

Wasserverbund Region Bern AG, WVRB AG

Grundwasserfassung Kiesen

Hydrogeologische Untersuchungen und Schutzzonendimensionierung

Bern, 5. Oktober 2022, rev. 10. April 2025
WA/rj 13110.1B250411

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Verwendete Unterlagen	2
3. Ausgeführte Arbeiten	4
4. Allgemeine hydrogeologische Situation	4
5. Ergebnisse	5
5.1. Geophysikalische Messungen	5
5.1.1. VLF-Methode	5
5.1.2. Messergebnisse	6
5.2. Sondierbohrungen	6
5.2.1. Festlegung Sondierbohrstandorte	6
5.2.2. Bohrbefunde	7
5.2.3. Kurzpumpversuche	7
5.2.4. Flowmetermessungen	8
5.2.5. Fazit der Bohrungen	9
5.3. Langzeitpumpversuch	9
5.3.1. Versuchsbrunnen	9
5.3.2. Messstellennetz	10
5.3.3. Ruhewasserspiegel	11
5.3.4. Pumpmenge, Pumpzeit, Ganglinien	12
5.3.5. Abgesenkter Grundwasserspiegel, Absenktrichter	12
5.4. Hydraulische Kennziffern	14
5.5. Markierversuche	14
5.5.1. Vorbemerkungen	14
5.5.2. Hauptmarkierversuch	14
5.5.3. Nachmarkierversuche	16
5.6. Qualitative Aspekte	17
5.7. Gefahrenkataster	19
5.8. Naturschutzgebiete	20
6. Ergebnisse Zusatzuntersuchungen	20
7. Baugrundabklärungen	21

8.	Schlussfolgerung der hydrogeologischen Abklärungen	21
8.1.	Fassungsdimension	21
8.2.	Standortgebundenheit	22
9.	Schutzzonenausscheidung	23
9.1.	Allgemeines	23
9.2.	Bestimmung 10-Tagesgrenze	24
9.2.1.	Vorbemerkungen	24
9.2.2.	Auswirkungen Brunnenneubau auf 10-Tages-Isochrone	24
9.3.	Fassungsbereich (Zone S1)	25
9.4.	Engere Schutzzone (Zone S2)	25
9.5.	Weitere Schutzzone (Zone S3)	25
9.6.	Betroffene Landbesitzer	26

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1	Analyseresultate Markierversuche
Anhang 2	Untersuchungsberichte Bachema AG

BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage 1	Übersicht	1:2'000
Beilage 2	Elektromagnetische Messungen, Frequenz 19.6 kHz	1:2'500
Beilage 3	Elektromagnetische Messungen, Frequenz 77.5 kHz	1:2'500
Beilage 4	Elektromagnetische Messungen, Frequenz 234 kHz	1:2'500
Beilage 5	Situation Messtellennetz	1:2'500
Beilage 6a – 6e	Bohrprofile	1:100
Beilage 7a + 7b	Flowtermessungen	
Beilage 8	Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 8. Februar 2016 (Ruhewasserspiegel)	1:2'500
Beilage 9a + 9b	Ganglinien	
Beilage 10	Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 21. März 2016 (Ende Pumpstufe Q = 20'100 l/min)	1:2'500
Beilage 11	Absenkungstrichter Δh 8. Februar – 21. März 2016 (Ende Pumpstufe Q = 20'100 l/min)	1:2'500
Beilage 12	Isohypsen des Grundwasserspiegels vom 29. März 2016 (Ende Pumpstufe Q = 30'000 l/min)	1:2'500
Beilage 13	Absenkungstrichter Δh 8. Februar – 29. März 2016 (Ende Pumpstufe Q = 30'000 l/min)	1:2'500
Beilage 14	Resultate Tracerversuche	1:2'500
Beilage 15	Ganglinien Färbversuche	
Beilage 16	Naturschutzgebiete	1:5'000
Beilage 17	Situation Bohrung Baugrund	1:5'000
Beilage 18	Bohrprofil Baugrund	1:100
Beilage 19	10-Tages-Isochrone	1:2'500

Schutzzonenplan

Schutzzonenreglement

Präambel:

Dieses Gutachten wurde im Auftrag des Wasserverbands Region Bern AG, WVRB AG zum Zweck des Berichts der Grundwasserfassung Neuezälgau, Kiesen erstellt. Die vorgenannten Angaben und Folgerungen beziehen sich somit ausschliesslich auf das vorliegende Projekt. Bedeutende Änderungen des Projekts bedingen eine Neu Beurteilung. Wird das Gutachten zudem für andere Zwecke verwendet, wird jede Haftung abgelehnt. Die Haftung wird auch gegenüber anderen Personen als den Auftraggebern vollumfänglich abgelehnt.

Bei den im Bericht gemachten Angaben handelt es sich um eine Interpretation der bis anhin von diesem Grundstück bzw. Standort bekannten Daten und Fakten. Sollten im Laufe der Planung bzw. der Ausführung des Bauvorhabens zusätzliche Informationen gewonnen werden, so müssen die gemachten Modellangaben überprüft und falls notwendig angepasst werden. Aus diesem Grund ist die Begleitung der Projektierungs- und Ausführungsarbeiten durch einen Geologen sehr zu empfehlen.

Wasserverbund Region Bern AG, WVRB AG

Grundwasserfassung Kiesen

1. Einleitung

Die Grundwasserfassung in Kiesen (Aaretalwerk I), welche aus 4 Fassungsbrunnen (Br1 – Br4) und dem Regulierbauwerk Caisson besteht, hat eine zentrale Bedeutung für die Wasserversorgung der Region Bern (Lage vgl. Beilage 1). Zusammen mit zwei weiteren Fassungsgebieten in der Aeschau (Grundwasser Emmental) und in der Belpau (Aaretalwerk II) muss mit dem Aaretalwerk I die sichere und ausreichende Trinkwasserversorgung in der Region Bern sichergestellt werden.

Im Bereich der Fassungen des Aaretalwerkes 1 bestehen mehrere Bauvorhaben, die ein erhebliches Konfliktpotenzial mit der entsprechenden rechtsgültigen Schutzzone darstellen. Zu erwähnen sind dabei folgende Planungen:

- Ausbaupläne SBB (Brücke Uttigen, 3. Gleis Bern – Thun)
- Hochwasser- und Renaturierungsprojekte Aare Thun – Bern
- Sanierung Autobahn Bern - Thun (bereits ausgeführt)

Aufgrund dieser Ausgangslage wurden Alternativstandorte für die 4 Fassungsbrunnen evaluiert. Für die Brunnen Br 1 und Br 2 konnte ein Ersatzstandort in der Oberen Au (Munitionsdepot Uttigen) definiert werden (vgl. [12] und [24]). In der Zwischenzeit wurde dieser Horizontalfilterbrunnen erstellt und im Sommer 2023 in Betrieb genommen (vgl. [26]).

Für die Fassungen Br 3 und Br 4 konnte aufgrund von Modellierungen als Ersatzstandort ein Gebiet westlich der heutigen Standorte ausgeschieden werden (vgl. 18)).

Mit einer Detailprospektion mussten diese Modellierungsergebnisse in einem ersten Untersuchungsschritt überprüft werden. Die notwendigen hydrogeologischen Arbeiten wurden in drei Phasen ausgeführt. Die erste Phase beinhaltete, neben der Aufarbeitung der bestehenden Unterlagen, geophysikalische Messungen (VLF Methode) und die Ergänzung des bestehenden Messstellennetzes. In der zweiten Phase wurden Sondierbohrungen mit Kurzpumpversuchen durchgeführt und die Grundwasserqualität wurde überprüft. Die dritte Phase umfasste das Erstellen von zwei Versuchsbrunnen und die Durchführung eines Langzeitpumpversuches. Ergänzend wurden umfangreiche Färbversuche angeordnet (Stichwort: Unterströmung der Aare). Die Untersuchungen erfolgten im Auftrag der SBB und sind in unserem Bericht Nr. 9309 vom 10. Juni 2016 erläutert (vgl. [22]).

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Härte des Grundwassers am vorgesehenen Ersatzstandort höher ist, als am heutigen Fassungsstandort der Brunnen Br3 und Br4. Im Auftrag des Wasserverbundes Bern wurden deshalb in einem zweiten Untersuchungsschritt Zusatzabklärungen durchgeführt, mit dem Ziel, den Fassungsstandort und den detaillierten Aufbau des Fassungsbrunnens bezüglich Wasserhärte zu optimieren (vgl. [23]).

Die wesentlichen Ergebnisse sämtlicher Untersuchungsschritte sind nachfolgend zusammengefasst und erläutert.

2. Verwendete Unterlagen

Folgende wesentlichen Unterlagen standen für die vorliegenden Abklärungen zur Verfügung:

- [1] Wasser und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) (1981): Grundlage für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern - Hydrogeologie Aaretal, zwischen Thun und Bern
- [2] Geotechnisches Institut (1999): Pumpversuche 1999 Bericht über die Untersuchungsergebnisse
- [3] Geotechnisches Institut (2000): Aaretalwerk I Kiesen; Neueichung des Grundwassermodells und Schutzzonenabklärung.
- [4] WEA (2001): Schutzzonenplan und –reglement für die Grundwasserfassungen Aaretal I
- [5] WEA (2002): Schutzzonenplan und –reglement für das Grundwasserschutzareal „Oberer Au“ bei Uttigen
- [6] BWG (2002): Einsatz künstlicher Tracer in der Hydrogeologie
- [7] BUWAL (2004): Begleitung Grundwasserschutz
- [8] Geotechnisches Institut (2005): Aaretalwerk I, Kiesen Neukonzeption der Fassungsanlagen, Resultate der Modellsimulationen
- [9] OIK II (2005): Konzept, Renaturierung Hochwasserschutz Aare Thun – Bern
- [10] Kellerhals + Haefeli AG (2006) Grundwassernutzungen Uttigen Au - Hydrogeologische Abklärungen. Bericht Nr. 5555 vom 21. Februar 2006.
- [11] Kellerhals + Haefeli AG (2007): Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun Bern Umweltverträglichkeitsbericht - Fachbericht V. Grundwasser, Altlasten. Bericht Nr. 5570, korrigierte Version vom 25. Februar 2009.
- [12] Kellerhals + Haefeli AG (2011): Grundwassernutzung Oberer Au, Uttigen. Bericht Nr. 7108 vom 26. Januar 2011.
- [13] Hunziker, Zarn & Partner (2008): Staukurvenrechnungen von Hunziker, Zarn & Partner vom 2. Mai 2008
- [14] WVRB (2011): Geförderte Wassermengen Aaretalwerk 1 vom 3. Februar 2011 und Übersicht der Mengen zwischen Oktober 2008 bis Oktober 2010.

- [15] Bund (1998): Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, Stand 1. Februar 2023.
- [16] Ecoplan (2011): Verschiebung Wasserfassung Kiesen
- [17] TBF + Partner AG (2011): Studie SBB-Brücke Uttigen
- [18] Kellerhals + Haefeli AG: Modellierung Grundwasserfassungen Kiesen. Bericht Nr. 7360 vom 11. April 2011
- [19] BAFU (2012): Grundwasserschutzzonen bei Lockergesteinen. Ein Modul der Vollzugshilfe Grundwasserschutz
- [20] Kellerhals + Haefeli AG: Heberleitung Oberi Au. Bericht Nr. 8411B vom 6. Dezember 2012
- [21] Kellerhals + Haefeli AG: Heberleitung Oberi Au - Kiesen, Sondierbohrungen 2013. Bericht Nr. 8423 vom 12. August 2013
- [22] Kellerhals + Haefeli AG (2015): Verlegung Brunnen 3 + 4 Kiesen des Wasserverbundes Region Bern AG, Bericht Nr. 9309 vom 10. Juni 2016
- [23] Verlegung Heberbrunnen Br 3 und 4 des Wasserverbundes Region Bern AG in Kiesen, Untersuchungen bezüglich Härte, Standortwahl und provisorische Schutzzonenausscheidung, Bericht Nr. 9968 vom 15. Mai 2018
- [24] Kellerhals + Haefeli AG (2020): Grundwasserfassung Oberi Au, Uttigen Bericht Nr. 9934 vom 18. September 2020
- [25] Kellerhals + Haefeli AG (2022): Neubau Grundwasserfassung Neuezälgau, Kiesen Bericht zu den Baugrunduntersuchungen Bericht Nr. 13110 vom 30. Juni 2022
- [26] Kellerhals + Haefeli AG (2023): Horizontalfilterbrunnen Oberi Au, Uttigen. Hydrogeologische Arbeiten für die definitive Fassung, Bericht Nr. 9934 vom 17. Oktober 2023

3. Ausgeführte Arbeiten

Im Zusammenhang mit der Fassungsverlegung wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

