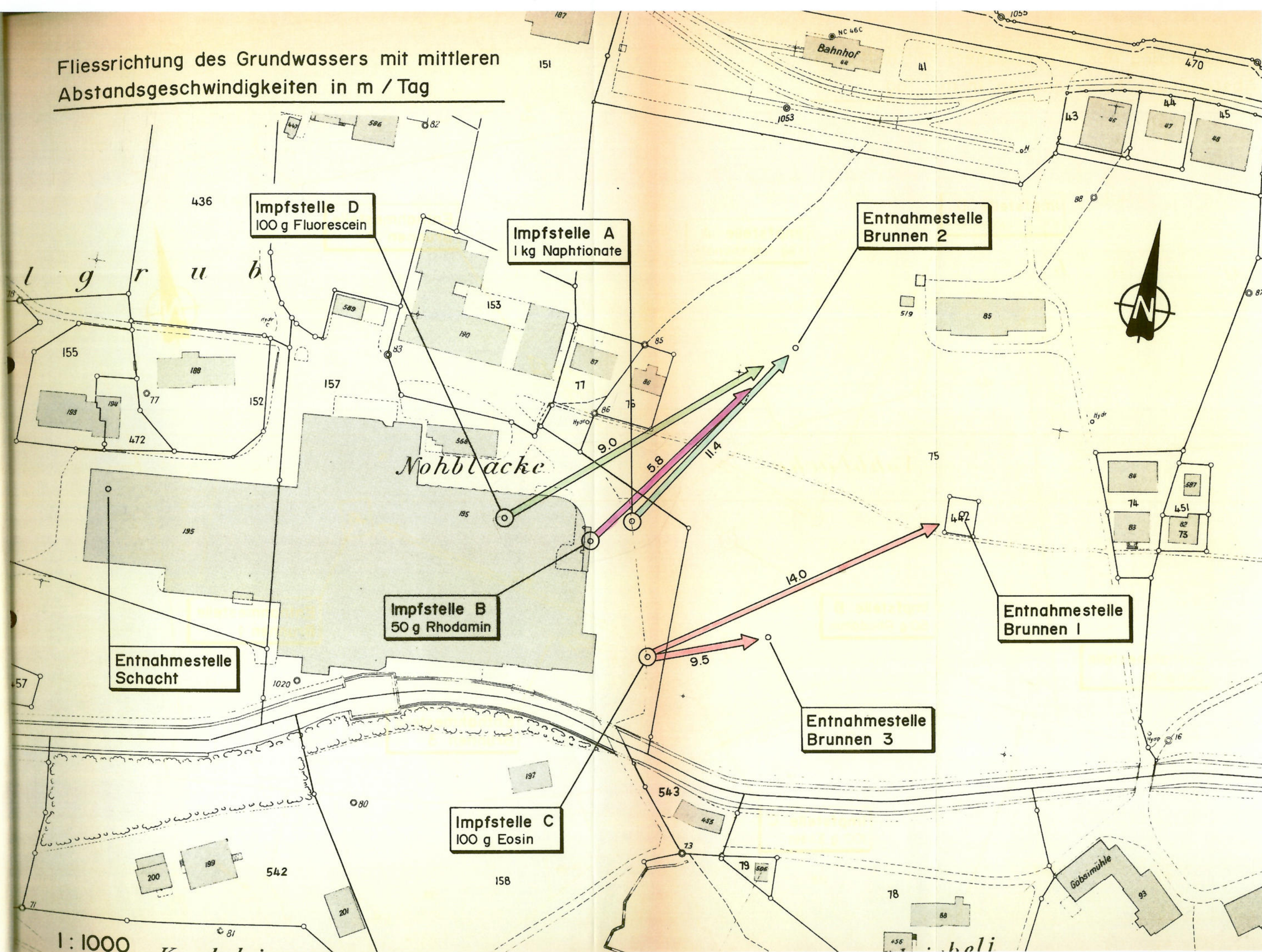
Datum	Zeit	<u>Brunnen I</u> ug/m3	<u>Brunnen III</u> ug/m3
28.10.	09.30	Nullproben	0
29.	11.30	0	1380
30.	08.30	0	8200
31.	09.30	0	14200
1.11.	13.30	0	7230
2.	11.00	1120	4400
3.	13.30	890	4150
4.	08.30	980	3330
5.	09.00	1230	2750
6.	08.00	870	1860
7.	10.00	635	1210
8.	13.00	420	1050
9.	08.00	248	1120
10.	08.00	185	1190
11.	08.00	163	1280
12.	08.00	146	1020
13.	09.00	120	850
14.	09.00	88	710
16.	08.30	67	530
18.	08.00	39	365
20.	09.00	16	230
23.	09.00	0	195
25.	09.00		146
27.	09.00		103

ERGEBNISSE DER FAERBVERSUCHE GRUNDWASSERFASSUNGEN 'HERRMOOS'
(28.10 - 27.11.1988)

Farbstoff-Nachweis im Brunnen II

Datum	Zeit	<u>Naphtionate</u> ug/m3	<u>Rhodamin</u> ug/m3	<u>Fluorescein</u> ug/m3
28.10.	09.30	Nullproben	0	0
29.	11.30	0		
30.	08.30	0		
31.	09.30	0		
1.11.	13.30	240		
2.	11.00	360		
3.	13.30	530		
4.	08.30	650		
5.	09.00	470		0
6.	08.00	210	0	65
7.	10.00	130	13	80
8.	13.00	90	68	125
9.	08.00	55	75	113
10.	08.00	27	82	105
11.	08.00	8	89	65
12.	08.00	0	91	40
13.	09.00		83	12
14.	09.00		65	0
16.	08.30		47	
18.	08.00		32	
20.	09.00		17	
23.	09.00		0	
25.	09.00			
27.	09.00			

Fliessrichtung des Grundwassers mit mittleren
Abstandsgeschwindigkeiten in m / Tag



**Auszug aus dem Bericht
"Hochwasserentlastung Rotbach"
(2005: Kapitel 3.3: Markierversuch 2004)**

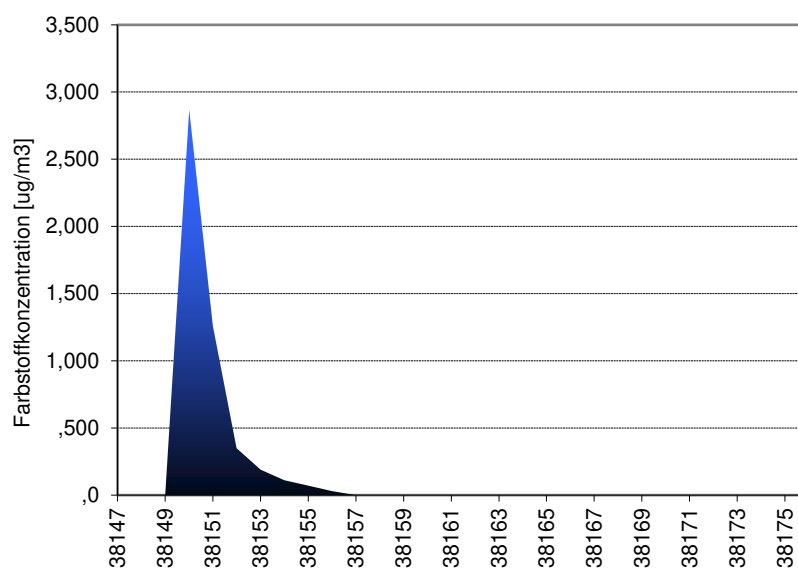
Zur Überprüfung einer allfälligen Bachwasserinfiltration des Rotbaches wurde am Nachmittag des 9. Juni 2004 auf der Höhe des Zusammenflusses Rotbach – Weissbach (750 190 / 248 720) der Rotbach mit 1 kg Naphtionate eingefärbt.

Nach der Einfärbung entnahm Albert Zimmermann, Brunnenmeister der WV Bühler, in den drei Fassungen Hermoos je 34 Wasserproben nach folgendem Zeitplan:

3. Juni 2004	Nullprobe
9. bis 12. Juni 2004	Zweimal täglich
13. Juni bis 7. Juli 2004	Einmal täglich

Die Entnahme der Nullprobe fand aus organisatorischen Gründen bereits am 3. Juni 2004 statt. Während dem Versuch wurde in den Brunnen 1 und 3 wasserwerksmässig gepumpt, im Brunnen 2 wurde jeweils vor der Probenahme rund eine halbe Stunde Grundwasser gefördert. Sämtliche Proben wurden im Speziallabor Dr. Heinz Otz, Bellmund, mit einem Fluoreszenz-Messgerät auf Farbstoffrückstände untersucht.

Knapp 2 Tage nach der Einfärbung, am Morgen des 11. Juni 2004, erschien der eingesetzte Farbstoff Naphtionate erstmalig im Brunnen 3. Die Konzentration stieg rasch an und erreichte am Abend des gleichen Tages das Konzentrationsmaximum von 2'870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Abb. 3.1: Naphtionate-Nachweis im Brunnen 3). Anschliessend nahm die Konzentration kontinuierlich gegen Null ab, der Farbstoff war ab dem 18. Juni nicht mehr nachweisbar. In den beiden Brunnen 1 und 2 konnte der Farbstoff nicht nachgewiesen werden.



