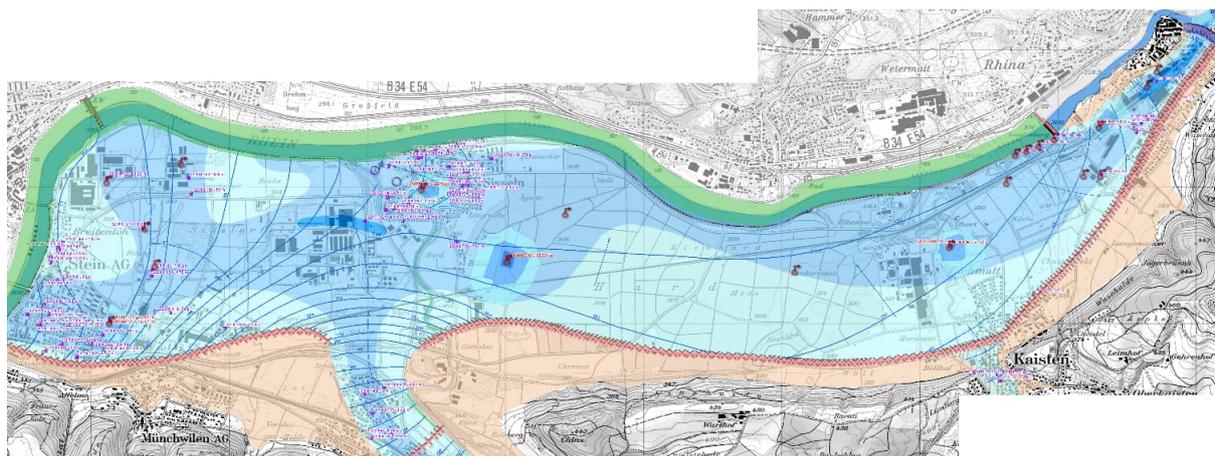


## **Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

### ***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***



Baden, 1. Mai 2025

revidiert am 8. Mai 2025

**Auftraggeber:** Gemeinde Eiken, Bau und Planung, Hauptstrasse 73b, 5074 Eiken  
Gemeinde Sisseln, Schulhausstrasse 7, 4334 Sisseln  
Gemeinde Stein, Brotkorbstrasse 9, 4332 Stein

**Ingenieur:** Waldburger Ingenieure AG, Bleichemattstrasse 11, 5000 Aarau

Objektnummer: 131764

## INHALT

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | EINLEITUNG   | 5  |
| 1.1 | Ausgangslage   | 5  |
| 1.2 | Auftrag  | 5  |
| 1.3 | Nomenklatur  | 5  |
| 1.4 | Verwendete Unterlagen  | 6  |
| 1.5 | Ausgeführte Arbeiten 2021–2025                                     | 7  |
| 1.6 | Teil GWPW Ägerterte und Schluckbrunnen Notfassung Bäumlacker       | 7  |
| 1.7 | Teil GWPW Hardwald   | 8  |
| 1.8 | Übergeordneter Teil  | 8  |
| 2   | HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT   | 9  |
| 3   | SONDIERBOHRUNG GWPW ÄGERTE   | 9  |
| 3.1 | Ausgangslage und Untersuchungsziel                                 | 9  |
| 3.2 | Umfang und Ablauf  | 9  |
| 3.3 | Angetroffene Untergrundverhältnisse                                | 9  |
| 3.4 | Angetroffene Grundwasserverhältnisse                               | 10 |
| 4   | PUMP- UND MARKIERVERSUCH GWPW HARDWALD                             | 13 |
| 4.1 | Ausgangslage und Untersuchungsziel                                 | 13 |
| 4.2 | Umfang und Ablauf  | 13 |
| 4.3 | Angetroffene Untergrundverhältnisse                                | 13 |
| 4.4 | Angetroffene Grundwasserverhältnisse                               | 13 |
| 4.5 | Überwachungsergebnisse Dauerpumpversuch                            | 15 |
| 4.6 | Ergebnisse Markierversuch  | 16 |
| 5   | LANGFRISTIGE GRUNDWASSERÜBERWACHUNG                                | 18 |
| 5.1 | Ausgangslage und Überwachungsziel                                  | 18 |
| 5.2 | Beschaffenheit Grundwasser   | 18 |
| 6   | GRUNDWASSERMODELLIERUNG  | 20 |
| 6.1 | Entwicklung konzessionierte Entnahmen und Bedarf                   | 20 |
| 6.2 | Modellziele  | 22 |
| 6.3 | Modellaufbau- und annahmen   | 23 |
| 6.4 | Modellierungen heute (2019) und PZ 2035 und 2050                   | 24 |
| 6.5 | Bilanzierung und Plausibilisierung                                 | 26 |
| 6.6 | Ermittlung 10-Tages-Isochronen                                     | 29 |
| 7   | AUSSCHIEDUNG DER GRUNDWASSERSCHUTZZONEN                            | 30 |
| 7.1 | Richtlinien Bemessung von Schutzzonen                              | 30 |
| 7.2 | Dimensionierung Schutzzonen  | 31 |
| 7.3 | Umgebung und potentielle Gefährdungen                              | 32 |
| 8   | BRUNNEN-GROBKONZEPT FÜR DAS GWPW ÄGERTE                            | 33 |
| 8.1 | Vorgeschichte und Herleitung des Brunnen-Grobkonzepts              | 33 |
| 8.2 | Zielsetzung  | 35 |
| 8.3 | Vorgaben, Bemessungskriterien und Anforderungen                    | 35 |
| 8.4 | Geologisch-hydrogeologische Charakterisierung der Brunnenstandorte | 36 |
| 8.5 | Auslegung der Bohrungen und Brunnen                                | 37 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 8.6  | Entwicklung Brunnen   | 42 |
| 8.7  | Abschliessende Versuche in Brunnen                                  | 43 |
| 9    | BRUNNENKONZEPT SCHLUCKBRUNNEN NWPW BÄUMLIACKER                      | 45 |
| 9.1  | Ausgangslage und Standort   | 45 |
| 9.2  | Geologisch-hydrogeologische Charakterisierung Brunnenstandort       | 45 |
| 9.3  | Auslegung Bohrung und Brunnen                                       | 46 |
| 9.4  | Entwicklung Brunnen   | 48 |
| 9.5  | Abschliessende Versuche im Brunnen                                  | 49 |
| 10   | SCHLUSSBEURTEILUNG, KENNTNISLÜCKEN UND EMPFEHLUNGEN                 | 50 |
| 10.1 | Auswirkungen der neuen Pumpwerkstandorte und erhöhten Bezugsmengen  | 50 |
| 10.2 | Beurteilung Dimensionierung Schutzzonen                             | 50 |
| 10.3 | Bewertung der Wasserqualität im Hinblick auf die Trinkwassernutzung | 51 |
| 10.4 | Bau GWPW Ägerte   | 51 |
| 10.5 | Konzessionserhöhung GWPW Hardwald                                   | 52 |

## TABELLEN

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Tabelle 1:  | Versuchsbrunnen 24-1, Durchlässigkeitsbeiwert k gemäss Pumpversuch vom 9.8.2024   | 11 |
| Tabelle 2:  | Messstellen 24-1 und 24-2, Durchlässigkeitsbeiwerte k gemäss Pumpversuchen vom 17. / 18.6.2024  | 14 |
| Tabelle 3:  | Aktuelle und künftige GWPW sowie Entwicklung der konzessionierten Entnahmen   | 20 |
| Tabelle 4:  | Entwicklung des Bedarfs der öffentlichen Wasserversorgungen   | 21 |
| Tabelle 5:  | Entwicklung des Bedarfs der öffentlichen Trink- und Brauchwasserversorgungen (1) und privaten Brauchwassernutzenden (2) sowie der Auslastung der konzessionierten / bewilligten Entnahmen | 22 |
| Tabelle 6:  | Bilanzierung heute (2019) Szenario Spitze nach 30 und 365 Tagen   | 27 |
| Tabelle 7:  | Bilanzierung PZ 2035 Szenario Spitze nach 30 und 365 Tagen  | 27 |
| Tabelle 8:  | GWPW Ägerte (Standort 15-2), Grundlagen für Berechnung der theoretischen Brunnenergiebigkeit  | 38 |
| Tabelle 9:  | GWPW Ägerte, gestufte Einzel-Leistungspumpversuche  | 43 |
| Tabelle 10: | GWPW Ägerte, gestufte Kombi-Leistungspumpversuch  | 43 |
| Tabelle 11: | Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, erwarteter Schichtaufbau und Materialzusammensetzung   | 46 |
| Tabelle 12: | Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, erwartete Grundwasserspiegel / -mächtigkeit  | 46 |
| Tabelle 13: | Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, Grundlagen für Berechnung der theoretischen Schluckleistung  | 47 |
| Tabelle 14: | Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, gestufter Leistungspumpversuch   | 49 |
| Tabelle 15: | Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, gestufter Einleitversuch   | 49 |

## FIGUREN

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figur 1: | GWPW Hardwald, Ergebnisse des Markierversuches mit Impfung vom 6.8.2024  | 17 |
| Figur 2: | GWPW Ägerte (Standort 15-2), theoretische Brunnenergiebigkeit mit reduzierter Grundwassermächtigkeit von 12.91 m (Parallelpumpbetrieb) | 39 |
| Figur 3: | Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, nicht massstäbliche Skizze mit vorgesehenem Standort  | 45 |

## BEILAGEN

|             |  |
|-------------|--|
| Beilage 1:  | Grundwasserkarte 1:5'000, Lage der Bohrungen und Brunnen, Ausdehnung der modellierten 10-Tages-Isochronen und mögliche Schutzzonen |
| Beilage 2:  | Grundwasserkarte 1:1'500, Lage der Bohrungen, Ausdehnung der modellierten 10-Tages-Isochronen mit Fliesspfaden der Markierstoffe   |
| Beilage 3:  | Situation 1:500, Lage der Bohrungen und Brunnen  |
| Beilage 4:  | Profil A 1:200, geologisch bearbeitet  |
| Beilage 5:  | Einzelprotokoll des Versuchsbrunnens 24-1 und der Messstellen 24-1 und 24-2  |
| Beilage 6:  | Kornverteilung in Summationskurven, Erdbaulabor F. Steiger vom 23.8.2024   |
| Beilage 7:  | Flowmetermessungen im Versuchsbrunnen 24-1, Terradata AG vom 20.8.2024   |
| Beilage 8:  | Ganglinien des Grundwasserspiegels und Leitparameter während des Dauerpumpversuches  |
| Beilage 9:  | Chemische Wasseranalysen, Untersuchungsberichte Bachema AG vom 21.7.2021, 30.9.2022, 1.12.2023 und 2.10.2024                       |
| Beilage 10: | Zusammenstellung Modellgrundlagen (Grundwassernutzungen)   |
| Beilage 11: | Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwassermodellierungen  |
| Beilage 12: | GWPW Ägerte (Standort 15-2)  |
| Beilage 13: | Brunnenergiebigkeit und Filterkapazität GWPW Ägerte (Standort 15-2)  |
| Beilage 14: | Brunnenlayout Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, Schemaskizze ohne Masstab   |
| Beilage 15: | Schluckleistung und Filterkapazität, Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker   |

## 1 EINLEITUNG

### 1.1 Ausgangslage

Die Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein stehen vor einer Reorganisation und eines technischen Zusammenschlusses ihrer Trink- und Brauchwasserversorgungen. Die beiden Grundwasserpumpwerke (GWPW) Stichmatt der Gemeinde Sisseln und Bäumliacker der Gemeinden Münchwilen und Stein müssen aufgrund von Schutzzonen-Konflikten in naher Zukunft aufgegeben werden. Zudem ist aufgrund des Entwicklungsschwerpunktes ESP Sisslerfeld mit einer Zunahme des künftigen Wasserbedarfs zu rechnen. Aus diesen Gründen sollen im bestehenden GWPW Hardwald der Gemeinde Eiken eine Konzessionserhöhung und im südlichen Teil des Grundwasserschutzareals Hardwald West das neue GWPW Ägerte realisiert werden.

Die ersten Abklärungen wurden mit der Gemeinde Laufenburg im Jahr 2014 gestartet, weshalb das Projekt eine bereits etwas längere Vorgeschichte aufweist (Berichtsliste vgl. Kap. 1.4).

Nach den letzten, im Bericht vom 20.5.2021 [26] dokumentierten hydrogeologischen Felduntersuchungen sowie gestützt auf umfangreiche Grundwassermodellierungen wurde das Vorprojekt ausgearbeitet [3], welches von der Abteilung für Baubewilligungen des Kantons Aargau geprüft wurde [4]. Dabei zeigte sich, dass im Rahmen der Ausarbeitung des Bauprojektes noch ergänzende hydrogeologische Felduntersuchungen notwendig sind. Im vorliegenden Bericht werden diese zusammen mit den aktuellsten Grundwassermodellierungen und der seit 2021 laufenden Grundwasser-Überwachung dokumentiert und beurteilt.

### 1.2 Auftrag

Mit den Protokollauszügen der Gemeinderäte vom 12. Februar 2024 (Stein), 6. März 2024 (Eiken) und 7. März 2024 (Sisseln) wurde die Jäckli Geologie AG von den drei Gemeinden beauftragt, die vorliegenden hydrogeologischen Untersuchungen durchzuführen. Basis für diese Aufträge bilden die Angebote vom 1. Februar 2024, welche wie folgt aufgeteilt waren:

- **Gemeinde Stein**
  - Bauprojekt: Teil GWPW Ägerte und Schluckbrunnen Notfassung Bäumliacker
  - Notwendige Abklärungen: Sondierbohrung Ägerte, Abklärungen Schluckbrunnen
- **Gemeinden Eiken und Sisseln**
  - Bauprojekt: Teil GWPW Hardwald
  - Notwendige Abklärungen: Pump- und Markierversuch GWPW Hardwald
- **Gemeinden Eiken, Sisseln und Stein**
  - Bauprojekt: Übergeordneter Teil
  - Notwendige Abklärungen: langfristige Grundwasser-Überwachung, Grundwassermodellierungen, Schutzzonen, Gesamtbericht (vorliegend)

### 1.3 Nomenklatur

Nachfolgende sollen einige, im Bericht verwendete, wichtige Bezeichnungen von Gebieten, Versuchsbrunnen resp. Fassungen erläutert werden:

- Gebiet Ägerte = Teilgebiet im Schutzareal Hardwald West
- Versuchsbrunnen 15-2, 20-1 und 24-1 = Versuchsbrunnen Ägerte
- Grundwasserpumpwerk Ägerte (geplant) = GWPW Ägerte
- Grundwasserpumpwerk Hardwald bzw. Hard (bestehend) = GWPW Hardwald oder Hard

## 1.4 Verwendete Unterlagen

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes wurden diverse Unterlagen ausgewertet. Die wichtigsten Angaben entstammen aus folgenden Dokumenten:

### 1.4.1 Externe Unterlagen

- [1] Waldburger Ingenieure AG (11.5.2021): Gemeinde Laufenburg, Wasserversorgung, Grundwasserfassung Rüchi / Alti Stross.
- [2] Amt für Verbraucherschutz Kanton Aargau, LIMS-Datenauszug 25.7.2022, Grundwasserfassung Hard Eiken.
- [3] Waldburger Ingenieure AG (1.2.2024, rev. 28.3.2024): Technisches Versorgungskonzept Wasserversorgungen Sisslerfeld, Vorprojekt / Anfragegesuch Technischer Bericht inkl. Anhänge und Planbeilagen.
- [4] Abteilung für Baubewilligungen Kanton Aargau (30.9.2024): Stellungnahme, Anfrage Nr.: BVUAFB.24.761, Bauvorhaben; Ausbau Wasserversorgung Sisslerfeld, inkl. Beilagen.
- [5] Nano Trace Technologies GmbH, Informationen zur Grundfluoreszenz, E-Mail vom 28.10.2024.
- [6] Geologischer Atlas der Schweiz, Stand März 2025.
- [7] Onlinekarten (Grundwasserwasserkarten etc.) Kanton Aargau, Stand März 2025.
- [8] ÖREB-Kataster Kanton Aargau, Stand März 2025.
- [9] ENVIS 3D Kanton Aargau, Stand März 2025.
- [10] Brunnenmeister Gemeinde Eiken, Lieferung Grundwasserspiegeldaten (Tages- und Wochenwerte) GWPW Hardwald, Stand März 2025.

### 1.4.2 Frühere Berichte Archiv Jäckli Geologie AG

Daneben wurden diverse hydrogeologische Berichte aus dem Archiv der Jäckli Geologie AG ausgewertet. Die im vorliegenden Fall, relevantesten Berichte sind nachfolgend aufgelistet:

- [11] Dr. Heinrich Jäckli (29.11.1958): Bericht über den Salzungsversuch 1957 bei Sisseln.
- [12] Dr. Heinrich Jäckli (18.1.1967): Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen für die Erstellung eines Filterbrunnens im Hardwald, Gemeinde Kaisten / AG.
- [13] Dr. Heinrich Jäckli (20.1.1969): Hydrogeologische Untersuchungen für die Grundwasserbeschaffung der Gemeinde Eiken / AG.
- [14] Dr. Heinrich Jäckli (20.1.1969): Hydrogeologische Untersuchungen für die Grundwasserbeschaffung der Gemeinde Eiken / AG.
- [15] Dr. Heinrich Jäckli (22.12.1970): Kraftwerk Säckingen, Die Grundwasserverhältnisse auf Schweizer Seite nach Betriebsaufnahme.

- [16] Dr. Heinrich Jäckli (21.5.1973): Geologisch-hydrogeologischer Bericht über die Resultate des Pumpversuchs 1973 und Ausscheidung von Schutzzonen für den Horizontalfilterbrunnen im "Hard", Gemeinde Eiken / AG.
- [17] Dr. Heinrich Jäckli (17.7.1973): Geologisch-hydrogeologischer Bericht über die Resultate des Pumpversuchs 1973 und Ausscheidung von Schutzzonen für den Horizontalfilterbrunnen im "Hard", Gemeinde Eiken / AG vom 21. Mai 1973, Ergänzung betreffend Schutzzonen.
- [18] Dr. Heinrich Jäckli (26.9.1979): Grundwasseruntersuchungen im Hardwald, Kaisten / AG.
- [19] Dr. Heinrich Jäckli AG (24.10.1994): Wasserversorgung Eiken, Notwasseranschluss Gemeinde Frick.
- [20] Dr. Heinrich Jäckli AG (25.7.1996): Bericht zum Kantonalen Nutzungsplan «Grundwasserschutzareal Hardwald», Gemeinden Sisseln, Eiken und Kaisten, Überarbeiteter Bericht vom 24. Mai 1993.
- [21] Dr. Heinrich Jäckli AG (11.1.2007): Grundwasserfassung Hard, Gemeinde Eiken / AG, Hydrogeologische Kurzbeurteilung der geplanten Erhöhung der Bezugsmenge.
- [22] Dr. Heinrich Jäckli AG (2.3.2015): Grundwassernutzung im Schutzareal Hardwald Eiken und Kaisten / AG, Numerische Modellrechnung zur Abschätzung der Nutzungsmöglichkeiten.
- [23] Dr. Heinrich Jäckli AG (26.3.2015): Überarbeitung der Schutzzonen für die Grundwasserfassung Hardwald, Gemeinde Eiken / AG, Erläuterung zur Neudimensionierung der Schutzzonen.
- [24] Dr. Heinrich Jäckli AG (15.2.2016): Grundwassernutzung im Schutzareal Hardwald, Eiken und Kaisten / AG, Hydrogeologische Untersuchungen 2015.
- [25] Dr. Heinrich Jäckli AG (2017): Diverse numerische Modellrechnungen.
- [26] Jäckli Geologie AG (20.5.2021): Künftige Grundwassernutzung Hardwald West, Eiken / AG, Gemeinden Stein, Sisseln und Münchwilen, Hydrogeologische Untersuchungen 2020.

## 1.5 **Ausgeführte Arbeiten 2021–2025**

### 1.6 **Teil GWPW Ägerte und Schluckbrunnen Notfassung Bäumlacker**

#### ***Blétry AG, Küttigen / AG***

- Abteufen einer Kernbohrung (Ø 219 mm) à 33.1 m Tiefe, Ausbau mit Piezometerrohren (PVC, Ø 4.5") zu Versuchsbrunnen 24-1.
- Durchführung von Entsandung und Kurzpumpversuch im Versuchsbrunnen 24-1.

#### ***Terradata AG, Opfikon / AG***

- Durchführung von Flowmeterversuch, Messungen ohne und mit Pumpbetrieb.

#### ***Erdbaulabor F. Steiger, Zürich / ZH***

- Bestimmung der Korngrössenverteilung an acht Materialproben.

### **Jäckli Geologie AG, Baden / AG**

- Fachbauleitung über Felduntersuchungen Ägerte, Begleitung der Bohrarbeiten für den Versuchsbrunnen 24-1 und der hydrogeologischen Versuche, inkl. Entnahme von Materialproben und Koordination hydrogeologische Versuche.
- Überlegungen zum Fassungsbau Ägerte, inkl. Variantenvergleich und Auslegung von Vertikalfilterbrunnen.
- Ausarbeitung Konzept für Schluckbrunnen Notgrundwasserpumpwerk (Not-GWPW) Bäumliacker.

## **1.7 Teil GWPW Hardwald**

### **Studersond AG, Uebeschi / AG**

- Abteufen von zwei Kernbohrungen (Ø 200 mm) à je 19.5 m Tiefe, Ausbau mit Piezometerrohren (PVC, Ø 4.5") zu Messstellen 24-1 und 24-2.
- Durchführung von Entsandungen und Kurzpumpversuchen in beiden Messstellen.

### **Nano Trace Technologies GmbH, Jens / BE**

- Lieferung von Markierstoffen und Probenahmeflaschen.
- Durchführung von Grundfluoreszenz-Analysen.
- Fluorometrische Analysen von Grundwasserproben bezüglich Markierstoffen.

### **Jäckli Geologie AG, Baden / AG**

- Fachbauleitung über Felduntersuchungen Hardwald, Begleitung der Bohrarbeiten für die Messstellen 24-1 und 24-2 sowie der hydrogeologischen Versuche, Überwachung von Pump- und Markierversuch, inkl. Einbau und Betrieb von Datenloggern sowie Impfen der Markierstoffe.

## **1.8 Übergeordneter Teil**

### **Bachema AG, Schlieren / ZH**

- Physikalisch-chemische und bakteriologische Analysen von Grundwasserproben 2021–2024 (4 x 2 Stück).

### **Jäckli Geologie AG, Baden / AG**

- Entnahme von Grundwasserproben im GWPW Hardwald und in Versuchsbrunnen Ägerte (15-2 und 20-1) 2021–2024, Lieferung ins Labor.
- Grundwassermodellierungen: Aktualisierung Grundwassermodell, Simulation der Szenarien 2035 und 2050 (jeweils Mittel, Spitze und Konzession), Bilanzierungen, Ermittlung 10-Tages-Isochronen.
- Dimensionierung der Schutzzonen um die GWPW Hardwald und Ägerte.
- Auswertung sämtlicher Untersuchungsergebnisse, Abfassen des vorliegenden Berichts.

## 2 HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT

Im Bericht [26] findet sich eine ausführliche geologisch-hydrogeologische Übersicht sowie eine Zusammenstellung der wichtigsten aktuellen Grundwassernutzungen im Gebiet zwischen Laufenburg im Osten und Stein im Westen.

Eine Übersichtskarte vom Schutzareal Hardwald West findet sich in *Beilage 1*. Detailpläne von den Gebieten Hardwald und Ägerter finden sich in *Beilage 2* bzw. *Beilage 3*.

## 3 SONDIERBOHRUNG GWPW ÄGERTE

### 3.1 Ausgangslage und Untersuchungsziel

Bisher wurden im Gebiet Ägerter die zwei Versuchsbrunnen 15-2 und 20-1 erstellt, welche ca. 5 m voneinander entfernt sind (vgl. *Beilage 3*). Während im Brunnen 15-2 günstige Untergrund- und Grundwasserverhältnisse angetroffen wurden, waren diese im Brunnen 20-1 aufgrund des Auftretens von Sandlagen im grundwasserführenden Schotterabschnitt im Hinblick auf den Fassungsbau nicht optimal (vgl. *Beilage 4*) [26]. Da im Rahmen des Vorprojektes entschieden wurde, dass das künftige GWPW Ägerter nicht nur mit einem, sondern mit zwei Vertikalfilterbrunnen ausgebaut werden soll, welche 10 m voneinander entfernt und in einem Pumpenhaus platziert sein sollen, wurde eine weitere Bohrung 10 m nordwestlich vom Standort 15-2 (1. Fassungsstandort) vorgesehen. Mit der Bohrung und den Pump- und Flowmeterversuchen sollte der Schichtaufbau am vorgesehenen 2. Fassungsstandort erkundet und die wichtigsten hydrogeologischen Parameter im Hinblick auf den Brunnenbau ermittelt werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse, insbesondere die angetroffene Problematik mit den Sandlagen und der aus diesen resultierenden, reduzierten Durchlässigkeit hatten grosse Auswirkungen auf das weitere Vorgehen und die Auslegung vom GWPW Ägerter (vgl. *Kap. 8*).