- Beschaffung und Studium bestehender Unterlagen
- Vorbesprechungen mit SBB, WVRB AG, Autobahnamt, AWA, Ingenieur
- Ausarbeitung Untersuchungsprogramm
- Geophysikalische Messungen
- Bestimmung Bohrpunkte
- Einholen sämtlicher Bewilligungen (Bohrungen, Leitungsbau, etc.)
- Ausschreibung Bohrarbeiten, Offertenvergleich, Vergabungsantrag
- Abklärung Lage Werkleitungen
- Abteufen von Sondierbohrungen
- Organisation und Baubegleitung Bohrarbeiten, Aufnahme Bohrprofile
- Durchführung Kurzpumpversuche, Messungen Feldparameter
- Flowmetermessungen
- Ergänzung Messstellennetz
- Abteufen von 2 Versuchsbrunnen
- Organisation und Baubegleitung Bohrarbeiten, Aufnahme Bohrprofile
- Nivellierarbeiten
- Organisation und Durchführung Langzeitpumpversuch
- Messtournees während Langzeitpumpversuch
- Färbversuche (Eingabe Farbe, Probeabgabe in Labor)
- Entnahme Wasserproben, Messung Feldparameter, Abgabe Proben in Labor
- Überwachung sämtlicher Arbeiten, laufende Anpassung Untersuchungsprogramm
- Abklärungen bezüglich Optimierung Wasserhärte
- Berichterstattung
- Vorschlag weiteres Vorgehen
- Besprechungen

4. Allgemeine hydrogeologische Situation

Die generellen hydrogeologischen Verhältnisse in der Neuezälgau sind dank den zahlreichen bestehenden Unterlagen bekannt. Der Untergrund hat im Allgemeinen folgenden Aufbau:

Unter einer geringmächtigen Überdeckung (diese besteht oft nur aus der Humusdecke) folgt der eigentliche Grundwasserleiter, d. h. ein sandiger Kies mit wechselndem Siltgehalt und einzelnen, stellenweise zahlreichen Steinen. Vereinzelt existieren Sandlinsen im cm- bis dm-Bereich.

Diese Aareschotter reichen meistens bis in eine Tiefe von 16 – 25 m und werden im Liegenden von einer Sandschicht abgelöst, die eine Stärke von 1 – 1.5 m aufweist. Darunter folgt der eigentliche Grundwasserstauer, der aus feinkörnigen Stillwasserablagerungen (Silten, Tone) gebildet wird.

In den gut durchlässigen Aareschottern zirkuliert ein Grundwasserstrom, der aus Südwest Richtung Nordost fliesst und durch infiltrierendes Aarewasser alimentiert wird. Daneben tragen das versickernde Meteorwasser und die seitlichen Zuflüsse zur Grundwasserneubildung bei.

Der Grundwasserspiegel weist einen Gradienten von 2.5 – 3.0 ‰ auf. Der Grundwasserspiegel liegt fast durchwegs 2 - 4 m unter Terrain. Die Grundwasserspiegelschwankungen entsprechen den Schwankungen des Aarespiegels und betragen normalerweise ca. 2 m (Messstelle Stockere, Tannenhof, HDM 12). Dabei kann noch vermerkt werden, dass die bestehenden Heberleitungen immer in Betrieb sind und damit den Grundwasserspiegel stabilisieren.

5. Ergebnisse

5.1. Geophysikalische Messungen

5.1.1. VLF-Methode

Zur Ermittlung der generellen Durchlässigkeitsverteilung wurde das ganze Untersuchungsgebiet mittels elektromagnetischer Messungen, sogenannter VLF-Messungen (VLF für "very low frequency"), abgetastet.

Die Anwendung der VLF-Methode zur vertikalen Widerstandkartierung macht sich den Umstand zunutze, dass gewisse ausländische Sender permanente Leitsignale ausstrahlen, so dass ein elektromagnetisches Energiefeld praktisch überall zur Verfügung steht.

Die ausgestrahlten Radiowellen dringen ins Gestein ein und induzieren dort einen elektrischen Strom. Damit wird es möglich, an der Geländeoberfläche mit einem speziellen VLF-Empfänger eine Potenzialdifferenz zwischen Elektroden zu messen und hieraus den scheinbaren Widerstand des Gesteins zu errechnen.

Dank der einfachen und raschen Messtechnik konnte das Untersuchungsgebiet elektromagnetisch mittels verschiedenen Frequenzen kartiert werden. In einer wassergesättigten Zone kann mit folgenden maximalen Eindringtiefen gerechnet werden:

Tonige Moräne	15 - 25 m
Silte und Sande	25 - 40 m
Kiese und Kiessande	40 - 70 m

5.1.2. Messergebnisse

Im Untersuchungsgebiet wurde bei der elektromagnetischen Kartierung mit drei Frequenzen gearbeitet (19.6 kHz; 77.5 kHz; 234 kHz). Bei der Interpretation der gemessenen Widerstände ist für die Lockergesteinsablagerungen (Kiese, Sande, Silte, Tone) folgendes zu beachten: Je feinkörniger der Untergrund aufgebaut ist, umso kleiner ist sein elektromagnetischer Widerstand. Für die einzelnen, wassergesättigten Ablagerungen gelten im vorliegenden Untersuchungsperimeter etwa nachstehende Widerstandswerte:

Silte, Tone	20 - 50 Ω m
Sande, z.T. kiesig	50 - 100 Ω m
Kiese, siltig, tonig	100 - 150 Ω m
Kiese, sandig, siltig	150 - 200 Ω m
Kiese, sauber, Steine	> 200 Ω m

Im ungesättigten Bereich liegen die jeweiligen Werte zwei bis drei Mal höher.

Die Beilagen 2 bis 4 vermitteln einen Überblick über die ausgewerteten Messungen. Generell kann festgehalten werden, dass die aus hydrogeologischer Sicht besten Werte einerseits entlang des Waldweges, der vom Caisson in südöstlicher Richtung verläuft und andererseits im Gebiet westlich des Caissons gemessen wurden. Einzelne gute Messwerte wurden auch entlang der Aare registriert.

Diese Messergebnisse wurden für die weiteren Abklärungen gebührend berücksichtigt.

5.2. Sondierbohrungen

5.2.1. Festlegung Sondierbohrstandorte

Für die Bestimmung eines zukünftigen Fassungsgebietes wurden hydrogeologische, gewässer-schutztechnische und schutzzonentechnische Aspekte berücksichtigt. Im Einzelnen betraf dies folgende Bereiche:

A) Hydrogeologische Aspekte

- Geophysikalische Messungen
- Grundwasserletermächtigkeit
- Durchlässigkeit
- Feldergiebigkeit
- Qualität (chemisch, physikalisch, bakteriologisch)

B) Gewässerschutztechnische Aspekte

- Bahnlinie Bern - Thun
- Aare Bern - Thun
- Altlasten bzw. Verdachtsflächen
- Werkleitungen
- Strassenverkehrsnetz

C) Schutzzonentechnische Aspekte

- Fliesszeiten
- Renaturierungsmassnahmen Aarewasser (Verbreiterung Aarebett, Uferabflachungen)
- Siedlungsgebiet Uttigen
- Landwirtschaftliche Nutzung

Aufgrund dieser Unterlagen wurden die Bohrpunkte für die Sondierungen festgelegt (Lage vgl. Beilage 5).

5.2.2. Bohrbefunde

Total wurden 5 Sondierbohrungen bis auf den Grundwasserstauer (RB1/15 - RB5/15) und eine Bohrung für den kombinierten Färbversuch (RB9) abgeteuft. Die detaillierten Profile der Sondierbohrungen können den Beilagen 6a - 6e entnommen werden. Bei den Bohrungen RB1 - 3/15 und RB5/15 ergaben sich grundsätzlich ähnliche Befunde:

Unter einer geringmächtigen Humusschicht folgt ein sandiger Kies mit allgemein schwachem Siltgehalt und einzelnen, stellenweise zahlreichen Steinen. Der Grundwasserstauer, vorwiegend ein tonig-siltiger Feinsand bis Silt, wurde in folgenden Tiefen angetroffen:

RB1/15:	37,1 m
RB2/15:	30,0 m
RB3/15:	33,1 m
RB5/15:	15,2 m

Bei der Bohrung RB4/15 besteht zwischen 10,3 - 19,3 m eine Wechsellagerung von Sand- und Siltbildungen.

In sämtliche Bohrungen wurde ein 6" PVC-Rohr eingebaut und der Ringraum mit $\frac{4}{8}$ mm Filterkies verfüllt (Details siehe Beilagen 6a - 6e).

5.2.3. Kurzpumpversuche

In sämtlichen Bohrungen wurde zur Ermittlung der Profildurchlässigkeit ein Kurzpumpversuch durchgeführt. Die dabei geförderte Grundwassermenge wurde dabei stufenweise bis maximal 1'060 l/min erhöht. Die Beharrungszustände bei den einzelnen Pumpstufen wurden jeweils nach

kurzer Zeit (15 - 30 min) erreicht. Aus den gemessenen Absenkungsbeträgen ergaben sich nachstehende Profildurchlässigkeiten (die angenommene Grundwasserletermächtigkeit entspricht der verfilterten Piezometerstrecke):

RB1/15:	$k \sim 3.8 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
RB2/15:	$k \sim 3.1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
RB3/15:	$k \sim 3.9 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
RB4/15:	$k \sim 6.9 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
RB5/15:	$k \sim 2.6 \times 10^{-2} \text{ m/s}$

Mit Ausnahme der Bohrung RB4/15 ergaben die Berechnungen der Profildurchlässigkeiten durchwegs Werte von $> 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$, was als sehr gut zu bezeichnen ist. Bei der Sondierung RB4/15, mit einer ebenfalls noch guten Durchlässigkeit von $6.9 \times 10^{-3} \text{ m/s}$, ist die angetroffene nutzbare Grundwassermächtigkeit am geringsten.

5.2.4. Flowmetermessungen

Aufgrund der zu berücksichtigenden fassungstechnischen Aspekte (vgl. Abschnitt 5.2.1), stand für eine zukünftige Fassung das Gebiet um die Bohrung RB1/15 und RB2/15 im Vordergrund.

Deshalb wurden bei diesen beiden Sondierstandorten Flowmetermessungen durchgeführt. Bei Flowmetermessungen werden die tiefenabhängigen Durchlässigkeiten stufenweise ermittelt, dabei hat jede Stufe eine Mächtigkeit von einem Meter.

Die wichtigsten Erkenntnisse der Flowmetermessungen können den Beilagen 7a und 7b entnommen werden. Dazu drängen sich nachstehende Bemerkungen auf:

RB1/15 (Beilage 7a)

- Im Ruhezustand bestand ein vertikaler Volumenstrom von oben nach unten von maximal 3,1 l/s (Zufluss in den oberen 4 m, Abfluss zwischen 6 - 13 m). Darunter nur geringe Strömungsänderungen.
- Durch den Pumpbetrieb waren drei überdurchschnittlich durchlässige Zonen erkennbar:
 - 0 - 7 m ab Grundwasserspiegel
 - 9 - 13 m ab Grundwasserspiegel
 - 18 - 24 m ab Grundwasserspiegel

Unter 26 m ab Grundwasserspiegel war keine Zuströmung erkennbar.

RB2/15 (Beilage 7b)

- Im Ruhezustand geringer vertikaler Volumenstrom: Zutritte ab 11 m unter Grundwasserspiegel. Austritte zwischen 15 - 20 m unter dem Grundwasserspiegel.
- Der Pumpbetrieb zeigte eine sehr hohe Durchlässigkeit in den 5 m der gesättigten Zone. Zwischen 7 - 24 m ab Grundwasserspiegel sind sehr einheitliche Durchlässigkeitsbeiwerte erkennbar.
- Unterhalb 24 m ist keine Zuströmung erkennbar.

5.2.5. Fazit der Bohrungen

Aufgrund der Bohrbefunde und der Flowmetermessungen stand das Gebiet um die Bohrungen RB1/15 und RB2/15 für weitere Abklärungen klar im Vordergrund. Die Bohrung RB3/15 zeigt ebenfalls eine hohe Transmissivität (Durchlässigkeit x Grundwasserletermächtigkeit). Sie liegt aber zu nahe an der Aare und dem Teich. Bei den übrigen beiden Sondierungen ist die Grundwasserletermächtigkeit zu gering.

Die weiteren Abklärungen konzentrierten sich deshalb auf den Bereich RB1/15 - RB2/15.

5.3. Langzeitpumpversuch

5.3.1. Versuchsbrunnen

Je einige Meter neben den Probebohrungen RB1/15 bzw. RB2/15 wurden Versuchsbrunnen erstellt (Lage vgl. Beilage 5). Gegenüber den Probebohrungen ergaben sich bezüglich Bodenaufbaus keine nennenswerten Abweichungen.