Datum	Zeit	Farbstoff-Konzentration [µg/m³]
09.6.04	14:00	Impfung
	19:00	0
10.6.04	07:00	0
	19:00	0
11.6.04	07:00	1440
	19:00	2870
12.6.04	07:00	1260
	19:00	680
13.6.04	07:00	350
14.6.04	07:00	190
15.6.04	07:00	110
16.6.04	07:00	71
17.6.04	07:00	29
18.6.04	07:00	0

Abb. 3.1: Naphtionate-Nachweis im Brunnen 3

Der Rotbach weist zum Brunnen 3 einen minimalen Abstand von 45 m auf. Aus dem ersten Farbstoffnachweis und der Distanz Bach – Brunnen 3 lässt sich eine maximale Abstandsgeschwindigkeit von rund 30 m/Tag berechnen. Die mittlere Abstandsgeschwindigkeit liegt bei rund 20 m/Tag. In Anbetracht der eher geringen Durchlässigkeiten im Brunnen 3 (vgl. Kapitel 5.7) erstaunen diese recht hohen Abstandsgeschwindigkeiten. Aus dem Versuch muss gefolgert werden, dass das Bachwasserinfiltrat auf kürzestem Weg und in recht gut durchlässigen Schichten ($k\text{-Wert} > 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$) zur Fassung gelangt. Infiltriert Bachwasser z.B. bei der oberen Brücke in den vom Brunnen 3 genutzten Grundwasserleiter, so würde die aus dem Markierversuch berechnete Abstandsgeschwindigkeit um 60 – 80 m/Tag liegen, d.h. der $k\text{-Wert}$ müsste in der wasserführenden durchlässigen Schicht rund 5x höher ($k\text{-Wert}: > 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/sec}$) sein.

Würde Bachwasser auf der ganzen Strecke zwischen der Impfstelle und der Brücke bei der Fa. Eschler infiltrieren, so müsste der Farbstoffnachweis deutlich länger anhalten und die maximale nachgewiesene Farbstoffkonzentration wäre geringer ausgefallen. Zudem müsste der Farbstoff auch im Brunnen 1 nachweisbar sein. Der Versuch zeigt somit, dass der Bach nur auf einer kurzen Strecke zwischen den beiden Brücken ins Grundwasserfeld Herrmoos infiltriert.

Markierversuch 2015 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos;

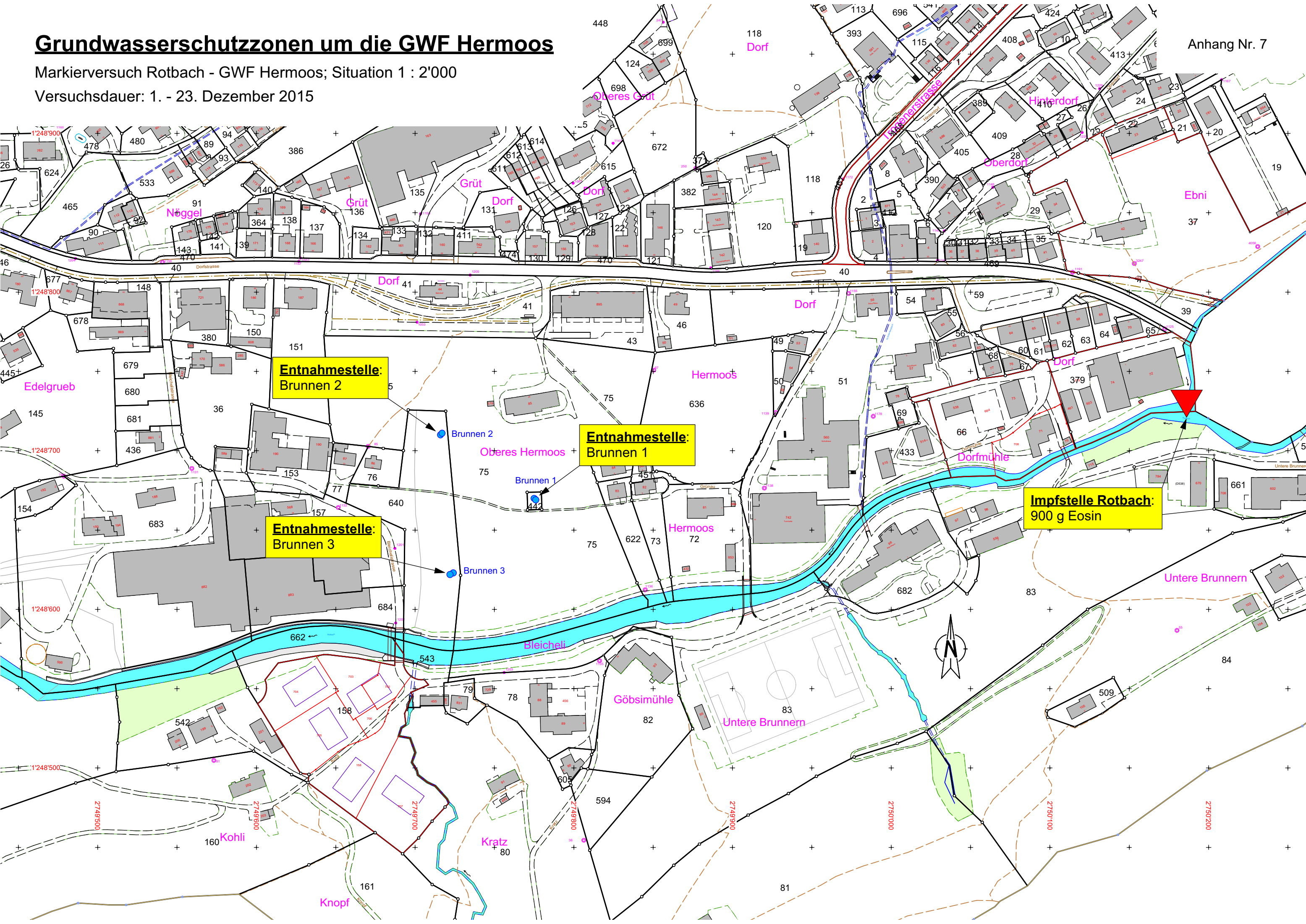
Situation

Grundwasserschutzzonen um die GWF Hermoos

Markierversuch Rotbach - GWF Hermoos; Situation 1 : 2'000

Versuchsdauer: 1. - 23. Dezember 2015

Anhang Nr. 7



Markierversuche 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos;

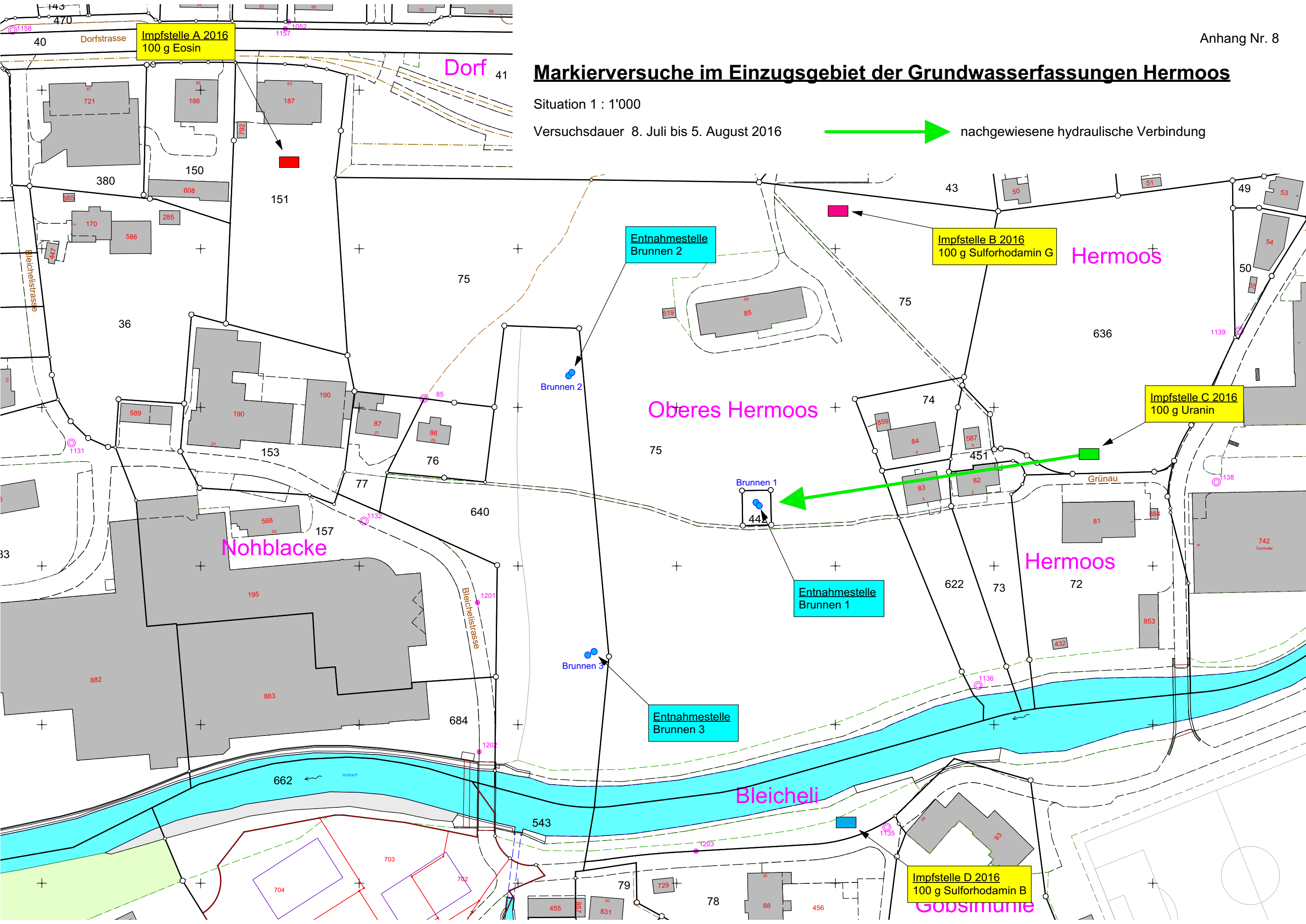
Situation

Markierversuche im Einzugsgebiet der Grundwasserfassungen Hermoos

Situation 1 : 1'000

Versuchsdauer 8. Juli bis 5. August 2016

 nachgewiesene hydraulische Verbindung



Markierversuche 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos;