### 3.2 Umfang und Ablauf

Im Zeitraum Ende Juli bis Anfang August 2024 wurde ca. 10 m nordwestlich des Standortes 15-2 der Versuchsbrunnen 24-1 erstellt (vgl. *Beilage 3*). Das Kernmaterial wurde beprobt und daran die Korngrößenverteilung mittels Schläm- und Siebanalysen bestimmt. Nach der Entsandung des Versuchsbrunnens 24-1 wurden zur Ermittlung der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters sowohl ein Stufenpumpversuch als auch Flowmetermessungen durchgeführt.

### 3.3 Angetroffene Untergrundverhältnisse

Der in der Kernbohrung für den Versuchsbrunnen 24-1 dokumentierte Schichtaufbau (vgl. *Beilage 5*) ist generell vergleichbar mit denjenigen in den Bohrungen 15-2 und 20-1 [24], [26] (vgl. *Beilage 4*). Bis 1.2 m u.T. wurden Oberflächenschichten aus tonig-siltigem Sand mit Kies angetroffen. Darunter folgt der Niederterrassenschotter aus vorwiegend siltig-sandigem Kies. Insbesondere im unteren Abschnitt wurden lagenweise dm- bis über m-mächtige Sandlagen angetroffen. Ab 32.0 m u.T. bzw. 273.85 m ü.M. folgt der Fels in Form von verwittertem Sandstein (sog. Buntsandstein).

Im Tiefenbereich des Grundwassers wurden Schotterproben entnommen und an zwei Kies- und sechs Sandproben mittels Schlämm- und Siebanalysen die Korngrößenverteilung bestimmt (vgl. *Beilage 6*). Die beiden Kiesproben (62–78 Gew.-% Kies) wiesen einen Feinanteil (Ton und Silt) von 5–11 Gew.-% und einen Sandanteil von 13–24 Gew.-% auf. Die Sandproben (45–79 Gew.-% Sand) enthielten einen Fein- und Kiesanteil von 4–21 bzw. 0–44 Gew.-%.

Eine Diskussion über die Bedeutung der Sandlagen bezüglich Brunnenbau findet sich im *Kapitel 8*.

### **3.4 Angetroffene Grundwasserverhältnisse**

#### **3.4.1 Grundwasserleiter / -stauer**

Während der Niederterrassenschotter aus siltig-sandigem Kies als Grundwasserleiter wirkt, stellt der darunter angetroffene Fels ab 32.0 m u.T. bzw. 273.85 m ü.M. den Grundwasserstauer dar (vgl. *Beilage 5*).

#### **3.4.2 Lage Grundwasserspiegel**

Nach dem Ausbau der Bohrung mit Piezometerrohren zum Versuchsbrunnen 24-1 lag der Grundwasserspiegel am 9. August 2024 16.13 m u.T. bzw. auf 289.72 m ü.M. (vgl. *Beilage 5*). Damit wurde zu diesem Zeitpunkt eine Grundwassermächtigkeit von 15.87 m erschlossen. Am 4. Oktober 2024 wurden zudem sowohl in den drei Versuchsbrunnen Ägerte als auch den beiden Messstellen 24-1 und 24-2 sowie im GWPW Hardwald der Grundwasserspiegel mittels Kabellichtlot gemessen (vgl. *Beilage 1*). In den Versuchsbrunnen Ägerte lagen die Grundwasserspiegel auf 289.66 (VB 20-1) bzw. 289.67 m ü.M. (VB 15-2 und 24-1) (vgl. *Beilage 3*). Gleichzeitig lag der Grundwasserspiegel im GWPW Hardwald auf 289.93 m ü.M., was ungefähr dem langjährigen Mittelwasser (290.22 m ü.M.) entspricht [9].

Eine Einschätzung der Lage und des Schwankungsverhalten des Grundwasserspiegels im Gebiet Ägerte findet sich im *Kapitel 8*.

#### **3.4.3 Durchlässigkeit Grundwasserleiter**

##### ***Stufenpumpversuch***

Im Versuchsbrunnen 24-1 wurde nach einer Entsandung des Brunnens (6.5 h) am 9. August 2024 während gut 4 h ein Pumpversuch mit einer stufenweise gesteigerten Entnahmemenge bis maximal 350 l/min durchgeführt.

Tabelle 1: Versuchsbrunnen 24-1, Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  gemäss Pumpversuch vom 9.8.2024

| Fördermenge | Grundwasserspiegel |           | Absenkung | Profil-k-Wert        |
|-------------|--------------------|-----------|-----------|----------------------|
|             | [l/min]            | [m u.T.]  |           |                      |
| 0           | 16.13              | 289.72 *) | 0.00      | -                    |
| 110         | 16.18              | 289.67    | 0.05      | $1.5 \times 10^{-3}$ |
| 200         | 16.23              | 289.62    | 0.10      | $1.6 \times 10^{-3}$ |
| 350         | 16.33              | 289.52    | 0.20      | $1.7 \times 10^{-3}$ |

\*) Ruhewasserspiegel

Dabei stellte sich bei jeder Pumpstufe jeweils rasch ein Beharrungszustand ein. Bei der maximalen Pumpstufe wurde eine Absenkung von 20 cm im Brunnen 24-1 bzw. 1–3 cm in den benachbarten Brunnen 15-2 und 20-1 gemessen. Der Wiederanstieg des Grundwasserspiegels nach dem Abschalten der Pumpe erfolgte ebenfalls rasch innert wenigen Minuten. Aus der Absenkung des Grundwasserspiegels im Versuchsbrunnen 24-1 können die in *Tabelle 1* aufgeführten, mittleren Durchlässigkeitsbeiwerte  $k$  nach Dupuit-Thiem ermittelt werden. Der über die drei Ergebnisse gemittelte Profil-k-Wert beträgt  $1.6 \times 10^{-3}$  m/s. Diese Durchlässigkeit ist nur ungefähr halb so hoch wie diejenigen aus den benachbarten Brunnen, wo Werte von  $3.1\text{--}3.3 \times 10^{-3}$  (15-2) bzw.  $3.8 \times 10^{-3}$  m/s (20-1) erreicht wurden.

### Flowmeterversuch

Am 20. August 2024 wurden im Versuchsbrunnen 24-1 sog. Flowmetermessungen durchgeführt. Mit diesen können vertikale Heterogenitäten in der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters ermittelt und dadurch bedingte, präferentielle Fliesswege des Grundwassers lokalisiert werden. Mit dem Flowmeter wird die vertikale Strömungsgeschwindigkeit und Fliessrichtung im Filterrohr mit Hilfe eines sog. Impellers gemessen. Dadurch können in einem Grundwasserbrunnen Zu- und Wegflüsse (Ruhemessung ohne Pumpen) resp. die Zuflüsse während einer Grundwasserentnahme abschnittsweise lokalisiert werden.

Die Ergebnisse der Flowmetermessungen können wie folgt beschrieben werden (vgl. *Beilage 5, Beilage 7*):

#### Ruhemessungen ohne Pumpen

Der Ruhefluss ist in den oben erwähnten Beilagen jeweils im linken Diagramm mit der violett gepunkteten bzw. dunkelblau gepunkteten Linie dargestellt. Nach oben gerichtete Ruheflüsse werden positiv, Abwärtsflüsse negativ dargestellt. Im vorliegenden Fall liegt die entsprechende Linie praktisch über die gesamte befahrene Strecke konstant im Bereich von Null, das bedeutet, dass praktisch kein Ruhewasserfluss existierte.

#### Messungen mit Pumpbetrieb

Der vertikale Wasserfluss im Filterrohr bei Pumpbetrieb ist ebenfalls in den oben genannten Beilagen jeweils im linken Diagramm mit der roten bzw. dunkelblauen Linie dargestellt. Bei einer Förderleistung von 350 l/min wurden folgende Ergebnisse erhalten:

- Zwischen ca. 16.5 (= ca. Lage Ruhegrundwasserspiegel) und ca. 20.0 m u.T. konnten keine Flowmetermessungen vorgenommen werden, da in diesem Bereich die Pumpe hing.

- Rund ein Drittel des Zuflusses ins Filterrohr erfolgte im Abschnitt zwischen 21.0–28.0 m u.T. Von 22.0–23.0 und 25.0–27.0 m u.T. fand jeweils kein Wasserzutritt statt, was auf die dort eingebauten Vollrohrstrecken zurückzuführen ist.
- Rund ein Viertel vom Zufluss trat von ca. 30–32 m u.T. ins Filterrohr zu.

#### Schichtweise Durchlässigkeit

Aufgrund der Flowmetermessungen kann der Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  des Grundwasserleiters schichtweise bestimmt werden. Sie schwanken von minimal ca.  $1 \times 10^{-3}$  m/s bis maximal  $6 \times 10^{-3}$  m/s. Über den gesamten Abschnitt resultiert ein gemittelter  $k$ -Wert in der Grössenordnung von rund  $2 \times 10^{-3}$  m/s, womit dieser in einem ähnlichen Bereich liegt wie derjenige gemäss Stufenpumpversuch (ca.  $1.6 \times 10^{-3}$  m/s).

Eine Diskussion über die Bedeutung der reduzierten Durchlässigkeit bezüglich Brunnenbau findet sich im *Kapitel 8*.

## **4 PUMP- UND MARKIERVERSUCH GWPW HARDWALD**

### **4.1 Ausgangslage und Untersuchungsziel**

Die bisher vordimensionierten Grundwasserschutzzonen um das GWPW Hardwald mit einer erhöhten Konzessionsfördermenge stützten sich insbesondere auf die modellierten 10-Tages-Isochronen. Da im Zustrombereich an der prognostizierten Grenze der Zonen S2 / S3 die SBB-Linie vorbeiführt, wurde eine Überprüfung der modellierten 10-Tages-Isochronen mittels Pump- und Markierversuch vorgesehen, wozu die beiden neue Messstellen 24-1 und 24-2 einzurichten waren (vgl. *Beilage 2*).

Die Ergebnisse des Markierversuches sind in die Grundwassermodellierungen (vgl. *Kap. 6*) und schliesslich in die Dimensionierung der Schutzzonen (vgl. *Kap. 7*) eingeflossen.

### **4.2 Umfang und Ablauf**

Im Juni 2024 wurden im Bereich der SBB-Linie die beiden Messstellen 24-1 und 24-2 eingerichtet (vgl. *Beilage 2*). Beide Messstellen wurden kurz entsandet und mittels Stufenpumpversuch getestet. Anschliessend wurde ein Dauerpump- und Markierversuch durchgeführt. Vor der Durchführung des Versuchs wurden alle notwendigen Messeinrichtungen zu dessen Überwachung installiert und in Betrieb genommen (Datenlogger in Messstellen 24-1 und 24-2 und GWPW Hardwald). Für den Versuch wurde im GWPW Hardwald vom 5. August bis 8. September 2024 die aktuell gültige konzessionierte Entnahme von 2'000 l/min im Dauerbetrieb gefördert. Am 6. August 2024 wurden in die beiden Messstellen mit Wasser ab einem Tankwagen je ein Fluoreszenzfarbstoff eingeschwemmt. In der Folge wurden im GWPW Hardwald wähen über sechs Wochen regelmässig Wasserproben erhoben und auf das Erscheinen der Markierstoffe hin untersucht.

### **4.3 Angetroffene Untergrundverhältnisse**

In den Bohrungen für die beiden Messstellen 24-1 und 24-2 wurden unter geringmächtigem (0.1–0.2 m) Oberboden Schwemmablagerungen aus tonigem Silt und Feinsand angetroffen (vgl. *Beilage 5*). Darunter wurden ab 2.8 (24-1) bzw. 1.2 m u.T. (24-2) bis zur Endteufe der Bohrungen von jeweils 19.5 m der Niederterrassenschotter aus vorwiegend siltig-sandigem Kies erschlossen. In der Bohrungen 24-2 wurde zudem eine einzelne kiesige Sandlage angetroffen.

### **4.4 Angetroffene Grundwasserverhältnisse**

#### **4.4.1 Grundwasserleiter / -stauer**

Der Niederterrassenschotter aus siltig-sandigem Kies wirkt als Grundwasserleiter. Der als Grundwasserstauer wirkende Fels wurde bis zur Endteufe der Bohrungen in jeweils 19.5 m nicht erreicht (vgl. *Beilage 5*).

#### 4.4.2 Lage Grundwasserspiegel

Nach dem Ausbau der Bohrungen zu Messstellen lag der Grundwasserspiegel in der Messstelle 24-1 am 18. Juni 2024 15.44 m u.T. bzw. auf 290.79 m ü.M. resp. in der Messstelle 24-2 am 17. Juni 2024 15.84 m u.T. bzw. auf 290.71 m ü.M. (vgl. *Beilage 5*). Am 4. Oktober 2024 wurden zudem sowohl in den beiden Messstellen und im GWPW Hardwald als auch in den drei Versuchsbrunnen Ägerte der Grundwasserspiegel mittels Kabellichtlot gemessen (vgl. *Beilage 1*). Der Grundwasserspiegel lag in der Messstelle 24-1 auf 290.11 m ü.M. und in der Messstelle 24-2 auf 290.02 m ü.M. (vgl. *Beilage 2*). Gleichzeitig lag der Grundwasserspiegel im GWPW Hardwald auf 289.93 m ü.M., was ungefähr dem langjährigen Mittelwasser (290.22 m ü.M.) entspricht [9]. Weiterführende Angaben finden sich im *Kapitel 4.5*.

#### 4.4.3 Grundwasser-Strömungsverhältnisse

Gemäss der Grundwasserkarte des Kantons Aargau [7] fliesst das Grundwasser im Bereich vom GWPW Hardwald mit einem Gefälle von rund 3‰ ungefähr in Richtung Nordnordosten, im Gebiet Ägerte wird ein etwas flacheres Gefälle erwartet (vgl. *Beilage 1*).

Gestützt auf die Messungen des Grundwasserspiegels vom 4. Oktober 2024 können die Fliessrichtung und das Gefälle ermittelt werden. Im Bereich der Messstellen und dem GWPW Hardwald resultiert ein sehr flaches Gefälle von rund 1‰ und eine Fliessrichtung ungefähr nach Nordosten (vgl. *Beilage 2*). Im Bereich zwischen dem GWPW Hardwald und dem Gebiet Ägerte resultiert gar noch ein etwas flacheres Gefälle von ca. 0.7‰, jedoch ist die Fliessrichtung etwas mehr gegen Norden gerichtet als in der Grundwasserkarte dargestellt (vgl. *Beilage 1*).

#### 4.4.4 Durchlässigkeit Grundwasserleiter

Nach den Kurzentsandungen wurden in beiden Messstellen gestufte Pumpversuche durchgeführt. Wie in *Tabelle 2* dokumentiert, resultieren gemittelte Profil-k-Werte von  $2.8 \times 10^{-3}$  (Messstelle 24-1) bzw.  $4.9 \times 10^{-3}$  m/s (Messstelle 24-2).

*Tabelle 2: Messstellen 24-1 und 24-2, Durchlässigkeitsbeiwerte k gemäss Pumpversuchen vom 17./ 18.6.2024*

| <b>Fördermenge</b>                | <b>Grundwasserspiegel</b> |           | <b>Absenkung</b> | <b>Profil-k-Wert **)</b> |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------|------------------|--------------------------|
|                                   | [l/min]                   | [m u.T.]  |                  |                          |
| <i>Messstelle 24-1, 18.6.2024</i> |                           |           |                  |                          |
| 0                                 | 15.44                     | 290.79 *) | –                |                          |
| 50                                | 15.50                     | 290.73    | 0.06             | $2.5 \times 10^{-3}$     |
| 100                               | 15.55                     | 290.68    | 0.11             | $3.2 \times 10^{-3}$     |
| <i>Messstelle 24-2, 17.6.2024</i> |                           |           |                  |                          |
| 0                                 | 15.84                     | 290.71 *) | –                |                          |
| 50                                | 15.87                     | 290.68    | 0.03             | $5.1 \times 10^{-3}$     |
| 100                               | 15.92                     | 290.63    | 0.08             | $4.7 \times 10^{-3}$     |

\*) Ruhgrundwasserspiegel

\*\*) Berechnung mit erschlossener Grundwassermächtigkeit (Annahme: UK Messstellen = OK Grundwasserleiter)

## 4.5 Überwachungsergebnisse Dauerpumpversuch

### 4.5.1 Verlauf Grundwasserspiegel

Im GWPW Hardwald und den beiden Messstellen 24-1 und 24-2 wurde der Grundwasserspiegel von Mitte Juni bis Anfang Oktober 2024 mittels Datenloggern überwacht. Zusätzlich wurden Daten aus dem Leitsystem vom GWPW Hardwald (max. Tageswerte) hinzugezogen [10]. Letztere liegen aus nicht bekannten Gründen konstant rund 10 cm höher als die Loggerdaten (vgl. *Beilage 8*). In der nachfolgenden Beschreibung werden einfachheitshalber letztere Daten berücksichtigt. Die Ergebnisse können wie folgt bewertet werden (vgl. *Beilage 8*):

#### **Vor Dauerpumpversuch**

Der Grundwasserspiegel wies im GWPW Hardwald (Loggerdaten) im Zeitraum Mitte Juni bis Anfang August 2024 einen sinkenden Trend von anfänglich rund 290.6 auf 290.2 m ü.M. kurz vor Versuchsbeginn auf. Gemäss langjährigen Aufzeichnungen (1975–2023) repräsentieren die Grundwasserspiegel vor Versuchsbeginn ungefähr einen Mittelwasserstand (290.22 m ü.M.) [9]. In der Ganglinie des Grundwasserspiegels sind zudem die durch den täglichen Pumpbetrieb bedingten Absenkungen von rund 0.4 m zu erkennen.

Die Grundwasserspiegel in den beiden Messstellen zeigen einen identischen Verlauf, wobei die Grundwasserspiegel mit rund 290.8–290.4 m ü.M. (24-1) bzw. 290.7–290.3 (24-2) etwas höher liegen. In der Grundwasserkarte [7] wird im Bereich der Messstellen der mittlere Grundwasserspiegel auf 291.0 m ü.M. prognostiziert. In den Ganglinien des Grundwasserspiegels sind ebenfalls die durch den täglichen Pumpbetrieb im GWPW Hardwald bedingten Absenkungen von wenigen cm zu erkennen.

#### **Während Dauerpumpversuch**

Am 5. August 2024 wurde der Grundwasserspiegel im GWPW Hardwald durch den gestarteten Dauerpumpbetrieb (2'000 l/min) innert kürzester Zeit um rund 0.4 m von rund 290.2 m ü.M. auf rund 289.8 m ü.M. abgesenkt. In den beiden Messstellen 24-1 und 24-2 wurde der Grundwasserspiegel hingegen praktisch nicht oder lediglich um wenige cm abgesenkt. Der Absenkrichter rund um das GWPW Hardwald hatte somit nur eine sehr lokale Ausdehnung.

Während des rund vierwöchigen Dauerpumpversuches verlief der Grundwasserspiegel im GWPW Hardwald und in den beiden Messstellen ungefähr synchron. Generell ist eine sinkende Tendenz von rund 289.8–289.4 m ü.M. (GWPW Hardwald), 290.4–290.0 (Messstelle 24-1) bzw. 290.3–289.9 m ü.M. (Messstelle 24-2) zu beobachten.

#### **Nach Dauerpumpversuch**

Nach dem Abschalten der Pumpen am 2. September 2024 erholte sich der Grundwasserspiegel im GWPW Hardwald innert kürzester Zeit um rund 0.4 m von rund 289.4 auf 289.8 m ü.M. Ebenfalls stieg er in den beiden Messstellen in kürzester Zeit wiederum um wenige cm an. Gemäss langjährigen Aufzeichnungen (1975–2023) repräsentieren die Grundwasserspiegel nach Versuchsende ca. 0.4 m unter dem Mittelwasser (290.22 m ü.M.) liegende Werte [9].

In der Folge ist in allen drei Beobachtungsstellen ein relativ konstanter Grundwasserspiegel dokumentiert, bevor er zum Monatswechsel September / Oktober 2024 wieder einen ansteigenden Trend aufweist.

#### 4.5.2 Verlauf weiterer Leitparameter

Im GWPW Hardwald wurden von Mitte Juni bis Anfang Oktober 2024 nebst dem Grundwasserspiegel auch die elektrische Leitfähigkeit, der Sauerstoff-Gehalt und die Grundwassertemperatur mittels Datenlogger überwacht. Die Ergebnisse können wie folgt kurz kommentiert werden (vgl. *Beilage 8*):

- Die elektrische Leitfähigkeit schwankte im genannten Beobachtungszeitraum im bekannten, etwas erhöhten Bereich zwischen gut 715 und 730  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Vor und nach dem Dauerpumpversuch sind in der Ganglinie die täglichen Pumpbetriebe mit geringen Schwankungen zu sehen. Ein Einfluss des Dauerpumpversuches auf die elektrische Leitfähigkeit ist nicht erkennbar.
- Der Sauerstoff-Gehalt lag über die gesamte Beobachtungsdauer relativ konstant zwischen 5 und 6 mg/l.
- Die Grundwassertemperatur blieb ebenfalls sehr konstant bei gut 12°C.

#### 4.6 Ergebnisse Markierversuch

Mit Markierversuchen können in einem Grundwasservorkommen Strömungsverhältnisse und Fließgeschwindigkeiten ermittelt werden. Sie stellen aus diesem Grund auch eines der Werkzeuge für die Ermittlung der für die Schutzzone S2 massgebenden 10-Tages-Isochrone dar. Aus diesem Grund wurde während des Dauerpumpversuches ein Mehrfach-Markierversuch durchgeführt.

Für den Markierversuch wurden Fluoreszenzfarbstoffe eingesetzt, welche durch die Bestrahlung mit Licht einer bestimmten Wellenlänge angeregt werden und dadurch Licht einer anderen Wellenlänge emittieren (=Fluoreszenz). Verschiedene, natürlicherweise im Grundwasser gelöste Stoffe fluoreszieren ebenfalls. Die vorgängige Untersuchung dieser sog. Grundfluoreszenz ist darum sehr wichtig, damit Markierstoffe eingesetzt werden können, welche bei den Wellenlängen fluoreszieren, wo die Grundfluoreszenz klein ist (kleinere Nachweisgrenze). Zugleich kann aber die Grundfluoreszenz selbst ausgewertet und für hydrogeologische Aussagen hinzugezogen werden.