In beiden Brunnenbohrungen (Ø 900 mm) wurde je ein Hagulitrohr (Ø 600mm) mit folgendem Aufbau eingesetzt:

Brunnen 1:	0.75 – 4.75 m ab OK Terrain	Vollwandrohr
	4.75 – 28.75 m	Schlitzbrückenfilter
	28.75 – 30.75 m	Vollwandrohr (Schlammsack)
Brunnen 2	0.75 – 4.75 m ab OK Terrain	Vollwandrohr
	4.75 – 28.75 m	Schlitzbrückenfilter
	28.75 – 30.75 m	Vollwandrohr (Schlammsack)

Für den Langzeitpumpversuch wurde in beiden Brunnen je eine Unterwasserpumpe im Schlamm-sack installiert.

5.3.2. Messstellennetz

Zur Bestimmung der Grundwasserströmungsverhältnisse, zur Überwachung des Langzeitpumpversuches und zur Durchführung der Markierversuche musste ein Grundwasserspiegelbeobachtungsnetz aufgebaut werden. Neben den 4 Horizontalfilterbrunnen, den Sondierbohrungen und den beiden Versuchsbrunnen standen aus früheren Abklärungen noch 24 weitere Beobachtungspunkte zur Verfügung. Das Messstellennetz wurde mit zwei zusätzlichen Grundwasserspiegelbeobachtungspunkten und vier Abstichpunkten auf der Aare ergänzt. Die technischen Daten sämtlicher Messstellen können nachfolgender Tabelle entnommen werden (Lage vgl. Beilage 5):

Messpunkt Nr.	OK Rohr m ü. M.	OK-Terrain m ü. M.
VB 1	541.74	541.28
VB 2	541.23	540.87
RB 1/15	540.74	540.87
RB 2/15	541.13	541.30
RB 3/15	540.13	540.34
RB 4/15	539.54	539.76
RB 5/15	540.71	540.86
RB 6 alt	540.34	539.57
RB 7 alt	541.35	541.40
RB 8 alt	541.30	540.94
RB 9	543.07	542.22
P1 / 16	540.20	539.41
P2 / 16	541.56	540.95
Br 1	542.76	542.63
Br 2	543.27	542.38
Br 3	542.95	542.15
Br 4	542.71	541.80
P 33	542.52	541.69
P 37	542.40	541.39
P 37 A	540.65	540.02
P 38	541.79	540.87
P 39	540.67	540.17
P 40	541.35	540.57
P 43	542.35	541.45
P 45	541.96	540.89

Messpunkt Nr.	OK Rohr m ü. M.	OK-Terrain m ü. M.
P 46	542.37	541.64
U 37	541.71	541.79
U 38	540.59	540.64
U 42	542.25	541.56
U 43	542.32	541.73
U 44	542.17	541.34
U 45	541.76	540.92
A 1	544.90	
A 2	539.00	
A 4	537.40	540.25 (OK Baum)
RB 10 alt	539.76	538.91
RB 11 alt	538.87	538.74
RB 12 alt	540.01	540.48
RB 13 alt	543.65	543.75
RB 14 alt	541.36	541.51
RB 15 alt	541.91	541.98
RB 16 alt	541.75	541.86
S 17	543.56	543.56

5.3.3. Ruhewasserspiegel

Die Lage des Ruhewasserspiegels vor Beginn des Langzeitpumpversuches (Datum 8. Februar 2016) ist aus der Beilage 8 ersichtlich. Der Aareabfluss betrug zu dieser Zeit ca. 62 m³/s, was einem leicht erhöhten Niedrigabfluss entspricht, der schon seit mehreren Tagen beobachtet werden konnte. Die dargestellten Verhältnisse widerspiegeln deshalb einen relativ tiefen Grundwasserstand.

Das Grundwasser floss mit einem hydraulischen Gefälle von 1 (Neuezälgau) bis 4 ‰ (Eisenbahnbrücke) von Südost gegen Nordwest. Zwischen der Aare und dem angrenzenden Grundwasser herrscht zumindest teilweise eine direkte hydraulische Beziehung, die sich vor allem in einer Wasserspiegelabhängigkeit manifestiert. Jede Pegelstandsänderung in der Aare macht sich schnell (innerhalb Stunden) in einer entsprechenden Änderung im Grundwasserspiegel bemerkbar. Wobei je weiter von der Aare entfernt, die Änderung abgeschwächt ist.

An der grundlegenden Situation (Gefälle, Fliessrichtung) ändert sich bei verschiedenen hohen Aareabflüssen bzw. Grundwasserspiegellagen wenig. Die Grundwasserspiegelschwankungen

werden durch mehrere kantonale Messstellen festgehalten. Dabei wurde eine Amplitude von $\Delta h = 2.4$ m registriert (ohne Extremverhältnisse).

5.3.4. Pumpmenge, Pumpzeit, Ganglinien

Die Pumpmenge, die Pumpzeiten sowie die Ganglinien der Versuchsbrunnen und der Aare können der Beilage 9a entnommen werden. Auf dieser Beilage sind auch die Niederschlagsmengen während der Versuchsphase dargestellt. Die Beilage 9b beinhaltet die Ganglinien ausgewählter Beobachtungspunkte.

Der Ablauf des Langzeitpumpversuches war sehr einfach: Von Anfang an (9. Februar 2016) wurde bei beiden Versuchsbrunnen mit der vollen Pumpenleistung gefahren. (VB1: 9'800 l/min; VB2: 10'300 l/min). Am 22. März 2016 wurde das Caisson mit durchschnittlich 10'000 l/min zugeschaltet. Am 29. März 2016 wurden die beiden Pumpen in den Versuchsbrunnen stillgelegt, die Entnahme im Caisson wurde weitergeführt.

Bei beiden Versuchsbrunnen wurden die Beharrungszustände jeweils nach relativ kurzer Zeit (2 - 3 Tage) erreicht. Die nachher festgestellten Grundwasserspiegeländerungen sind fast ausschliesslich auf die Änderung des Aareabflusses (reguliert in Thun) zurückzuführen. Dieser schwankte während des Versuches nicht stark; der minimalste Abfluss betrug 30 m³/s, der maximale Abfluss 62 m³/s. Das heisst, es herrschten fast durchwegs Niederwasserstände vor.

5.3.5. Abgesenkter Grundwasserspiegel, Absenkrichter

Die Lage der Grundwasserspiegel am Ende der beiden Pumpstufen (21. März 2016: 20'100 l/min und 29. März 2016: 30'000 l/min) können den Beilagen 10 und 12 entnommen werden. Durch die Reibungsverluste beim Wassereintritt in die Filterrohre (eine Pumpmenge von ca. 10'000 l/min bei einem Filterdurchmesser von lediglich 0,6 m hat erhebliche Reibungsverluste zur Folge) ist die Absenkung des Grundwasserspiegels in unmittelbarer Fassungsnahe überdurchschnittlich hoch.

Die Darstellungen zeigen deutlich, dass die Anströmungen vorwiegend aus südlicher Richtung erfolgen. Dabei erhöht sich der Gradient des Grundwasserspiegels auf teilweise über 5 ‰. Die Untere Kulmination liegt bei der ersten Pumpstufe ca. 100 m stromabwärts des Brunnen VB1, bei der zweiten Pumpstufe ca. 220 m.

Aus den Beilagen 11 und 13 sind die Grundwasserspiegeländerungen zwischen dem Ruhewasserspiegel (8. Februar 2016) und dem Ende der beiden Pumpstufen (21. März bzw. 29. März 2016) ersichtlich. Die Angaben entsprechen den Feldmessungen und sind nicht witterungskorrigiert.

Die Längsachsen der beiden Absenkungstrichter verlaufen in etwa parallel der Grundwasserfliessrichtung. Gegen Norden, das heisst stromabwärts, sind beide Trichter sehr flach ausgebildet. Der Grund dürfte im relativ geringen hydraulischen Gradient im Ruhezustand liegen.

Bei allen Isohypsendarstellungen zeigt sich deutlich der Einfluss der offenen Wasserfläche zwischen den Versuchsbrunnen und der Aare.

Für einzelne ausgewählte Beobachtungspunkte ergeben sich folgende Absenkungen:

Messpunkt Nr.	1. Pumpstufe (Q= 20'100 l/min) Δh [m]	2. Pumpstufe (Q= 20'100 l/min) Δh [m]
VB 1	1.37	1.57
VB 2	1.45	1.60
RB 3/15	0.70	0.79
RB 4/15	0.70	0.81
RB 5/15	0.76	0.97
RB 8	0.82	1.06
RB 9	0.60	0.72
Br 4	0.78	0.93

Am 8. Februar 2016 lag der Wasserspiegel der Aare beim Messpunkt A2 auf Kote 538.33. Am Ende der Pumpstufe 1 auf Kote 537.80 (das heisst 0.53 m tiefer), am Ende der Pumpstufe 2 betrug der entsprechende Wert 598.07 (0.26 m tiefer). Aufgrund der direkten Abhängigkeit Wasserspiegel Aare / Grundwasserspiegel müssten die obigen Werte noch entsprechend korrigiert werden, wobei die Distanz Aare - Grundwassermessstelle gebührend berücksichtigt werden müsste.

Die Grundwassermächtigkeit beträgt im Allgemeinen mehr als 20 m. Zur Pumpversuchszeit herrschte ein Niederwasserstand vor (Aareabfluss schwankte lediglich im Bereich vom 33 – 65 m³/s). Die relativ geringen Absenkungsbeträge von weniger als 10 % der Grundwassermächtigkeit verdeutlichen, dass mit der entnommenen Grundwassermenge von 30'000 l/min die verfügbare Feldergiebigkeit nicht annähernd erreicht wurde. Eine grössere Entnahme war aus technischen Gründen (Durchmesser Versuchsbrunnen) nicht möglich und aufgrund des Untersuchungszieles nicht nötig. Grundsätzlich könnten mit einem geeigneten Fassungsbauwerk mehr als 50'000 l/m Grundwasser entnommen werden.

5.4. Hydraulische Kennziffern

Die Auswertung der hydrogeologischen Abklärungen ergab nachstehende hydraulische Kennziffern:

Profildurchlässigkeit VB1:	$4.1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
Profildurchlässigkeit VB2:	$3.2 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
Gebietsdurchlässigkeit:	$1 - 5 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
Grundwassermächtigkeit:	15 - 33 m
Transmissivität (Mittel):	$6.25 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$
Hydraulischer Gradient:	1 - 4 ‰
Nutzbare Porosität:	16 - 20 %

Daraus errechnet sich eine mittlere Fliessgeschwindigkeit des Grundwasser über die gesamte Grundwasserletermächtigkeit von

20 - 30 m/Tag

Diese Fliessgeschwindigkeit ist recht hoch für den Grundwasserstrom im Aaretal zwischen Thun und Bern. Bei einzelnen hochdurchlässigen Zonen (diakene Partien) kann die Fliessgeschwindigkeit lokal weit höher liegen (bis Faktor 10!).

5.5. Markierversuche

5.5.1. Vorbemerkungen

Die Fliessgeschwindigkeiten des Grundwasserstromes können, unter der Voraussetzung, dass die entsprechenden hydraulischen Kennziffern bekannt sind, rechnerisch ermittelt werden. Bei grösseren Grundwasserfassungsprojekten empfiehlt es sich, diese rechnerisch ermittelten Parameter mittels Färbversuchen zu überprüfen. Dadurch können nicht nur die gesetzlich vorgeschriebenen Schutzzonen genauer definiert werden, sondern es können auch allfällige Gefahren durch potenzielle Verunreinigungsherde besser abgeschätzt werden.

5.5.2. Hauptmarkierversuch

5.5.2.1. Versuchsanordnung

Unter Berücksichtigung der bestehenden Unterlagen, der durchgeführten Abklärungen und der Praxishilfe "Einsatz künstlicher Tracer in der Hydrogeologie (BWG 2002)" wurde folgender Versuchsablauf festgelegt (Lage der Impfstellen vgl. Beilage 14).

Datum	Zeit	Impfstelle	Markierstoff
11.03.2016	1015	RB9	15 kg Naphthionat
11.03.2016	10.45	RB3/15	1 kg Sulforhodamin
11.03.2016	11.40	U37	1 kg Uranin

Eine kontinuierliche Beprobung fand bei beiden Versuchsbrunnen VB1 und VB2 statt. Daneben wurden noch bei verschiedenen Beobachtungspunkten Einzelproben erhoben.

Wie bereits erwähnt, (vgl. Abschnitt 5.3.5) herrschte während des ganzen Versuches ein Niederwasserstand vor. Auch mussten nie Niederschläge von mehr als 10 mm/Tag registriert werden (vgl. Beilage 9a).

5.5.2.2. Analyseergebnisse

Sämtliche Analyseergebnisse können dem Anhang 1 entnommen werden. Die grafischen Darstellungen bildet die Beilage 15.