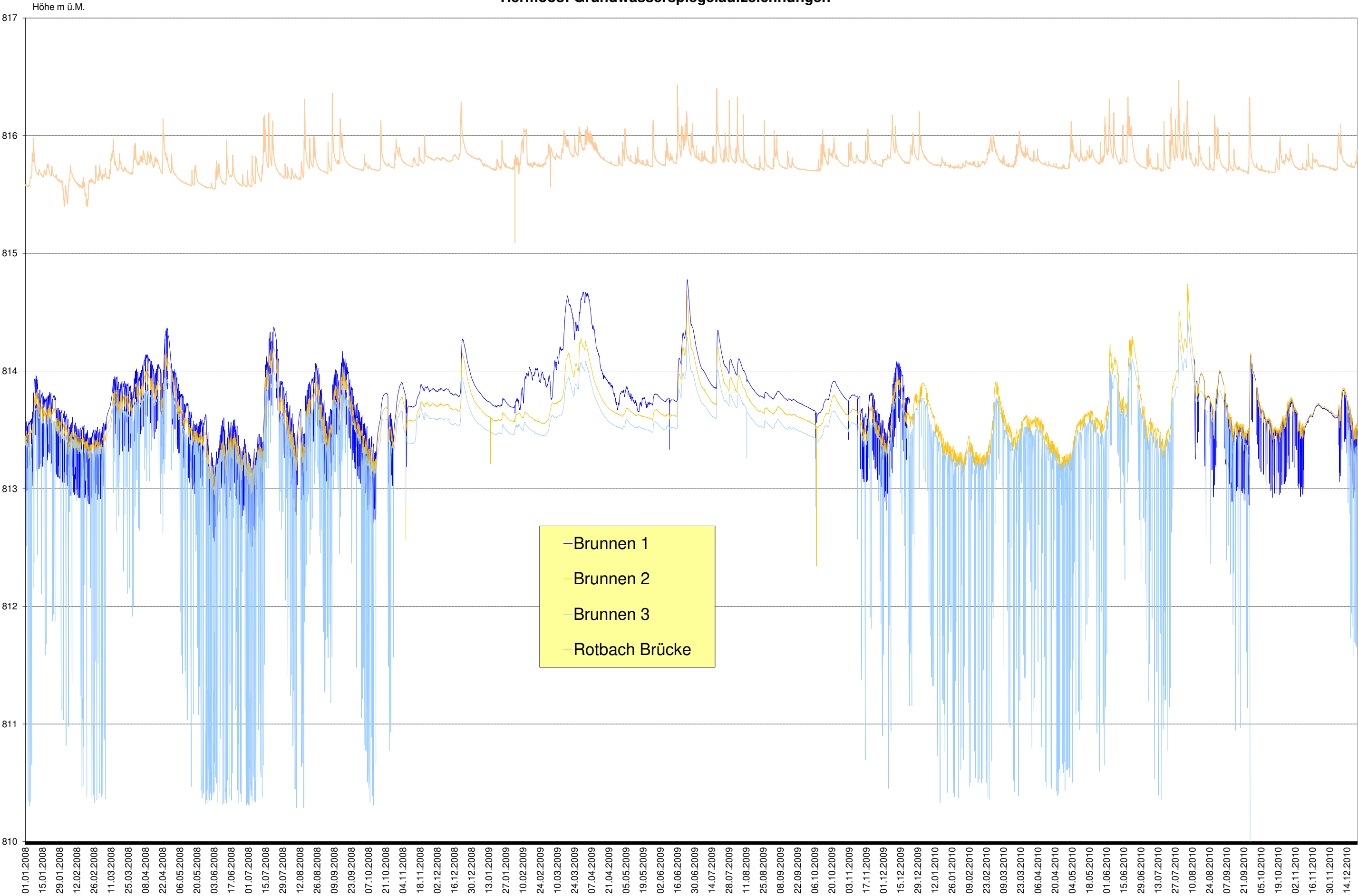
Daten

Markierungsversuche 2016 im Einzugsgebiet der GWF Hermoos; Daten

Entnahmestelle	Brunnen 1				Brunnen 2				Brunnen 3			
Impfstelle	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Farbstoff	EOS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SRG $\mu\text{g}/\text{m}^3$	URA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SRB $\mu\text{g}/\text{m}^3$	EOS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SRG $\mu\text{g}/\text{m}^3$	URA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SRB $\mu\text{g}/\text{m}^3$	EOS $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SRG $\mu\text{g}/\text{m}^3$	URA $\mu\text{g}/\text{m}^3$	SRB $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Datum												
8. Jul 16	kein Nachweis	kein Nachweis	0	kein Nachweis	kein Nachweis	kein Nachweis	kein Nachweis	kein Nachweis	kein Nachweis	kein Nachweis	kein Nachweis	kein Nachweis
9. Jul 16			0									
10. Jul 16			0									
11. Jul 16			0									
12. Jul 16			0									
13. Jul 16			0									
14. Jul 16			0									
15. Jul 16			0									
16. Jul 16			0									
18. Jul 16			0									
19. Jul 16			0									
20. Jul 16			0									
21. Jul 16			0									
22. Jul 16			0									
23. Jul 16			0									
25. Jul 16			0									
26. Jul 16			0									
27. Jul 16			0									
28. Jul 16			0									
29. Jul 16			0									
30. Jul 16			0									
1. Aug 16			3									
3. Aug 16			20									
5. Aug 16			10									

Hochwasserentlastung Rotbach; Grundwasserspiegelmessungen 2008 – 2010; Grafik

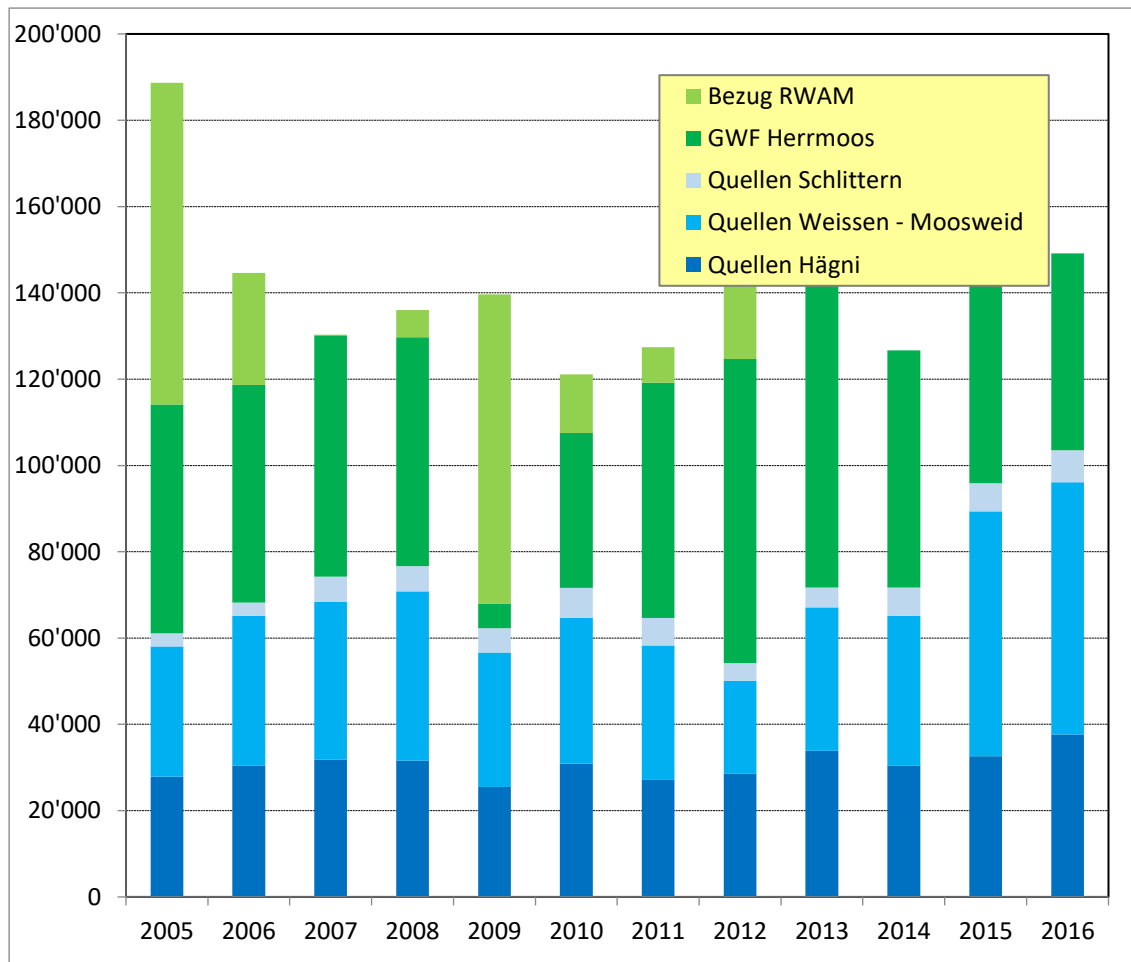
Hermoos: Grundwasserspiegelaufzeichnungen



Wasserbeschaffung Wasserversorgung Bühler

Wasserbeschaffung Wasserversorgung Bühler

Jahr	Quellen Hägni	Quellen Weissen - Moosweid	Quellen Schlittern	GWF Hermoos	Bezug RWAM	Total	Wasser-verkauf
	m³/Jahr	m³/Jahr	m³/Jahr	m³/Jahr	m³/Jahr	m³/Jahr	m³/Jahr
2005	27'861	30'203	3'004	53'071	74'576	188'715	116'065
2006	30'446	34'723	3'041	50'464	25'971	144'645	112'032
2007	31'796	36'625	5'816	55'939	102	130'278	107'960
2008	31'555	39'291	5'834	53'000	6'355	136'035	109'852
2009	25'482	31'168	5'642	5'635	71'711	139'638	122'795
2010	30'929	33'751	6'957	35'895	13'540	121'072	116'458
2011	27'148	31'160	6'317	54'528	8'251	127'404	108'686
2012	28'513	21'568	4'090	70'501	37'344	162'010	105'777
2013	33'906	33'193	4'634	98'711	0	170'444	142'406
2014	30'348	34'860	6'502	54'972	0	126'682	122'214
2015	32'586	56'760	6'515	68'755	0	164'616	148'576
2016	37'673	58'399	7'440	45'656	0	149'168	142'649
Minimum	25'482	21'568	3'004	5'635	0	121'072	105'777
Maximum	37'673	58'399	7'440	98'711	74'576	188'715	148'576
Mittel	30'687	36'808	5'483	53'927	19'821	146'726	121'289