##### 4.6.1 Grundfluoreszenzanalysen

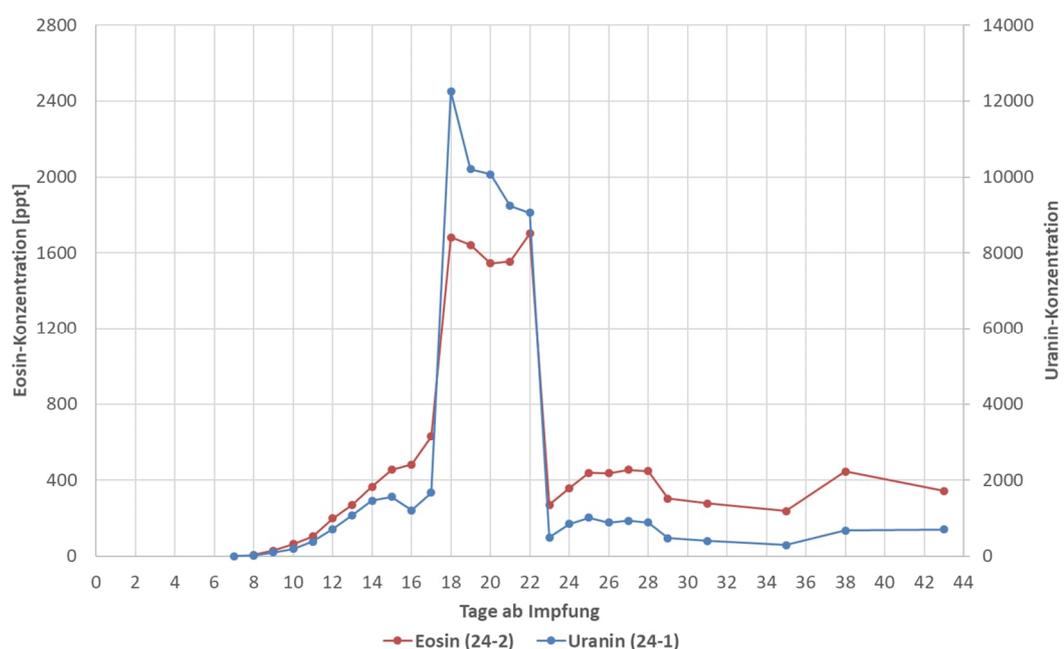
Am 18. Juni 2024 wurden aus den beiden Messstellen 24-1 und 24-2 sowie aus dem GWPW Hardwald Wasserproben (sog. Nullproben) entnommen und analysiert [5]. In der Messstelle 24-2 wurden die Fluoreszenzfarbstoffe Eosin und Sulforhodamin B nachgewiesen, welche vermutlich von einem früheren Markierversuch stammen. In der Messstelle 24-1 und im GWPW Hardwald wurden diese beiden Stoffe hingegen nicht festgestellt. Gestützt auf diese Befunde wurden die Art und Menge der für den Versuch verwendeten Fluoreszenzfarbstoffe bestimmt (vgl. *Kap. 4.6.2*). Die Grundfluoreszenzanalysen zeigten zudem, dass die sog. Fluoreszenz-Signaturen zwischen den Messstellen und dem GWPW Hardwald sehr ähnlich sind, insbesondere der Messstelle 24-1 und dem GWPW Hardwald. Dies wird durch die Ergebnisse des Markierversuches bestätigt (vgl. *Kap. 4.6.2*).

## 4.6.2 Fluoreszenzanalysen

Nach der Erhebung von sog. Nullproben und der Bestimmung der Grundfluoreszenz wurden am 6. August 2024 im Rahmen des Mehrfachmarkierversuchs in den beiden Messstellen die Fluoreszenzfarbstoffe Uranin (600 g, Messstelle 24-1) und Eosin (600 g, Messstelle 24-2) mit Wasser ab einem Tankwagen direkt in den obersten Abschnitt des gesättigten Grundwasserleiters eingeschwenkt. In der Folge wurden aus dem GWPW Hardwald während gut sechs Wochen periodisch Wasserproben entnommen und auf das Erscheinen der Markierstoffe hin untersucht. Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden (vgl. *Figur 1*):

- Der Markierstoff Uranin aus der Messstelle 24-1 wurde sieben Tage nach der Impfung im GWPW Hardwald das erste Mal nachgewiesen. Das Konzentrationsmaximum (dominierende Verweilzeit gemäss Wegleitung Grundwasserschutz des BUWAL, heute BAFU aus dem Jahr 2004) wurde nach 18 Tagen gemessen. Daraus resultiert eine mittlere Fließgeschwindigkeit von rund 9–10 m/Tag. Am 23. Tag ist eine deutliche Abnahme der Konzentration zu beobachten, welche nicht mit dem Ende des Dauerpumpversuches (Tag 33) zusammenhängt.
- Der Fluoreszenzfarbstoff Eosin aus der Messstelle 24-2 wurde das erste Mal nach acht Tagen im GWPW Hardwald nachgewiesen, das Konzentrationsmaximum ebenfalls nach 18 Tagen. Entsprechend resultiert eine mittlere Fließgeschwindigkeit von rund 8–9 m/Tag.
- Die Wiedergewinnungsrate der beiden, im GWPW Hardwald nachgewiesenen Fluoreszenzfarbstoffe Uranin (24-1) und Eosin (24-2) ist mit rund 34% bzw. 8% recht unterschiedlich. Dies passt aber gut mit den Erkenntnissen aus den Grundfluoreszenzanalysen zusammen. Gestützt auf diese wurden deutlichere hydraulische Verbindungen zwischen der Messstelle 24-1 und dem GWPW Hardwald erwartet als zwischen der Messstelle 24-2 und dem GWPW.
- Die Markierversuchsergebnisse dienen als Grundlage für die Modellierungen (vgl. *Kap. 6*).

*Figur 1: GWPW Hardwald, Ergebnisse des Markierversuches mit Impfung vom 6.8.2024*



## 5 LANGFRISTIGE GRUNDWASSERÜBERWACHUNG

### 5.1 Ausgangslage und Überwachungsziel

Vom GWPW Hardwald liegt eine langjährige (ab 2000) Untersuchungsreihe der Wasserqualität vom Amt für Verbraucherschutz [2] vor, wobei das Analyseprogramm zumeist nicht sehr umfassend war. Im Rahmen der Felduntersuchungen von 2020 [26] wurden während des mehrwöchigen Pumpversuches sowohl Wasserproben aus dem Versuchsbrunnen 20-1 (3 Stück) als auch aus dem GWPW Hardwald (2 Stück) entnommen und umfassend analysiert. Die damaligen Erkenntnisse können wie folgt zusammengefasst werden [26]:

Insgesamt wies das Grundwasser sowohl aus dem Versuchsbrunnen 20-1 als auch aus dem GWPW Hardwald generell eine einwandfreie chemische-physikalische und mikrobiologische Qualität auf. Die meisten untersuchten, relevanten Parameter lagen unter den entsprechenden Höchstwerten gemäss Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV). Jedoch wurden vereinzelt gewisse Auffälligkeiten beobachten. Einerseits waren dies die gelösten Schwermetalle Blei, Chrom und Mangan, wobei bis auf eine Ausnahme (Blei, 1 x in VB 20-1) die TBDV-Höchstwerte eingehalten wurden. Andererseits waren dies bei den Pestizid-Rückständen der Chlorothalonil-Metabolit R471811 sowie Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin. Ersterer lag an beiden Standorten mit 0.19–0.25 µS/cm über dem damals geltenden, zwischenzeitlich nicht mehr, aktuell aber wieder massgebenden TBDV-Höchstwert von 0.1 µg/l. Schliesslich wurde im Versuchsbrunnen 20-1 Acesulfam (Süssungsmittel) in geringen Spuren nachgewiesen. Zahlreiche der weiteren untersuchten Parameter (z.B. weitere Elemente und Schwermetalle sowie Pestizide, perfluorierte Tenside, C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>, C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, Phenol-Index, Trihalomethane, Summen MTBE, ETBE, BTEX und FHKW, flüchtige organische Verbindungen nach EPA 524.2, Fäkalindikatorkeime, Industriechemikalien, Arzneimittel, weitere Mikroverunreinigungen) wurden hingegen nicht nachgewiesen.

Ziel der vorliegend diskutierten, langfristigen Grundwasserüberwachung war es, eine belastbarere Datengrundlage bezüglich Wasserqualität an beiden Standorten Ägerte und Hardwald zu schaffen und insbesondere den im Jahr 2020 z.T. beobachteten Auffälligkeiten nachzugehen. Dazu wurden in Rücksprache mit dem Amt für Verbraucherschutz jährlich Wasserproben aus dem GWPW Hardwald und den Versuchsbrunnen 15-2 und 20-1 (jeweils Mischprobe) entnommen und im Labor auf relevante sowie bisher speziell aufgefallene Parameter hin analysiert.

### 5.2 Beschaffenheit Grundwasser

Die Ergebnisse der Wasseranalysen 2021–2024 finden sich in *Beilage 9* und können wie folgt zusammengefasst werden:

- Insgesamt wies das Grundwasser sowohl am Standort Ägerte als auch vom GWPW Hardwald eine weiterhin einwandfreie chemisch-physikalische Qualität auf.
- Die Sauerstoffsättigung lag mit grösstenteils rund 50–70% in einem normalen, günstigen Bereich. Sowohl Nitrit als auch Ammonium wurden mehrheitlich nicht, vereinzelt mit 0.01 mg/l bzw. 0.005 mg/l in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen. Konkrete Hinweise auf reduzierende Bedingungen lagen somit keine vor.

- Die elektrische Leitfähigkeit war mit 690–790  $\mu\text{S}/\text{cm}$  weiterhin relativ hoch, jedoch im Erfahrungsbereich für das Gebiet Hardwald. Entsprechend waren auch der Sulfat-Gehalt mit rund 60–120 mg/l und die Gesamthärte mit rund 34–40 °fH («hart») weiterhin erhöht.
- Die analysierten gelösten Schwermetalle wurden höchstens in geringen Konzentrationen von maximal 0.0005 mg/l (Blei), 0.0006 mg/l (Chrom), 0.001 mg/l (Kupfer), 0.003 mg/l (Selen) bzw. 0.004 mg/l (Zink) nachgewiesen.
- Von den analysierten Pestizid-Rückständen wurde der Chlorothalonil-Metabolit R471811 weiterhin stets festgestellt. Mit 0.12–0.18  $\mu\text{g}/\text{l}$  waren die Werte tendenziell etwas tiefer, jedoch weiterhin über dem TBDV-Höchstwert von 0.1  $\mu\text{g}/\text{l}$  erhöht. Während Atrazin (Pestizid) vereinzelt in geringen Konzentrationen von maximal 0.02  $\mu\text{g}/\text{l}$  nachgewiesen wurde, lag dessen Abbauprodukt Desethylatrazin stets unter der Nachweisgrenze.
- Acesulfam (Süssungsmittel) wurde weiterhin stets in geringen Spuren von 0.01–0.03  $\mu\text{g}/\text{l}$ , Benzotriazol (Industriechemikalie) hingegen lediglich vereinzelt in geringen Spuren von maximal 0.03  $\mu\text{g}/\text{l}$  nachgewiesen. Diclofenac konnte dagegen nie festgestellt werden.

## 6 GRUNDWASSERMODELLIERUNG

### 6.1 Entwicklung konzessionierte Entnahmen und Bedarf

#### 6.1.1 Aktuelle und künftige GWPW

Wie im *Kapitel 1.1* erläutert, stehen die Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein vor einer Reorganisation und einem Zusammenschluss ihrer Trink- und Brauchwasserversorgungen. Die beiden Grundwasserpumpwerke Stichmatt der Gemeinde Sisseln und Bäumliacker der Gemeinden Münchwilen und Stein müssen aufgrund von Schutzzonen-Konflikten in naher Zukunft aufgegeben werden. Zudem ist aufgrund des Entwicklungsschwerpunktes ESP Sisslerfeld mit einer Zunahme des künftigen Wasserbedarfs zu rechnen. Aus diesen Gründen sollen im Grundwasserpumpwerk (GWPW) Hardwald der Gemeinde Eiken eine Konzessionserhöhung und im Grundwasserschutzareal Hardwald West das neue GWPW Ägerte realisiert werden. Gleichzeitig prüfen auch die Gemeinden Laufenburg und Kaisten ein gemeinsames GWPW im Gebiet Rüchi. Dies darum, weil die beiden bestehenden GWPW Schäffigen und Klostermatte der Gemeinde Laufenburg aufgrund von nicht lösbaeren Schutzzonen-Konflikten in naher Zukunft aufgegeben werden müssen. Da sich alle genannten Erzeugeranlagen in demselben Grundwasservorkommen befinden, beeinflussen diese die regionale Grundwasserbilanz und werden in einem umfassenden numerischen Modell berücksichtigt.

Dies gilt auch für zahlreiche private Brauchwassernutzungen (BWN) im Interessensgebiet, welche zum Teil grosse konzessionierte Entnahmen aufweisen.

Eine Auflistung der aktuellen und künftigen GWPW im Teil West (Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein) und im Teil Ost (Gemeinden Laufenburg und Kaisten) findet sich in *Tabelle 3*. In *Beilage 10* sind zusätzlich sämtliche privaten Brauchwassernutzungen aufgelistet.

Tabelle 3: Aktuelle und künftige GWPW sowie Entwicklung der konzessionierten Entnahmen

| <b>Name GWPW</b>          | <b>heute (2019)</b> | <b>PZ 2035</b> | <b>PZ 2050</b> |
|---------------------------|---------------------|----------------|----------------|
|                           | [l/min]             |                |                |
| Bäumliacker               | 4'000 *)            | –              | –              |
| Stichmatt                 | 1'350 **)           | –              | –              |
| Hardwald                  | 2'000               | 4'500          | 4'500          |
| Ägerte                    | –                   | 9'000          | 9'000          |
| <i>Subtotal Teil West</i> | <i>7'350</i>        | <i>13'500</i>  | <i>13'500</i>  |
| Egler                     | 3'200               | –              | –              |
| Schäffigen                | 2'000               | –              | –              |
| Klostermatte              | 900                 |                |                |
| Rüchi                     |                     | 5'000          | 5'000          |
| <i>Subtotal Teil Ost</i>  | <i>6'100</i>        | <i>5'000</i>   | <i>5'000</i>   |
| <b>Total</b>              | <b>13'450</b>       | <b>18'500</b>  | <b>18'500</b>  |

\*) gemäss Grundwasserkarte des Kantons Aargau [7] 4'000 l/min, gemäss Schutzzonenreglement 4'350 l/min [8]

\*\*\*) gemäss Grundwasserkarte des Kantons Aargau [7] 1'350 l/min, gemäss Schutzzonenreglement 1'200 l/min [8]

### 6.1.2 Entwicklung konzessionierte Entnahmen

In *Tabelle 3* ist die Entwicklung der konzessionierten Entnahmen von heute (2019) und den Planungszielen (PZ) 2035 sowie 2050 ersichtlich. Im Teil West verdoppeln sich die konzessionierten Entnahmen ungefähr von heute (2019) mit 7'350 l/min bis zu den PZ 2035 bzw. 2050 auf 13'500 l/min. Im gesamten Modellgebiet machen die konzessionierten Entnahmen sämtlicher öffentlichen Wasserversorgungen mit rund 13'500–18'500 l/min jedoch lediglich rund 1/3 der gesamten, konzessionierten und bewilligten Entnahmen (d.h. inkl. der privaten BWN, jedoch exkl. der Wärmepumpen am Grundwasser (GWWP)) mit rund 46'500–51'500 l/min aus (vgl. *Tabelle 5* und *Beilage 10*).

### 6.1.3 Entwicklung Bedarf

Die Entwicklung des Bedarfs der öffentlichen Wasserversorgungen von heute (2019) bis zu den PZ 2035 sowie 2050 bei den Szenarien «Mittel» und «Spitze» gemäss Angaben aus [1] und [3] findet sich in *Tabelle 4* und *Beilage 10*. Dabei wurde wiederum zwischen den Teilen Ost und West unterschieden. Der gesamte Bedarf «Mittel» steigt von heute (2019) mit rund 4'500 um rund 2'500 l/min auf gut 7'000 l/min bis zum PZ 2050. Beim gesamten Bedarf «Spitze» wird eine Steigerung um rund 4'000 l/min erwartet.

*Tabelle 4: Entwicklung des Bedarfs der öffentlichen Wasserversorgungen*

| Gemeinden            | Heute (2019) |              | PZ 2035 *)   |               | PZ 2050 **)  |               |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
|                      | Mittel       | Spitze ***)  | Mittel       | Spitze ***)   | Mittel       | Spitze ***)   |
| [l/min]              |              |              |              |               |              |               |
| Eiken                | 388          | 988          | 509          | 1'199         | 607          | 1'401         |
| Münchwilten          | 203          | 340          | 507          | 885           | 776          | 1'383         |
| Sisseln              | 760          | 1'483        | 1'153        | 2'203         | 1'533        | 2'899         |
| Stein                | 1'308        | 2'340        | 1'556        | 2'830         | 1'707        | 3'142         |
| Obermumpf            | 141          | 253          | 151          | 272           | 151          | 272           |
| Schupfart            | 82           | 278          | 83           | 278           | 82           | 278           |
| Frick                | 7            | 208          | 116          | 208           | 188          | 208           |
| <i>Subtotal West</i> | <i>2'890</i> | <i>5'888</i> | <i>4'074</i> | <i>7'874</i>  | <i>5'044</i> | <i>9'583</i>  |
| Laufenburg           | 1'336        | 1'905        | 1'396        | 2'031         | 1'474        | 2'201 ****)   |
| Kaisten              | 513          | 1'645        | 529          | 1'792         | 555          | 1'862         |
| <i>Subtotal Ost</i>  | <i>1'849</i> | <i>3'550</i> | <i>1'925</i> | <i>3'822</i>  | <i>2'029</i> | <i>4'063</i>  |
| <b>Total</b>         | <b>4'739</b> | <b>9'423</b> | <b>5'999</b> | <b>11'697</b> | <b>7'073</b> | <b>13'645</b> |

\*) Bei Planungsziel (PZ) 2035 mit ESP 50% (Trinkwasser)

\*\*) Bei Planungsziel (PZ) 2050 mit ESP 100% (Trinkwasser)

\*\*\*) Gleichzeitigkeit nicht berücksichtigt (konservativ)

\*\*\*\*\*) Exkl. Abzug von Quellwasserbezug (konservativ)

Wie in *Tabelle 5* und *Beilage 10* ersichtlich, macht der Bedarf der öffentlichen Wasserversorgungen mit rund 4'500–7'000 l/min (Mittel) bzw. rund 9'500–13'500 l/min (Spitze) lediglich rund

35–55% des gesamten Bedarfes inkl. der privaten Brauchwassernutzungen aus. Der Gesamtbedarf Mittel bzw. Spitze ist bei den PZ 2035 um 12% resp. 10 % und 2050 um 21% resp. 19 % grösser als heute (2019).

In *Tabelle 5* ist zudem ersichtlich, dass sich bezüglich Auslastung der konzessionierten und / oder bewilligten Entnahme zwischen heute (2019) und dem PZ 2050 keine starken Veränderungen ergeben und ungefähr bei 25–40% (Mittel) bzw. 45–75% (Spitze) liegt.

*Tabelle 5: Entwicklung des Bedarfs der öffentlichen Trink- und Brauchwasserversorgungen (1) und privaten Brauchwassernutzenden (2) sowie der Auslastung der konzessionierten / bewilligten Entnahmen*

| <b>Summen</b> | <b>Heute (2019)</b> |                 |                 | <b>PZ 2035</b>   |                 |                 | <b>PZ 2050</b>   |                 |                 |
|---------------|---------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
|               | <b>Ko.</b>          | <b>Mi.</b>      | <b>Sp.</b>      | <b>Ko.</b>       | <b>Mi.</b>      | <b>Sp.</b>      | <b>Ko.</b>       | <b>Mi.</b>      | <b>Sp.</b>      |
|               | [l/min]             |                 |                 |                  |                 |                 |                  |                 |                 |
| Total 1       | 13'450<br>(100%)    | 4'509<br>(34%)  | 9'423<br>(70%)  | 18'500<br>(100%) | 5'999<br>(32%)  | 11'697<br>(63%) | 18'500<br>(100%) | 7'073<br>(38%)  | 13'645<br>(74%) |
| Total 2 *)    | 46'815<br>(100%)    | 12'357<br>(26%) | 22'486<br>(48%) | 51'865<br>(100%) | 13'901<br>(27%) | 24'759<br>(48%) | 51'365<br>(100%) | 14'975<br>(29%) | 26'708<br>(51%) |

Ko. = Konzessionierte Entnahme

Mi. = Bedarf Mittel

Sp. = Bedarf Spitze

\*) Sämtliche vorhandene Grundwassernutzungen, exkl. Wärmepumpen am Grundwasser

## 6.2 Modellziele

Mit den Grundwassermodellierungen wurden folgende Fragestellungen adressiert:

- Überprüfung der hydrogeologischen Machbarkeit der Reorganisation der Wasserversorgungen mit der Aufgabe von bestehenden und dem Bau von neuen GWPW
- Dazu wurden die langfristigen Auswirkungen der in den PZ 2035 und 2050 vorgesehenen Bezüge Mittel und Spitze auf das Grundwasservorkommen simuliert.
- Zusätzlich wurden im Hinblick auf die Schutzzonenausscheidung des Markierversuch beim GWPW Hardwald nachmodelliert und die 10-Tages-Isochronen für die GWPW Hardwald und Ägerte für verschiedene Konzessionsmengen simuliert

Im Einzelnen wurden folgende Szenarien geprüft:

- Heute (2019): Konz. bzw. bzw. Entnahme sowie Bezüge Mittel und Spitze
- PZ 2035: Konz. bzw. bzw. Entnahme sowie Bezüge Mittel und Spitze
- PZ 2050: Konz. bzw. bzw. Entnahme sowie Bezüge Mittel und Spitze

## **6.3 Modellaufbau- und annahmen**

### **6.3.1 Software**

Als Basis für die Simulationen dient das Programm «FEFLOW 6.1» der WASY GmbH. Bei diesem Grundwassermodell wird die Strömungsgleichung iterativ nach dem Finiten Elemente-Verfahren gelöst. FEFLOW erlaubt eine flexible Vernetzung, daher kann das Gitternetz an natürliche Strukturen und Brunnenstandorte optimal angepasst werden.

### **6.3.2 Modellgebiet**

Das grossflächige Grundwassermodell umfasst den ca. 9.0 km langen und wenige hundert Meter bis 2.0 km breiten Abschnitt des Rheintal-Grundwasserstroms zwischen dem Rhein bei Laufenburg im Osten und dem Rhein bei Stein im Westen (vgl. Abb. 1 in *Beilage 11*). Sämtliche hydrogeologischen Kenntnisse aus früheren Felduntersuchungen und Sondierungen in diesem Gebiet wurden ins Modell eingearbeitet.

### **6.3.3 Definition Modellränder**

Der Modellrand sowohl im Norden als auch im Osten und Westen wird durch den Rhein gebildet (vgl. Abb. 1 in *Beilage 11*). Im Osten bei Laufenburg infiltriert der Rhein ins Grundwasser, im Westen unterhalb des Wehrs von Stein exfiltriert es hingegen vollständig. Im Nordosten unterhalb des Wehrs von Laufenburg wirkt der Rhein ebenfalls mehrheitlich als Vorflut. Im Nordwesten besteht aufgrund der Dichtwand entlang des Rheins keine hydraulische Verbindung zwischen dem Grund- und dem Flusswasser.

Die randlichen Zuflüsse von Süden (Hangwasser und Zustrom aus Tälern) wurden basierend auf der Grundwassermächtigkeit, den  $k$ -Werten sowie dem hydraulischen Gradienten abgeschätzt.

Die flächenhafte Grundwasserneubildung durch den versickernden Niederschlagsanteil wurde, basierend auf Erfahrungswerten, in unbebauten Gebieten mit 30 cm pro Jahr und im bebauten Gebiet mit 10 cm pro Jahr eingesetzt.

Zudem wurde die Sisse als Infiltrant ins Grundwasser berücksichtigt.

### **6.3.4 Aquifer-Eigenschaften**

#### ***Sohle Grundwasserleiter***

Die Untergrenze des Grundwasserleiters wurde durch eine Auswertung der aktuellen Grundwasserkarte des Kantons Aargau [7] sowie anhand der Ergebnisse aus sämtlichen bekannten, im Modellgebiet abgeteufte Bohrungen ermittelt. Die zusammengestellten Informationen wurden nach dem Kriging-Verfahren interpoliert und manuell entsprechend dem generellen Talverlauf nachbearbeitet. Die so ermittelte Sohle des Schotter-Grundwasserleiters ist in Abb. 2 in *Beilage 11* dargestellt.

### **Grundwasserspiegel, Gefälle und Fliessrichtung**

Die Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasser gemäss Grundwasserkarte [7] wurden im Modell nachgebildet (vgl. Abb. 3 in *Beilage 11*). Anschliessend wurden die Grundwasserspiegel bei Niedrigwasser konstruiert (vgl. Abb. 4 in *Beilage 11*).

Der hydraulische Gradient ist generell gegen Norden und im westlichen Bereich gegen Nordwesten gegen den unterhalb des Kraftwerks als Vorfluter fungierenden Rhein gerichtet. Im östlichen Bereich, wo der Rhein als Infiltrant wirkt, ist der Gradient generell gegen Westen gerichtet. Entsprechend stark variiert auch das Gefälle. Allgemein liegt im westlichen und östlichen Teil ein steileres und im zentralen Bereich ein flacheres Gefälle vor.

### **Durchlässigkeit Grundwasserleiter**

Der als Grundwasserleiter wirkende Schotter weist im Modellgebiet eine mittlere bis hohe hydraulische Durchlässigkeit auf (vgl. Abb. 5 in *Beilage 11*). Im Gebiet Ägerte und Hardwald wurden gestützt auf die Erkenntnisse aus den hydrogeologischen Untersuchungen Durchlässigkeitsbeiwerte  $k$  im Bereich zwischen 1 und  $5 \times 10^{-3}$  m/s in das Modell integriert. Die  $k$ -Werte in vertikaler Richtung wurden jeweils 10-mal kleiner angenommen als in horizontaler Richtung.