Aus diesen Berechnungen ergaben sich folgende Tracerdurchgänge:

	Brunnen VB1 Sulforhodamin	Brunnen VB2	
		Uranin	Sulforhodamin
Erstauftreten (minimale Fliesszeit)	33 h	220 h	55 h
Auftreten Konzentrationsmaximum	45 h	528 h	93 h
Mittlere Fliesszeit bzw. Verweilzeit	148 h	528 h	169 h
Rückgewinnungsrate	38 %	2 %	1 %

Die Distanzen zwischen den Impfstellen und den Versuchsbrunnen betragen 125 bzw. 490 m. Aus diesen Angaben konnten folgende mittlere Fliessgeschwindigkeiten errechnet werden:

Uranin:	U37 → VB 2	22 m/Tag
Sulforhodamin:	RB3/15 → VB1	20 m/Tag
	RB3/15 → VB2	15 m/Tag

Uranin konnte nur im Brunnen VB2 nachgewiesen werden. Der fehlende Nachweis im Brunnen VB1 dürfte darauf zurückzuführen sein, dass der Brunnen VB1 im Strömungsschatten des Brunnen VB2 liegt. Wichtig bei diesen Ergebnissen ist, dass nun ein klarer Beweis für die Unterströmung der Aare vorliegt.

Naphthionat war in den Versuchsbrunnen nicht nachweisbar. Entweder lagen allfällige Gehalte unter der Nachweisgrenze oder die Impfstelle liegt ausserhalb der Zuströmbereiche. Wegen dieser Befunde wurden zusätzlich die Messpunkte RB7 alt, Br2, Br3 und Br4 beprobt. Wie dem Anhang 1 und der Beilage 14 entnommen werden kann, konnte in diesen 4 zusätzlichen Beobachtungsstellen Naphthionat nachgewiesen werden. Das heisst, die entsprechende Impfstelle RB9 dürfte ausserhalb des Einzugsgebietes der Versuchsbrunnen liegen. Die Naphthionat-Farbwelle fliesst östlich des Entnahmebereiches vorbei.

Mit den positiven Befunden von Uranin und Sulforhodamin konnten die Pumpversuchsdaten bestätigt werden. Einerseits fliesst der Grossteil des geförderten Grundwassers von Süden her den Versuchsbrunnen zu (hohe Rückgewinnungsrate bei Sulforhodamin), andererseits entspricht die mittlere Fliessgeschwindigkeit von 15 - 25 m/Tag den berechneten Werten.

5.5.3. Nachmarkierversuche

5.5.3.1. Versuchsanordnung

Wie bereits einleitend erwähnt, wurde am 22. März 2016 das Caisson mit ca. 10'000 l/min zugeschaltet. Damit verschob sich die Untere Kulmination stromabwärts. Damit diese untere Entnahmegrenze möglichst genau bestimmt werden kann, wurde ein Nachmarkierversuch angeordnet.

Am 23. März 2016 um 16.00 Uhr erfolgte die Eingabe von 500 gr Eosin im Beobachtungspunkt RB8 alt direkt in den Grundwasserleiter. Beprobte wurden das Caisson sowie die beiden Versuchsbrunnen. Auch bei diesem Versuch führte die Aare sehr wenig Wasser (45 – 50 m³/s, siehe Beilage 9a). Niederschläge mussten kaum registriert werden (höchstens einige mm/Tag).

5.5.3.2. Analyseergebnisse

Die Laborwerte können dem Anhang 1 entnommen werden. Die grafische Darstellung ist aus der Beilage 15 ersichtlich. Da am 29. März 2016 die Förderung aus den Versuchsbrunnen abgeschlossen wurde, musste die entsprechende Farbdurchgangskurve modelliert werden. Die Hauptkenntnisse sind nachfolgend aufgelistet.

Erstauftreten (minimale Fliesszeit)	98 h
Auftreten Konzentrationsmaximum	224 h
Mittlere Fliesszeit bzw. Verweilzeit	248 h
Rückgewinnungsrate	19 %

Die Distanz zwischen Impfstelle und Caisson beträgt 115 m. Daraus errechnet sich folgende mittlere Fliessgeschwindigkeit:

11 m/Tag

Dieser Wert ist deutlich tiefer als die bisherigen Angaben. Der Grund liegt im kleineren hydraulischen Gefälle, das im Bereich der Unteren Kulmination vorherrschte.

5.6. Qualitative Aspekte

Während des ganzen Versuches wurde die Qualität des geförderten Grundwasser mehrmals überprüft. Zudem wurde zu Vergleichszwecken am Ende der Pumpdauer auch aus der Aare eine Probe entnommen. Probeentnahmen fanden an folgenden Daten statt:

VB1 24.02.2016
 07.03.2016
 29.03.2016

VB2: 07.03.2016
 29.03.2016

Aare: 29.03.2016

Die einzelnen Ergebnisse der analysierten Parameter können dem Anhang 2 entnommen werden.

Sämtliche analysierten Parameter entsprechen den gesetzlichen Vorschriften für einwandfreies Trinkwasser. Die Variationsbreiten einiger ausgewählter Parameter sind nachfolgend aufgeführt:

		Brunnen VB1	Brunnen VB2
Gesamthärte	°frz	32.0 – 32.9	30.5 – 30.7
Leitfähigkeit	µS/cm	611 - 618	576 - 570
Nitrat	mg/l	13.2 - 14.1	11.9 - 12.3
Sulfat	mg/l	28.5 - 29.5	29.7 - 29.8
Chlorid	mg/l	11.2 - 11.5	10.4 - 10.6
Ammonium	mg/l	< 0.01	< 0.01
Nitrit	mg/l	< 0.005	< 0.005
Eisen	mg/l	< 0.005	< 0.005
Mangan	mg/l	< 0.005	< 0.005
DOC	mg/l C	0.26 - 0.3	0.26 - 0.28
Aerobe mesophile Keime in 1 ml		0 - 2	0 - 2
Enterokokken in 100 ml		n.n.	n.n.
Escherichia coli in 100ml		n.n.	n.n.

n.n. : nicht nachweisbar

Es handelt sich um ein ziemlich hartes bis hartes Wasser mit tiefem Nitrat- und Chlorid- sowie mittlerem Sulfatgehalt. Während des Pumpversuches änderte sich die chemische Zusammensetzung kaum.

Bei den Spezialanalysen konnten weder Herbizide noch flüchtige organische Verbindungen nachgewiesen werden.

Auch die bakteriologischen Proben zeigten trotz der nicht optimalen Randbedingungen (offenes Fassungsrohr) einwandfreie Ergebnisse. So lag die Gesamtkeimzahl mit maximal 2 Keimen pro ml weit unter dem zulässigen Gehalt von 100 Keimen.

Ein Vergleich der Grundwasserproben mit dem Aarewasser (Analyse auch im Anhang 2) zeigt deutliche Unterschiede. So dürfte die Aare bei den Abflussverhältnissen während des Langzeitpumpversuches kaum eine nennenswerte Infiltrationsleistung aufweisen. Bakteriologische Zusatzuntersuchungen an der Uni Neuenburg (Prof. D. Hunkeler) bestätigen diesen Befund.

Fazit der Qualitätsanalysen

Die Qualitätsanalysen haben gezeigt, dass sich das Grundwasservorkommen in der Neuezälgau für eine Trinkwassernutzung eignet. Sämtliche analysierten Parameter entsprachen nicht nur den gesetzlichen Vorschriften, sondern sie liegen durchwegs innerhalb der Qualitätsziele für eine neue Grundwasserfassung (z.B. liegt dieser Wert für Nitrat bei 25 mg/l).

Die Gesamthärte lag während des Langzeitpumpversuches bei beiden Brunnen im Bereich von 30,5 - 32,9 °fz. Diese Werte sind einige Härtegrade höher als bei der heute genutzten Anlage Aaretalwerk I. Es ist jedoch erforderlich, dass die neue(n) Fassung(en) Kiesen ähnliche Härtegrade aufweisen wie die heute genutzten Anlagen.

Der Langzeitpumpversuch wurde bei tiefen Grundwasserspiegelverhältnissen und geringen Abflussmengen in der Aare durchgeführt. Bei diesen hydrogeologischen Verhältnissen ist die Infiltrationsleistung der Aare relativ gering. Beim Pumpversuch wurde deshalb vor allem Grundwasser gefördert, das die Aare unterströmte, was unter anderem zu höheren Härtegraden führte. Aufgrund der neusten Erkenntnisse (Aare verläuft über längere Strecken in Lehmlagerungen) dürften diese Verhältnisse auch bei einem Mittelwasserstand zutreffen. Bei einer Hochwassersituation fehlen entsprechende Daten.

Die Horizontalfilterbrunnen des Aaretalwerkes I fördern das Grundwasser aus einer Tiefe von 15 - 20 m. Bei den beiden Versuchsbrunnen handelt es sich um sogenannte Vertikalfilterbrunnen, die bis in eine Tiefe von gut 30 m reichen. Das heisst, bei den untersuchten Proben handelt es sich um ein Mischwasser über den gesamten Grundwasserleiter. Nachträgliche Leitfähigkeitsmessungen haben nun gezeigt, dass in einer Tiefe von 20 - 22 m eine Qualitätsgrenze besteht. Die unteren Grundwasserschichten weisen eine Leitfähigkeit auf, die ca. 100 µS/cm höher ist, als die oberen Grundwasserschichten. Das heisst, das Grundwasser ist im oberen Bereich weicher

als im unteren Bereich. Diese Erkenntnis muss bei einem zukünftigen Fassungsbau gebührend berücksichtigt werden.

Die Härte des geförderten Grundwassers dürfte auch mit einer optimalen Wahl des Fassungsstandortes und der Anordnung der Horizontalfilterstränge (beim geplanten Brunnen steht der Bau eines Horizontalfilterbrunnens im Vordergrund) positiv beeinflusst werden können. Der Fassungsstandort sollte, soweit es die Schutzzonenausscheidung ermöglicht, südöstlich der Versuchsbrunnen liegen. Zudem sind die Horizontalfilterstränge vor allem in südlicher Richtung zu erstellen.

Mit diesen Massnahmen (Standort, Fassung in der oberen Grundwasserschicht, Fassungsstränge vor allem gegen Süden) dürfte die Gesamthärte bei der neuen Fassung in der gleichen Grössenordnung liegen, wie bei den heutigen Fassungen des Aaretalwerkes I.

5.7. Gefahrenkataster

Das nähere Untersuchungsgebiet liegt vollständig im Wald und ist mehrfach naturgeschützt (Kantonale und Bundesvorschriften). Im weiteren Zustrombereich sind folgende Objekte erwähnenswert:

Eisenbahnlinie Bern - Thun

Wie der Hauptmarkierversuch gezeigt hat, liegt die Eisenbahnlinie, zumindest bei den hydraulischen Verhältnissen während den Untersuchungen, ausserhalb des Einzugsgebietes. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass bei anderen Verhältnissen eine mögliche leichte Beeinflussung besteht. Eine grössere Gefährdung liegt im Havariefall vor. Infolge der beachtlichen Distanz Bahntrasse - vorgesehener Fassungsstandort besteht bei einem Störfall genügend Zeit, um geeignete Massnahmen einzuleiten. Zudem sollte geprüft werden, ob die bestehenden Brunnen Br2 - Br4 nicht als Sanierungsbrunnen weiter betrieben werden sollten. Damit könnte die leichte bestehende Gefährdung weiter verringert werden.

Aare Thun - Bern

Zwischen der Aare und dem angrenzenden Grundwasserstrom herrscht im Allgemeinen eine enge hydraulische Beziehung. Bei Niederwasser dürfte sich diese Beziehung fast ausschliesslich auf einen Druckausgleich reduzieren. Zudem wird die Aare im fraglichen Gebiet unterströmt. In Anbetracht der beachtlichen Distanz Aare - Fassungsstandort (mittlere Fliesszeit ca. 10 Tage) stellt dieser Fluss kein erhöhtes Risiko dar.

Freizeit, Naherholung

Das Einzugsgebiet wird stark als Naherholungsgebiet genutzt. Mit geeigneten Informationstafeln können die Besucher genügend sensibilisiert werden.

Teiche, Geländemulden

Das nähere Einzugsgebiet weist eine unruhige Topografie mit zahlreichen Gräben und Mulden von zum Teil mehreren Metern auf. Mit Ausnahme des grossen Wasserteiches sollten die übrigen Gräben, soweit sie bis in das Grundwasser reichen, gesäubert und zumindest teilweise aufgefüllt werden. Offene Wasserflächen in Fassungsnähe müssen unbedingt vermieden werden. Diese Arbeiten müssen mit den zuständigen Naturschutzbeauftragten abgesprochen werden.

5.8. Naturschutzgebiete

Das fragliche Gebiet ist mit mehreren Schutzbeschlüssen belegt. Eine entsprechende Übersicht bildet die Beilage 16. Folgende Teilbeschlüsse sind erwähnenswert:

- Amphibienlaichgebiet
- Auenlandschaft
- Biotope
- Waldnaturinventar

Die entsprechenden Amtsstellen sind möglichst frühzeitig in die Planung miteinzubeziehen.