Trinkwasser-Untersuchungen, inkl. Grenz- und Toleranzwerte sowie Erläuterungen

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN GWF HERMOOS 1 (ROHWASSER)

Probedatum		25. Feb 13	13. Mai 13	20. Aug 13	25. Nov 13	19. Mai 15	2. Nov 15	30. Mai 16	14. Nov 16			
------------	--	------------	------------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	--	--	--

Allgemeine Parameter

Schüttung	l/min											
Wassertemperatur	°C	9.3	9.3	10.2	11.1	9.5	11.8	10.3	10.8			
Sauerstoff		5	5.01	4.5	4.4	5.2		6.44	4.7			
Sauerstoffsättigung		48.2	47.8	43.7	43.6	50.5		63.7	45.6			
Trübung	TE/F	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.13			
pH-Wert		7.25	7.4	7.2	7.3	7.25	7.3	7.2	7.2			
Leitfähigkeit	µS/cm	593	574	595	588	614	592	595	546			
Gesamt-Härte	°fH	33.8	33	33.6	33.6	35.8	34.2	34.4	31.6			
Karbonat-Härte	°fH		30.9	31.4	31.2							
Oxidierbarkeit	mg KMnO ₄ /l		<2.5	<2.5	<2.5							
DOC	mg C/l											

Bakteriologische Analyse

Gesamt-Keimzahl	KBE/ml 20 °C											
	KBE/ml 30 °C	0	4	1	1	0	0	0	2			
Escherichia coli	KBE/100 ml	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.			
Enterokokken	KBE/100 ml	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.			

Anorganische Verbindungen und Metalle

Ammonium	NH ₄ mg/l		n.n.	n.n.	n.n.							
Nitrit	NO ₂ mg/l		n.n.	n.n.	n.n.							
Nitrat	NO ₃ mg/l	5.8	5.72	7.55	6.62	7.88	5.25	8.99	4.22			
Chlorid	Cl mg/l	17.6	18.7	22	21	17.5	17.7	16.4	12.2			
Sulfat	SO ₄ mg/l	12.9	12.2	12.3	12.8	11.3	10.6	12	10.2			
Phosphat	PO ₄ mg/l											
Eisen gelöst	Fe mg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.			
Mangan gelöst	Mn mg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.			
Calcium	Ca mg/l	101	95.4	101	96.5	97.4	98.3	101.5	100			
Magnesium	Mg mg/l	19.1	18.4	18.1	17.9	18	18.5	17.6	17.9			
Natrium	Na mg/l	11.3	11.3	12.4	12.5	11.3	12.9	10.8	10			
Kalium	K mg/l	<2.87	n.n.	<2.87	<2.87	n.n.	<2.87	2.4	2.88			

Erfahrungswert bzw. Toleranzwert überschritten:

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN GWF HERMOOS 2 (ROHWASSER)

Probedatum		8. Aug 16	29. Aug 16									
------------	--	-----------	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Allgemeine Parameter												
Schüttung	l/min											
Wassertemperatur	°C	10.7	11.5									
Aussehen												
Farbe												
Geruch												
Trübung	TE/F											
pH-Wert												
Leitfähigkeit	µS/cm											
Gesamt-Härte	°fH											
Karbonat-Härte	°fH											
Oxidierbarkeit	mg KMnO ₄ /l											
DOC	mg C/l											

Bakteriologische Analyse												
Gesamt-Keimzahl	KBE/ml 20 °C											
	KBE/ml 30 °C	1'440	96									
Escherichia coli	KBE/100 ml	3	0									
Enterokokken	KBE/100 ml	110	0									

Anorganische Verbindungen und Metalle												
Ammonium	NH ₄ mg/l											
Nitrit	NO ₂ mg/l											
Nitrat	NO ₃ mg/l											
Chlorid	Cl mg/l											
Sulfat	SO ₄ mg/l											
Phosphat	PO ₄ mg/l											
Eisen gelöst	Fe mg/l											
Mangan gelöst	Mn mg/l											
Calcium	Ca mg/l											
Magnesium	Mg mg/l											
Natrium	Na mg/l											
Kalium	K mg/l											

Erfahrungswert bzw. Toleranzwert überschritten:

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN GWF HERMOOS 3 (ROHWASSER)

Probedatum		5. Aug 13	8. Aug 16									
------------	--	-----------	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Allgemeine Parameter												
Schüttung	l/min											
Wassertemperatur	°C	11.8	11.4									
Aussehen												
Farbe												
Geruch												
Trübung	TE/F											
pH-Wert												
Leitfähigkeit	µS/cm											
Gesamt-Härte	°fH											
Karbonat-Härte	°fH											
Oxidierbarkeit	mg KMnO ₄ /l											
DOC	mg C/l											

Bakteriologische Analyse												
Gesamt-Keimzahl	KBE/ml 20 °C											
	KBE/ml 30 °C	25	153									
Escherichia coli	KBE/100 ml	0	0									
Enterokokken	KBE/100 ml	0	0									

Anorganische Verbindungen und Metalle												
Ammonium	NH ₄ mg/l											
Nitrit	NO ₂ mg/l											
Nitrat	NO ₃ mg/l											
Chlorid	Cl mg/l											
Sulfat	SO ₄ mg/l											
Phosphat	PO ₄ mg/l											
Eisen gelöst	Fe mg/l											
Mangan gelöst	Mn mg/l											
Calcium	Ca mg/l											
Magnesium	Mg mg/l											
Natrium	Na mg/l											
Kalium	K mg/l											

Erfahrungswert bzw. Toleranzwert überschritten:

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN MISCHWASSER HERMOOS (EINLAUF RESERVOIRKAMMER)

Probedatum		22. Sep 05	24. Sep 06	5. Mär 07	6. Aug 07	6. Nov 08	8. Okt 09	17. Mai 10	4. Okt 10	8. Nov 10	17. Mai 11	4. Okt 11
------------	--	------------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	------------	-----------

Allgemeine Parameter												
Schüttung	l/min											
Wassertemperatur	°C	9.6	9.6	8.9	9.1	11.8	11.3	9.4	11.8	12.5		12.5
Aussehen												
Farbe												
Geruch												
Trübung	TE/F											
pH-Wert								7.25		7.15		
Leitfähigkeit	µS/cm							576		632		
Gesamt-Härte	°fH											
Karbonat-Härte	°fH											
Oxidierbarkeit	mg KMnO ₄ /l											
DOC	mg C/l											

Bakteriologische Analyse												
Gesamt-Keimzahl	KBE/ml 20 °C											
	KBE/ml 30 °C	1	2	3	2	2	14	2	3	2	2	2
Escherichia coli	KBE/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterokokken	KBE/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anorganische Verbindungen und Metalle												
Ammonium	NH ₄ mg/l											
Nitrit	NO ₂ mg/l											
Nitrat	NO ₃ mg/l							7.6		9.7		
Chlorid	Cl mg/l											
Sulfat	SO ₄ mg/l											
Phosphat	PO ₄ mg/l											
Eisen gelöst	Fe mg/l											
Mangan gelöst	Mn mg/l											
Calcium	Ca mg/l											
Magnesium	Mg mg/l											
Natrium	Na mg/l											
Kalium	K mg/l											

Erfahrungswert bzw. Toleranzwert überschritten:

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN MISCHWASSER HERMOOS (EINLAUF RESERVOIRKAMMER)

Probedatum		4. Nov 11	6. Feb 12	2. Jun 12	4. Jun 12	6. Aug 12	1. Okt 12	3. Dez 12	3. Jun 13	1. Jul 13	7. Okt 13	2. Dez 13
------------	--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Allgemeine Parameter												
Schüttung	l/min											
Wassertemperatur	°C	11.8	9.7	10.1	10.1	10.6	12.4	10.8	9	11.5	11.4	11.3
Aussehen												
Farbe												
Geruch												
Trübung	TE/F											
pH-Wert												
Leitfähigkeit	µS/cm									526		
Gesamt-Härte	°fH											
Karbonat-Härte	°fH											
Oxidierbarkeit	mg KMnO ₄ /l											
DOC	mg C/l											

Bakteriologische Analyse												
Gesamt-Keimzahl	KBE/ml 20 °C											
	KBE/ml 30 °C	3	5	22	3'000	1	0	1	1'550		0	0
Escherichia coli	KBE/100 ml	0	0	0	1'500	0	0	0	1		0	0
Enterokokken	KBE/100 ml	0	0	0	300	0	0	0	32		0	0

Anorganische Verbindungen und Metalle												
Ammonium	NH ₄ mg/l											
Nitrit	NO ₂ mg/l											
Nitrat	NO ₃ mg/l									6.3		
Chlorid	Cl mg/l											
Sulfat	SO ₄ mg/l											
Phosphat	PO ₄ mg/l											
Eisen gelöst	Fe mg/l											
Mangan gelöst	Mn mg/l											
Calcium	Ca mg/l											
Magnesium	Mg mg/l											
Natrium	Na mg/l											
Kalium	K mg/l											

Erfahrungswert bzw. Toleranzwert überschritten:

☐

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN MISCHWASSER HERMOOS (EINLAUF RESERVOIRKAMMER)

Probedatum		3. Feb 14	7. Apr 14	7. Jul 14	4. Aug 14	19. Mai 15	2. Nov 15	5. Feb 16	4. Jul 16	3. Okt 16	5. Dez 16	
------------	--	-----------	-----------	-----------	-----------	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	--

Allgemeine Parameter												
Schüttung	l/min											
Wassertemperatur	°C		9.8	10.1	11	9.5	11.8	9.7	9.5	11.2	11.3	
Aussehen												
Farbe												
Geruch												
Trübung	TE/F											
pH-Wert									7.2			
Leitfähigkeit	µS/cm			567					598			
Gesamt-Härte	°fH											
Karbonat-Härte	°fH											
Oxidierbarkeit	mg KMnO ₄ /l											
DOC	mg C/l											