### **Porosität**

Die effektive Porosität  $n$  wurde aufgrund von Erfahrungswerten konservativ mit 0.10 eingesetzt.

## **6.3.5 Modellannahmen**

Für die jeweiligen Modellierungen wurden folgende Zeiträume bzw. Grundwasserspiegel berücksichtigt:

- Konz. bzw. bew. Entnahme: Dauer 10 Tage, Grundwasserspiegel bei NW
- Bedarf Spitze: Dauer 30 Tage (und mehr), Grundwasserspiegel bei MW
- Bedarf Mittel: Dauer 365 Tage, Grundwasserspiegel bei MW

Ausserdem wurden folgende weitere Annahmen getroffen:

- Für beide Szenarien Mittel und Spitze wurde im Teil Ost 60% aus dem GWPW Ägerte und 40% aus dem GWPW Hardwald bezogen (vgl. *Tabelle 4* und *Beilage 10*).
- Nebst sämtlichen öffentlich genutzten Pumpwerken (GWPW, vgl. *Tabelle 3*) wurden alle privaten BWN zwischen Laufenburg und Stein im Modell berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurden hingegen thermische Nutzungen (vgl. *Tabelle 5* und *Beilage 10*).
- Bei den PZ 2035 und 2050 mussten bei den privaten BWN einige Annahmen getroffen werden, welche in *Beilage 10* festgehalten sind.

## **6.4 Modellierungen heute (2019) und PZ 2035 und 2050**

Als Ergebnisse der Modellierungen der verschiedenen Szenarien wurden folgende Simulationen bzw. Grafiken produziert:

- Strömungslinien: vgl. Abb. 6–11 in *Beilage 11*
- Isohypsen des Grundwasserspiegels: vgl. Abb. 12–18 in *Beilage 11*

- Absenkung des Grundwasserspiegels: vgl. Abb. 19–20 in *Beilage 11*
- 100-Tages-Isochrone: vgl. Abb. 21 in *Beilage 11*
- Infiltrationsbereich Rhein: vgl. Abb. 22 in *Beilage 11*

Nachfolgend werden gestützt auf diese Modellierungen die Auswirkungen der geprüften Szenarien kurz umschrieben.

#### 6.4.1 Strömungslinien

Die Erkenntnisse aus den Simulationen der Strömungslinien (vgl. Abb. 6–11 in *Beilage 11*) können wie folgt zusammengefasst werden:

- Im Bereich Hardwald West sind zwischen heute (2019) und den PZ 2035 sowie 2050 markante Unterschiede festzustellen. Dies kommt daher, dass einerseits künftig das GWPW Stichmatt aufgegeben und das GWPW Ägerte neu hinzukommt, andererseits die Bezüge in den GWPW grösser sind.
- Während heute (2019) das Wasser im GWPW Hardwald von der Hangzone zuströmt, strömt bei den PZ 2035 und 2050 zusätzlich Wasser aus dem Fricktal-Grundwasserstrom zu. Bei den PZ 2035 und 2050 im jeweiligen Szenario Mittel, welches während 365 Tagen simuliert wurde, wird untergeordnet zudem Grundwasser aus nördlicher Richtung vom Rhein angezogen.
- Das GWPW Ägerte, welches sich etwas nördlich vom GWPW Hardwald und entsprechend etwas näher zum Rhein befindet, wird bei den PZ 2035 und 2050 sowohl bei den Szenarien Mittel und Spitze Grundwasser nebst Grundwasser aus Südosten, Osten und Nordosten vor allem aus Norden aus Richtung Rhein alimentiert.

#### 6.4.2 Isohypsen und Absenkung Grundwasserspiegel

Die Erkenntnisse aus den Simulationen der Grundwasserspiegellage (vgl. Abb. 12–18 in *Beilage 11*) bzw. der Absenkung des Grundwasserspiegels (vgl. Abb. 19 in *Beilage 11*) können wie folgt zusammengefasst werden:

- In Abbildung 12 in *Beilage 11* sind die Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasser und ohne Pumpbetrieb im Sinne einer Dokumentation des unbeeinflussten Ausgangszustandes dargestellt. Wie der Vergleich mit der heutigen Grundwasserentnahme (Abbildung 13 in *Beilage 11*) zeigt, sind die Unterschiede und damit die Beeinflussung des Grundwasserspiegels minimal.
- Die grössten Veränderungen zwischen heute (2019) und den PZ 2035 sowie 2050 kommen wiederum von der Neukonzeption der GWPW und den grösseren Bezugsmengen her. Aufgrund der etwas grösseren Bezüge im Hardwald West (GWPW Hardwald und Ägerte) werden bei den PZ 2035 und 2050 gegenüber heute (2019) etwas grössere Absenkungen des Grundwasserspiegels erwartet.
- In Abbildung 19 in *Beilage 11* findet sich eine Detailansicht der Absenkung des Grundwasserspiegels beim PZ 2035 im Szenario Spitze bei Mittelwasser und nach 30 Tagen. Darin ist ersichtlich, dass bei einem gemeinsamen Pumpbetrieb (gemittelte Entnahme von total 7874 l/min, vgl. *Tabelle 4*) im GWPW Hardwald mit gut 3'000 l/min und Ägerte mit knapp 5'000 l/min nach 30 Tagen eine relativ grossflächige Absenkung um jedoch lediglich rund

25 cm produziert wird. Um die beiden GWPW resultiert eine Absenkung von 75 cm und mehr (v.a. im Nahbereich der Brunnen).

### 6.4.3 Extremszenario PZ 2035 Spitze während 365 Tagen

In einem weiteren Schritt wurde ein nicht realistisches Extremszenario geprüft, damit das Verhalten des Grundwassersystems unter Extrembedingungen besser verstanden und das Grundwassermodell überprüft werden konnten. Dazu wurde das PZ 2035 beim Szenario Spitze nicht nur während 30 Tagen, sondern während 365 Tagen simuliert.

Wie in Abb. 20 in *Beilage 11* ersichtlich, wird dadurch der Grundwasserspiegel deutlich stärker abgesenkt. Die Absenkung ist auch deutlich grossflächiger und reicht im Norden bis zum Rhein. Gemäss der Isochronen-Simulation in Abb. 21 in *Beilage 11* benötigt das vom Rhein her zuströmende Wasser rund 200 Tage bis zum GWPW Ägerte. Der Rhein wirkt deshalb bei diesem Szenario zumindest abschnittsweise viel stärker als Infiltrant ins Grundwasser (vgl. Abb. 22 in *Beilage 11*). Eine weiterführende Diskussion der Ergebnisse bezüglich der Grundwasserbilanz findet sich im nachfolgenden *Kapitel 6.5*.

## 6.5 Bilanzierung und Plausibilisierung

### 6.5.1 Bilanzierung

Für eine zusätzliche Überprüfung und Plausibilisierung der Modellergebnisse wurden für mehrere Szenarien die Bilanzmengen des Modells dargestellt. In *Tabelle 6* und *Tabelle 7* finden sich die entsprechenden Grössen von heute (2019) bzw. vom PZ 2035 beim Szenario Spitze nach jeweils 30 und 365 Tagen.

Bei der Bilanzierung der beiden Spitzenszenarien ist ersichtlich, dass sich das Modell nach 30 Tage in einem sog. instationären Zustand befindet: Die Absenkung des Grundwasser ist noch im Gang und der Einfluss der Grundwasserentnahme hat die Modellränder erst teilweise erreicht. Das scheinbare Bilanzdefizit wird durch das im Grundwasserstrom gespeicherte Wasser ausgeglichen, welches durch die Absenkung verfügbar gemacht wird. Mit fortlaufender Dauer nimmt die Exfiltration in den Rhein stark ab, wodurch nach spätestens 365 Tagen ein stationärer Zustand erreicht und die Bilanz wieder ausgeglichen ist.

Werden die einzelnen Inflow-Bilanzgrössen nach jeweils 30 und 365 Tagen verglichen, ist erkennbar, dass der Zustrom von Nordosten bei Laufenburg, die Flussinfiltration und der Niederschlag gleichbleiben. Da der Grundwasserspiegel im Modellgebiet nach 365 Tagen stärker abgesenkt ist und sich entsprechend die Durchströmungsfläche reduziert, ist der Randzufluss nach 365 Tagen kleiner als nach 30 Tagen.

Eine zusammenfassende Beurteilung der Modellierergebnisse findet sich im *Kapitel 10.1*.

Tabelle 6: Bilanzierung heute (2019) Szenario Spitze nach 30 und 365 Tagen

| <b>Bilanzgrösse</b>                        | <b>2019 (heute) Spitze,<br/>30 Tage</b> | <b>2019 (heute) Spitze,<br/>365 Tage</b> |
|--|---|--|
|  | [l/min]                                 |  |
| Zustrom von NE (Laufenburg)                | 6'442                                   | 6'635                                    |
| Randzustrom von Süden (Stein-Laufenburg)   | 24'426                                  | 20'457                                   |
| Total Flussinfiltration (Rhein und Sissle) | 11'195                                  | 11'107                                   |
| Niederschlag                               | 6'557                                   | 6'557                                    |
| <b>Inflow Modell gesamt</b>                | <b>48'620</b>                           | <b>44'756</b>                            |
| Bezug heute Spitze (GWPW & BWN)            | 22'486                                  | 22'486                                   |
| Total Flussexfiltration                    | 36'026                                  | 21'979                                   |
| <b>Outflow Modell gesamt</b>               | <b>58'512</b>                           | <b>44'465</b>                            |

Tabelle 7: Bilanzierung PZ 2035 Szenario Spitze nach 30 und 365 Tagen

| <b>Bilanzgrösse</b>  | <b>2035 Spitze, 30 Tage</b> | <b>PZ 2035 Spitze, 365 Tage</b> |
|--|-----------------------------|---------------------------------|
|  | [l/min]                     |                                 |
| Zustrom von NE (Laufenburg)                                    | 7'307                       | 7'384                           |
| Randzustrom von Süden (Stein-Laufenburg)                       | 24'111                      | 19'334                          |
| Total Flussinfiltration (Rhein und Sissle)                     | 11'262                      | 11'488                          |
| Niederschlag   | 6'557                       | 6'557                           |
| <b>Inflow Modell gesamt</b>                                    | <b>49'237</b>               | <b>44'763</b>                   |
| Bezug PZ 2035 Spitze (GWPW & BWN)                              | 24'759                      | 24'759                          |
| Total Flussexfiltration (unterhalb Wehre Laufenburg und Stein) | 31'134                      | 19'391                          |
| <b>Outflow Modell gesamt</b>                                   | <b>55'893</b>               | <b>44'160</b>                   |

## 6.5.2 Plausibilisierung

Nachfolgend werden die Bilanzgrössen beispielhaft im Falle vom PZ 2035 beim Szenario Spitze (nach 365 Tagen) plausibilisiert (vgl. *Tabelle 7*).

### **Infiltration**

Das Modell berechnet für die Infiltration vom Rhein nördlich vom Grundwasserschutzareal Hardwald West einen Wert von rund 11'000 l/min. Die Fläche der infiltrierenden Rheinsohle (vgl. Abb. 22 in *Beilage 11*) weist eine Fläche von rund 250'000 m<sup>2</sup> (Länge ca. 1'500 m, Breite ca. 150–200 m) auf. Damit resultiert eine Infiltration von rund 0.04 l/min pro m<sup>2</sup> bzw. ca. 7 l/min pro Laufmeter. Trotz der vermutlich grösstenteils kolmatierten Flusssohle ist dieser Wert als konservativ einzuschätzen.

## **Niederschlag**

Beim Niederschlag wurde eine mittlere Jahresmenge von 1'000 mm angenommen, welche schätzungsweise zu rund 1/3 zur Grundwasserneubildung beiträgt. Bei einer Modellgebietsfläche von rund 12 km<sup>2</sup> resultiert ein Jahresniederschlag von rund 6'500 l/min. Aufgrund der mehrheitlich ebenen Topografie mit wenig Oberflächenabfluss und der Landnutzung (grösstenteils Landwirtschaft, Wald, ausserdem Siedlungsgebiete) ist dieser Wert plausibel.

## **Randzuflüsse**

Bezüglich den Zuflüssen an den übrigen Modellrändern sind verschiedene Abschnitte mit verschiedenen Randbedingungen zu unterscheiden.

### *Oberer Modellrand und Seitentäler*

Der obere Modellrand im Nordosten bei Laufenburg wurde mit einem sog. Festpotential (Grundwasserspiegel wird im Modell mit variablem Zufluss konstant gehalten) abgebildet, während die Grundwasser-Zuströme von Frick und Kaisten als konstante Zuflüsse modelliert wurden. Die vom Modell ausgegebenen Bilanzgrössen können mit einfachen Abschätzungen des Durchflusses nach Darcy verglichen werden, welche im PZ 2035 beim Szenario Spitze (nach 365 Tagen) folgende Ergebnisse lieferten:

- Zustrom von NE (Modellwert 7'384 l/min): ca. 3'500–7'100 l/min
- Zustrom von Frick (Modellwert 3'988 l/min): ca. 4'000–11'000 l/min
- Zustrom von Kaisten (Modellwert 2'624 l/min): ca. 300–2'000 l/min

Die rechnerischen Abschätzungen zeigen, dass die eingesetzten Modellwerte in der Grössenordnung plausibel sind.

### *Hangzufluss*

Für den Hangwasserzufluss von Süden sind im Modell beim PZ 2035 im Szenario Spitze (nach 365 Tagen) für die einzelnen Abschnitte folgende konstanten Werte hinterlegt:

- Stein bis Eiken: 1.6 l/min pro Laufmeter = 4'169 l/min auf ca. 2.6 km Länge
- Eiken bis Kaisten: 0.6 l/min pro Laufmeter = 2'332 l/min auf ca. 4.0 km Länge
- Kaisten bis Laufenburg: 2.6 l/min pro Laufmeter = 6'221 l/min auf ca. 2.8 km Länge

Die Hangwasserzflüsse wurden auch so gewählt und nachkalibriert, dass eine Nachbildung des Grundwasserspiegels gemäss Grundwasserkarte möglich ist. Eine direkte Plausibilisierung der Hangwasserzuflüsse ist schwierig. Im Vergleich zu anderen Grundwassermodellen liegen diese Werte in einem typischen Erfahrungsbereich.

## **Exfiltration**

Bezüglich Exfiltration werden vom Modell beim PZ 2035 im Szenario Spitze (nach 365 Tagen) folgende Werte errechnet:

- Unterhalb Stauwehr Stein: 9'214 l/min auf ca. 1.8 km Länge bzw. ca. 5 l/min pro Laufmeter
- Unterhalb Stauwehr Laufenburg: 10'177 l/min auf ca. 3.2 km Länge bzw. 0.6 l/min pro Laufmeter

Die Exfiltration wurde ebenfalls so kalibriert, dass der Verlauf des Grundwasserspiegels der Grundwasserkarte nachgebildet werden kann. Eine direkte Überprüfung der Werte ist ebenfalls nicht möglich. Im Vergleich zu vergleichbaren Grundwassermodellen sind die Werte in einem üblichen Erfahrungsbereich.

### **Bezugsmengen private Brauchwassernutzungen**

Die Bezugsmengen der privaten BWN bei den PZ 2035 und 2050 mussten teilweise abgeschätzt werden. Für die grossen Bezüger (z.B. Novartis, DSM, etc.) sind in den Bewilligungen aber Bezugslimiten festgehalten, wobei im Modell in einem konservativen Ansatz jeweils die grösstmöglichen Bezüge berücksichtigt wurden (vgl. *Beilage 10*).

## **6.6 Ermittlung 10-Tages-Isochronen**

Zum Zweck der Dimensionierung der Grundwasserschutzzonen wurde in einem ersten Schritt der im Jahr 2024 beim GWPW Hardwald durchgeführte Markierversuch mit dem Grundwassermodell nachmodelliert (vgl. Abb. 23 in *Beilage 11*). Nachdem eine zufriedenstellende Nachbildung vorlag, wurden die 10-Tages-Isochronen für das GWPW Hardwald mit einer konzessionierten Entnahme von 4'000, 4'500 und 5'000 l/min sowie für das künftige GWPW Ägerter mit einer solchen von 9'000 l/min modelliert (vgl. Abb. 24–25 in *Beilage 11*). Da beim Markierversuch im Gebiet Ägerter im Jahr 2020 kein Markierstoff nachgewiesen wurde, konnte dieser Markierversuch für die Dimensionierung nicht verwendet werden [26].

Da beim GWPW Hardwald die 10-Tages-Isochrone bei 5'000 l/min in den Bereich der SBB-Linie reicht, bei 4'000–4'500 l/min jedoch vollumfänglich im Wald bzw. der Parzelle Kat.-Nr. 4 liegt, wurde die künftige konzessionierte Entnahme vom GWPW Hardwald auf 4'500 l/min beschränkt. Die modellierte 10-Tages-Isochrone für 4'500 l/min, welche ungefähr der «18-Tages-Isochrone» für 2'000 l/min gemäss Markierversuch entspricht sind in *Beilage 1* und *Beilage 2* dargestellt.

Die Umsetzung der modellierten Isochronen in die Schutzzonen-Dimensionierung wird im *Kapitel 7* diskutiert.

## **7 AUSSCHIEDUNG DER GRUNDWASSERSCHUTZZONEN**

### **7.1 Richtlinien Bemessung von Schutzzonen**

Die Bemessung der Schutzzonen für eine Grundwasserfassung hat gemäss den Vorgaben der «Wegleitung Grundwasserschutz» des BUWAL (heute BAFU) aus dem Jahre 2004 bzw. «Grundwasserschutz bei Lockergesteinen» des BAFU aus dem Jahr 2012 zu erfolgen. Für die praktische Umsetzung der Schutzzonen sind nach Möglichkeit Parzellengrenzen, Waldränder, Strassen und Wege etc. zu berücksichtigen. Für die verschiedenen Zonen bestehen im einzelnen folgende Vorgaben:

#### **7.1.1 Zone S1**

Die Dimensionierung der Zone S1 (Fassungsbereich) wird ausschliesslich nach geometrischen Kriterien vorgenommen, indem die Zone S1 von der Fassungsanlage (Brunnenbohrung) in jede Richtung mindestens 10 m reichen muss.

#### **7.1.2 Zone S2**

Die Zone S2 (engere Schutzzone) soll unter anderem verhindern, dass Keime und Viren sowie abbaubare Stoffe in eine Fassung gelangen. Die Bemessung der betreffenden Zone erfolgt somit anhand der Erfahrung, dass Keime und Viren bei einer Aufenthaltsdauer im Untergrund von mehr als 10 Tagen grösstenteils absterben bzw. entsprechende Stoffe in dieser Zeit abgebaut werden. Aus diesem Grunde ist die Zone S2 so zu dimensionieren, dass die Verweildauer des Grundwassers vom äusseren Rand der Zone S2 bis zur Fassung mindestens 10 Tage beträgt. Die hydrogeologische Begrenzung der Zone S2 entspricht somit der sog. 10-Tages-Isochrone. Zusätzlich muss der Abstand zwischen den äusseren Grenzen der Zonen S1 und S2 in Zuströmrichtung mindestens 100 m betragen. Gemäss der genannten Wegleitung Grundwasserschutz können für die Ermittlung der 10-Tages-Isochrone folgende vier Methoden verwendet werden:

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

#### **7.1.3 Zone S3**

Die Zone S3 (weitere Schutzzone) bildet eine Pufferzone um die Zone S2. Sie gewährleistet den Schutz vor Anlagen und Tätigkeiten, die ein besonderes Risiko für das Grundwasser darstellen. Bei der Zone S3 soll der Abstand vom äusseren Rand der Zone S2 bis zum äusseren Rand der Zone S3 in Zuströmrichtung etwa gleich gross sein wie der Abstand zwischen den äusseren Grenzen der Zonen S1 und S2.

## 7.2 Dimensionierung Schutzzonen

Die dimensionierten Schutzzonen sind in der Beilage 1 dargestellt und werden nachfolgend erläutert.

### 7.2.1 Zone S1

Wie in *Kapitel 7.1* erläutert, muss die neue Zone S1 von der künftigen Fassungsanlage (Brunnenbohrung) in jede Richtung mindestens 10 m reichen. Beim GWPW Hardwald (Horizontalfilterbrunnen) sind 10 m Abstand ab den äussersten Strangenden einzuhalten. Da dies bereits bisher so berücksichtigt wurde, ergeben sich bei der bisherigen Zone S1 keine Änderungen.

Beim GWPW Ägerte wurden bei der Dimensionierung der Zone S1 zwei Vertikalfilterbrunnen an den Standorten 15-2 und 25-1 (weitere Diskussion vgl. *Kap. 8.1*) berücksichtigt, welche ab Brunnenmitte rund 10 m Abstand voneinander haben. Da die Brunnenbohrungen einen Durchmesser von 2.0 m aufweisen, wurde zwischen der jeweiligen Brunnenmitte und dem äusseren Rand der Zone S1 ein Abstand von 11 m vorgesehen. Je nach Ergebnis der Zusatzabklärungen und der definitiven Festlegung der Fassungsstandorte ist die Zone S1 nach dem Bau der Brunnen noch etwas anzupassen (vgl. *Kap.10.2*).

### 7.2.2 Zone S2

Für die Ausscheidung der Schutzzone S2 sind die im *Kapitel 6.6* erläuterten, auf einem Markierversuch basierten, modellierten 10-Tages-Isochronen für 4'500 beim GWPW Hardwald und 9'000 l/min beim GWPW Ägerte (2 x 4'500 l/min) zu berücksichtigen.

Gegen Norden und Westen muss die künftige Zone S2 um das GWPW Hardwald mit einer konzessionierten Entnahme von 4'500 l/min etwas grösser dimensioniert werden, als dies bisher für 2'000 l/min der Fall war. Gegen Osten und Süden kann die Zone S2 dagegen ungefähr in der bisherigen Form beibehalten werden. Mit einem zustromseitigen Abstand zwischen den äusseren Grenzen der Zonen S1 und S2 von 120–160 m kann die minimal geforderte Distanz für diese Zone von 100 m eingehalten werden.

Bei der Dimensionierung der Zone S2 um das GWPW Ägerte für eine konzessionierte Entnahme von 9'000 l/min wurde ebenfalls eine Umhüllende um die modellierte 10-Tages-Isochrone gezeichnet. Da sich dieser Bereich vollumfänglich im Wald ohne Parzellengrenzen befindet, konnte nicht immer eine im Feld sichtbare Grenzziehung vorgenommen werden.

### 7.2.3 Zone S3

Bei der Dimensionierung der Zone S3 wurde die Vorgabe, dass der Abstand zwischen den Zonengrenzen S2 und S3 in Zuströmrichtung etwa gleich gross sein muss, wie derjenige zwischen den Zonengrenzen S1 und S2, eingehalten. Für die praktische Umsetzung der Schutzzonen wurden zudem – dort wo möglich – Parzellengrenzen, Waldränder, Strassen und Wege etc. berücksichtigt.

## **7.3 Umgebung und potentielle Gefährdungen**

### **7.3.1 Zone S1**

Die beiden Schutzzonen S1 liegen vollumfänglich im Wald, wobei aktuell lediglich ein Waldweg zum GWPW Hardwald, künftig auch ein solcher zum GWPW Ägerte führt.

### **7.3.2 Zone S2**

Die Schutzzone S2 um das GWPW Ägerte liegt ebenfalls vollumfänglich im Wald, wobei auch hier lediglich einzelne Waldwege durch die Zone S2 führen. Dasselbe gilt für einen Grossteil der Zone S2 um das GWPW Hardwald. Lediglich der westliche Teil der Zone kommt neu in die Landwirtschaftszone zu liegen.

### **7.3.3 Zone S3**

Die Zone S3 der beiden GWPW liegt ebenfalls grösstenteils im Wald und teilweise in der Landwirtschaftszone mit jeweils einigen Flur- und Waldwegen. Südlich vom GWPW Hardwald führt jedoch wie bisher die SBB-Linie durch die Zone S3. Daneben kommt in der Südwestecke der künftigen Zone S3 ein kleiner Teil der Zone in die Arbeitszone II zu liegen. Gegenüber bisher ist die Grösse der tangierten Fläche in der Arbeitszone nur marginal grösser.