6. Ergebnisse Zusatzuntersuchungen

Wie bereits einleitend erwähnt, haben die Detailuntersuchungen gezeigt, dass die Härte des Grundwassers am vorgesehenen Ersatzstandort (VB1 und VB2) in der Neuezälgau höher ist als am jetzigen Standort der Fassungen Br3 und Br4. Es wurden deshalb Zusatzuntersuchungen zur Optimierung des definitiven Fassungsstandortes durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Abklärungen sind in unserem Bericht vom 15. Mai 2018 festgehalten (vgl. [23]). Damit die Wasserhärte in der neuen Fassung möglichst tief gehalten werden kann, wird empfohlen, die geplante Anlage ca. 50 m östlich des Versuchsbrunnens zu erstellen. Zudem sollten die Horizontalfilterstränge in den obersten 15 m des Grundwasserleiters erstellt werden.

7. Baugrundabklärungen

Am vorgesehenen Standort des Zentralschachtes wurden Baugrundabklärungen durchgeführt (vgl. [25]). Zu diesem Zweck wurde eine Sondierbohrung abgeteuft und alle 2 m SPT-Tests gemacht. Das detaillierte Bohrprofil bildet die Beilage 17. Der angetroffenen Bodenaufbau bestätigte die bisherigen Kenntnisse:

Deckschicht:	Humus, 0.4 m mächtig
Aareschotter:	Kies, mit viel Sand, Steine bis 15 cm. Dicht gelagert Unterkante Schotter: -27.8 m ab OK Terrain
Grundwasserstauer:	Ab 27.8 m Sand mit Silt (bis mindestens – 32 m (= Ende Bohrung))

8. Schlussfolgerung der hydrogeologischen Abklärungen

8.1. Fassungsdimension

Aufgrund der durchgeführten hydrogeologischen Abklärungen konnte ein geeigneter Standort für eine neue Trinkwasserfassung festgelegt werden. Für die Förderung der maximal angestrebten 25'000 l/min eignet sich am besten ein Horizontalfilterbrunnen. Der Zentralschacht sollte dabei im Bereich der Sondierbohrungen RB/P1/22 (vgl. [25]) erstellt werden. (Lage vgl. Beilage 17). Die Dimensionierung der neuen Grundwasserfassung sieht wie folgt aus:

Zentralschacht:	Überschnitte Bohrpfähle analog Brunnen Oberi Au
Tiefe der Pfähle:	19 m ab OK Terrain
Innendurchmesser:	4 m
Aussendurchmesser:	6.6 m
Schachtboden:	15 m ab OK Terrain
Fassungslängen:	Unterer Horizont: 12 m ab OK Terrain
Anzahl Stränge:	6
Mittlere Länge:	35 m
	Oberer Horizont: 10 m ab OK Terrain
Anzahl Stränge:	6
Mittlere Länge:	35 m

Die sandfreie Fördermenge und das Fassungsvermögen sind mit dieser Anordnung gewährleistet.

8.2. Standortgebundenheit

Bei der Definition eines Fassungsstandortes müssen sämtliche relevanten Aspekte berücksichtigt werden. Im vorliegenden Projekt Neuenzälgau ergibt sich folgende Ausgangslage (z.T. bereits in vorangehenden Kapiteln erwähnt):

Der Wasserverbund Region Bern AG, WVRB, besitzt in Kiesen 4 Fassungsbrunnen und das Regulierbauwerk Caisson mit einer konzidierten Menge von 55'000 l/min.

Im näheren Einzugsgebiet dieser Anlagen bestehen ein recht beachtliches Gefahrenpotential und grössere Bauvorhaben:

- Ausbaupläne SBB-Brücke Uttigen
- Sanierung Autobahn A6
- Hochwasserschutzprojekt Aare
- Erweiterung SBB-Strecke Bern-Thun (3. Gleis)

Aufgrund dieser Ausgangslage wurde beschlossen, die 4 Fassungsbrunnen zu verlegen und durch den Bau von 2 neuen Horizontalfilterbrunnen zu ersetzen. Der Ersatz der Brunnen Br1 und Br2 wurde mit dem Bau des Horizontalfilterbrunnens «Oberi Au» mit einer konzessionierten Entnahmemenge von 25'000 l/min bereits ausgeführt. Mit den in den Kapiteln 5 bis 7 beschriebenen Untersuchungen wurde nun ein Grundwasserfassungs-Ersatzstandort für die Brunnen Br3 und Br4 für den Grundwasserbeug von ebenfalls 25'000 l/min abgeklärt.

Bei der Definition eines neuen Grundwasserfassungsstandortes sind folgende Hauptkriterien von Bedeutung:

- Genügend Grundwasser
- Trinkwasserqualität
- Kleines Gefahrenpotential
- Schutzzonenausscheidung
- Verbrauchernähe

Aus infrastrukturellen Gründen sollte der neue Fassungsstandort in der Nähe der bisherigen Anlagen liegen.

Aus früheren Abklärungen sind die generellen hydrogeologischen Verhältnisse im fraglichen Gebiet sehr gut dokumentiert. Aufgrund dieser zahlreichen Unterlagen wurden Modellierungen vorgenommen. Diese zeigten auf, dass eine Verschiebung der Fassungen 3 und 4 in westlicher Richtung realistisch sind.

Mit einer Detailprospektion konnten diese Modellierungen überprüft werden. Es bestätigte sich, dass im Bereich Neuenzälgau eine Grundwasserfassung mit der angestrebten Fördermenge realisiert werden kann. Auch die Definition einer rechtsgültigen Schutzzone ist hier möglich. Zudem ist das Gefahrenpotential nicht bedeutend.

Aus qualitativen Gründen wurden noch Zusatzuntersuchungen durchgeführt um den Fassungsstandort zu optimieren. Es zeigte sich, dass eine Verschiebung des vorerst gefundenen Fassungsstandorts um ca. 50 m in östlicher Richtung eine bessere Wasserqualität des geförderten Grundwassers zur Folge hat. Mit einer geeigneten Fassungsanlage kann so weiches Wasser als beim ursprünglichen Standort genutzt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der vorgeschlagene neue Fassungsstandort als optimal beurteilt werden kann und die hydrogeologischen Anforderungen am besten erfüllt. Bei einer Verschiebung müssten zum Teil beachtliche Nachteile in Kauf genommen werden.

9. Schutzzonenausscheidung

9.1. Allgemeines

Gemäss Wegleitung "Grundwasserschutz" des Bundesamtes für Umweltschutz (BUWAL, heute BAFU) vom Oktober 2004 sind bei der Schutzzonendimensionierung die hydrogeologischen Beschaffenheiten des Grundwasserleiters und dessen Überdeckung, die Aufenthaltsdauer des Grundwassers im Boden sowie die bestehenden und potenziellen Gefährdungen im Einzugsgebiet zu berücksichtigen.

Bei der Ausscheidung der Schutzzonen wird gemäss Wegleitung Gewässerschutz [19] zwischen einer Zone S1 (Fassungsbereich), einer Zone S2 (engere Schutzzone) und einer Zone S3 (weitere Schutzzone) unterschieden.

Die Zone S1 umfasst dabei die unmittelbare Umgebung der Fassung sowie Bereiche, die in direkter Beziehung zu derselben stehen. Die mit der entsprechenden Einzonung verbundenen Nutzungsvorschriften sollen gewährleisten, dass keine schädlichen Fremdstoffe direkt zur Fassung gelangen.

Im Fassungsbereich ist im Allgemeinen nur noch Grasbau und Wald (ohne Düngung und Bewässerung) erlaubt. Diese Areale werden damit praktisch der Nutzung entzogen und sollten deshalb im Besitz der Wasserversorgung sein.

Die Zone S2 (engere Schutzzone) soll durch ihre Filterwirkung die stetige, einwandfreie bakteriologische Qualität des der Fassung entnommenen Trinkwassers garantieren, d. h. unter anderem auf natürlichem Wege die Hauptmenge an Keimen von der Fassung fernhalten.

Die Wegleitung fordert, dass ein Wasserteilchen vom tiefst liegenden Gefahrenherd am äussersten Rand der Zone S2 bis zum Rand der Zone S1 durchschnittlich mindestens 10 Tage im Boden verweilt.

In der engeren Schutzzone gilt im Wesentlichen ein Gülle- und Bauverbot.

Die Zone S3 dient als Pufferzone für die Zone S2. Sie soll sie Raum und Zeit geben, damit bei Verunreinigungen mit nicht abbaubaren chemischen Stoffen ausserhalb der engeren Schutzzone

innert kurzer Zeit reagiert werden kann und dass Sanierungsmassnahmen ausgeführt werden können. Die entsprechenden Nutzungsbeschränkungen betreffen vor allem die Gewerbezon (z. B. Tankanlagen, Gewerbe mit wassergefährdeten Flüssigkeiten).

9.2. Bestimmung 10-Tagesgrenze

9.2.1. Vorbemerkungen

Die Grösse der Engeren Schutzzone (Zone S2) wird bei Lockergesteins-Grundwasserleitern wie folgt definiert (vgl. [19]):

- Die Verweilzeit des Grundwassers vom äusseren Rand der Zone S2 bis zur Grundwasserfassung muss mindestens 10 Tage betragen.
- Der Abstand von der Zone S1 (Fassungsbereich) bis zum äusseren Rand der Zone S2 muss in Zustromrichtung mindestens 100 m betragen.

Dabei ist der Betriebszustand mit der maximalen Fördermenge bei einem niedrigen Wasserstand massgebend.

Für die Ermittlung der 10-Tagesgrenze stehen vier gebräuchliche Methoden zur Verfügung:

- Manuell-graphisches Verfahren
- Verfahren nach Wyssling
- Grundwasser-Strömungsmodell-Verfahren
- Markierversuche

Bei den vorgesehenen Untersuchungen standen das Grundwasser-Strömungsmodell-Verfahren und die Markierversuche, ergänzt mit dem manuell-graphischen Verfahren, im Vordergrund.

9.2.2. Auswirkungen Brunnenneubau auf 10-Tages-Isochrone

Aus qualitativen Gründen sollte die Grundwasserentnahme möglichst tief erfolgen. Die Entnahme erfolgt am besten in einem Horizontalfilterbrunnen. Der Zentralschacht sollte dabei bei der Bohrung RB/P1/2022 erstellt werden. Die Fassung des Grundwassers wird durch Horizontalfilterstränge, die auf zwei Horizonten sternförmig angeordnet sind, erfolgen (vgl. Kapitel 8.1).

Unter diesen Voraussetzungen kann für die 10-Tages-Isochrone etwa die markiertechnisch ermittelte Variante weiterverwendet werden. Das gefasste Grundwasser muss aus oberflächennahen, gut durchlässigen Schichten, noch eine vertikale Filterstrecke durchfliessen um zu den Fassungssträngen zu gelangen. Aus Sicherheitsgründen wird für die Schutzzonendimensionierung die rechnerisch ermittelte 10-Tages-Isochrone noch leicht erweitert (vgl. Beilage 19). Damit kann die Variationsbreite, die durch die Verschiebung des Fassungsstandortes möglich ist, berücksichtigt werden.

9.3. Fassungsbereich (Zone S1)

Bei der Ausscheidung des Fassungsgebietes muss berücksichtigt werden, dass der minimale Grenzabstand zum Ende der Fassungsstränge 10 m beträgt. Bei einer Stranglänge von 40 m ergibt das einen Fassungsgebiet von ca. 100 m im Durchmesser.

Der Fassungsgebiet liegt vollständig im Wald. Er wird einzig im südwestlichen Bereich von einem Waldpfad tangiert. Mit einer geringfügigen Verlegung dieses Waldpfades kann ein allfälliger Konflikt gelöst werden.

Der Fassungsgebiet muss im Gelände klar markiert werden.

9.4. Engere Schutzzone (Zone S2)

Wie bereits einleitend erwähnt (Abschnitt 9.1), ist für die Dimensionierung der Engeren Schutzzone die 10-Tages Grenze massgebend. Auf der Beilage 19 ist die massgebende 10-Tages Grenze grafisch dargestellt.

Aufgrund des Stellenwertes der Fassung (angestrebte Konzession: Neuer Brunnen 25'000l/min, Caisson 10'000 l/min) wurde die 10-Tages Isochrone der Markierungsversuche für die Begrenzung der S2 beigezogen. Das bedeutet, dass die Engere Schutzzone im südlichen Teil das ganze Gebiet bis zur Aare umfasst.

Im Norden reicht die S2 bis zur Unteren Kulmination. Auf der Beilage 12 ist die Untere Kulmination für die Pumpmenge 30'000 l/min eingetragen. Die Untere Kulmination für die Pumpmenge 35'000 l/min (= Konzession) liegt etwas nördlicher.