Bakteriologische Analyse												
Gesamt-Keimzahl	KBE/ml 20 °C											
	KBE/ml 30 °C	3	0		28	0	0	13		0	1	
Escherichia coli	KBE/100 ml	0	0		0	0	0	0		0	0	
Enterokokken	KBE/100 ml	0	0		0	0	0	0		0	0	

Anorganische Verbindungen und Metalle												
Ammonium	NH ₄ mg/l											
Nitrit	NO ₂ mg/l											
Nitrat	NO ₃ mg/l			6.9					8.5			
Chlorid	Cl mg/l											
Sulfat	SO ₄ mg/l											
Phosphat	PO ₄ mg/l											
Eisen gelöst	Fe mg/l											
Mangan gelöst	Mn mg/l											
Calcium	Ca mg/l											
Magnesium	Mg mg/l											
Natrium	Na mg/l											
Kalium	K mg/l											

Erfahrungswert bzw. Toleranzwert überschritten:

☐

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN GRUNDWASSERFASSUNGEN HERMOOS 1

flüchtige organische Verbindungen		25.02.13	13.05.13	20.08.13	25.11.13	19.05.15	02.11.15	30.05.16	14.11.16
MTBE	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
ETBE	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
TBA	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Benzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Ethylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Toluol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
m/p-Xylol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
o-Xylol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Trichlorfluormethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,1-Dichlorethylen	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Dichlormethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
trans-1,2-Dichlorethylen	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,1-Dichlorethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
cis-1,2-Dichlorethylen	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Bromchlormethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chloroform	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
2,2-Dichlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,2-Dichlorethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,1,1-Trichlorethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,1-Dichlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Tetrachlor-kohlenstoff	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dibrommethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,2-Dichlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Trichlorethen	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Bromdichlormethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
cis-1,3-Dichlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
trans-1,3-Dichlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,1,2-Trichlorethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,3-Dichlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Chloridbrommethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,2-Dibromethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Tetrachlorethen	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,1,1,2-Tetrachlorethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Chlorbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Bromoform	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Styrol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,1,2,2-Tetrachlorethan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,2,3-Trichlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Isopropylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Brombenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
n-Propylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
2-Chlortoluol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
4-Chlortoluol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,3,5-Trimethylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
tert-Butylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,2,4-Trimethylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
sec-Butylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,3-Dichlorbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,4-Dichlorbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
p-Isopropyltoluol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,2-Dichlorbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
n-Butylbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
1,2-Dibrom-3-chlorpropan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,2,4-Trichlorbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Naphthalin	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Hexachlorbutadien	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,2,3-Trichlorbenzol	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
1,4-Dioxan	µg/kg	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		

TRINKWASSER - UNTERSUCHUNGEN GRUNDWASSERFASSUNGEN HERMOOS

GWF Hermoos		2	3	1	1	1	1	1	1	1	1
Pflanzenschutzmittel		2. Nov 09	2. Nov 09	25. Feb 13	13. Mai 13	20. Aug 13	25. Nov 13	19. Mai 15	2. Nov 15	30. Mai 16	14. Nov 16
Atrazin	µg/l	0.063	0.012	0.012	0.016	0.022	0.02	0.019	0.02	0.017	0.008
Desethylatrazin	µg/l	0.034	0.007	0.008	0.009	0.014	0.017	0.011	0.012	0.005	0.004
Desisopropylatrazin	µg/l	<0.02	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.004	0.004	0.005	<0.003
Cyanazin	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diuron	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Isoproturon	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lenacil	µg/l							n.n.	n.n.		
Metolachlor	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Metolachlor ESA	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Metolachlor OXA	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Propazin	µg/l	<0.005	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Pirimicarb	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Simazin	µg/l	0.014	0.004	<0.003	0.004	0.006	0.008	0.005	0.005	0.006	0.005
Terbutylazin	µg/l	<0.003	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	<0.003	n.n.	n.n.	n.n.
Terbutryn	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Alachlor	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Aldicarb	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Bromacil	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chlortoluron	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Diazinon	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0.021	0.023	0.034	0.012
Dimethenamid	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Dimethenamid ESA	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Dimethenamid OZA	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Hexazinon	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Metazachlor	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Tebutam	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
2,4-D	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Bentazon	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Dicamba	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Dichlorprop	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Dinoseb	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
MCPA	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Mecoprop	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Mesotrion	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Sulcotrion	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Metamitron	µg/l	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Desaminometamitron	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Chloridazon	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Chloridazon-desphenyl	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Chloridazon-methyl-desphenyl	µg/l			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.				
Propachlor	µg/l									n.n.	n.n.
Cyproconazol	µg/l									n.n.	n.n.

Indikatorstoffe				25. Feb 13	13. Mai 13	20. Aug 13	25. Nov 13	19. Mai 15	2. Nov 15	30. Mai 16	14. Nov 16
1H-Benzotriazol	µg/kg			0.007	0.008	0.011	0.014	0.014	0.009		
Mecoprop	µg/kg			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Sulfamethoxazol	µg/kg			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Diclofenac	µg/kg			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Carbamazepin	µg/kg			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
5-Methyl-1H-Benzotriazol	µg/kg			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Acetylsulfamethoxazol	µg/kg			n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.		
Acesulfam-K	µg/kg							n.n.	n.n.		

Grenz- und Toleranzwerte

Grenz- und Toleranzwerte		Schweizerisches Lebensmittelbuch SLMB	TBDV	Gewässerschutzverordnung GSchV
Parameter	Einheit	Erfahrungswert für Trinkwasser	Anforderungen an Trinkwasser	zusätzliche Anforderungen an Grundwasser, das als Trinkwasser verwendet wird
Allgemeine Parameter				
Wassertemperatur	°C	8 - 15		
Geruch		ohne Befund		
Geschmack		ohne Befund		
Färbung		farblos		
Trübung	TE/F	bis 0.5		
pH-Wert		6.8 - 8.2		
Leitfähigkeit	µS/cm	200 - 800		
Sauerstoff-Sättigung	%	30 - 100 *		
Oxidierbarkeit	KMnO ₄ mg/l	bis 3		
DOC	C mg/l	bis 1.0		2
Bakteriologische Analyse				
Aerobe mesophile Keime: an der Fassung	KBE/ml		100	
Aerobe mesophile Keime: nach Aufbereitung	KBE/ml		20	
Aerobe mesophile Keime: im Netz	KBE/ml		300	
Escherichia Coli	KBE/100 ml		0	
Enterokokken	KBE/100 ml		0	
Anorganische Verbindungen und Metalle				
Ammonium	NH ₄ mg/l	bis 0.05	0.1	
Nitrit	NO ₂ mg/l	bis 0.01	0.1	
Nitrat	NO ₃ mg/l	bis 25	40	25
Sulfat	SO ₄ mg/l	bis 50		40
Phosphat	PO ₄ mg/l	bis 0.05	1	
Chlorid	Cl mg/l	bis 20		40
Fluorid	F mg/l	bis 0.5	1.5	
Selen	Se mg/l	bis 0.001	0.01	
Eisen gelöst	Fe mg/l	bis 0.05		
Eisen gesamt	Fe mg/l		0.2	
Mangan gelöst	Mn mg/l	bis 0.02		
Mangan gesamt	Mn mg/l		0.05	
Aluminium	Al ₃ mg/l	bis 0.05	0.2	
Calcium	Ca mg/l	bis 200 *		
Magnesium	Mg mg/l	50 - 125 *		
Natrium	Na mg/l	bis 20	200	
Kalium	K mg/l	bis 5		

* vgl. Erläuterungen zu den Trinkwasseranalysen

ERLÄUTERUNGEN ZU DEN TRINKWASSERANALYSEN

ALLGEMEINE PARAMETER

Viele dieser Parameter werden bei Routineuntersuchungen gemessen. Die Untersuchungen sind zum grössten Teil einfach durchzuführen und erlauben eine grobe Beurteilung der Wasserqualität. Bei einzelnen hohen Werten muss dann gezielt nach der Ursache gesucht werden.

Wassertemperatur [Erfahrungswert: 8 – 15 °C]

Trinkwasser sollte eine Temperatur von 8 bis 15 °C aufweisen. Echtes Grundwasser hat zudem eine relativ konstante Temperatur. Temperaturschwankungen deuten auf den Einfluss von Oberflächenwasser hin. Kurzfristige, plötzliche Temperaturschwankungen können die Infiltration von Fremdwasser anzeigen.

Geruch, Geschmack, Färbung

Ein gutes Trinkwasser sollte geruch-, geschmack- und farblos sein.

Trübung [Erfahrungswert: < 0.5 TE/F; Toleranzwert: < 1 TE/F]

Trinkwasser sollte nicht getrübt sein. Sporadisch auftretende Trübungen, vor allem nach heftigem Regen, deuten auf eine ungenügende Filterwirkung des Bodens hin. Eine anhaltende Trübung des Wassers kann ein Anzeichen für Korrosion im Leitungsnetz sein.

pH-Wert [Erfahrungswert: 6.8 – 8.2]

Der pH-Wert zeigt an, ob das Wasser chemisch neutral, sauer oder alkalisch ist. Der pH-Wert eines Trinkwassers sollte im neutralen Bereich liegen und dem Gleichgewichtswert des Kalk-Kohlensäuregleichgewichtes entsprechen. Ein Trinkwasser mit zu tiefem pH-Wert enthält überschüssige, aggressive Kohlensäure und kann Korrosionen in Leitungen und Installation verursachen. Zudem können allfällige im Boden gebundene Schwermetalle bei tiefem pH gelöst werden. Ein Wasser mit zu hohem pH-Wert (über dem Gleichgewichtswert) neigt zu Kalkausscheidung.

Leitfähigkeit [Erfahrungswert: 200 – 800 µS/cm]

Die Leitfähigkeit ist ein Mass für den Gehalt des Wassers an Mineralien, Salzen und leitfähigen Schmutzteilchen. Je höher die Leitfähigkeit ist, desto grösser ist die Konzentration dieser Stoffe. Sehr hohe Leitfähigkeiten können auf Deponien hinweisen. Die Leitfähigkeit ist der traditionelle Parameter, der Langzeit-Beobachtungen über die Veränderung des Wassers ermöglicht.