## 8 BRUNNEN-GROBKONZEPT FÜR DAS GWPW ÄGERTE

### 8.1 Vorgeschichte und Herleitung des Brunnen-Grobkonzepts

Wie bereits in *Kapitel 3.1* erläutert, wurde im Rahmen des Vorprojektes entschieden, dass das künftige GWPW Ägerte aufgrund der hydrogeologischen Voraussetzungen mit zwei Vertikalfilterbrunnen gebaut werden soll, welche 10 m voneinander entfernt und in einem Pumpenhaus platziert sind. Aufgrund des stark heterogenen Grundwasserleiters mit zahlreichen Sandeinschaltungen wurde eine weitere Bohrung 10 m nordwestlich vom Standort 15-2 (1. Fassungsstandort) abgeteuft. Mit der Bohrung 24-1 und den anschliessenden Pump- und Flowmeterversuchen wurde der Schichtaufbau am vorgesehenen 2. Fassungsstandort erkundet und die wichtigsten hydrogeologischen Parameter im Hinblick auf den Brunnenbau ermittelt (vgl. *Kap. 3*).

Die wichtigsten Angaben zu den beiden vorgesehenen Fassungsstandorten können wie folgt zusammengefasst werden:

- Standort 24-1 (vgl. *Kap. 3*)
  - Zahlreiche Sandlagen im grundwasserführenden Schotter
  - Vergleichsweise tiefe Durchlässigkeit von  $1.6 \times 10^{-3}$  m/s
  - Grundwasserzufluss in Brunnen über gesamte Mächtigkeit des Grundwasserleiters
- Standort 15-2 (vgl. [24] und *Kap. 8.4*)
  - Praktisch keine Sandlagen im grundwasserführenden Schotter
  - Ortstypische, mittelhohe Durchlässigkeit von  $3.1 \times 10^{-3}$  m/s
  - Grundwasserzufluss in Brunnen vor allem im obersten Abschnitt des Grundwasserleiters

#### 8.1.1 Geprüfte Alternativkonzepte

Die aus der Bohrung 24-1 gewonnenen Erkenntnisse, insbesondere die Problematik mit den Sandlagen und der dadurch resultierenden, reduzierten Durchlässigkeit führten dazu, dass das Konzept mit dem Bau von zwei Vertikalfilterbrunnen nochmals überdacht wurde. In diesem Rahmen wurde folgende Alternativen geprüft:

- Einerseits wurde am Standort 24-1 ein sog. Gross-Vertikalfilterbrunnen diskutiert. Dabei werden rund um die eigentliche Brunnenbohrung weitere Bohrungen abgeteuft und mit gut durchlässigem Ersatzmaterial verfüllt. Die Variante wurde aufgrund von fehlenden Erfahrungswerten und unsicheren Prognosen, gleichzeitig aber relativ hohen Kosten wieder verworfen.
- Andererseits wurde die Erstellung eines Horizontalfilterbrunnens geprüft. Mit einer ersten Auslegung eines Horizontalfilterbrunnens konnte nachgewiesen werden, dass ein solcher eine gute Option wäre und die angestrebte Förderleistung von 9'000 l/min aus einem Brunnen entnommen werden könnte. Die Variante wurde jedoch aufgrund der hohen Kosten ebenfalls wieder verworfen.

### 8.1.2 Möglichkeiten und Grenzen eines Zwillings-Vertikalfilterbrunnens

Schlussendlich wurde entschieden, das Konzept mit dem Bau von zwei ca. 10 m voneinander entfernten Vertikalfilterbrunnen (Bohr-Ø 2'000 mm, Brunnen-Ø 1'500 mm) beizubehalten. Die Erkenntnisse der brunnentechnischen Auslegung der beiden Fassungsstandorte 15-2 und 24-1 können wie folgt zusammengefasst werden. Dies unter der Annahme, dass die relevanten, hydrogeologischen Parameter in den künftigen Grossbrunnen mindestens so gut sind, wie in den bestehenden Versuchsbrunnen:

- Ein Einzelbetrieb von jeweils 4'500 l/min ist in beiden Brunnen möglich. Die dadurch produzierte Absenkung des Grundwasserspiegels bei Niedrigwasser ist im Brunnen 24-1 mit ca. 3.6 m jedoch deutlich grösser, als im Brunnen 15-2 mit ca. 1.7 m.
- Die im Parallelbetrieb der beiden Brunnen entstehende Absenkung ist aufgrund der heterogenen Untergrund- und Grundwasserverhältnisse schwierig zu prognostizieren. Bei einem Parallelbetrieb von 2 x 4'500 l/min und einem Niedrigwasserstand ist aber mit grossen Absenkungen zu rechnen (Standort 15-2: ca. 4.2 m, Standort 24-1: ca. 6.9 m). Aus diesem Grund ist ein Parallelbetrieb von 2 x 4'500 l/min an diesen beiden Brunnenstandorten als am oder allenfalls gar über dem Limit einzustufen.
- Gemäss den brunnentechnischen Abschätzungen sollte an den beiden Brunnenstandorten 15-1 und 24-1 jedoch ein Parallelbetrieb von zumindest 2 x 3'000 l/min möglich sein, da dabei deutlich kleinere Absenkungen erwartet werden (Standort 15-2: 2.5 m, Standort 24-1: ca. 3.8 m). Diese Absenkungen werden als unproblematisch eingestuft (vgl. [24] und Kap.8.5).

### 8.1.3 Etappierung: Künftiger Satellitenbrunnen

Gemäss Prognose des Ingenieurs reicht es aus, dass im GWPW Ägerte in einem ersten Schritt lediglich eine Entnahme von 2 x 3'000 l/min gefördert werden kann, da gleichzeitig im GWPW Hardwald eine solche von 4'500 l/min möglich ist. Falls mit zwei Brunnen die angestrebte Entnahme von 9'000 l/min nicht erreicht wird, diese aber zu einem späteren Zeitpunkt benötigt wird, wurde das Konzept festgelegt, zu diesem Zeitpunkt einen dritten Brunnen als sog. Satellit in grösserer Distanz zu den beiden anderen Vertikalbrunnen in einer Entfernung von 50 m oder mehr zu erstellen.

### 8.1.4 Erkundung eines weiteren Brunnenstandortes

In der Hoffnung, an einem zusätzlichen Standort, welcher ebenfalls 10 m vom 1. Brunnenstandort 15-2 entfernt liegt, allenfalls bessere Untergrund- und Grundwasserverhältnisse anzutreffen, mit welchem womöglich ein Parallelbetrieb von 2 x 4'500 l/min möglich ist, wurde entschieden, vor der Ausschreibung der Brunnenbauarbeiten nochmals zwei weitere Sondierbohrungen abzuteufen. Die Lage der beiden vorgesehenen Bohrstandorte 25-1 und 25-2 findet sich in *Beilage 3*. Die Bohrung, in welcher die günstigsten Untergrundverhältnisse (v.a. weniger Sandlagen) angetroffen werden, soll zu einem Versuchsbrunnen ausgebaut werden, in welchem mittels Pump- und Flowmeterversuchen die wichtigsten hydrogeologischen Parameter ermittelt werden können.

Gestützt auf diese ergänzenden Abklärungen und in Zusammenarbeit mit dem Ingenieur können die definitiven Brunnenstandorte festgelegt und schlussendlich ein detailliertes Brunnenkonzept für die Ausschreibung ausgearbeitet werden (vgl. auch *Kap. 10.4*).

## 8.2 Zielsetzung

Nachfolgend wird ein erstes, provisorisches Brunnenkonzept für das GWPW Ägerte für 2 x 4'500 l/min gemäss den im vorangehenden Kapitel beschriebenen Ausgangslage vorgenommen. Dabei wird angenommen, dass die beiden Vertikalfilterbrunnen an den Standorten 15-2 und 25-1 erstellt werden und die Untergrund- und Grundwasserverhältnisse am Standort 25-1 identisch mit denjenigen am Standort 15-2 sind.

Gestützt auf die Vorgaben und Bemessungskriterien (vgl. *Kap. 8.3*) sowie die geologisch-hydrogeologische Verhältnisse (vgl. *Kap. 8.4*) werden im Rahmen dieser provisorischen Auslegung der Bohrungen und der Brunnen (vgl. *Kap. 8.5*) insbesondere folgende Parameter diskutiert und / oder festgelegt:

- Bohrdurchmesser
- Brunnenrohrdurchmesser
- Lage und Länge der Filterstrecken
- Filtertyp und Schlitzweite
- Ringraumschüttung

Zudem werden gestützt auf die vorgegebenen Anforderungen (vgl. *Kap. 8.3*) die Ausmasse der Entwicklung des Brunnens und die notwendigen Versuche und Messungen festgelegt (vgl. *Kap. 8.6* und *8.7*)

## 8.3 Vorgaben, Bemessungskriterien und Anforderungen

### 8.3.1 Vorgaben Auslegung Bohrung und Brunnen

Vom Ingenieur ist geplant, die beiden Brunnen mit jeweils zwei drehzahlregulierten Unterwasserpumpen auszurüsten. Es wird vorläufig davon ausgegangen, dass jeweils ein Pumpenvollrohr mit einer Länge von 2.0 m und ein minimaler Brunnenrohrdurchmesser von 1'500 mm notwendig ist, damit die beiden Pumpen jeweils frei hängend ohne Berührung des Filterrohrs in rund 20–30 m u.T. (am Standort 15-2 ca. 21.5–23.5 m u.T.) eingebaut werden können. Sobald sämtliche Angaben vorliegen, können die Vorgaben bezüglich Vertikalität festgelegt werden; vorläufig wird gemäss Vorgabe vom Ingenieur von einem Toleranzwert von maximal 1.0% ausgegangen.

### 8.3.2 Bemessungskriterien Auslegung Bohrung und Brunnen

#### **Hydraulische Bemessungskriterien**

Für die sog. hydraulische Brunnenbemessung wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- *Theoretische Brunnenergibigkeit* aufgrund des sog. Wasserandrangs ( $Q_a$ ) und des Fassungsvermögens ( $Q_f$ ). In die Berechnung des Fassungsvermögens fliesst das

Filterkriterium nach Sichardt (sog. Sandfreiheit) ein. Die Brunnenergiebigkeit wird bestimmt durch die hydrogeologischen Parameter des Grundwasserleiters (Grundwassermächtigkeit, Durchlässigkeitsbeiwert) sowie dem Mittel von Bohr- und Brunnendurchmesser.

- *Technische Filterkapazität* unter Berücksichtigung einer maximal zulässigen Filtereintrittsgeschwindigkeit von 0.03 m/s (Laminares Fliesen). Die technische Filterkapazität wird bestimmt durch die Dimensionen und die Bauart des Filterrohrs.
- *Vollständige Wasserbedeckung* des Filters auch im abgesenkten Zustand bei Niedrigwasserstand und Pumpbetrieb.
- Zusätzlich wurden die gemäss den Flowmetermessungen zu erwartenden *Zuströmtiefen* in die Brunnen berücksichtigt. Da diese am Standort 15-2 grösstenteils im obersten Abschnitt des Grundwasserleiters auftraten, wurde ein spezielles Augenmerk auf die Absenkung des Grundwasserspiegels gelegt, d.h. dass die Absenkungen nicht zu gross sind, so dass noch ein genügender Zustrom in die Brunnen auch bei Niedrigwasser gewährleistet werden kann.

### **Mechanische Bemessungskriterien**

Die Aussendruckfestigkeit von Brunnenrohren muss insbesondere bei tiefen, grosskalibrigen Brunnen genauer überprüft werden. Es existieren zwei Ansätze, den Druck im Untergrund und damit die erforderliche Festigkeit von Brunnen abzuschätzen:

- Bei der sog. «Silodrucktheorie» wird angenommen, dass der Druck aufgrund der Gewölbewirkung des Bohrlochs mit der Tiefe nicht zu nimmt.
- Beim sog. «hydrostatischen» Ansatz wird angenommen, dass der Druck mit der Tiefe linear zunimmt, wodurch bei tieferen Brunnen deutlich höhere Drucke resultieren, als mit der Silodrucktheorie. Die meisten Filterhersteller empfehlen, den hydrostatischen Ansatz als Bemessungsgrundlage zu verwenden, z.B. mit 0.07 bar Druckzunahme pro m Tiefe.

Die kritischen Momente mit der grössten Belastung für Brunnenrohre sind typischerweise der Einbau der Rohre, der Rückzug der Mantelrohre und die Entsandung. Im Sinne einer konservativen Betrachtung ist die Wahl des «hydrostatischen» Ansatzes empfehlenswert und wird im vorliegenden Fall als Grundlage zur Bemessung der Aussendruckfestigkeit vorgegeben.

### **8.3.3 Anforderungen Restsandgehalt**

Vorläufig wird für den Betrieb des Brunnens im Volllastbetrieb ein Restsandgehalt von  $<0.1 \text{ g/m}^3$  Wasser (mittlere Anforderung an die Brunnen gemäss SVGW-Richtlinie W9 bzw. DVGW-Merkblatt W 119) angestrebt. Im Rahmen der Ausschreibung ist dieser Wert noch zu diskutieren und definitiv festzulegen.

## **8.4 Geologisch-hydrogeologische Charakterisierung der Brunnenstandorte**

Die bisher im Gebiet Ägerte durchgeführten Untersuchungen sind in den Berichten [24] und [26] sowie im *Kapitel 3* dokumentiert. Die Implikationen und Herausforderungen bezüglich Brunnenbau werden zusätzlich in *Kapitel 8.1* eingehend diskutiert. Die brunnen-spezifisch wichtigsten Parameter können wie folgt zusammengefasst werden:

- Unter geringmächtigen Deckschichten liegt der als Grundwasserleiter wirkende Schotter aus vorwiegend siltig-sandigem Kies mit Sandeinschaltungen und vereinzelt Steinen und Blöcken vor. Ab 31.6 m u.T. bzw. 274.29 m ü.M. (Sondierbohrung 15-2) wurde der grundwasserstauende Fels angetroffen.
- Gestützt auf die bisherigen Kenntnisse wird der Grundwasserspiegel bei Hochwasser auf ca. 291.3 m ü.M. (ca. 14.59 m u.T.), bei Mittelwasser auf ca. 289.7 m ü.M. (ca. 16.19 m u.T.) und bei Niedrigwasser auf ca. 288.6 m ü.M. (17.29 m u.T.) erwartet (vgl. auch [26]).
- Gemäss Stufenpumpversuch liegt ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  (sog. Profil- $k$ -Wert) von  $3.1 \times 10^{-3}$  m/s vor.
- Mit der Flowmetermessung wurden im Versuchsbrunnen 15-2 zwischen rund 16–24 m u.T. eine hohe Durchlässigkeit, im Abschnitt von 24–29 m u.T. dagegen nur eine geringe Durchlässigkeit festgestellt. Im untersten Abschnitt von 29–31 m u.T. schlussendlich resultierte wiederum eine etwas höhere Durchlässigkeit.

## 8.5 Auslegung der Bohrungen und Brunnen

Die nachfolgend diskutierten konzeptionellen Details der geplanten Filterbrunnen gelten in dieser Genauigkeit vorerst nur für den Brunnen am Standort von Versuchsbrunnen 15-2. Am Standort des zweiten Brunnens können sich gemäss den Sondiererergebnissen der geplanten Bohrungen 25-1 und 25-2 noch Änderungen ergeben.

### 8.5.1 Bohrungen und Brunneneignigkeit

#### **Bohrart**

Die beiden Versuchsbrunnen 15-2 sowie 25-1 (Bohrdurchmesser ca. 255–270 mm, Brunnendurchmesser ca. 150–200 mm) werden beim Erstellen der definitiven Vertikalfilterbrunnen überbohrt. Die Bohrungen sind als Greiferbohrung mit einer oszillierenden Verrohrungsmaschine auszuführen. Von einer Ausführung im Kelly-Rotationsbohrverfahren wird abgeraten.

#### **Tiefe und Durchmesser Bohrung**

Gestützt auf die Lage des Grundwasserstauers (vgl. *Kap 8.4*) und die Überlegungen im *Kapitel 8.5.2* wird die Sohle des Brunnens vorläufig auf 274.4 m ü.M. und entsprechend eine Bohrtiefe von 31.49 m vorgesehen.

Üblicherweise wird bei grosskalibrigen Lockergesteinsbrunnen ein Bohrenddurchmesser empfohlen, der dem 1 ½- bis 2-fachen des Brunnenrohrdurchmessers entspricht (vgl. z.B. SVGW-Richtlinie W9). Im vorliegenden Fall mit einem Brunnenrohrdurchmesser von 1'500 mm (vgl. *Kap. 8.3.1* und *8.5.2*) ist ein Bohrenddurchmesser von mindestens 2'000 mm (Faktor 1.33) ausreichend. Damit kann im Ringraum von 250 mm zwischen der Bohrlochwand und dem Brunnenrohr eine genügend mächtige Filterkiesschüttung eingebracht werden (vgl. *Kap. 8.5.4*). Gleichzeitig ist diese nicht zu mächtig, so dass der umliegende Grundwasserleiter gut entsandet werden kann (vgl. *Kap. 8.6*).

### **Theoretische Brunnenergiebigkeit**

Für die Berechnung der theoretischen Brunnenergiebigkeit wurden gestützt auf *Kapitel 8.3.1* und *8.4* die in Tabelle 8 aufgelisteten, hydrogeologische Parameter zugrunde gelegt bzw. Anforderungen an die Bohrung und den Brunnen (vgl. *Beilage 12*) gestellt.

### **Einzelpumpbetrieb**

Die theoretische Brunnenergiebigkeit (vgl. *Beilage 13*) ergibt sich aus dem Schnittpunkt zwischen der roten mit der blauen Linie und beträgt unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 1.5 gut 9'000 l/min. Die theoretische Brunnenergiebigkeit liegt somit deutlich über der angestrebten Maximalentnahme aus einem Brunnen von 4'500 l/min. Bei einer Entnahme von 4'500 l/min resultiert eine Absenkung des Grundwasserspiegels von rund 1.7 m von 288.6 m ü.M. (ca. 17.29 m u.T.) auf 286.9 m ü.M. (ca. 18.99 m u.T.), womit noch über die Hälfte des gut durchlässigen Grundwasserleiters gemäss Flowmeter benetzt ist. Bei 9'000 l/min wird der Grundwasserspiegel jedoch bereits um 4.2 m auf 284.4 m ü.M. (ca. 21.49 m u.T.) abgesenkt, womit nur noch gut ein Viertel des gut durchlässigen Grundwasserleiters benetzt bleibt, was aus brunnentechnischer Sicht als nicht empfehlenswert einzustufen ist.

Tabelle 8: GWPW Ägerte (Standort 15-2), Grundlagen für Berechnung der theoretischen Brunnenergiebigkeit

| <b>Parameter / Anforderung</b>                             | <b>Eingesetzter Wert</b> | <b>Verweis</b>                     |
|--|--------------------------|------------------------------------|
| Grundwassermächtigkeit bei NW (exkl. Absenkung)            | 14.31 m                  | (vgl. Kap. 8.4)                    |
| Grundwassermächtigkeit bei NW (inkl. Abs durch 2. Brunnen) | 12.91 m                  | (vgl. unten)                       |
| Durchlässigkeitsbeiwert k                                  | $3.1 \times 10^{-3}$ m/s | (vgl. Profil-k-Wert Kap. Kap. 8.4) |
| Bohrdurchmesser  | 2'000 mm                 | (vgl. Kap. 8.5.1)                  |
| Brunnendurchmesser   | 1'500 mm                 | (vgl. Kap. 8.3.1 bzw. 8.5.2)       |
| Kote UK Bohrung / Brunnensohle                             | 274.40 m ü.M.            | (vgl. Kap. 8.5.1 bzw. 8.5.2)       |

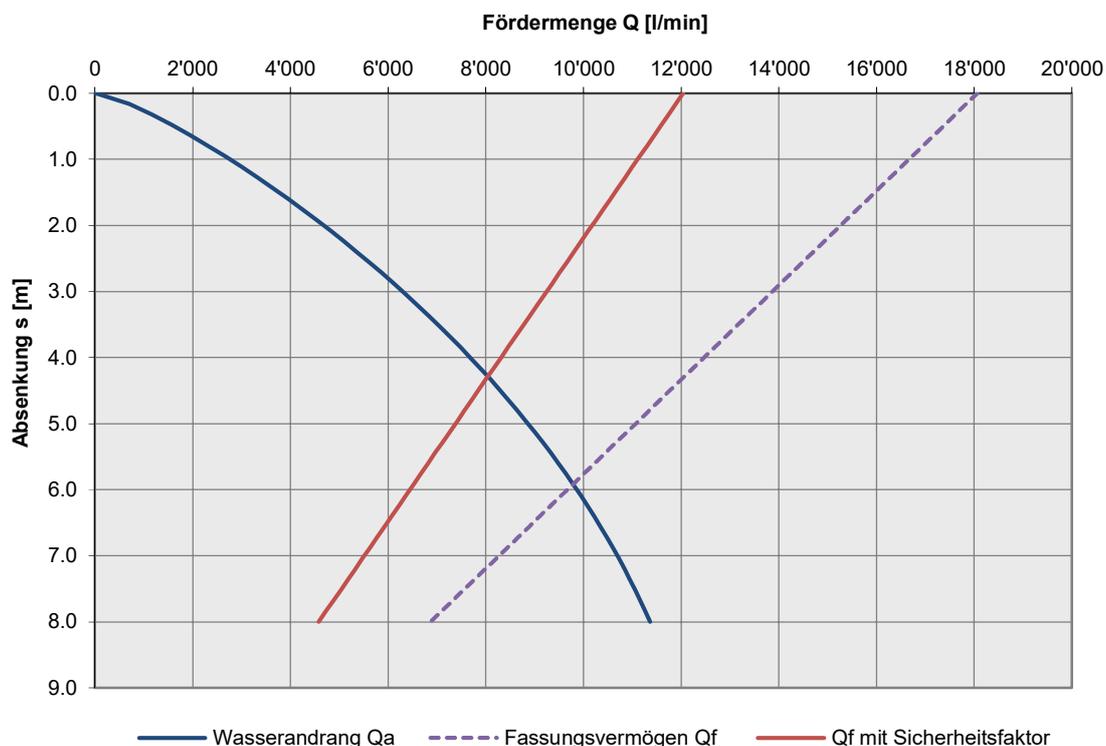
### **Parallelpumpbetrieb und gegenseitige Beeinflussung**

Da ein Zwillingsbrunnen angestrebt wird, dessen Einzelbrunnen ca. 10 m voneinander entfernt vorgesehen sind, bildet sich ein überlagerter Absenktrichter und in den Einzelbrunnen eine zusätzliche Absenkung. Gemäss der Mehrbrunnengleichung nach Forchheimer wird der Ruhegrundwasserspiegel bei Niedrigwasser (288.6 m ü.M.) durch den Parallelbetrieb von 2 x 4'500 l/min mittig zwischen den Brunnen um rund 2.8 m abgesenkt. Die nachfolgend eingesetzte Grundwassermächtigkeit bei Niedrigwasser wurde entsprechend um die Hälfte dieses Betrages, d.h. um 1.4 m auf 12.91 m reduziert.

Mit dieser reduzierten Grundwassermächtigkeit (vgl. *Tabelle 8*) resultiert unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von ebenfalls 1.5 eine theoretische Brunnenergiebigkeit (Schnittpunkt zwischen blauen und roten Linie) von rund 8'000 l/min (vgl. *Figur 2*). Bei einer Entnahme von 4'500 l/min resultiert für beide Brunnen eine zusätzliche Absenkung des Grundwasserspiegels um rund 1.9 m von 287.2 m ü.M. (ca. 18.69 m u.T.) auf 285.3 m ü.M. (ca. 20.59 m u.T.), womit noch knapp die Hälfte gut durchlässigen Grundwasserleiters gemäss Flowmeter

benutzt bleibt. Diese Absenkung bzw. Reduktion des Zustroms ist voraussichtlich genügend für die angestrebte Brunnenleistung.

Figur 2: GWPW Ägerte (Standort 15-2), theoretische Brunnenergiebigkeit mit reduzierter Grundwassermächtigkeit von 12.91 m (Parallelpumpbetrieb)



## 8.5.2 Filter- und Vollwandrohre sowie technische Filterkapazität

### Durchmesser Brunnenrohr

Zur Gewährleistung eines genügenden Raums für die vorgesehenen Pumpen sind Brunnenrohre mit einem Durchmesser von 1'500 mm vorgesehen (vgl. Kap. 8.3.1).