Im Süden und Westen orientiert sich die Grenzziehung an der 10-Tages Isochrone der Markierungsversuche.

9.5. Weitere Schutzzone (Zone S3)

Die weitere Schutzzone wurde wie folgt dimensioniert:

- | | |
|---------|--|
| Süden: | Ein Grossteil des fraglichen Grundwasserstromes besteht aus Aareinfiltrat. Wo bei die Aare zum Teil unterströmt wird. Deshalb umfasst die Weitere Schutzzone auch Gebiete am linken Aareufer. |
| Norden: | Damit auch bei Extremverhältnissen (tiefer Grundwasserspiegel, kleiner Aare-abfluss) das nähere Einzugsgebiet geschützt ist, wird hier ein signifikanter Sicherheitsstreifen als Weitere Schutzzone ausgeschieden. |
| Westen: | Der ausgeschiedene Bereich dient als Pufferzone. Damit kann auf bauliche Veränderungen Einfluss genommen werden. |

Osten: Die Weitere Schutzzone umfasst Teilabschnitte der Aare und der Autobahn. Damit muss die Wasserversorgung bei allen baulichen Veränderungen frühzeitig orientiert und konsultiert werden.

9.6. Betroffene Landbesitzer (Stand 29. Februar 2024)

Gemeinde Heimberg

Parzellen-Nr.	Grundeigentümer
2	Kanton Bern AGG
354	Gattiker Ramona Erbengemeinschaft Schmid Hans Lang-Schmid Liselotte Martz-Schmid Eveline Barbara
955	Schweizerische Eidgenossenschaft
968	Wasserverbund Region Bern AG, in Bern

Gemeinde Uttigen

Parzellen-Nr.	Grundeigentümer
3	Kanton Bern AGG
18	Burgergemeinde Uttigen
27	Schweizerische Bundesbahnen SBB / Chemins de fer fédéraux suisses CFF, Spezialgesetzliche Aktiengesellschaft, Bern (UID: CHE-102.909.703)
120	Burgergemeinde Uttigen
329	Einfache Gesellschaft Müller Heinz Werner, Müller-Frieden Monika
354	Kanton Bern AGG
566	Burgergemeinde Uttigen
574	Schweizerische Bundesbahnen SBB / Chemins de fer fédéraux suisses CFF, Spezialgesetzliche Aktiengesellschaft, Bern (UID: CHE-102.909.703)

Gemeinde Kiesen

Parzellen-Nr.	Grundeigentümer
10	Kanton Bern AGG
354	Kanton Bern AGG
390	Kanton Bern AGG
552	Schweizerische Eidgenossenschaft
557	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
560	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
561	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
574	Einwohnergemeinde Kiesen
648.01	Rechtsamegemeinde Kiesen, Kiesen
664	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
667	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
668	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
669	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
670	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
674	Wasserverbund Region Bern AG, Bern
728	Einfache Gesellschaft Leuenberger Franziska, Leuenberger Peter
739	Waber-Niederhauser Ernst
743	Waber Manuel
796	Schweizerische Bundesbahnen SBB / Chemins de fer fédéraux suisses CFF, Spezialgesetzliche Aktiengesellschaft, Bern (UID: CHE-102.909.703)
955	Schweizerische Eidgenossenschaft

KELLERHALS + HAEFELI AG

Dr. J. Wanner

E. Theiler

Sachbearbeiter: Jürg Wanner, Dr. phil. Geologe

Bern, 5. Oktober 2022, rev. 10. April 2025
WA/rj 13110.1B250411

Anhang 1

Analyseresultate Markierversuche



Bern, 17.02.2016

Kellerhals + Häfeli AG Herrn J. Wanner
Kapellenstrasse 22 3011 Bern

Analysenresultate Markerversuch Kiesen

Stelle VB 1

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
11.02.16 08:00	negativ	negativ	negativ
11.02.16 17:00	negativ	negativ	negativ
12.02.16 08:15	negativ	negativ	negativ
12.02.16 19:20	negativ	1.528	negativ
13.02.16 08:10	negativ	3.852	negativ
13.02.16 19:00	negativ	3.257	negativ
14.02.16 08:00	negativ	2.661	negativ
14.02.16 19:00	negativ	2.378	negativ
15.02.16 08:00	negativ	2.067	negativ
15.02.16 19:05	negativ	1.987	negativ
16.02.16 15:15	negativ	1.539	negativ

Stelle VB 2

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
11.02.16 08:00	negativ	negativ	negativ
11.02.16 17:00	negativ	negativ	negativ
12.02.16 08:15	negativ	negativ	negativ
12.02.16 19:20	negativ	negativ	negativ
13.02.16 08:10	negativ	negativ	negativ
13.02.16 19:00	negativ	0.012	negativ
14.02.16 08:00	negativ	0.035	negativ
14.02.16 19:00	negativ	0.049	negativ
15.02.16 08:00	negativ	0.069	negativ
15.02.16 19:05	negativ	0.051	negativ
16.02.16 15:15	negativ	0.049	negativ

Kellerhals + Häfeli AG
Kapellenstrasse 22

Herrn J. Wanner
3011 Bern

Analysenresultate Markierversuch Kiesen

Stelle VB 1

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
17.02.16 15:15	negativ	1.267	negativ
18.02.16 15:25	negativ	1.074	negativ
19.02.16 15:40	negativ	0.894	negativ
20.02.16 15:25	negativ	0.907	negativ
21.02.16 15:10	negativ	0.731	negativ
22.02.16 15:10	negativ	0.611	negativ
23.02.16 15:15	negativ	0.537	negativ
24.02.16 15:30	negativ	0.481	negativ

Stelle VB 2

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
17.02.16 15:15	negativ	0.050	negativ
18.02.16 15:25	negativ	0.046	negativ
19.02.16 15:40	negativ	0.037	negativ
20.02.16 15:25	0.003	0.033	negativ
21.02.16 15:10	0.007	0.028	negativ
22.02.16 15:10	0.014	0.027	negativ
23.02.16 15:15	0.021	0.025	negativ
24.02.16 15:30	0.029	0.019	negativ

Stelle 7 alt

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
22.02.16 14:00	3.796	negativ	50.2
24.02.16 14:00	2.148	negativ	54.4

(H.R. Wernli)

Bern, 8.03.2016

Kellerhals + Häfeli AG Herrn J. Wanner
Kapellenstrasse 22 3011 Bern

Analysenresultate Markierversuch Kiesen

Stelle VB 1

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
25.02.16 15:40	negativ	0.472	negativ
26.02.16 16:00	negativ	0.411	negativ
27.02.16 16:00	negativ	0.407	negativ
28.02.16 16:10	negativ	0.369	negativ
29.02.16 16:15	negativ	0.331	negativ
1.03.16 15:50	negativ	0.290	negativ
2.03.16 15:50	negativ	0.252	negativ
3.03.16 15:45	negativ	0.280	negativ
4.03.16 11:40	negativ	0.262	negativ

Stelle VB 2

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
25.02.16 15:40	0.042	0.019	negativ
26.02.16 16:00	0.048	0.014	negativ
27.02.16 16:00	0.053	0.014	negativ
28.02.16 16:10	0.053	0.012	negativ
29.02.16 16:15	0.052	0.018	negativ
1.03.16 15:50	0.054	0.014	negativ
2.03.16 15:50	0.058	0.014	negativ
3.03.16 15:45	0.056	0.009	negativ
4.03.16 11:40	0.060	0.009	negativ

Stelle 7 alt

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
26.02.16 08:50	1.008	negativ	65.71
29.02.16 13:10	0.526	0.007	52.5
2.03.16 11:20	0.058	negativ	40.4
4.03.16 11:50	0.669	0.042	46.9

Stelle BR 2

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
2.03.16 09:30	1.068	negativ	negativ

Stelle BR 3

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
2.03.16 09:05	0.021	negativ	5.21

Stelle BR 4

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
2.03.16 08:40	0.008	negativ	114.3

(H.R. Wernli)

Kellerhals + Häfeli AG Herrn J. Wanner
 Kapellenstrasse 22 3011 Bern

Analysenresultate Markierversuch Kiesen

Stelle VB 1

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
5.03.16 14:50	negativ	0.222	negativ
6.03.16 15:20	negativ	0.220	negativ
7.03.16 14:55	negativ	0.215	negativ
8.03.16 15:15	negativ	0.188	negativ
9.03.16 15:15	negativ	0.191	negativ
10.03.16 15:20	negativ	0.162	negativ
11.03.16 14:50	negativ	0.150	negativ
12.03.16 15:40	negativ	0.146	negativ
13.03.16 14:30	negativ	0.139	negativ
14.03.16 14:45	negativ	0.132	negativ
15.03.16 14:50	negativ	0.120	negativ
16.03.16 10:20	negativ	0.116	negativ

Stelle VB 2

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
5.03.16 14:50	0.057	0.007	negativ
6.03.16 15:20	0.057	0.007	negativ
7.03.16 14:55	0.056	0.020	negativ
8.03.16 15:15	0.054	0.007	negativ
9.03.16 15:15	0.051	0.007	negativ
10.03.16 15:20	0.049	0.005	negativ
11.03.16 14:50	0.047	0.005	negativ
12.03.16 15:40	0.046	negativ	negativ
13.03.16 14:30	0.044	negativ	negativ
14.03.16 14:45	0.040	negativ	negativ
15.03.16 14:50	0.040	negativ	negativ
16.03.16 10:20	0.037	negativ	negativ

Stelle RB 7 alt

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
7.03.16 10:40	0.007	0.009	31.3
9.03.16 13:10	0.456	negativ	31.6
11.03.16	0.047	negativ	29.2
11.03.16 09:30	0.378	negativ	25.7

Stelle BR 2

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
7.03.16 09:45	0.209	negativ	negativ

Stelle BR 3

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
7.03.16 09:15	0.179	negativ	0.69

Stelle BR 4

Datum	Uranin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
7.03.16 08:55	0.044	negativ	59.2

(H.R. Wernli)

Kellerhals + Häfeli AG Herrn J. Wanner
 Kapellenstrasse 22 3011 Bern

Analysenresultate Markerversuch Kiesen

Stelle Caisson

Datum	Uranin (mg/m ³)	Eosin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
23.03.16 13:00	negativ	negativ	negativ	negativ
24.03.16 17:00	negativ	negativ	negativ	negativ
25.03.16 14:30	negativ	negativ	negativ	negativ
26.03.16 07:00	negativ	negativ	negativ	negativ
27.03.16 18:00	negativ	0.098	negativ	negativ
28.03.16 17:00	negativ	0.434	negativ	negativ
29.03.16 08:40	negativ	0.700	negativ	negativ
30.03.16 13:00	negativ	0.902	negativ	negativ
1.04.16 07:50	negativ	0.480	negativ	negativ

Stelle VB1

Datum	Uranin (mg/m ³)	Eosin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
21.03.16 13:00	negativ	negativ	0.113	negativ
29.03.16 10:55	negativ	negativ	0.073	negativ

Stelle VB2

Datum	Uranin (mg/m ³)	Eosin (mg/m ³)	Sulphorhodamin B (mg/m ³)	Naphthionat (mg/m ³)
21.03.16 13:00	negativ	negativ	negativ	negativ
29.03.16 11:00	negativ	negativ	negativ	negativ

(H.R. Wernli)

Anhang 2

Untersuchungsberichte Bachema AG

Schlieren, 04. April 2016
SIS

Kellerhals + Haefeli AG
Geologen
Kapellenstrasse 22
3011 Bern

Untersuchungsbericht

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Auftrags-Nr. Bachema	201601580
Proben-Nr. Bachema	6697, 8741-8742, 11875-11877
Tag der Probenahme	24. Februar 2016 - 29. März 2016
Eingang Bachema	25. Februar 2016 - 30. März 2016
Probenahmeort	Kiesen
Entnommen durch	M. Maurer, Kellerhals + Haefeli AG
Auftraggeber	Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, 3011 Bern
Rechnungsadresse	Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, 3011 Bern
Bericht an	Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, Dr. J. Wanner, 3011 Bern
Bericht per e-mail an	Kellerhals + Haefeli AG, Dr. J. Wanner, j.wanner@k-h.ch

Freundliche Grüsse
BACHEMA AG



Sabine Ruckstuhl
Dr. sc. nat. / Dipl. Umwelt-Natw. ETH

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Probenübersicht

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
6697 W	VB1	24.02.16 / 25.02.16
8741 W	VB1	07.03.16 / 08.03.16
8742 W	VB2	07.03.16 / 08.03.16
11875 W	VB1	29.03.16 / 30.03.16
11876 W	VB2	29.03.16 / 30.03.16
11877 W	Aare	29.03.16 / 30.03.16

Bedingungen Probenahme

24. Februar 2016

Witterung Entnahmetag	regnerisch
Lufttemperatur	2.0 °C
Letzter Niederschlag	24.02.2016
Bodenzustand	feucht

07. März 2016

Witterung Entnahmetag	allgemein sonnig
Lufttemperatur	4.0 °C
Letzter Niederschlag	06.03.2016
Bodenzustand	feucht

29. März 2016

Witterung Entnahmetag	bewölkt und regnerisch
Lufttemperatur	12.0 °C
Letzter Niederschlag	29.03.2016
Bodenzustand	feucht

Legende zu den Referenzwerten

AltIV Konz.-Wert	Konzentrationswert für Eluate aus Altlasten, Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten, Altlastenverordnung (AltIV).
EW LMB / HyV (F)	Erfahrungswerte für unbelastetes Trinkwasser nach Lebensmittelbuch. / Höchstzulässige Werte für Trinkwasser (Fassung), Verordnung über die hygienisch-mikrobiologischen Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände, Räume, Einrichtungen und Personal, Hygieneverordnung (HyV).
FIV	Grenz- und Toleranzwerte (G und T) für Trinkwasser nach der Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV; GSchV = Werte für Grundwasser, das als Trinkwasser genutzt wird oder dafür vorgesehen ist gemäss Gewässerschutzverordnung).
GSchV Fließ- gewässer	Anforderungen an die Wasserqualität oberirdischer Gewässer nach Gewässerschutzverordnung (GSchV).