Gesamthärte

Die Gesamthärte umfasst den Gehalt an Erdalkali-Ionen (v.a. Calcium und Magnesium) einer Wasserprobe. Die Summe aller Calcium- und Magnesiumsalze von 0 - 7 °fH wird als sehr weich, von 7 – 15 °fH als weich, von 15 - 25 °fH als mittelhart, von 25 - 32 °fH als ziemlich hart, von 32 - 42 °fH als hart und über 42 °fH als sehr hart bezeichnet. Der Gesamthärtegehalt ist der wesentliche Parameter für die Dosierung von Waschmitteln und die Planung und Kontrolle von Enthärtungsanlagen. Eine hohe Gesamthärte deutet auf eine lange Verweilzeit des Wassers im Untergrund hin.

Karbonathärte, Säureverbrauch, Alkalinität

Die Karbonathärte ist die Summe aller Bikarbonate und Karbonate. In natürlichem Grund- und Quellwasser liegt Kalk in seiner löslichen Form als Hydrogencarbonat vor. Durch die Bestimmung des Säureverbrauches einer Probe lässt sich näherungsweise die Konzentration an löslichem Kalk berechnen und in Härtegraden ausdrücken. Je grösser die Karbonathärte ist, desto besser ist das Wasser gegen Säuren gepuffert.

Sauerstoff

Der Gehalt an gelöstem Sauerstoff ist vom hygienischen Standpunkt aus ohne Bedeutung. Ein geringer Sauerstoffgehalt weist auf Sauerstoffzehrung durch den Abbau von organischen Verunreinigungen hin. In sauerstoffarmen Grundwasser können Redox-Reaktionen auftreten, die vor allem Nitrate, Eisen- und Manganverbindungen beeinflussen. Es können sich dabei Nitrit, Ammonium und lösliche Eisen-, bzw. Manganverbindungen bilden. Der Sauerstoffgehalt ist somit im Grundwasser ein wichtiges Qualitätsmerkmal und für die Beurteilung von Korrosionsvorgängen im Leitungsnetz eine Schlüsselmessgrösse. Für die Begünstigung einer Schutzschichtbildung in den Leitungen ist eine relative Sauerstoffsättigung von 30 bis max. 100% anzustreben.

Oxidierbarkeit, KMnO_4 -Verbrauch [Erfahrungswert: < 3 mg/l]

Die Oxidierbarkeit, d.h. der Gehalt an oxidierbaren Stoffen (v.a. organische Verbindungen) ist ein Mass für die Belastung des Wassers. Die Oxidierbarkeit unbelasteter Gewässer liegt zwischen 2 und 4 mg KMnO_4 -Verbrauch pro l. Erhöhte Werte können natürlichen Ursprungs sein (Moorböden), zeigen in der Regel aber Verschmutzungen an.

DOC [Erfahrungswert: < 1.0 mg/l]

Der Gehalt an DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) ist ein Mass für die Wasserbelastung durch organische Verbindungen. Erhöhte DOC-Konzentrationen können natürlichen Ursprungs sein (Moorböden). Falls dies ausgeschlossen werden kann, deuten sie auf Verschmutzungen durch Industrieabwasser oder Deponien hin. Bei einem hohen DOC-Gehalt können zudem vermehrt Schwermetalle mobilisiert und transportiert werden.

BAKTERIOLOGISCHE ANALYSE

Gewisse Mikroorganismen verursachen beim Menschen verschiedene Krankheiten. Falls Abwasser ins Trinkwasser gelangt, können Typhus-, Cholera-, Kinderlähmungserreger und andere übertragen werden. Aus praktischen Gründen ist es nicht möglich, die Trinkwasseranalysen auf alle möglichen Erreger zu untersuchen. Daher wird nur kontrolliert, ob Indikatororganismen anwesend sind, die auf eine fäkale Verunreinigung schliessen lassen. Als Indikatororganismen dienen die Fäkalbakterien *Escherichia coli* und Enterokokken. Gelegentlich werden ergänzende Untersuchungen vorgenommen (Gesamtkeimzahl, aerobe mesophile Keime, Endowüchsige Keime).

Es sollten weder *Escherichia coli* noch Enterokokken nachweisbar sein (Toleranzwert).

ANORGANISCHE VERBINDUNGEN UND METALLE

Ammonium [Erfahrungswert: < 0.05 mg/l; Toleranzwert: 0.1 mg/l]

Nitrit [Erfahrungswert: < 0.01 mg/l; Toleranzwert: 0.1 mg/l]

Die Stickstoffverbindungen Ammonium und Nitrit sind in einem guten Trinkwasser nicht nachweisbar. Das Vorhandensein von Spuren dieser Verbindungen ist in der Regel ein Hinweis auf eine Verschmutzung (z.B. ausgewaschene Düngemittel).

Ein erhöhter Ammonium-Gehalt ist giftig für Fische und beeinträchtigt die Chlorierung des Wassers.

Nitrit ist für den Menschen giftig. Im Magen wird Nitrit in krebserregende Nitrosamine umgewandelt. Zudem kann Nitrit die Aufnahme von Sauerstoff ins Blut behindern (vor allem bei Säuglingen).

Nitrat [Erfahrungswert: < 25 mg/l; Toleranzwert: 40 mg/l]

Nitrat ist ein natürlicherweise in den meisten Trinkwassern vorkommender Inhaltsstoff. Nitrat selbst ist nicht gesundheitsgefährdend. Problematisch werden erhöhte Gehalte dann, wenn das Nitrat im menschlichen Körper bakteriell zu Nitrit (NO_2) umgewandelt wird, das vor allem für Säuglinge schädlich ist.

Wasser mit hohem Nitratgehalt liefert einen wesentlichen Beitrag zum Gesamtnitratgehalt der Nahrung. Die Trinkwasserbelastung mit Nitrat ist daher so gering wie möglich zu halten.

Pflanzen können den für das Wachstum nötigen Stickstoff meist nur in der Form von Nitrat, Nitrit und Ammonium aufnehmen. Der im Handelsdünger vorhandene Stickstoff (als Nitrat) kann direkt von den Pflanzen aufgenommen werden.

Für Pflanzen verfügbarer Stickstoff kann auch über komplexe, durch Mikroorganismen geförderte Reaktionen aus organisch gebundenem Stickstoff freigesetzt werden. Der organisch gebundene Stickstoff wird v.a. in der Form von leicht abbaubarem Nährhumus (Hofdünger, Gründünger, Ernterückstände, Klärschlamm, Kompost) auf den Boden ausgebracht.

Überschüssiges Nitrat, das von den Pflanzen nicht aufgenommen werden kann, gelangt durch Auswaschung ins Grundwasser. Einmal ins Grundwasser gelangtes Nitrat ist dort äusserst beständig und kann nur unter ganz bestimmten Bedingungen (sauerstoffarmes Wasser, genügend organisches Material) durch Mikroorganismen abgebaut werden.

Der Hauptgrund der zunehmenden Nitratgehalte im Grundwasser ist in der Intensivierung der Landwirtschaft und dem damit verbundenen stark angestiegenen Einsatz von Handels- und Hofdünger zu sehen.

Die Hauptursachen der Nitratauswaschung ins Grundwasser sind:

- ⇒ Hohe Sickerwassermengen (Niederschläge, Verdunstung, Art des Bewuchses)
- ⇒ Flachgründige und grobkörnige Böden, grosse Poren im Boden
- ⇒ Geringe biologische Aktivität des Bodens, geringer Humusgehalt
- ⇒ Mengenmässig unangepasste und generell überhöhte Düngung
- ⇒ Düngung zum falschen Zeitpunkt (Herbst und Winter, durchnässter Boden)
- ⇒ Landwirtschaftliche Kulturen, geordnet nach abnehmender Nitratauswaschung: Intensivgemüse > Feldgemüse > Hackfrucht > Mais > Getreide > Grünland > Wald
- ⇒ Bracheperioden des Bodens, besonders Winterbrache
- ⇒ Grünlandumbruch, Waldrodung, Aufforstung
- ⇒ Art der Bodenbewirtschaftung

Sulfat [Erfahrungswert: < 50 mg/l]

Die Sulfatkonzentrationen der meisten Quell- und Grundwässer liegen unter 50 mg/l. Wasser aus bestimmten geologischen Formationen (Gips) kann jedoch stark erhöhte Werte aufweisen. Erhöhte Sulfatgehalte können auch auf eine Beeinflussung durch eine Bauschuttdeponie hinweisen. Erhöhte Sulfatkonzentrationen sind gesundheitlich unbedenklich, falls die Magnesium-Konzentration 50 mg/l nicht überschreitet.

Phosphat [Erfahrungswert: < 0.05 mg/l; Toleranzwert: 1 mg/l]

Phosphate sind in einem natürlichen Wasser normalerweise nicht nachweisbar. Ein erhöhter Gehalt kann auf Überdüngung oder eine Belastung durch Abwasser hinweisen. In der Regel sind dann noch andere Messgrössen erhöht, die eine Verschmutzung signalisieren.

Chlorid [Erfahrungswert: < 20 mg/l]

Reine natürliche Trinkwasser unserer Gegend enthalten praktisch keine Chloride oder zumindest Gehalte von weniger als 10 mg/l Cl. Erhöhte Werte deuten auf eine Beeinflussung durch Düngemittel, Abwasser, Deponien oder Streusalz hin.

Ab einer Konzentration von 80 mg/l fördern Chloride Korrosionen in den Leitungen, Gehalte über 200 mg/l machen sich im Geschmack bemerkbar.

Fluorid [Erfahrungswert: < 0.5 mg/l; Toleranzwert: 1.5 mg/l]

Fluoride kommen in Form vieler Mineralien in der Natur vor. Fluorid ist in Spuren möglicherweise essentiell für den Aufbau von Knochen und Zähnen. In höheren Konzentrationen ist Fluorid jedoch giftig.

Selen [Erfahrungswert: < 0.001 mg/l; Grenzwert: 0.01 mg/l]

Selen ist ein essentielles Spurenelement. Selenverbindungen werden daher als Nahrungsergänzung angeboten. In höheren Konzentrationen wirkt Selen jedoch stark toxisch.