### Filterstellung

Die Lage und Länge der Filterstrecken ergibt sich durch die angetroffenen Untergrund- und Grundwasserverhältnisse. Daneben sind der Bedarf und die Länge eines Pumpenvollrohres zu berücksichtigen sowie ein Schlammstrecke vorzusehen. In einem ersten Schritt wird die Filteroberkante und -unterkante bestimmt, anschliessend können der Bedarf und die Länge des Schlammstreckes und eines Pumpenvollrohres festgelegt werden:

### Filteroberkante

Für die Bestimmung der Filteroberkante (OK Filter) ist die Lage des erwarteten, abgesenkten Grundwasserspiegels bei Niedrigwasserstand massgebend. Bei einem angenommenen Niedrigwasserstand von rund 288.6 m ü.M. (vgl. Kap. 8.4) und einer prognostizierten Gesamtabenkung von rund 3.3 m (1.4 m von Nachbarsbrunnen bei 4'500 l/min, 1.9 m durch Entnahme von

4'500 l/min im Brunnen selber, vgl. *Kap. 8.5.1*) liegt der abgesenkte Grundwasserspiegel voraussichtlich auf minimal rund 285.3 m ü.M. Im Sinne einer Sicherheitsmarge und mit dem Ziel, dass der Grundwasserspiegel bei Niedrigwasserständen und maximaler Entnahmemenge nicht unterhalb von OK Filter abgesenkt wird, wird diese vorläufig auf ca. 284.4 m ü.M. (= ca. 21.49 m u.T.) festgesetzt (vgl. *Beilage 12*).

### **Filterunterkante und Schlamm sack**

Die Unterkante des Filterrohrs (UK Filter) ergibt sich durch die Lage des Grundwasserstauers, welcher auf 274.29 m ü.M. angetroffen wurde, sowie durch den Bedarf und die Länge des Schlamm sacks. Da der Grundwasserleiter genügend mächtig ist und entsprechend eine genügend lange Filterstrecke eingebaut werden kann, kann der Schlamm sack (Länge 1.0 m) im untersten Abschnitt der grundwasserführenden Schichten eingebaut werden. Damit die Bohrung nicht bis in den Fels abgeteuft werden muss, wird eine Sicherheitsmarge von rund 0.1 m vorgesehen, d.h. dass die Unterkante des Schlamm sacks auf 274.4 m ü.M. (= ca. 31.49 m u.T.) angesetzt werden kann. Entsprechend kommt UK Filter auf 275.4 m ü.M. (= ca. 30.49 m u.T.) zu liegen (vgl. *Beilage 12*).

### **Pumpenvollrohr**

Gemäss *Kapitel 8.4* bzw. *Beilage 12* ist am Standort 15-2 im Bereich der Filterstrecke eine vorwiegend sandige Schicht 281.19–281.89 m ü.M. (= ca. 24.0–24.7 m u.T.) vorhanden, welche mit einem Vollrohr ausgeblendet werden muss. Aus diesem Grund wird das Pumpenvollrohr (Länge 2.0 m) im oberen Abschnitt der Filterstrecke von 280.40–282.40 m ü.M. (= ca. 23.49–25.49 m u.T.) vorgesehen (vgl. *Beilage 12*).

### **Gesamtlänge Filterstrecke**

Gemäss den obigen Ausführungen können voraussichtlich zwei Filterstrecken à 2.0 (oben) und 5.0 m (unten) bzw. mit einer Gesamtlänge von 7.0 m eingebaut werden.

### **Filtertyp und technische Filterkapazität**

Damit die technische Filterkapazität bei der maximal angestrebten Förderleistung von rund 4'500 l/min mit einem Filterrohrdurchmesser von 1'500 mm (vgl. *Kap. 8.3.1*) und einer 7.0 m langen Filterstrecke (vgl. *oben*) nicht überschritten wird, muss der Filter eine freie Filterfläche von knapp 8.0% aufweisen. Solche Werte können grundsätzlich von einem Stahl- Schlitzbrückenfilter (V4A, Wandstärke 8.0 mm, Schlitzweite 2.0 mm) erreicht werden, welcher mit den genannten Eigenschaften gemäss dem Filterlieferanten Stüwa Konrad Stükerjürgen GmbH eine freie Filterfläche von ca. 10.18% aufweist.

Da gemäss Flowmeter vermutlich in der oberen, 2.0 m langen Filterstrecke die grössten Zuströme in den Brunnen zu erwarten sind, empfiehlt es sich, in diesem oberen Abschnitt einen Filter mit einer grösseren freien Filterflächen vorzusehen. Damit in diesem 2.0 m langen Abschnitt eine Filterkapazität von 4'500 l/min erreicht werden könnte, müsste eine freie Filterfläche von knapp 27% vorliegen. Solch hohe Anforderungen erfüllt lediglich ein Edelstahl-Wickeldrahtfilter (V4A, Profil 450 mm, Schlitzweite 2.0 mm), welcher mit den genannten Eigenschaften gemäss dem Filterlieferanten Stüwa Konrad Stükerjürgen GmbH eine freie Filterfläche von ca. 30.7% aufweist.

### **Lage und Typ Vollwandrohre**

Gestützt auf die oben erläuterte Filterstellung, sind vorläufig Vollrohre in den nachfolgenden Tiefenbereichen vorzusehen (vgl. *Beilage 12*):

- 284.4–306.4 m ü.M. (= ca. 21.49 m u.T. bis ca. 0.51 m u.T.)
- 280.4–282.4 m ü.M. (= ca. 23.49–25.49 m u.T.; Pumpenvollrohr)
- 274.4–275.4 m ü.M. (= ca. 30.49–31.49 m u.T.; Schlamm sack)

Die Oberkante des definitiven Brunnenrohres ist aktuell noch nicht festgelegt. Die definitive Kote wird im Rahmen der weiteren Planung bestimmt. Zu diesem Zeitpunkt kann auch der Bedarf und die Länge eines temporären Vollrohrs aus beispielsweise Schwarzstahl noch diskutiert werden.

### **8.5.3 Aussendruckfestigkeit**

Wie unter *Kapitel 8.3.2* bereits erwähnt, soll für die Bemessung der Aussendruckfestigkeit der hydrostatische Ansatz mit 0.07 bar Druckzunahme pro m Tiefe gewählt werden. Bei einer Bohrtiefe (ab aktuellem OK Terrain, exklusiv Bohrplanum) von 31.49 m resultiert im vorliegenden Fall somit ein Aussendruck von ca. 2.2 bar. Die Bemessung der Druckfestigkeit resp. die Festlegung der Wandstärke bzw. des Profils des Brunnenausbaus hat durch den Filterlieferanten zu erfolgen.

### **8.5.4 Ringraumschüttung und -abdichtung**

Die Versuchsbrunnen 15-1 und 25-1 werden beim Erstellen der definitiven Filterbrunnen überbohrt (vgl. *Kap. 8.5.1*). Dabei bleibt der unterste Teil unterhalb ab ca. 274.4 m ü.M. (UK Versuchsbrunnen 15-1 ca. 273.7 m ü.M.) im Untergrund. Dieser ist mit Rundkies zu verfüllen (vgl. *Beilage 12*).

Die Körnung der Ringraumschüttung ist nach Vorliegen sämtlicher Bohrergebnisse und Siebanalysen im Rahmen der definitiven Brunnenauslegung noch zu ermitteln. Aufgrund der Sandlagen im Bereich des Grundwasserleiters sowie im Schwankungsbereich des Grundwasserspiegels sind voraussichtlich lagenweise unterschiedliche Körnungen vorzusehen. Die vorgesehenen Rundkiese sind ab einem lokalen Kieswerk zu beziehen. Dem Geologen sind vorgängig Materialproben des vorgesehenen Schüttgutes zur Prüfung zukommen zu lassen.

Zudem ist oberhalb des Grundwasserspiegels nach Möglichkeit im Bereich der feinkörnigen Deckschichten eine Ringraumabdichtung vorzusehen.

### **8.5.5 Vertikalitätsmessungen**

Lotabweichungen von max. 2% werden als Standardanforderung an Grossbohrungen verstanden und werden im Normalfall ohne zusätzliche Massnahmen erreicht.

Wie in *Kapitel 8.3* erwähnt, wird vom Ingenieur eine Lotabweichung des fertigen Brunnens von maximal 1% vorgegeben. Die Lotabweichung ist mittels Vertikalitätsmessungen zu überprüfen. Es sind folgende Messungen vorzusehen:

1. Messung in den Bohrröhren vor dem Filtereinbau,

2. Messung nach dem Einbau der Filterrohre vor Einbringen der Filterschüttung. Zu diesem Zeitpunkt würde noch die Möglichkeit einer Korrektur des Filterrohrverlaufs bleiben,
3. Messung nach Fertigstellung des Brunnens.

Aufgrund der Brunntiefe und dem Flurabstand des Grundwasserspiegels ist es möglich, die Messungen in einer genügenden Genauigkeit mit einem Senklot und einem waagrecht auf die Rohre gelegten Messlatte durchzuführen. Vom Brunnenbauunternehmer könnten aber Vorschläge für andere Messdurchführungen gemacht werden.

## **8.6 Entwicklung Brunnen**

### **8.6.1 Entsandungsphasen und -methoden**

Üblicherweise wird die Entsandung von Grundwasserbrunnen erst nach Einbringung der vollständigen Ringraumschüttung und nach dem Rückzug der Bohrröhre durchgeführt. Um Setzungen im Ringraum nach Einbringen der Abdichtung weitgehend zu vermeiden sind im vorliegenden Fall aber sog. Vor- oder Setzungsentsandungen empfehlenswert.

#### ***Vorentsandungen***

Vorläufig wird eine Vorentsandung mittels Entsandungskolben vorgesehen. Dabei wird abschnittsweise der Rundkies geschüttet und das Bohrröhr hochgezogen. Der darüber folgende Rundkies darf erst eingebracht werden, wenn die Setzungen im Ringraum abgeklungen sind. Für die Vorentsandung der Brunnen wird vorläufig von einer Bearbeitungszeit von jeweils 20 h ausgegangen.

#### ***Abschnittweise Entsandungen mit Pumpen***

Nach dem vollständigen Einbringen der Ringraumschüttung und dem Rückzug der Bohrröhre ist die eigentliche, abschnittsweise Entsandung und Klarspülung des Brunnens mittels Doppelmanschettenpumpe oder vergleichbaren Methoden vorgesehen. Für die Entsandung der Brunnen wird vorläufig von einer Bearbeitungszeit von jeweils 40 h ausgegangen.

### **8.6.2 Umgang mit Entsandungswasser / Ableitung**

Es wird vorläufig davon ausgegangen, dass das während der Entsandung anfallende Wasser in der ersten Phase nach Möglichkeit an eine geeignete Stelle im Wald geleitet werden kann, wo sich die Fest- und Schwebstoffe absetzen können.

### **8.6.3 Sandmessungen**

Die Entsandungen sind zu dokumentieren und deren Wirkung mit geeigneten Messungen zu überprüfen. Bei der Kolbenentsandung ist eine Abschätzung des Sandeintrags in den Schlamm sack in Abhängigkeit der Bearbeitungszeit und -tiefe vorzunehmen. Bei den gepumpten Entsandungsmethoden ist Wasser via Probenahmeahn zu entnehmen und der Sandgehalt mittels Nassmessung (z.B. Imhofftrichter) zu überprüfen. Die Entsandungsarbeiten können abgebrochen werden, sobald der angestrebte Restsandgehalt von  $<0.1 \text{ g/m}^3$  Wasser (vgl. Kap. 8.3.3) beim Leistungspumpversuch (vgl. Kap. 8.7.1 und 8.7.2) erwartet werden kann.

## 8.7 Abschliessende Versuche in Brunnen

### 8.7.1 Leistungspumpversuche

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit des durch die Brunnen erschlossenen Grundwasserleiters sowie zur Bestimmung des Restsandgehaltes ist nach den Entsandungen jeweils ein eintägiger, gestufter Leistungspumpversuch gemäss *Tabelle 9* durchzuführen. Anschliessend ist zudem ein kombinierter Stufenpumpversuch in beiden Brunnen gemäss *Tabelle 10* vorzunehmen, damit die gemeinsame Absenkung bei verschiedenen Pumpstufen gemessen werden kann. Das geförderte Wasser ist über die zu diesem Zeitpunkt bereits erstellte, definitive Leitung in den Fluss abzuführen.

*Tabelle 9: GWPW Ägerte, gestufte Einzel-Leistungspumpversuche*

| Stufe | Fördermenge | Zweck  | Dauer           |
|-------|-------------|--|-----------------|
| 1     | 1'500 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel                   | mind. 1 Stunde  |
| 2     | 2'250 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel,<br>Sandmessungen | mind. 1 Stunde  |
| 3     | 3'000 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel,<br>Sandmessungen | mind. 2 Stunden |
| 4     | 4'500 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel,<br>Sandmessungen | mind. 2 Stunden |
| 5     | 6'750 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel,<br>Sandmessungen | mind. 1 Stunde  |
| 6     | 0 l/min     | Erholung Grundwasserspiegel (Wiederanstieg)    | mind. 1 Stunde  |

*Tabelle 10: GWPW Ägerte, gestufte Kombi-Leistungspumpversuch*

| Stufe | Fördermenge     | Zweck  | Dauer       |
|-------|-----------------|--|-------------|
| 1     | 2 x 1'500 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel,<br>Sandmessungen | ca. 1/2 Tag |
| 2     | 2 x 3'000 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel,<br>Sandmessungen | ca. 1 Tag   |
| 3     | 2 x 4'500 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel,<br>Sandmessungen | ca. 1 Tag   |
| 4     | 0 l/min         | Erholung Grundwasserspiegel (Wiederanstieg)    | ca. 1/2 Tag |

### 8.7.2 Restsandmessungen

Der angestrebte Restsandgehalt von  $<0.1 \text{ g/m}^3$  Wasser (vgl. *Kap. 8.3.3*) muss im Rahmen der Leistungspumpversuche bei der angestrebten Fördermenge von direkt nach der Einschaltung der Pumpe nachgewiesen werden. Hierfür ist die Einrichtung eines Nebenstromfilters mit Sandfilter vorzusehen, mit welchem bei entsprechender Messdauer auch kleine Sandmengen dokumentiert werden können. Für die Sandmessung ist der Sand zu trocken und

anschliessend mit einer Laborwage zu wiegen. Sollte der Zielwert nicht erreicht werden, müssten die Brunnen weiter entsandet werden.

### **8.7.3 Messungen und Wasseranalysen**

Während der vorgesehenen Pumpversuche ist durch die Bohrfirma der Grundwasserspiegel (Absenkung und Wiederanstieg) in den Brunnen mittels Lichtlot und Messsonden zu messen. Zum Zeitpunkt der Pumpversuche sind durch den Geologen / Brunnenmeister weitere Grundwasserproben zur nochmaligen Überprüfung der chemischen und bakteriologischen / technischen Grundwasserqualität zu erheben. Hierfür ist ein Probehahn zu installieren. Ebenfalls werden die Versuche mittels durch den Geologen in den Brunnen und den umliegenden Messstellen installierten Messsonden bzgl. Grundwasserspiegel und weiteren gängigen Parametern (Leitfähigkeit, Sauerstoff, pH) überwacht.

### **8.7.4 Kamerainspektionen**

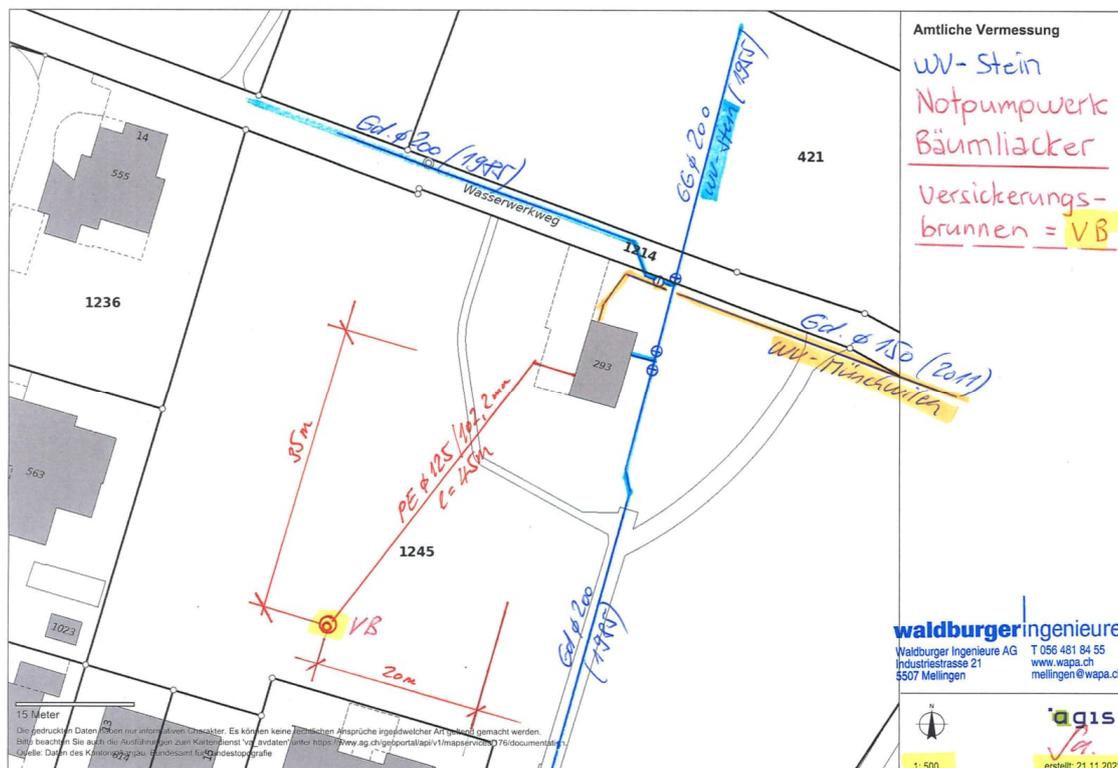
Nach Abschluss sämtlicher Versuche und Messungen sind die beiden Brunnen jeweils mittels einer Kamerabefahrung zu inspizieren. Dabei sind jeweils die Tiefenlage der Filterstrecke, der Zustand des Filters sowie der Schlamm sack auf Sandrückstände und allfällige fallengelassene Gegenstände zu überprüfen. Bei Bedarf müssten die Brunnen nochmals klargespült und / oder gesäubert werden.

## 9 BRUNNENKONZEPT SCHLUCKBRUNNEN NWPW BÄUMLIACKER

### 9.1 Ausgangslage und Standort

Das GWPW Bäumlacker soll künftig lediglich noch der Notwasserversorgung dienen. Als Notwasserpumpwerk (NWPW) wird es mit zwei drehzahlregulierten Pumpen à je 3'000 l/min (total 5'800 l/min) ausgerüstet. Damit das NWPW stets betriebsbereit ist, müssen die zwei Pumpen abwechslungsweise im Wochentakt für einige Stunden betrieben werden, wobei maximal 1'700 l/min gefördert wird. Das dabei anfallende Wasser soll in der näheren Umgebung wieder in den Untergrund versickert werden. Dazu soll ein Schluckbrunnen knapp 50 m südwestlich vom GWPW Bäumlacker erstellt werden (vgl. Figur 3).

Figur 3: Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker, nicht massstäbliche Skizze mit vorgesehenem Standort



### 9.2 Geologisch-hydrogeologische Charakterisierung Brunnenstandort

Die nachfolgenden Ausführungen stützen sich grösstenteils auf die Angaben aus dem knapp 50 m entfernten GWPW Bäumlacker und untergeordnet aus älteren Untersuchungen und Bohrungen aus der Umgebung.

#### 9.2.1 Schichtaufbau und Materialzusammensetzung

Gemäss dem Brunnenprofil des GWPW Bäumlacker sind am Standort des Schluckbrunnens die in *Tabelle 11* zusammengefassten Untergrundverhältnisse zu erwarten.

Tabelle 11: Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker, erwarteter Schichtaufbau und Materialzusammensetzung

| <b>Lithologie</b>                                 | <b>Tiefe</b>    | <b>Kote</b>     | <b>Material</b>                                      |
|---|-----------------|-----------------|--|
|   | [m u.T.]        | [m ü.M.]        |  |
| Boden / Überschwemmungs-sedimente (= Deckschicht) | ca. 0.0–2.0 *)  | ca. 299.0–297.0 | vorw. siltiger Sand und toniger Silt                 |
| Schotter (= Grundwasserleiter)                    | ca. 2.0–27.5 *) | ca. 297.0–271.5 | vorw. siltig-sandiger Kies, z.T. Sand- / Gerölllagen |
| Fels (= Grundwasserstauer)                        | ca. >27.5 *)    | ca. <271.5      | vorw. Silt- / Sandsteine                             |

\*) OKT am Standort von Schluckbrunnen: ca. 299.0 m ü.M. (gemäss GIS-Browser Kt. AG)

## 9.2.2 Grundwasserspiegel und -mächtigkeit

Gestützt auf mehrjährige Aufzeichnungen (1975–2023) im GWPW Bäumlacker ist am Standort des Brunnens ungefähr mit den in *Tabelle 12* zusammengestellten, charakteristischen Grundwasserständen zu rechnen (vgl. Beilage 14). In *Tabelle 12* ebenfalls aufgelistet sind die am Standort des Brunnens erwarteten Grundwassermächtigkeit, wobei als Untergrenze die Kote des Grundwasserstauers (vgl. *Kap. 9.2.1*) hinzugezogen wurde.

Tabelle 12: Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker, erwartete Grundwasserspiegel / -mächtigkeit

| <b>Charakteristische Grundwasserspiegel</b> | <b>Tiefe Grundwasserspiegel</b> | <b>Kote Grundwasserspiegel</b> | <b>Grundwassermächtigkeit</b> |
|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
|   | [m u.T.]                        | [m ü.M.]                       | [m]                           |
| Hochwasser (HW)                             | ca. 12.3 *)                     | ca. 286.7                      | ca. 15.2                      |
| Mittelwasser (MW)                           | ca. 15.2 *)                     | ca. 283.8                      | ca. 12.3                      |
| Niedrigwasser (NW)                          | ca. 17.0 *)                     | ca. 282.0                      | ca. 10.5                      |

\*) OKT am Standort von Schluckbrunnen: ca. 299.0 m ü.M. (gemäss GIS-Browser Kt. AG)

## 9.2.3 Durchlässigkeitsbeiwert k

Gemäss den vorhandenen Erfahrungswerten aus dem Gebiet von Stein darf eine über das Profil gemittelter Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  von rund  $2 \times 10^{-3}$  m/s erwartet werden.

## 9.3 Auslegung Bohrung und Brunnen

### 9.3.1 Bohrung und Schluckleistung

#### **Bohrart**

Die Bohrung ist entweder direkt als Kernbohrung oder aber als kleinkalibrige Kernbohrung auszuführen, welche anschliessend destruktiv auf den geplanten Endbohrdurchmesser aufgeweitet werden kann.

### **Tiefe und Durchmesser Bohrung**

Gestützt auf die Überlegungen im *Kapitel 9.3.2* ist eine Bohrtiefe von 28.5 m vorgesehen.

Um die benötigte Schluckleistung zu erreichen (vgl. *unten*) wird ein minimaler Bohrdurchmesser von 400 mm benötigt (vgl. *unten*).

### **Theoretische Schluckleistung**

Für die Berechnung der theoretischen Schluckleistung wurden die in *Tabelle 13* aufgelisteten, hydrogeologische Parameter zugrunde gelegt bzw. Anforderungen an die Bohrung und den Brunnen (vgl. *Beilage 14*) gestellt.

Die theoretische Schluckleistung (vgl. *Beilage 15*) ergibt sich aus dem Schnittpunkt zwischen der roten mit der blauen Linie und beträgt unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors von 1.5 knapp 1'800 l/min. Die theoretische Schluckleistung liegt somit knapp über der angestrebten Maximaleinleitmenge in den Brunnen von 1'700 l/min.

*Tabelle 13: Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker, Grundlagen für Berechnung der theoretischen Schluckleistung*

| <b>Parameter / Anforderung</b> | <b>Eingesetzter Wert</b> | <b>Verweis</b>            |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Grundwassermächtigkeit bei NW  | 10.5 m                   | (vgl. <i>Kap. 9.2.2</i> ) |
| Durchlässigkeitsbeiwert k      | $2.0 \times 10^{-3}$ m/s | (vgl. <i>Kap. 9.2.3</i> ) |
| Bohrdurchmesser                | 400 mm                   | (vgl. <i>Kap. 9.3.1</i> ) |
| Brunnendurchmesser             | 250 mm                   | (vgl. <i>Kap. 9.3.2</i> ) |
| Kote UK Bohrung / Brunnensohle | 270.5 m ü.M.             | (vgl. <i>Kap. 9.3.2</i> ) |

## **9.3.2 Filter- und Vollwandrohre sowie technische Filterkapazität**

### **Durchmesser Brunnenrohr**

Da in den Brunnen lediglich eine Falleitung eingebaut wird, bestehen bezüglich des Durchmessers des Brunnenrohres keine Vorgaben. Aus diesem Grund wurde in einem ersten Schritt der minimal benötigte Brunnenrohrdurchmesser von 400 mm festgelegt (vgl. *Kap. 9.3.1*).