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: **Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen**
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Abkürzungen

n.n.	nicht nachweisbar
KBE	Kolonie-bildende Einheiten
W	Wasserprobe
F	Feststoffprobe
TS	Trockensubstanz
<	Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode.
*	Die mit * bezeichneten Analysen fallen nicht in den akkreditierten Bereich der Bachema AG oder sind Fremdmessungen.

Akkreditierung

	Auszugsweise Vervielfältigung der Analysenresultate sind nur mit Genehmigung der Bachema AG gestattet. Detailinformationen zu Messmethode, Messunsicherheiten und Prüfdaten sind auf Anfrage erhältlich (s. auch Dienstleistungsverzeichnis oder www.bachema.ch).
--	---

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Probenbezeichnung	VB1	VB1	VB1		EW LMB / HyV (F)	FIV
Proben-Nr. Bachema	6697	8741	11875			
Tag der Probenahme	24.02.16	07.03.16 15:00	29.03.16			

Feldparameter

Temperatur (Feld)*	°C	10.4	10.3	11.0		8-15
Leitfähigkeit (Feld 20°C)*	µS/cm	565	567	587		200-800

Physikalisch-chemische Parameter

Aussehen		klar	klar	klar		klar
Farbe		farblos	farblos	farblos		farblos
Geruch		geruchlos	geruchlos	geruchlos		geruchlos
Trübung nephelometrisch	TE/F	<0.1	<0.1	<0.1		<0.5
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	618	618	611		200-800
pH-Wert (Labor)	pH	7.38	7.45	7.28		6.8-8.2 (9.2)

Sauerstoff

Sauerstoff (nach Winkler)	mg/L O ₂	7.5	7.7	7.9		
Sauerstoffsättigung (ber.)	%	67	69	72		>30

Härteparameter und Kationen

m-Wert (Säureverb. pH 4.3)	mmol/L	5.60	5.66	5.54		
Karbonathärte (berechnet)	°fH	27.8	28.1	27.5		
Gesamthärte (berechnet)	°fH	32.2	32.9	32.0		
Gesamthärte (berechnet)	mmol/L	3.22	3.29	3.20		
Calcium (gelöst)	mg/L Ca	103	106	103		
Magnesium (gelöst)	mg/L Mg	15.8	15.8	15.4		<50 (125)
Natrium (gelöst)	mg/L Na	6.8	6.8	6.6		<20
Kalium (gelöst)	mg/L K	1.5	1.4	1.4		<5

Anionen

Chlorid	mg/L Cl	11.2	11.5	11.2		<20 (200)
Nitrat	mg/L NO ₃	13.7	14.1	13.2		<25
Sulfat	mg/L SO ₄	28.5	29.5	29.5		<50 (200)
Fluorid	mg/L F	<0.1	<0.1	<0.1		<0.5

N- und P-Verbindungen

Ammonium	mg/L NH ₄	<0.01	<0.01	<0.01		<0.05
Nitrit	mg/L NO ₂	<0.005	<0.005	<0.005		<0.01
ortho-Phosphat	mg/L PO ₄	<0.01	0.01	0.01		<0.15

Berechnete Größen

freie Kohlensäure	mg/L CO ₂	22.9	20.6	28.1		
Gleichgewichts-Kohlensäure	mg/L CO ₂	45.4	45.4	45.2		
Kalkaggressive Kohlensäure	mg/L CO ₂	-22.6	-24.8	-17.1		
Gleichgewichts-pH	pH	7.1	7.1	7.1		
Calciumcarbonat-Sättigungsindex	pH	0.3	0.3	0.2		

Elemente und Schwermetalle

Eisen (gelöst) ICP-MS	mg/L Fe	<0.005	<0.005	0.005		<0.05
Mangan (gelöst) ICP-MS	mg/L Mn	<0.005	<0.005	<0.005		<0.02

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt:
Auftraggeber:
Auftrags-Nr. Bachema:

Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Kellerhals + Haefeli AG
201601580

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
 Tag der Probenahme

VB1	VB1	VB1		EW LMB / HyV (F)	FIV
6697 24.02.16	8741 07.03.16 15:00	11875 29.03.16			

Organische Summenparameter

DOC	mg/L C	0.30	0.28	0.26		<1	2 GSchV
KW-Index (C10-C40)	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005		<0.002	0.02 T
Anteil KW < C10	%	--	--	--			
Anteil KW > C40	%	--	--	--			
Phenol-Index	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002			
AOX (gelöst)	µg/L Cl	<2	<2	<2		<5	10 GSchV
Aliph. KW (C5-C10)	µg/L	<10	<10	<10			
Summe BTEX (FIV)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1			3 T
Summe FHKW (FIV)	µg/L	<1	<1	<1			10 T
Summe MTBE, ETBE (FIV)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			5 T
Trihalomethane (FIV)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1			50 G (gechlortes Wasser)

Bachema AG
 Rütlistrasse 22
 Postfach
 CH-8952 Schlieren

Organische Parameter

Purge and Trap Wasser	s. Anhang	s. Anhang	s. Anhang			
-----------------------	-----------	-----------	-----------	--	--	--

Herbizide

Telefon
 +41 44 738 39 00
 Telefax
 +41 44 738 39 90
 info@bachema.ch
 www.bachema.ch

Chemisches und
 mikrobiologisches
 Labor für
 die Prüfung von
 Umweltproben
 (Wasser,
 Boden, Abfall)
 Akkreditiert nach
 ISO 17025/STS
 Nr.064

Alachlor	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Ametryn	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Atrazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Bromacil	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Carbendazim	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Chlortoluron	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Cyanazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
DEET	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Desethylatrazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Desethyl-Terbutylazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Desisopropyl-Atrazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Desmetryn	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Diazinon	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
2,6-Dichlorbenzamid	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Diflubenuron	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Diuron	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Irgarol	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Isoproturon	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Metalaxyl	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Metamitron	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Metazachlor	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Metolachlor	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Metribuzin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Oxadixyl	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Penconazol	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Prometryn	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Propazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Propiconazol	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Simazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Terbutryn	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Terbutylazin	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02		n.n.	0.1 T
Summe 31 Pestizide	µg/L	<0.1	<0.1	<0.5			0.5 T

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
Tag der Probenahme
Entnahmezeit

VB1	VB1	VB1		EW LMB / HyV (F)	FIV
6697 24.02.16	8741 07.03.16 15:00	11875 29.03.16			

Mikrobiologische Untersuchungsparameter

Aerobe, mesophile Keime	KBE/mL	n.n.	2	n.n.		100	
<i>Escherichia coli</i>	KBE/100 mL	n.n.	n.n.	n.n.		n.n.	
Enterokokken	KBE/100 mL	n.n.	n.n.	n.n.		n.n.	

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Probenbezeichnung		VB2	VB2			EW LMB / HyV (F)	FIV
Proben-Nr. Bachema		8742	11876				
Tag der Probenahme		07.03.16	29.03.16				
Entnahmezeit		15:15					
Feldparameter							
Temperatur (Feld)*	°C	8.9	10.6			8-15	
Leitfähigkeit (Feld 20°C)*	µS/cm	522	554			200-800	
Physikalisch-chemische Parameter							
Aussehen		klar	klar			klar	
Farbe		farblos	farblos			farblos	
Geruch		geruchlos	geruchlos			geruchlos	
Trübung nephelometrisch	TE/F	<0.1	<0.1			<0.5	1 T
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	576	578			200-800	
pH-Wert (Labor)	pH	7.50	7.34			6.8-8.2 (9.2)	
Sauerstoff							
Sauerstoff (nach Winkler)	mg/L O ₂	7.6	7.5				
Sauerstoffsättigung (ber.)	%	65	68			>30	
Härteparameter und Kationen							
m-Wert (Säureverb. pH 4.3)	mmol/L	5.24	5.22				
Karbonathärte (berechnet)	°fH	26.0	25.9				
Gesamthärte (berechnet)	°fH	30.7	30.5				
Gesamthärte (berechnet)	mmol/L	3.07	3.05				
Calcium (gelöst)	mg/L Ca	99.0	98.1				
Magnesium (gelöst)	mg/L Mg	14.7	14.7			<50 (125)	
Natrium (gelöst)	mg/L Na	6.3	6.3			<20	
Kalium (gelöst)	mg/L K	1.3	1.3			<5	
Anionen							
Chlorid	mg/L Cl	10.6	10.4			<20 (200)	
Nitrat	mg/L NO ₃	12.3	11.9			<25	40 T
Sulfat	mg/L SO ₄	29.7	29.8			<50 (200)	
Fluorid	mg/L F	<0.1	<0.1			<0.5	1.5 G
N- und P-Verbindungen							
Ammonium	mg/L NH ₄	0.02	<0.01			<0.05	0.1 T
Nitrit	mg/L NO ₂	<0.005	<0.005			<0.01	0.1 T
ortho-Phosphat	mg/L PO ₄	0.02	0.01			<0.15	3 T
Berechnete Grössen							
freie Kohlensäure	mg/L CO ₂	17.0	23.0				
Gleichgewichts-Kohlensäure	mg/L CO ₂	37.2	38.7				
Kalkaggressive Kohlensäure	mg/L CO ₂	-20.2	-15.7				
Gleichgewichts-pH	pH	7.2	7.1				
Calciumcarbonat-Sättigungs- index	pH	0.3	0.2				
Elemente und Schwermetalle							
Eisen (gelöst) ICP-MS	mg/L Fe	<0.005	<0.005			<0.05	0.3 T (tot)
Mangan (gelöst) ICP-MS	mg/L Mn	<0.005	<0.005			<0.02	0.05 T

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt:
Auftraggeber:
Auftrags-Nr. Bachema:

Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Kellerhals + Haefeli AG
201601580

Probenbezeichnung		VB2	VB2			EW LMB / HyV (F)	FIV
Proben-Nr. Bachema		8742	11876				
Tag der Probenahme		07.03.16	29.03.16				
Entnahmezeit		15:15					
Organische Summenparameter							
DOC	mg/L C	0.26	0.28			<1	2 GSchV
KW-Index (C10-C40)	mg/L	<0.005	<0.005			<0.002	0.02 T
Anteil KW < C10	%	--	--				
Anteil KW > C40	%	--	--				
Phenol-Index	mg/L	<0.002	<0.002				
AOX (gelöst)	µg/L Cl	<2	3			<5	10 GSchV
Aliph. KW (C5-C10)	µg/L	<10	<10				
Summe BTEX (FIV)	µg/L	<0.1	<0.1				3 T
Summe FHKW (FIV)	µg/L	<1	<1				10 T
Summe MTBE, ETBE (FIV)	µg/L	<0.05	<0.05				5 T
Trihalomethane (FIV)	µg/L	<0.1	<0.1				50 G (gechlortes Wasser)

Organische Parameter

Purge and Trap Wasser	s. Anhang	s. Anhang					
-----------------------	-----------	-----------	--	--	--	--	--

Herbizide

Alachlor	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Ametryn	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Atrazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Bromacil	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Carbendazim	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Chlortoluron	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Cyanazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
DEET	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Desethylatrazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Desethyl-Terbutylazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Desisopropyl-Atrazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Desmetryn	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Diazinon	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
2,6-Dichlorbenzamid	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Diflubenazuron	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Diuron	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Irgarol	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Isoproturon	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Metalaxyl	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Metamitron	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Metazachlor	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Metolachlor	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Metribuzin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Oxadixyl	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Penconazol	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Prometryn	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Propazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Propiconazol	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Simazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Terbutryn	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Terbutylazin	µg/L	<0.02	<0.02			n.n.	0.1 T
Summe 31 Pestizide	µg/L	<0.1	<0.5				0.5 T

Bachema AG
 Rütistrasse 22
 Postfach
 CH-8952 Schlieren

Telefon
 +41 44 738 39 00
 Telefax
 +41 44 738 39 90
 info@bachema.ch
 www.bachema.ch

Chemisches und
 mikrobiologisches
 Labor für
 die Prüfung von
 Umweltproben
 (Wasser,
 Boden, Abfall)
 Akkreditiert nach
 ISO 17025/STS
 Nr.064

Objekt: **Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen**
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
Tag der Probenahme
Entnahmezeit

VB2	VB2			EW LMB / HyV (F)	FIV
8742 07.03.16 15:15	11876 29.03.16				

Mikrobiologische Untersuchungsparameter

Aerobe, mesophile Keime	KBE/mL	2	n.n.			100	
<i>Escherichia coli</i>	KBE/100 mL	n.n.	n.n.			n.n.	
Enterokokken	KBE/100 mL	n.n.	n.n.			n.n.	