Eisen [Erfahrungswert: < 0.05 mg/l; Toleranzwert: 0.3 mg/l]

Mangan [Erfahrungswert: < 0.02 mg/l; Toleranzwert: 0.05 mg/l]

In sauerstoffarmem resp. sauerstofffreiem Wasser kann Eisen und Mangan in erhöhter Konzentration auftreten. Im Kontakt mit Luftsauerstoff treten Trübungen, Verfärbungen und mit der Zeit auch Ausfällungen auf, und es kommt zu Ausschwemmungen von gallertartigen Produkten. In normalem sauerstoffhaltigem Grundwasser sind Eisen und Mangan nicht nachweisbar. Erhöhte Eisenwerte sind hier jeweils ein Hinweis auf Korrosionen des Leitungsmaterials.

Aluminium [Erfahrungswert: < 0.05 mg/l; Toleranzwert: 0.2 mg/l]

Aluminium ist ein häufiges Element im Boden. Bei der Wasseraufbereitung wird Aluminium als Flockungsmittel eingesetzt. Bei tiefem pH (unter 5) kann Aluminium Pflanzen und Fische schädigen.

Calcium

Calcium ist für den Menschen essentiell (Knochensubstanz). In der Natur kommt Calcium vor allem als Calciumkarbonat (Kalk) vor. Im Wasser kann sich das Calciumkarbonat auflösen und bestimmt so die Karbonathärte des Wassers.

In kalkreichen Formationen kann die Konzentration durchaus höher sein. Calciumkonzentrationen über 200 mg/l vermindern den Gebrauchswert des Wassers.

Magnesium

Magnesium ist ein häufiges Element im Gesteinsuntergrund (Dolomit). Hohe Konzentrationen von Magnesium können den Wassergeschmack beeinflussen. Wegen der Beeinflussung des Geschmacks und einer möglichen abführenden Wirkung soll ein Gehalt von 50 mg/l bei einem Sulfatgehalt von 250 mg $\text{SO}_4^{2+}/\text{l}$ nicht überschritten werden. Bei kleineren Sulfatgehalten kann ein entsprechend höherer Wert toleriert werden; bei weniger als 30 mg $\text{SO}_4^{2+}/\text{l}$ beträgt er 125 mg Mg^{2+}/l .

Natrium [Erfahrungswert: < 20 mg/l]

Natrium gehört zu den zehn häufigsten Elementen in der Erdhülle und kommt dabei in zahlreichen natriumhaltigen Mineralen vor. Auch in den Ozeanen ist eine erhebliche Menge Natrium als Ionen enthalten. Für den Menschen ist Natrium essentiell. Wasser mit hohem Natriumgehalt liefert einen Beitrag zur Natriumaufnahme über die Nahrung. Gehalte über 200 mg/l können sich geschmacklich bemerkbar machen.

Hohe Natriumwerte können geologisch bedingt sein oder auf eine Verunreinigung hinweisen.

Kalium [Erfahrungswert: < 5 mg/l]

Kalium ist für den Menschen essentiell. In der Natur kommt Kalium als Kation in Mineralen vor. Wasserlösliche Kaliumsalze werden als Düngemittel verwendet.

Erläuterungen zu den Grundwasserschutzzonen

A) Ziel und Zweck der Schutzzonen

Grund- und Quellwasser sind ein wichtiger Bestandteil des Wasserkreislaufes und der verschiedenen Ökosysteme. Grundwasser ist mit einem Anteil von über 80% der wichtigste und wertvollste Rohstoff für die Trinkwasserversorgung der Schweiz. Ein Schutz des Grundwassers ist von grosser Bedeutung, damit es auch kommenden Generationen in ausreichenden Mengen und guter Qualität zur Verfügung steht.

Die zunehmende Gefährdung des Trinkwassers durch Überbauungen, Verkehrswege, Landwirtschaft und Chemikalien hat 1971 Parlament und Bundesrat zur Schaffung eines Gewässerschutzgesetzes veranlasst, das ermöglichen sollte, die lebenswichtigen Trinkwasservorkommen zu erhalten. Da es sich um ein elementares Nahrungsmittel handelt, wurde dem Schutz des Grundwassers rechtlich Priorität eingeräumt. Das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) wurde 1991 revidiert und ergänzt.

Die öffentlichen und privaten Gewässer mit Einschluss der Quellen unterstehen dem Schutz des eidg. Gewässerschutzgesetzes. Gestützt auf das Gewässerschutzgesetz trat am 1. Januar 1999 die Gewässerschutzverordnung (GSchV, 28. Oktober 1998) in Kraft. In Art. 29 der GSchV wird festgehalten, dass die Kantone zum Schutz der im öffentlichen Interesse liegenden Quellwasserfassungen Grundwasserschutzzonen (Art. 20 GSchG) ausscheiden.

Grundwasserschutzzonen sollen Trinkwasserfassungen vor Beeinträchtigungen schützen. Sie sollen gewährleisten, dass die Entnahme von Wasser aus bestehenden Fassungen zum Zweck der Trink- und Brauchwasserversorgung heute und in Zukunft sichergestellt ist. In der Wegleitung Grundwasserschutz wird das Verfahren der Ausscheidung detailliert erläutert.

Die Gefährdung einer Fassung nimmt mit zunehmender Entfernung vom Verschmutzungsherd ab, weshalb die Schutzzone S in drei Zonen mit abgestuften Vorschriften unterteilt wird.

B) Dimensionierungsgrundsätze

Für die Dimensionierung der **Zone S3** gelten folgende Regeln (Auszug aus der Wegleitung 'Grundwasserschutz', 2004):

- Stromaufwärts soll der Abstand vom äusseren Rand der Zone S2 bis zum äusseren Rand der Zone S3 etwa so gross sein, wie der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2.
- Stromabwärts soll die Zone S3 zumindest den Entnahmebereich bis zum unteren Kulminationspunkt umfassen. Es ist dies derjenige Punkt, von dem aus das Grundwasser auch bei ungünstigen Voraussetzungen nicht mehr zur Fassung zurückströmen kann.

Bei der Dimensionierung der **Zone S2** sind insbesondere die lokalen geologischen und hydrogeologischen Faktoren zu berücksichtigen. In Anhang 4 Ziffer 123 der GSchV steht:

¹ Die Zone S2 soll verhindern, dass:

- a. das Grundwasser durch Grabungen und unterirdische Arbeiten nahe von Grundwasserfassungen und -anreicherungsanlagen verunreinigt wird; und
- b. der Zufluss zur Grundwasserfassung durch unterirdische Anlagen behindert wird.

² Bei Lockergesteins- und schwach heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern soll sie zudem verhindern, dass Krankheitserreger sowie Stoffe, die Wasser verunreinigen können, in solchen Mengen in die Grundwasserfassung gelangen, dass sie die Trinkwassernutzung gefährden.

Sie wird um Grundwasserfassungen und – anreicherungsanlagen ausgeschieden und so dimensioniert, dass:

- a. *der Abstand von der Zone S1 bis zum äusseren Rand der Zone S2 in Zuströmrichtung mindestens 100 m beträgt; er kann kleiner sein, wenn durch hydrogeologische Untersuchungen nachgewiesen ist, dass die Grundwasserfassung oder -anreicherungsanlage durch wenig durchlässige und nicht verletzte Deckschichten gleichwertig geschützt ist; und*
- b. *bei Lockergesteins- und schwach heterogenen Karst- und Kluft-Grundwasserleitern die Fließdauer des Grundwassers vom äusseren Rand der Zone S2 bis zur Grundwasserfassung oder -anreicherungsanlage mindestens zehn Tage beträgt.*

Bei der Bemessung der Schutzzone ist von der Entnahmemenge auszugehen, die aus hydrogeologischer Sicht bzw. aufgrund der Konzession über längere Zeit gefördert werden darf.

Die Zone S1 umfasst die Fassungsanlage d.h. bei Vertikalfilterbrunnen den Brunnenschacht, bei Horizontalfilterbrunnen den Brunnenschacht und die Horizontalstränge sowie bei Quelfassungen den Fassungstrang mit Sickerrohren. Die Grösse der Zone S1 ist unter anderem vom Bautyp der Trinkwasserfassung (Vertikal-/Horizontalfilterbrunnen, Quelfassung) abhängig. Die Ausdehnung der Zone S1 sollte vom äusseren Rand eines Fassungselementes gemessen mindestens 10 m betragen. Bei Quelfassungen kann der Grenzabstand talseitig weniger als 10 m betragen, soll aber bergseitig zum Schutz vor Einschwemmungen umso grösser sein.

C) Einschränkungen in den Schutzzonen

In der **Zone S3** sind gemäss Anhang 4 Ziffer 221 der GSchV nicht zulässig:

- a. *industrielle und gewerbliche Betriebe, von denen eine Gefahr für das Grundwasser ausgeht;*
- b. *Einbauten, die das Speichervolumen oder den Durchflussquerschnitt des Grundwasserleiters verringern; die Behörde kann aus wichtigen Gründen Ausnahmen gestatten, wenn eine Gefährdung der Trinkwassernutzung ausgeschlossen werden kann;*
- c. *Versickerung von Abwasser, ausgenommen die Versickerung von nicht verschmutztem Abwasser (...) über eine biologisch aktive Bodenschicht;*
- d. *nachteilige Verminderungen der schützenden Überdeckung (Boden und Deckschicht);*
- e. *Rohrleitungen, die dem Rohrleitungsgesetz vom 4. Oktober 1963 unterstehen; ausgenommen sind Gasleitungen;*
- f. *Kreisläufe, die Wärme dem Untergrund entziehen oder an den Untergrund abgeben;*
- g. *erdverlegte Lagerbehälter und Rohrleitungen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten;*
- h. *Lagerbehälter mit wassergefährdenden Flüssigkeiten mit mehr als 450 l Nutzvolumen je Schutzbauwerk; ausgenommen sind freistehende Lagerbehälter mit Heiz- oder Dieselöl zur Energieversorgung von Gebäuden oder Betrieben für längstens zwei Jahre; das gesamte Nutzvolumen darf höchstens 30 m³ je Schutzbauwerk betragen;*
- i. *Betriebsanlagen mit wassergefährdenden Flüssigkeiten mit mehr als 2000 l Nutzvolumen; ...*

In der **Zone S2** gelten gemäss Anhang 4 Ziffer 222 der GSchV folgende Einschränkungen:

,In der Zone S2 gelten die Anforderungen nach Ziffer 221; überdies sind ... nicht zulässig:

- a. *das Erstellen von Anlagen; die Behörde kann aus wichtigen Gründen Ausnahmen gestatten, wenn eine Gefährdung der Trinkwassernutzung ausgeschlossen werden kann;*
- b. *Grabungen, welche die schützenden Überdeckung (Boden und Deckschicht) nachteilig verändern;*
- c. *Versickerung von Abwasser;*
- d. *andere Tätigkeiten, welche die Trinkwassernutzung gefährden.'*

In der **Zone S1** sind nur bauliche Eingriffe und andere Tätigkeiten zulässig, welche der Trinkwassernutzung dienen.