Üblicherweise wird bei Grundwasserbrunnen ein Bohrenddurchmesser empfohlen, der dem 1.2- bis 2-fachen des Brunnenrohrdurchmessers entspricht. Entsprechend wird im vorliegenden Fall ein Brunnenrohrdurchmesser von 250 mm (Verhältnis Bohr- zu Brunnendurchmesser ca. 1.6) vorgesehen. Damit kann im Ringraum von 75 mm zwischen der Bohrlochwand und dem Brunnenrohr eine genügend mächtige Filterkiesschüttung eingebracht werden (vgl. *Kap. 9.3.3*). Gleichzeitig ist diese nicht zu mächtig, so dass der umliegende Grundwasserleiter gut entsandet werden kann (vgl. *Kap. 9.4*).

### **Filterstellung und -länge**

Die Lage und Länge der Filterstrecke ergibt sich durch die angetroffenen Untergrund- und Grundwasserverhältnisse. Daneben ist ein Schlamm sack vorzusehen. In einem ersten Schritt wird die Filterunterkante, in einem zweiten Schritt wird die benötigte Filterstrecke ermittelt,

womit schlussendlich die Filteroberkante bestimmt werden kann. Vorläufig kann folgendes provisorisch festgehalten werden (vgl. *Beilage 14*):

- Die Unterkante des Filterrohrs (UK Filter) ergibt sich durch die Lage des Grundwasserstauers, welche auf rund 271.5 m ü.M. (= ca. 27.5 m u.T.) erwartet wird.
- Damit die technische Filterkapazität bei der maximal angestrebten Einleitmenge von rund 1'700 l/min mit einem Brunnenrohrdurchmesser von 250 mm (vgl. *oben*) und einem PVC-Schlitzfilter mit einer freien Filterfläche von rund 10% nicht überschritten wird, ist eine Länge der Filterstrecke von 12.0 m notwendig (Ausführungen vgl. *unten*). Unter Berücksichtigung der oben festgelegten Filterunterkante kommt die Filteroberkante auf 283.5 m ü.M. (= ca. 15.5 m u.T.) zu liegen. Damit ist der Filter bei Grundwasserständen über Mittelwasser wasserbedeckt.

Die definitive Lage der Filter- und Vollwandrohre wird nach der geologischen Aufnahme der Kernbohrung festgelegt.

#### **Filtertyp und technische Filterkapazität**

Wie oben erläutert, wird ein Brunnenfilter mit einer freien Filterfläche von mindestens 10% benötigt. Solche Werte können einem PVC-Schlitzfilter (z.B. Wandstärke 12.5 mm, Schlitzweite 2.0 mm) erreicht werden. Aufgrund des Zwecks des Rückgabebrunnens ist es allerdings unproblematisch, wenn die hydraulische Filterbelastung auch geringfügig über dem theoretischen Zielwert liegen sollte.

### **9.3.3 Ringraumschüttung und -abdichtung**

Gestützt auf Erfahrungswerte ist im Bereich des grundwasserführenden Schotters bzw. der Filterstrecke ein Rundkies 4–8 mm angedacht, was auf die Brückenöffnung des Schlitzbrückenfilters von 2.0 mm abgestimmt ist. Zudem ist oberhalb des Grundwasserspiegels im Bereich der feinkörnigen Deckschichten eine Ringraumabdichtung vorzusehen.

Die definitive Ringraumschüttung und -abdichtung wird - wie analog zum Brunnenausbau - nach der geologischen Aufnahme der Kernbohrung festgelegt.

## **9.4 Entwicklung Brunnen**

### **9.4.1 Entsandung**

Im vorliegenden Fall wird eine Entsandung des Brunnens nach Einbringung der vollständigen Ringraumschüttung und nach dem Rückzug der Bohrröhre vorgesehen. Es ist eine abschnittsweise Entsandung und Klarspülung des Brunnens mittels Doppelmanschettenpumpe oder vergleichbarer Methode vorgesehen. Für die Entsandung wird von einer Bearbeitungszeit von 10 h ausgegangen.

### **9.4.2 Umgang mit Entsandungswasser / Ableitung**

Das während der Entsandung anfallende Wasser kann in der ersten Phase nach Möglichkeit an einer geeigneten Stelle in der Wiese geleitet werden, wo die Fest- und Schwebstoffe absetzen

können. Falls dies nicht erlaubt ist, müsste das Entsandungswasser mittels genügend dimensionierten Absetzbecken vorgereinigt und anschliessend über eine provisorische Leitung in die Kanalisation abgeführt werden.

## 9.5 Abschliessende Versuche im Brunnen

### 9.5.1 Leistungspumpversuch / -einleitversuch

Zur Bestimmung der Durchlässigkeit des durch den Brunnen erschlossenen Grundwasserleiters ist nach der Entsandung ein eintägiger Leistungspumpversuch gemäss *Tabelle 14* durchzuführen. Das geförderte Wasser ist gemäss aktuellem Kenntnisstand über eine provisorische Leitung in die Kanalisation abzuführen (vgl. *Kap. 9.4.2*).

*Tabelle 14: Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker, gestufter Leistungspumpversuch*

| Stufe | Fördermenge | Zweck                                       | Dauer           |
|-------|-------------|---|-----------------|
| 1     | 400 l/min   | Absenkung Grundwasserspiegel                | mind. 1 Stunde  |
| 2     | 900 l/min   | Absenkung Grundwasserspiegel                | mind. 1 Stunden |
| 3     | 1'700 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel)               | mind. 4 Stunden |
| 4     | 2'500 l/min | Absenkung Grundwasserspiegel                | mind. 1 Stunden |
| 5     | 0 l/min     | Erholung Grundwasserspiegel (Wiederanstieg) | mind. 1 Stunde  |

Anschliessend ist zur Ermittlung der Schluckleistung des Brunnens ein eintägiger Einleitversuch gemäss *Tabelle 15* durchzuführen. Das benötigte Wasser ist über eine provisorische Leitung vom GWPW Bäumlacker oder einem nahegelegenen Hydranten zu beziehen.

*Tabelle 15: Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker, gestufter Einleitversuch*

| Stufe | Fördermenge | Ziel  | Dauer           |
|-------|-------------|---|-----------------|
| 1     | 400 l/min   | Aufstau Grundwasserspiegel                    | mind. 1 Stunde  |
| 2     | 900 l/min   | Aufstau Grundwasserspiegel                    | mind. 1 Stunden |
| 3     | 1'700 l/min | Aufstau Grundwasserspiegel                    | mind. 4 Stunden |
| 4     | 2'500 l/min | Aufstau Grundwasserspiegel                    | mind. 1 Stunden |
| 5     | 0 l/min     | Erholung Grundwasserspiegel (Wiederabsenkung) | mind. 1 Stunde  |

## 10 SCHLUSSBEURTEILUNG, KENNTNISLÜCKEN UND EMPFEHLUNGEN

### 10.1 Auswirkungen der neuen Pumpwerkstandorte und erhöhten Bezugsmengen

Mit den im *Kapitel 6* erläuterten Modellprognosen wurden die durch die Neukonzeption der GWPW im Raum Laufenburg bis Stein sowie die erhöhten Bezugsmengen bedingten Auswirkungen auf das Grundwasservorkommen geprüft. Mit Hilfe von Modellbilanzen konnte aufgezeigt werden, dass das Grundwasservorkommen ein sehr grosses Speichervolumen aufweist und entsprechend sehr langsam reagiert. Bei kurzzeitigen (Zeithorizont eines Monats) Spitzenentnahmen kommt es deshalb nicht zu einer endgültigen Neueinregelung der Fließverhältnisse. Langfristig (Zeithorizont ein Jahr) würde sich das System durch eine Reduktion der Flusswasserexfiltration stationär wieder einregeln, ohne dass eine Übernutzung zu erwarten ist.

Die eingesetzten Modellparameter wurden soweit möglich mit Abschätzungen, einfachen Berechnungen und Vergleichen plausibilisiert. Jedoch bleiben gewisse Unsicherheiten. Insbesondere ist die Entwicklung der künftigen Bezüge der teils sehr grossen Brauchwassernutzungen unbekannt. Die Modellprognosen können aufgrund des grossen, zusammenhängenden Systems (Laufenburg-Stein) nicht mit 1:1 Versuchen getestet werden. Dafür müssen künftig Betriebserfahrungen gesammelt und eine entsprechende Überwachung vorgesehen werden. Nötigenfalls müssen allenfalls das Betriebsregime angepasst und / oder die bereits vielfach diskutierte Grundwasser-Anreicherung geprüft und umgesetzt werden.

Falls die zusätzlichen Grundwasserentnahmen Auswirkungen auf das Grundwasservorkommen haben sollten, sind diese kaum quantitativer Natur im Sinne, dass dieses mengenmässig übernutzt würde. Aufgrund der Modellprognosen muss beim Pumpwerk Ägerte allerdings erwartet werden, dass das Grundwasser aufgrund des zeitweisen Zustroms von Rheinfiltrat eine etwas geringere Mineralisation aufweisen könnte, als im GWPW Hardwald. Aufgrund der langen Fließdauer vom Rhein bis ins Pumpwerk stellt dies allerdings kein Problem dar. Im Gegenteil, es dürfte etwas weiches, sulfatärmeres Wasser erwartet werden, was für die Trinkwassernutzung durchaus positiv ist.

### 10.2 Beurteilung Dimensionierung Schutzzonen

Wie im *Kapitel 7* aufgezeigt, lassen sich um das GWPW Hardwald mit einer künftig erhöhten konzessionierten Entnahme von 4'500 l/min und um das neue GWPW Ägerte mit einer solchen von 9'000 l/min Grundwasserschutzzonen ausscheiden, welche mehrheitlich im Wald und in Landwirtschaftsflächen liegen und bis auf wenige Ausnahmen (v.a. Bahntrasse in Zone S3) keine nennenswerten Konflikte aufweisen. Die für die Zone S2 massgebende 10-Tages-Isochrone beim GWPW Hardwald konnte basierend auf Markerversuch (vgl. *Kap. 4*) und Modellierung (vgl. *Kap. 6*) fundiert ermittelt werden. Bei der Zone S1 um das GWPW Ägerte kann es aufgrund der noch nicht definitiv festgelegten Fassungsstandorte allenfalls noch zu kleineren Anpassungen kommen.

Die vollständige Schutzzonendokumentation umfasst neben dem vorliegenden Bericht das Schutzzonenreglement und der Schutzzonenplan. Das Schutzzonenreglement stützt sich auf das periodisch nachgeführte Musterreglement der Abteilung für Umwelt des Kantons Aargau

und enthält alle darin aufgeführten, für den vorliegenden Fall notwendigen Vorschriften und Nutzungsbeschränkungen. Die nicht schutzzonekonformen Anlagen und Nutzungen innerhalb der Schutzzonen sind zudem im Gefahrenkataster aufgeführt.

### 10.3 Bewertung der Wasserqualität im Hinblick auf die Trinkwassernutzung

Vom GWPW Hardwald liegt eine langjährige, vom Gebiet Ägerte eine mittlerweile rund fünfjährige Messreihe über die Beschaffenheit des Grundwassers vor. Die Ergebnisse der im *Kapitel 5* diskutierten Überwachung können insgesamt als positiv bewertet werden. Das Grundwasser weist sowohl am Standort Ägerte als auch vom GWPW Hardwald eine einwandfreie chemisch-physikalische Qualität auf. Der Nachweis der mikrobiologisch einwandfreien Qualität des Grundwassers wurde bereits in früheren Messungen nachgewiesen [2], [26].

In *Kapitel 10.1* wurde ausgeführt, dass sich die Wasserbeschaffenheit am Standort Ägerte aufgrund des erwarteten Einflusses von Rheinfiltrat im späteren Betrieb von derjenigen im PW Hardwald unterscheiden könnte. Dieser Einfluss könnte aber sogar positiv sein (geringere Härte und Sulfatgehalte).

Es wird empfohlen, die Überwachung im GWPW Hardwald und in den Versuchsbrunnen Ägerte in den kommenden Jahren bis zur Realisierung weiterzuführen. Nebst dem bisherigen Analyseumfang sind gemäss AVS (E-Mail Frau Irina Nüesch vom 17.2.2025) die Proben zusätzlich bezüglich perfluorierten Verbindungen (PFAS), Mikrobiologie sowie Pelargonsäure (von der SBB zur Unkrautvernichtung auf dem Gleistrasse verwendetes Herbizid) ins Programm aufzunehmen. Zudem werden bei einigen künftigen Probenahmen nach Möglichkeit zusätzliche Beprobungen durch die Fachhochschule Nordwestschweiz vorgenommen, welche sich auf Beprobung und Analyse von PFAS spezialisiert hat.

Daneben wird empfohlen, in den Versuchsbrunnen Ägerte elektronische Datenlogger zu installieren, damit der Grundwasserspiegel in den kommenden Jahren kontinuierlich aufgezeichnet und die Prognosen bzgl. Schwankungsverhalten überprüft werden können.

### 10.4 Bau GWPW Ägerte

Wie in den *Kapiteln 3* und *8* erläutert, kann das im Rahmen des Vorprojektes vorgesehene Brunnenkonzept mit zwei Vertikalfilterbrunnen an den Standorten 15-2 und 24-1 (2 x 4'500 l/min) nicht 1:1 umgesetzt werden, da am Standort 24-1 ungünstige Untergrund- und Grundwasserverhältnisse angetroffen wurden. Mit den vorliegenden Ergebnissen und den vorgesehenen beiden Vertikalfilterbrunnen kann ein Parallelbetrieb von 2 x 4'500 l/min aus brunnentechnischer Sicht nicht erwartet werden.

Nach vertieften brunnentechnischen Abklärungen und Prüfungen von alternativen Brunnenvarianten wird das Konzept mit zwei Vertikalfilterbrunnen dennoch beibehalten. Dies insbesondere auch darum, weil bisher durch den Ingenieur relativ grosse Reserven einkalkuliert wurden und im GWPW Hardwald mit 4'500 l/min eine grössere konzessionierte Entnahme als bisher angenommen realisiert werden kann. Dies hat zur Folge, dass neu die Entnahme von 2 x 4'500 l/min aus der Fassung Ägerte zumindest in einem ersten Schritt nicht zwingend erreicht werden muss und eine solche von 2 x 3'000 l/min im regulären Betrieb ausreichen dürfte.

Auch wenn ein solcher, reduzierter Parallelbetrieb in zwei Brunnen an den Standorten 15-1 und 24-1 mit grosser Sicherheit möglich ist, soll nebst dem 1. Brunnenstandort (15-2) noch ein neuer, besserer Brunnenstandort gesucht werden. Dazu sind die zwei vorgezogenen Kernbohrungen 25-1 und 25-2 vorgesehen, wobei das bzgl. Schichtaufbau günstigere Bohrloch zu einem Versuchsbrunnen ausgebaut werden soll, worin zur Ermittlung der wichtigsten Parameter für die Brunnenauslegung hydrogeologische Versuche vorzunehmen sind. Gestützt darauf werden die beiden Brunnenstandorte definitiv festgelegt und das finale Brunnenkonzept ausgearbeitet. Da Letzteres als Grundlage für die Ausschreibung dient, sind die Abklärungen möglichst zeitnah vorzunehmen.

Als Brunnenlayout sind vorläufig zwei grosskalibrigen Greiferbohrungen ( $\varnothing$  2'000 mm) vorgesehen, welche mit Edelstahl-Brunnenrohren ( $\varnothing$  1'500 mm) zu einem Zwillings-Vertikalfilterbrunnen ausgebaut werden. Nach der Entwicklung der Brunnen sind Einzel- und Kombi-Leistungspumpversuche vorgesehen.

## 10.5 Konzessionserhöhung GWPW Hardwald

Wie im *Kapitel 7* aufgezeigt, kann beim GWPW Hardwald bezüglich der Grundwasserschutzzonen eine Erhöhung der Entnahme von aktuell 2'000 l/min auf nicht nur 4'000 l/min, sondern 4'500 l/min realisiert werden.

Im Rahmen der Realisierung ist ein Test-Pumpversuch mit der erhöhten Entnahme angedacht.

Baden, 1. Mai 2025

131764 Bericht\_rev.docx FR/WA/Lü/PH

**Jäckli Geologie AG**



### **Projektbearbeitung:**

Roland Felber, MSc ETH, Geologe

Andrea Winter, MSc ETH, Geologin

Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

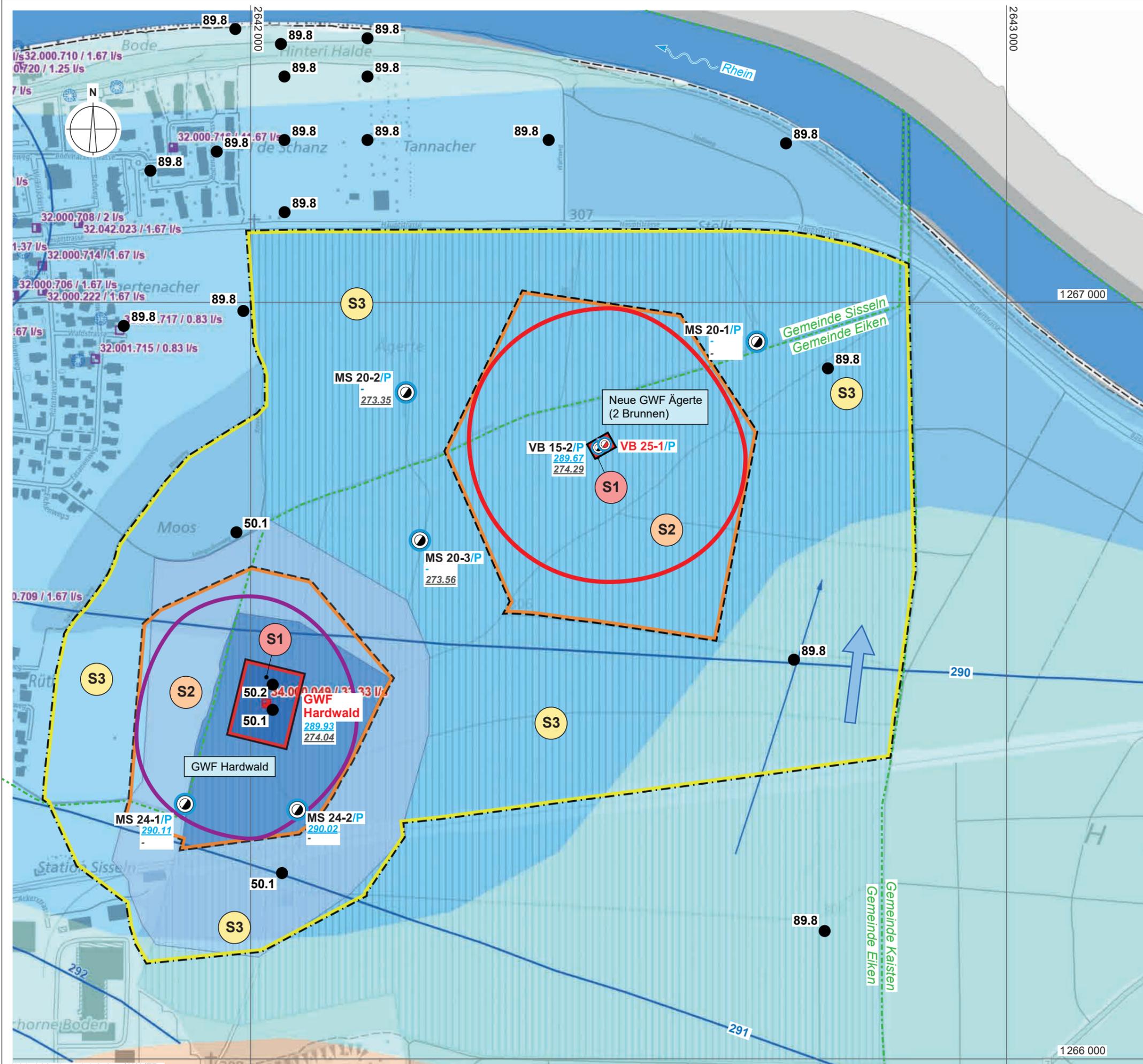
## **Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)**

### **Beilagen**

- Beilage 1: Grundwasserkarte 1:5'000, Lage der Bohrungen und Brunnen, Ausdehnung der modellierten 10-Tages-Isochronen und mögliche Schutzzonen
- Beilage 2: Grundwasserkarte 1:1'500, Lage der Bohrungen, Ausdehnung der modellierten 10-Tages-Isochronen mit Fliesspfaden der Markierstoffe
- Beilage 3: Situation 1:500, Lage der Bohrungen und Brunnen
- Beilage 4: Profil A 1:200, geologisch bearbeitet
- Beilage 5: Einzelprotokoll des Versuchsbrunnens 24-1 und der Messstellen 24-1 und 24-2
- Beilage 6: Kornverteilung in Summationskurven, Erdbaulabor F. Steiger vom 23.8.2024
- Beilage 7: Flowmetermessungen im Versuchsbrunnen 24-1, Terradata AG vom 20.8.2024
- Beilage 8: Ganglinien des Grundwasserspiegels und Leitparameter während des Dauerpumpversuches
- Beilage 9: Chemische Wasseranalysen, Untersuchungsberichte Bachema AG vom 21.7.2021, 30.9.2022, 1.12.2023 und 2.10.2024
- Beilage 10: Zusammenstellung Modellgrundlagen (Grundwassernutzungen)
- Beilage 11: Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwassermodellierungen
- Beilage 12: GWPW Ägerte (Standort 15-2)
- Beilage 13: Brunnenergiebigkeit und Filterkapazität GWPW Ägerte (Standort 15-2)
- Beilage 14: Brunnenlayout Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, Schemaskizze ohne Massstab
- Beilage 15: Schluckleistung und Filterkapazität, Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker

Erschliessung Grundwasserschutzareal  
Hardwald West, Gemeinden Eiken,  
Münchwilen, Sisseln und Stein / AG  
*Hydrogeologischer Bericht  
(Phase Bauprojekt)*

**Grundwasserkarte 1:5000**  
**Lage der Bohrungen und Brunnen,**  
**Ausdehnung der modellierten 10-Tages-**  
**Isochronen und mögliche Schutzzonen**



**Legende**

- Kernbohrung, vorgesehen
- Kernbohrung, bestehend
- Piezometerrohr
- Kote Grundwasserspiegel am 4.10.2024, m ü.M.
- Kote Obergrenze Fels, m ü.M.
- 10-Tages-Isochrone GWF Ägerte (9'000 l/min, gemäss Modellierung)
- 10-Tages-Isochrone GWF Hardwald (4'500 l/min, gemäss Modellierung)
- ältere Bohrung
- Grundwasser-Fließrichtung vom 4.10.2024 (Gefälle 0.7‰)

**Vorschlag neue Schutzzonen**

- Zone S1 «Fassungsbereich»
- Zone S2 «engere» Schutzzone
- Zone S3 «weitere» Schutzzone