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Probenbezeichnung		Aare					<i>AltIV Konz.-Wert</i>	<i>GSchV Fliess- gewässer</i>
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme		11877 29.03.16						
Feldparameter								
Temperatur (Feld)*	°C	7.3						
Leitfähigkeit (Feld 20°C)*	µS/cm	265						
Physikalisch-chemische Parameter								
Aussehen		klar						
Farbe		farblos						
Geruch		geruchlos						
Trübung nephelometrisch	TE/F	0.4						
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	294						
pH-Wert (Labor)	pH	8.26						
Sauerstoff								
Sauerstoff (nach Winkler)	mg/L O ₂	11.4						
Sauerstoffsättigung (ber.)	%	95						
Härteparameter und Kationen								
m-Wert (Säureverb. pH 4.3)	mmol/L	2.22						
Karbonathärte (berechnet)	°fH	10.9						
Gesamthärte (berechnet)	°fH	14.6						
Gesamthärte (berechnet)	mmol/L	1.46						
Calcium (gelöst)	mg/L Ca	49.8						
Magnesium (gelöst)	mg/L Mg	5.3						
Natrium (gelöst)	mg/L Na	3.1						
Kalium (gelöst)	mg/L K	1.2						
Anionen								
Chlorid	mg/L Cl	4.4					40 (GSchV)	
Nitrat	mg/L NO ₃	2.7					25 (GSchV)	25
Sulfat	mg/L SO ₄	33.4					40 (GSchV)	
Fluorid	mg/L F	<0.1					1.5	
N- und P-Verbindungen								
Ammonium	mg/L NH ₄	0.02					0.5	0.26/0.52
Nitrit	mg/L NO ₂	0.023					0.1	0.16 (BAFU)
ortho-Phosphat	mg/L PO ₄	<0.01						0.12 (BAFU)
Berechnete Grössen								
freie Kohlensäure	mg/L CO ₂	1.2						
Gleichgewichts-Kohlensäure	mg/L CO ₂	4.1						
Kalkaggressive Kohlensäure	mg/L CO ₂	-2.9						
Gleichgewichts-pH	pH	7.7						
Calciumcarbonat-Sättigungs- index	pH	0.5						
Elemente und Schwermetalle								
Eisen (gelöst) ICP-MS	mg/L Fe	<0.005						
Mangan (gelöst) ICP-MS	mg/L Mn	<0.005						

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Probenbezeichnung	Aare				AltIV Konz.-Wert	GSchV Fließ- gewässer
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme	11877 29.03.16					

Organische Summenparameter

DOC	mg/L C	0.63			2 (GSchV)	1-4
KW-Index (C10-C40)	mg/L	<0.005			2 (C5-C10)	
Anteil KW < C10	%	--				
Anteil KW > C40	%	--				
Phenol-Index	mg/L	<0.002			0.01 (FIV)	
AOX (gelöst)	µg/L Cl	<2			10 (GSchV)	
Aliph. KW (C5-C10)	µg/L	<10			2'000	
Summe BTEX (FIV)	µg/L	<0.1				
Summe FHKW (FIV)	µg/L	<1				
Summe MTBE, ETBE (FIV)	µg/L	<0.05				
Trihalomethane (FIV)	µg/L	<0.1				

Organische Parameter

Purge and Trap Wasser	s. Anhang					
-----------------------	-----------	--	--	--	--	--

Herbizide

Alachlor	µg/L	<0.02				0.1
Ametryn	µg/L	<0.02				0.1
Atrazin	µg/L	<0.02				0.1
Bromacil	µg/L	<0.02				0.1
Carbendazim	µg/L	<0.02				0.1
Chlortoluron	µg/L	<0.02				0.1
Cyanazin	µg/L	<0.02				0.1
DEET	µg/L	<0.02				0.1
Desethylatrazin	µg/L	<0.02				0.1
Desethyl-Terbutylazin	µg/L	<0.02				0.1
Desisopropyl-Atrazin	µg/L	<0.02				0.1
Desmetryn	µg/L	<0.02				0.1
Diazinon	µg/L	<0.02				0.1
2,6-Dichlorbenzamid	µg/L	<0.02				0.1
Diflubenzuron	µg/L	<0.02				0.1
Diuron	µg/L	<0.02				0.1
Irgarol	µg/L	<0.02				0.1
Isoproturon	µg/L	<0.02				0.1
Metalaxyl	µg/L	<0.02				0.1
Metamitron	µg/L	<0.02				0.1
Metazachlor	µg/L	<0.02				0.1
Metolachlor	µg/L	<0.02				0.1
Metribuzin	µg/L	<0.02				0.1
Oxadixyl	µg/L	<0.02				0.1
Penconazol	µg/L	<0.02				0.1
Prometryn	µg/L	<0.02				0.1
Propazin	µg/L	<0.02				0.1
Propiconazol	µg/L	<0.02				0.1
Simazin	µg/L	<0.02				0.1
Terbutryn	µg/L	<0.02				0.1
Terbutylazin	µg/L	<0.02				0.1
Summe 31 Pestizide	µg/L	<0.5				

Mikrobiologische Untersuchungsparameter

Aerobe, mesophile Keime	KBE/mL	145				
<i>Escherichia coli</i>	KBE/100 mL	50				<100 (BAG)
Enterokokken	KBE/100 mL	35				<100 (BAG)

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Anhang: Purge and Trap (flüchtige organische Verbindungen nach EPA 524.2)

Probenbezeichnung		VB1	VB1	VB1		EW LMB / HyV (F)	FIV
Proben-Nr. Bachema		6697	8741	11875			
Tag der Probenahme		24.02.16	07.03.16	29.03.16			
Entnahmezeit			15:00				
01. Dichlordifluormethan (Freon R12)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
02. Chlormethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
03. Vinylchlorid	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			0.5 G
04. Brommethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
05. Chlorethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
06. Trichlorfluormethan (Freon 11)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
07. 1,1-Dichlorethen	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
08. Dichlormethan (Methylenchlorid)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	20 G
09. trans-1,2-Dichlorethen	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
10. 1,1-Dichlorethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
11. 2,2-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
12. cis-1,2-Dichlorethen	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
13. Trichlormethan (Chloroform)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
14. Bromchlormethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
15. 1,1,1-Trichlorethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
16. 1,1-Dichlorpropen	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
17. Tetrachlorkohlenstoff	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	2 G
18. 1,2-Dichlorethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			3 G
19. Benzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	1 T
20. Trichlorethen (Tri)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
21. 1,2-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
22. Bromdichlormethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
23. Dibrommethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
24. cis-1,3-Dichlorpropen	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
25. Toluol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
26. trans-1,3-Dichlorpropen	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
27. 1,1,2-Trichlorethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
28. 1,3-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
29. Tetrachlorethen (Per)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
30. Dibromchlormethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
31. 1,2-Dibromethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
32. Chlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
33. 1,1,1,2-Tetrachlorethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
34. Ethylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
35. m-Xylol/ p-Xylol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
37. o-Xylol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
38. Styrol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
39. Isopropylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
40. Bromoform	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
41. 1,1,2,2-Tetrachlorethan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
42. 1,2,3-Trichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
43. n-Propylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
44. Brombenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
45. 1,3,5-Trimethylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
46. 2-Chlortoluol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
47. 4-Chlortoluol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
48. tert-Butylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
49. 1,2,4-Trimethylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
50. sec-Butylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
51. p-Isopropyltoluol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
52. 1,3-Dichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
53. 1,4-Dichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
54. n-Butylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05		<0.1	
55. 1,2-Dichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
56. 1,2-Dibrom-3-chlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
57. 1,2,4-Trichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
58. Hexachlorbutadien	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
59. Naphthalin	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
60. 1,2,3-Trichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
61. Freon 113	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
62. MTBE (Methyltertiärbutylether)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
63. ETBE (Ethyltertiärbutylether)	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
64. 1,3,5-Trichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05	<0.05			
Aliph. KW (C5-C10)	µg/L	<10	<10	<10			

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064

Objekt: Nr. 9309 / 9742, Pumpversuch Kiesen
Auftraggeber: Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema: 201601580

Anhang: Purge and Trap (flüchtige organische Verbindungen nach EPA 524.2)

Probenbezeichnung		VB2	VB2			EW LMB / HyV (F)	FIV
Proben-Nr. Bachema		8742	11876				
Tag der Probenahme		07.03.16	29.03.16				
Entnahmezeit		15:15					
01. Dichlordifluormethan (Freon R12)	µg/L	<0.05	<0.05				
02. Chlormethan	µg/L	<0.05	<0.05				
03. Vinylchlorid	µg/L	<0.05	<0.05				0.5 G
04. Brommethan	µg/L	<0.05	<0.05				
05. Chlorethan	µg/L	<0.05	<0.05				
06. Trichlorfluormethan (Freon 11)	µg/L	<0.05	<0.05				
07. 1,1-Dichlorethen	µg/L	<0.05	<0.05				
08. Dichlormethan (Methylenchlorid)	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	20 G
09. trans-1,2-Dichlorethen	µg/L	<0.05	<0.05				
10. 1,1-Dichlorethen	µg/L	<0.05	<0.05				
11. 2,2-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
12. cis-1,2-Dichlorethen	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
13. Trichlormethan (Chloroform)	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
14. Bromchlormethan	µg/L	<0.05	<0.05				
15. 1,1,1-Trichlorethan	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
16. 1,1-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
17. Tetrachlorkohlenstoff	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	2 G
18. 1,2-Dichlorethan	µg/L	<0.05	<0.05				3 G
19. Benzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	1 T
20. Trichlorethen (Tri)	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
21. 1,2-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
22. Bromdichlormethan	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
23. Dibrommethan	µg/L	<0.05	<0.05				
24. cis-1,3-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
25. Toluol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
26. trans-1,3-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
27. 1,1,2-Trichlorethan	µg/L	<0.05	<0.05				
28. 1,3-Dichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
29. Tetrachlorethen (Per)	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
30. Dibromchlormethan	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
31. 1,2-Dibromethan	µg/L	<0.05	<0.05				
32. Chlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
33. 1,1,1,2-Tetrachlorethan	µg/L	<0.05	<0.05				
34. Ethylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
35. m-Xylol/ p-Xylol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
37. o-Xylol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
38. Styrol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
39. Isopropylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
40. Bromoform	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
41. 1,1,2,2-Tetrachlorethan	µg/L	<0.05	<0.05				
42. 1,2,3-Trichlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
43. n-Propylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
44. Brombenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
45. 1,3,5-Trimethylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
46. 2-Chlortoluol	µg/L	<0.05	<0.05				
47. 4-Chlortoluol	µg/L	<0.05	<0.05				
48. tert-Butylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
49. 1,2,4-Trimethylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
50. sec-Butylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
51. p-Isopropyltoluol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
52. 1,3-Dichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
53. 1,4-Dichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
54. n-Butylbenzol	µg/L	<0.05	<0.05			<0.1	
55. 1,2-Dichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
56. 1,2-Dibrom-3-chlorpropan	µg/L	<0.05	<0.05				
57. 1,2,4-Trichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
58. Hexachlorbutadien	µg/L	<0.05	<0.05				
59. Naphthalin	µg/L	<0.05	<0.05				
60. 1,2,3-Trichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
61. Freon 113	µg/L	<0.05	<0.05				
62. MTBE (Methyltertiärbutylether)	µg/L	<0.05	<0.05				
63. ETBE (Ethyltertiärbutylether)	µg/L	<0.05	<0.05				
64. 1,3,5-Trichlorbenzol	µg/L	<0.05	<0.05				
Aliph. KW (C5-C10)	µg/L	<10	<10				

Bachema AG
Rütistrasse 22
Postfach
CH-8952 Schlieren

Telefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.ch

Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für
die Prüfung von
Umweltproben
(Wasser,
Boden, Abfall)
Akkreditiert nach
ISO 17025/STS
Nr.064