D) Anforderungen an den Schutzzonenplan

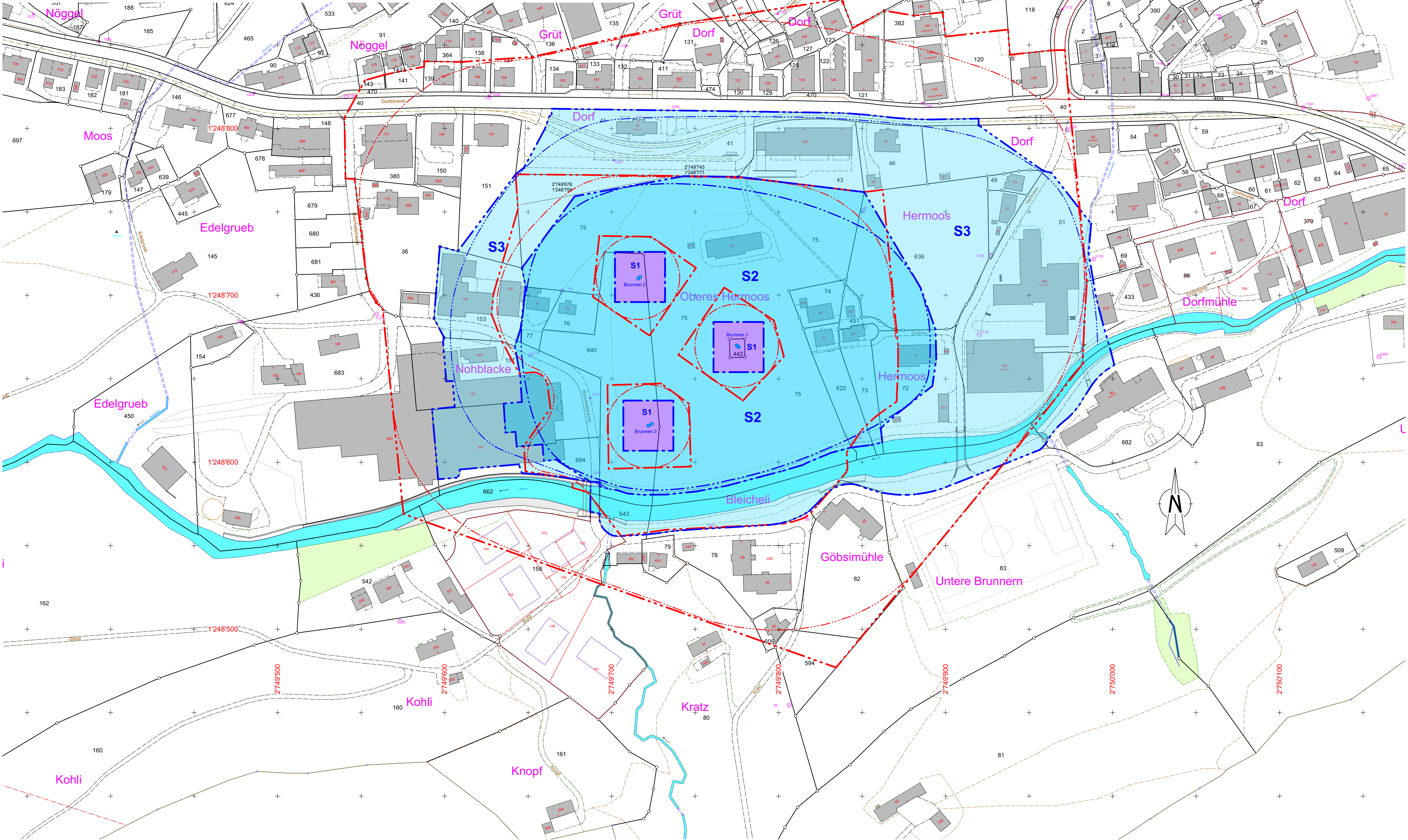
Die Umgrenzungen der Zonen S1, S2 und S3 lassen sich in eine «hydrogeologische» und eine «praktische» Umgrenzung unterscheiden. Die hydrogeologische Umgrenzung basiert auf hydrogeologischen Kriterien und richtet sich nach den Anforderungen der Gewässerschutzverordnung. Die praktische Umgrenzung umhüllt die hydrogeologische Umgrenzung und berücksichtigt die örtlichen Gegebenheiten wie Gelände- und Parzellenverhältnisse, Waldränder usw. Sie stellt im Schutzzonenplan die rechtskräftige Umgrenzung dar.

Vergleich bisherige Schutzzonen - neue Schutzzonen

Grundwasserschutzzonen um die Grundwasserfassungen Hermoos

Vergleich bisherige Schutzzonen - neue Schutzzonen

	bisherige Schutzzonen	neue Schutzzonen
Zone S1		
Zone S2		
Zone S3		



Berechnungen nach LANDES & WYSSLING;

Tabelle

Grundwasserschutzzonen GWF Hermoos

Berechnung der relevanten Kenndaten für die Dimensionierung der Grundwasserschutzzonen gemäss den Ansätzen von "LANDES & WYSSLING"

			GWF Hermoos 1	GWF Hermoos 2	GWF Hermoos 3
Entnahmemenge im Pumpwerk (Annahme: Pumpbetrieb 24 Stunden)	Q	l/min	300	200	300
		m ³ /s	0.00500	0.00333	0.00500
		m ³ /Tag	432	288	432
		m ³ /Jahr	157'680	105'120	157'680
mittlere Durchlässigkeit des Grundwasserleiters (k-Wert)	k	m/s	6.0E-04	8.0E-04	7.0E-04
Gefälle der Grundwasseroberfläche im Ruhezustand	i	%	1.10%	1.10%	1.10%
effektive Porosität (Berechnung aus k-Wert)	p		0.128	0.141	0.135
Mächtigkeit des Grundwasserleiters	H	m	15.20	9.00	7.00
Entnahmebreite oberstrom	B	m	49.80	42.10	92.80
Entnahmebreite auf Fassungshöhe	b	m	24.90	21.05	46.40
Strecke vom PW bis zur talseitigen Begrenzung des Entnahmebereiches	x ₀	m	7.93	6.70	14.77
natürliche Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers	v ₀	m/Tag	4.45	5.39	4.92
Schutzzonenradius S1 (oberstrom)	r(S1)	m	15.00	15.00	15.00
Verweildauer des Grundwassers in der Zone S1	t(S1)	Tag	1.48	1.32	0.94
d = v * t , mit [t= 10 Tage + t (S1)]	d	m	44.49	53.88	49.24
Strecke stromaufwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S2 oberstrom	so	m	56.89	64.99	70.02
Strecke stromabwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S2 unterstrom	su	m	12.92	11.40	22.38
d = v * t , mit [t= 20 Tage + t (S1)]	d	m	95.57	114.89	103.13
Strecke stromaufwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S3 oberstrom	so	m	109.41	127.01	127.10
Strecke stromabwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S3 unterstrom	su	m	13.85	12.12	23.97

Grundwasserschutzzonen GWF Hermoos

Berechnung der relevanten Kenndaten für die Dimensionierung der Grundwasserschutzzonen gemäss den Ansätzen von "LANDES & WYSSLING"

			GWF Hermoos 1	GWF Hermoos 2	GWF Hermoos 3
Entnahmemenge im Pumpwerk (Annahme: Pumpbetrieb 24 Stunden)	Q	l/min	300	200	300
		m ³ /s	0.00500	0.00333	0.00500
		m ³ /Tag	432	288	432
		m ³ /Jahr	157'680	105'120	157'680
mittlere Durchlässigkeit des Grundwasserleiters (k-Wert)	k	m/s	6.0E-04	8.0E-04	7.0E-04
Gefälle der Grundwasseroberfläche im Ruhezustand	i	%	1.10%	1.10%	1.10%
effektive Porosität (Berechnung aus k-Wert)	p		0.128	0.141	0.135
Mächtigkeit des Grundwasserleiters	H	m	15.20	9.00	7.00
Entnahmebreite oberstrom	B	m	49.80	42.10	92.80
Entnahmebreite auf Fassungshöhe	b	m	24.90	21.05	46.40
Strecke vom PW bis zur talseitigen Begrenzung des Entnahmebereiches	x ₀	m	7.93	6.70	14.77
natürliche Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers	v ₀	m/Tag	4.45	5.39	4.92
Schutzzonenradius S1 (oberstrom)	r(S1)	m	15.00	15.00	15.00
Verweildauer des Grundwassers in der Zone S1	t(S1)	Tag	1.48	1.32	0.94
d = v * t , mit [t= 10 Tage + t (S1)]	d	m	44.49	53.88	49.24
Strecke stromaufwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S2 oberstrom	so	m	56.89	64.99	70.02
Strecke stromabwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S2 unterstrom	su	m	12.92	11.40	22.38
d = v * t , mit [t= 20 Tage + t (S1)]	d	m	95.57	114.89	103.13
Strecke stromaufwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S3 oberstrom	so	m	109.41	127.01	127.10
Strecke stromabwärts vom PW mit Laufzeit t bis Pkt. x S3 unterstrom	su	m	13.85	12.12	23.97