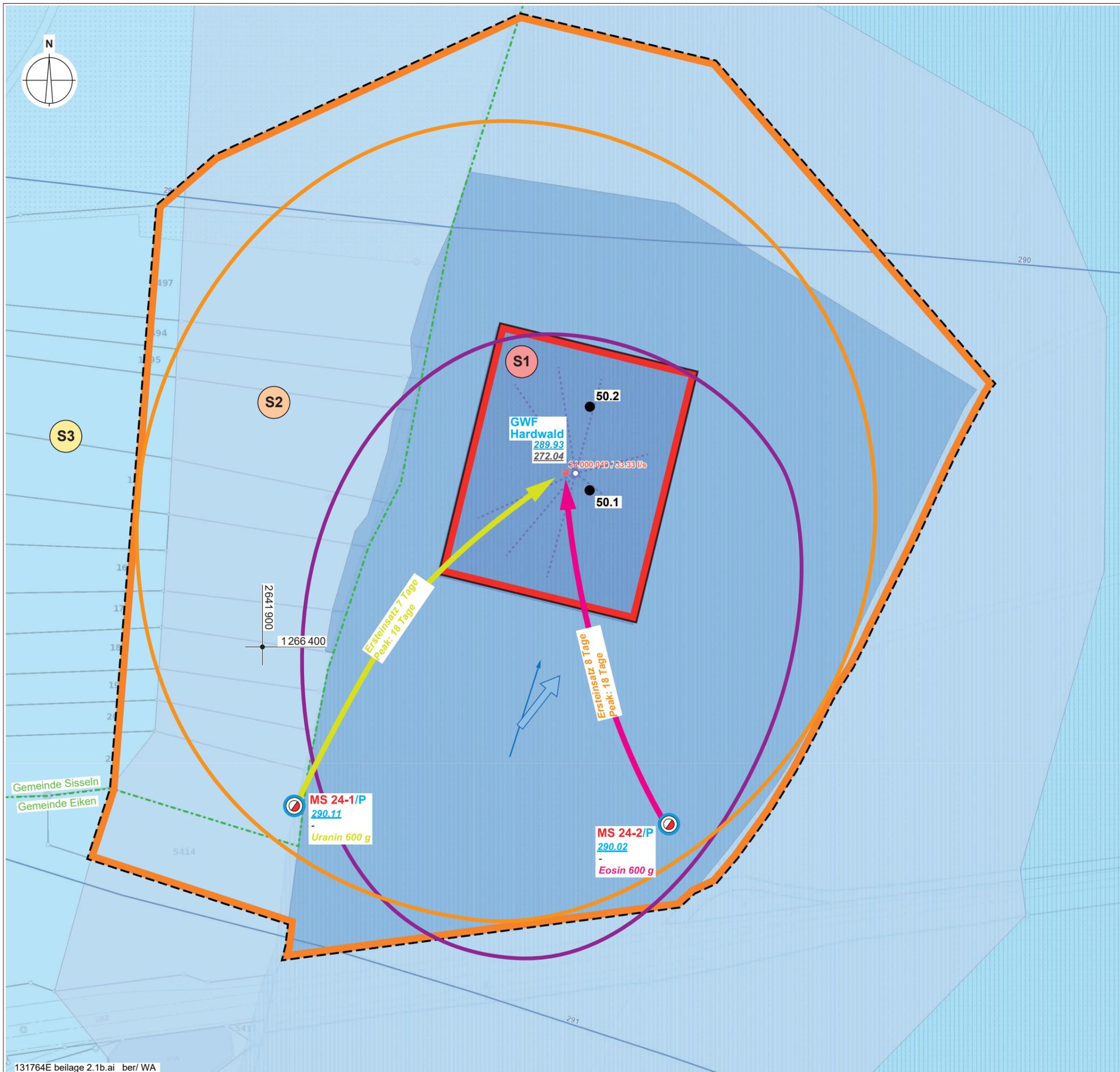
**Grundwasserkarte Kt. Aargau**

- Grundwasserfassung
- Schotter-Grundwasserleiter in Tälern**
- Geringe Grundwassermächtigkeit oder geringe Durchlässigkeit
- Mittlere Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen
- Grosse Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen
- Sehr grosse Grundwassermächtigkeit
- Hydrogeologische Angaben**
- Schutzzonen S1 bis S3
- Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand
- Grundwasser-Fließrichtung, gemäss Grundwasserkarte (Gefälle 2‰; AGIS, Stand November 2024)
- Rückgabebauwerk

Erschliessung Grundwasserschutzareal  
Hardwald West, Gemeinden Eiken,  
Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

Hydrogeologischer Bericht  
(Phase Bauprojekt)

**Grundwasserkarte 1:1'500**  
**Lage der Bohrungen, Ausdehnung der**  
**modellierten 10-Tages-Isochronen mit**  
**Fließpfaden der Markierstoffe**



**Legende**

- Kernbohrung
- ältere Bohrung
- Kote Grundwasserspiegel am 4.10.2024, m ü.M.
- Kote Obergrenze Fels, m ü.M.
- 10-Tages-Isochrone GWF Hardwald (4'500 l/min, gemäss Modellierung bei NW)
- 18-Tages-Isochrone GWF Hardwald (2'000 l/min, gemäss Modellierung bei MW)
- vermutete Fließbahn des Markierstoffes
- Grundwasser-Fließrichtung vom 4.10.2024 (Gefälle 1‰)

**Vorschlag neue Schutzzonen**

- Zone S1 «Fassungsbereich»
- Zone S2 «engere» Schutzzone
- Brunnenstube mit Fassungsstrang

**Grundwasserkarte Kt. Aargau**

- Grundwasserfassung
- Schotter-Grundwasserleiter in Tälern**
- Geringe Grundwassermächtigkeit oder geringe Durchlässigkeit
- Mittlere Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen
- Grosse Grundwassermächtigkeit, nachgewiesen
- Sehr grosse Grundwassermächtigkeit
- Hydrogeologische Angaben**
- Schutzzonen S1 bis S3
- Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand
- Grundwasser-Fließrichtung, gemäss Grundwasserkarte (Gefälle 3‰, AGIS Stand November 2024)

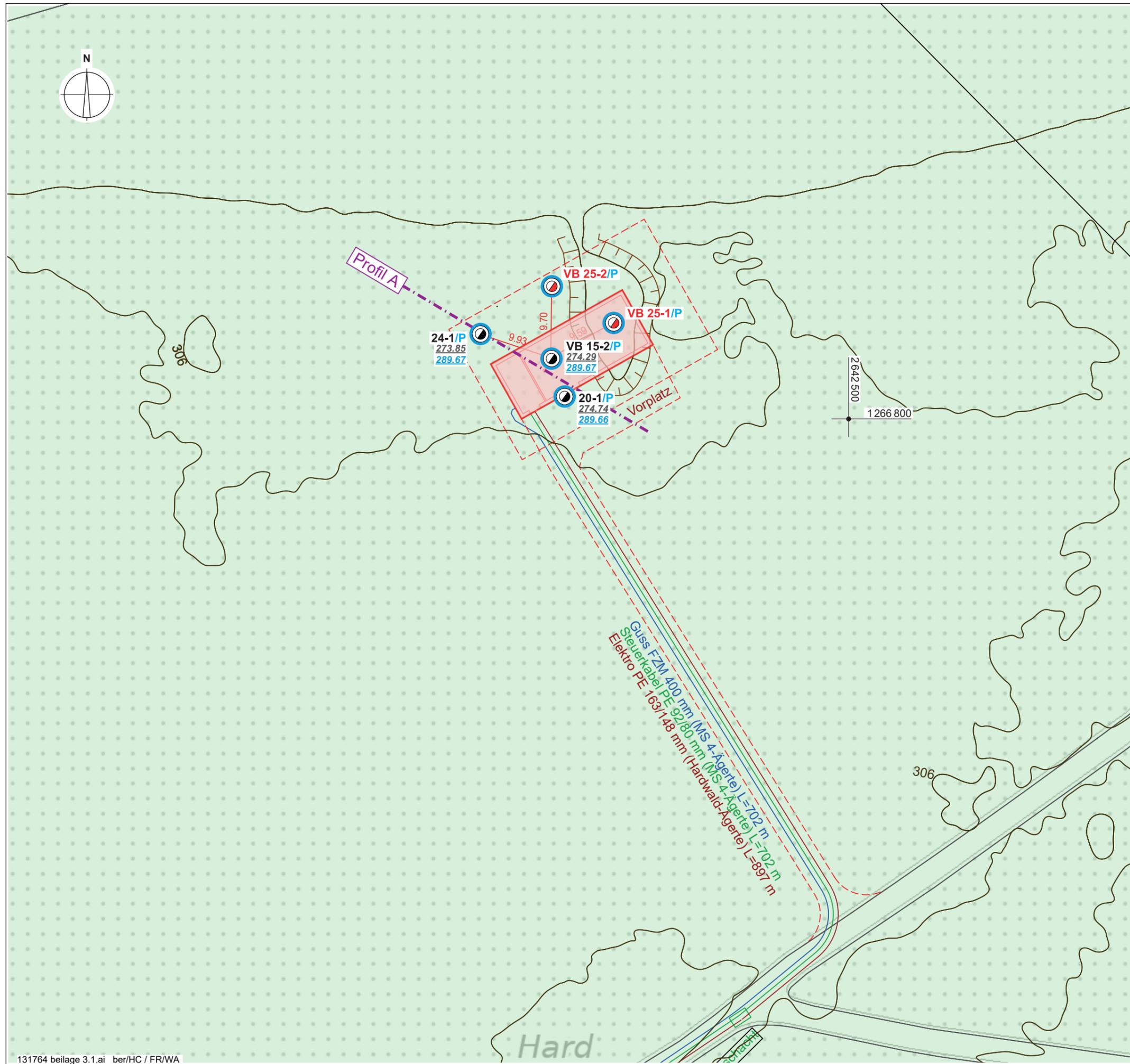
Erschliessung Grundwasserschutzareal  
Hardwald West, Gemeinden Eiken,  
Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

Hydrogeologischer Bericht  
(Phase Bauprojekt)

Situation 1:500  
Lage der Bohrungen und Brunnen

Legende

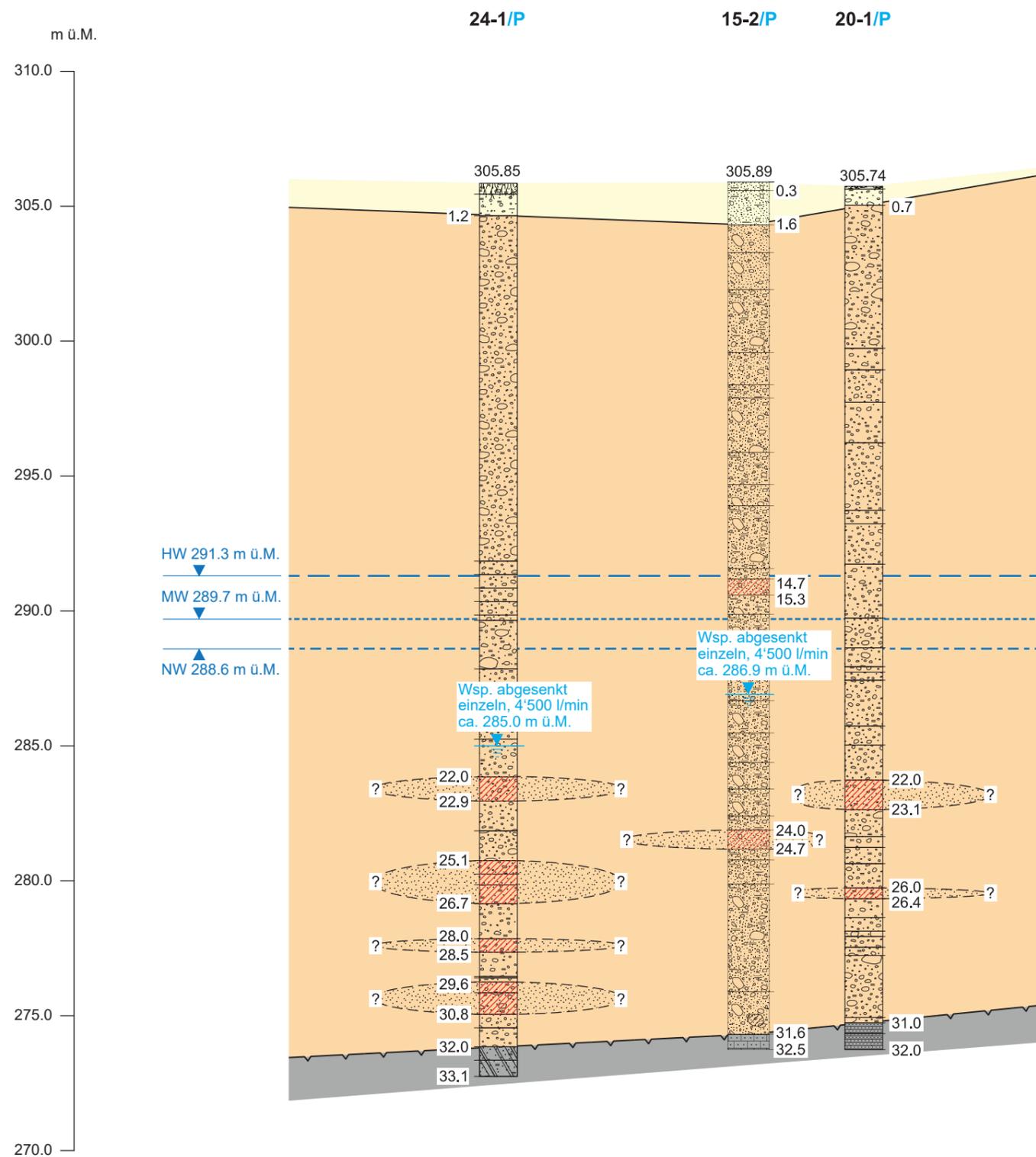
-  Kernbohrung / Versuchsbrunnen
-  Kernbohrung / Versuchsbrunnen
-  Piezometerrohr
-  Neubau GWPW Ägerte
- 274.04 Kote Obergrenze Fels, m ü.M.
- 289.93 Kote Grundwasserspiegel am 4.10.2024, m ü.M.



Erschliessung Grundwasserschutzareal  
Hardwald West, Gemeinden Eiken,  
Münchwilen, Sisseln und Stein / AG  
*Hydrogeologischer Bericht*  
(Phase Bauprojekt)

**Profil A 1:200**  
**geologisch bearbeitet**

SE



NW



**Legende**

- Deckschichten  
(Oberflächenschichten / Schwemmlagerungen)
- Niederterrassenschotter
- Sandlinse
- Buntsandstein
- HW Hochwasserspiegel (HW, Prognose)
- MW Mittelwasserspiegel (MW, Prognose)
- NW Niedrigwasserspiegel (NW, Prognose)

Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

***Einzelprotokoll des Versuchsbrunnens 24-1 und der Messstellen 24-1 und 24-2***

# Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

## Versuchsbrunnen 24-1

Bauherrschaft: Gemeinde Stein, Brotkorbstrasse 9, Stein AG  
 Bohrfirma: Blétry AG, Benkenstrasse 52, Küttigen  
 Bohrmeister: K. Wesch  
 Geologogische Aufnahme: A. Winter, MSc ETH, Geologin  
 Ausführungsdatum: 26. Juli - 7. August 20224

Koordinaten: 2 642 451 / 1 266 811  
 OK Terrain (OKT): 305.85 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): 305.93 m ü.M.  
 Massstab: 1:200  
 Datei: 131764 KB 24-1.ai / HC/ber



| Geologische Identifikation | Kote m ü.M.  | Tiefen ab OKT (m)              | Materialbeschreibung   | Bohrart und ø                                   | Wasserspiegel   | Rohr ø nicht Mst. | Kote m ü.M. | Tiefen OKR (m)  | Massstab | Rohr-länge | Rohr-art | Ring-raum         |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------------|--|--------------------------------|--|---|---|-------------------|-------------|---|----------|------------|----------|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Oberflächen-schichten      | 304.7  | 0.4                            | brauner, leicht bis mässig siltiger Feinsand, reichlich Kies, durchwurzelt   | Rotationskernbohrung, Einfachkernrohr: ø 219 mm | Wsp. 4.10.2024: 16.18 m u.T.<br>Wsp. 9.8.2024: 16.13 m u.T.<br>Gwsp. abgesenkt 9.8.2024: 16.33 m u.T.<br>HW Prognose: 291.3 m ü.M.<br>MW Prognose: 289.7 m ü.M.<br>NW Prognose: 288.6 m ü.M.<br>289.67 m ü.M.<br>289.72 m ü.M.<br>289.52 m ü.M. |                   | 303.93      | 2.00  |          | 16.0 m     | Vollrohr | Filterkies 4/8 mm |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 1.2                            | braunbeiger, leicht toniger mässig siltiger Sand, reichlich Kies   |   |   |                   | 301.93      | 4.00  |          |            |          | Tonabdichtung     |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 14.0                       | grauer bis graubrauner, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich bis viel Sand (vorwiegend Feinsand), Steine (gem. max. ø ca. 8 cm, Gewichtsanteil ca. 5%) 2.8- 3.0 m Bohrmehl (zerbohrt, evtl. verkittet) |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Niederterrassen-schotter   |  | 14.5                           | graubrauner, leicht siltiger Kies, reichlich Sand, Steine (gem. max. ø ca. 8 cm, Gewichtsanteil ca. 10%)                 |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 15.0                           | hell- bis dunkelgrauer, leicht siltiger Kies, viel Sand 14.5-14.7 m Bohrmehl (zerbohrt, evtl. verkittet)                 |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 15.5                           | graubrauner, leicht siltiger Kies, reichlich bis viel Sand   |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 16.0                           | grauer, mässig siltiger Kies, reichlich bis viel Sand  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 16.2                           | grauer, leicht bis leicht siltiger Kies, reichlich Feinsand  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 18.0                           | dunkelgrauer und rotbrauner, stark siltiger Kies, wenig Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 7 cm, Gewichtsanteil ca. 3-5%) |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 19.8                           | braungrauer, leicht siltiger Kies, wenig Sand (Mittel- bis Grobsand)   |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 20.6                           | brauner, leicht bis mässig siltiger Kies, wenig Sand (Fein- bis Mittelsand)  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 22.0                           | grauer, leicht siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand (Mittel- bis Grobsand)  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 22.9                           | grauer, leicht siltiger Sand, viel Kies  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 24.0                           | graubeiger, sauberer bis leicht siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 25.1                           | grauer, sauberer Kies, wenig Sand, Steine (gem. max. ø ca. 9 cm, Gewichtsanteil ca. 4%)                                  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 25.6                           | grauer, leicht siltiger Sand, reichlich Kies   |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 26.0                           | grauer, leicht siltiger Sand, viel Kies  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | 26.7                           | grauer, stark siltiger Sand, vereinzelt Kies   |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  | Buntsandstein, stark verwitert |  |   |   |                   | 28.0        | hellgrauer, leicht bis mässig siltiger Kies, wenig Sand (vorwiegend Mittelsand) |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  |                                |  |   |   |                   | 28.5        | dunkelgrauer, mässig siltiger Sand, viel Kies                                   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  |                                |  |   |   |                   | 29.45       | beiger, stark siltiger Kies, wenig Feinsand                                     |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 29.6                       | beigegrauer bis grauer, leicht siltiger Kies, reichlich Sand, Steine (gem. max. ø ca. 9cm, Gewichtsanteil ca. 2%)  |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30.0                       | hellbeiger, stark siltiger Kies, reichlich Feinsand (evtl. z.T. Bohrmehl)  |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30.8                       | rotbrauner, mässig siltiger Sand (vorwiegend Grobsand), wenig Kies   |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 31.3                       | grauer, sauberer Sand, viel Kies, Steine (gem. max. ø ca. 9 cm, Gewichtsanteil ca. 7%)   |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 32.0                       | dunkelgrauer, leicht siltiger Kies, wenig Sand   |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 32.5                       | beiger bis rotbeiger, mässig siltiger Kies, wenig Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 7 cm, Gewichtsanteil ca. 3%)   |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 33.1                       | beiger, mässig siltiger Sand   |                                |  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                            |  |                                | roter, mässig siltiger Sand  |   |   |                   |             |   |          |            |          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |

### Ausführung Brunnenrohr:

Vollrohr: PVC 4.5"  
 Filterrohr: PVC 4.5"

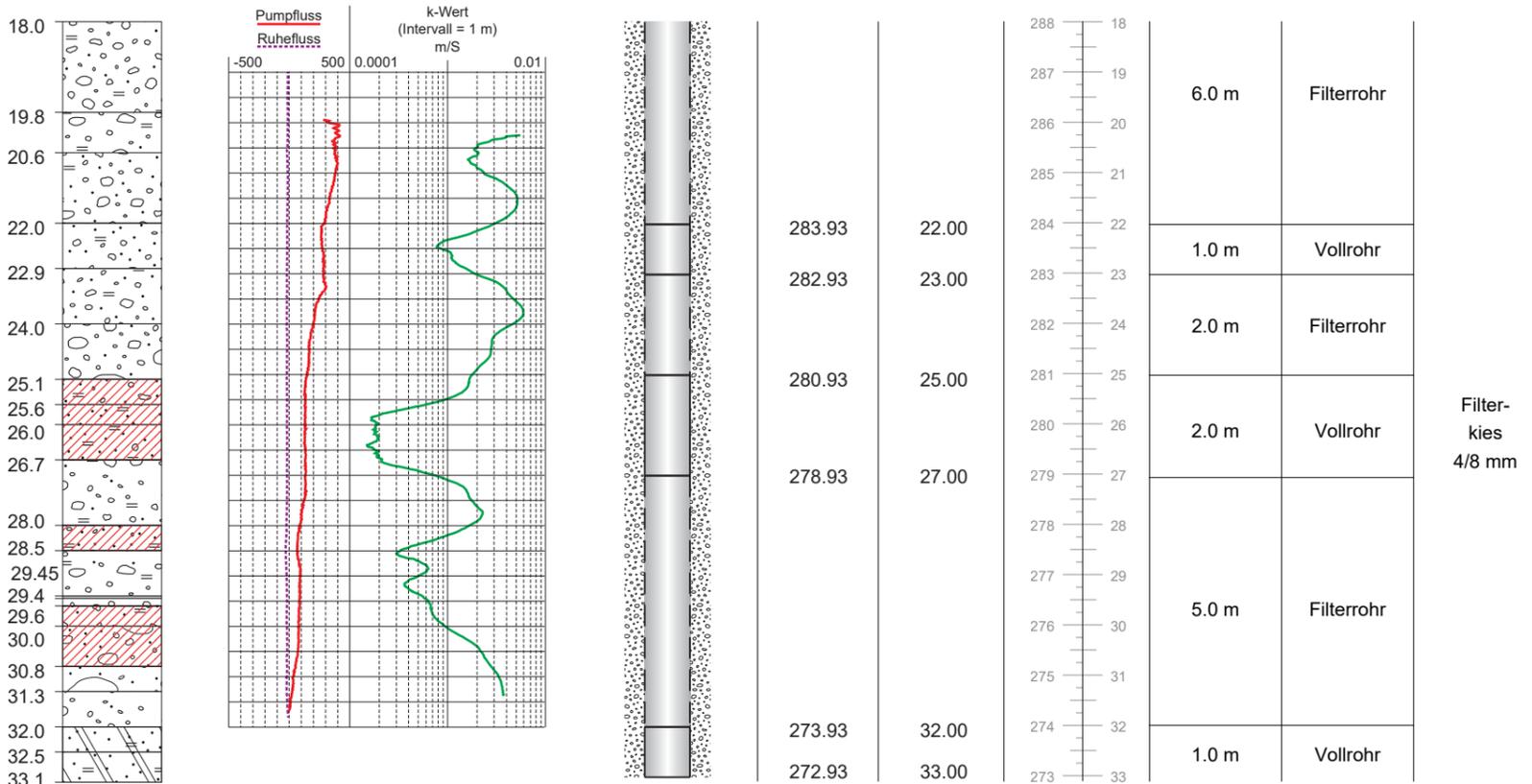
### Kurzpumpversuch vom 9.8.2024

Durchlässigkeitsbeiwert k (berechnet nach Dupuit-Thiem)

Grundwassermächtigkeit H = 15.9 m  
 Bohrradius r = 0.11 m  
 Pumpmenge Q = 380 l/min  
 Gwsp.-Absenkung ΔH = 0.2 m

Durchlässigkeitsbeiwert k = 1.7 × 10<sup>-3</sup> m/s

### Flowmetermessungen (Mst. ca. 1:135)



**Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

**Messstelle 24-1**

Bauherrschaft: Gde. Eiken, Bau und Planung, Hauptstrasse 73b, Eiken  
 Gde. Sisseln, Schulhausstrasse 7, Sisseln  
 Bohrfirma: Studersond AG, Kalberweid 139, Uebeschi  
 Bohrmeister: F. Grenz  
 Geologische Aufnahme: A. Winter, MSc ETH, Geologin  
 Ausführungsdatum: 13. - 18 Juni 2024

Koordinaten: 2 641 912.7 / 1 266 336.7  
 OK Terrain (OKT): 306.23 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): 306.15 m ü.M.  
 Massstab: 1:100  
 Datei: 131754 KB 24-1-Messstelle.ai / HC



| Bohrart und ø                                   | Geologische Identifikation   | Kote m ü.M. | Tiefen ab OKT (m)   | Materialbeschreibung  | Bohrlochversuche Einbauten | PVC ø4.5"          |  |
|---|------------------------------|-------------|---|---|----------------------------|--------------------|--|
| Rotationskernbohrung, Einfachkernrohr: ø 200 mm | Oberboden                    | 306.1       | 0.15  | beigebrauner, leicht tonig, mässig siltiger Feinsand, viele feine Wurzeln |                            | Ton-<br>abdichtung |  |
|   | Schwemm-<br>ablagerungen     |             |   | 0.5   |                            |                    | graubeiger, leicht toniger Silt, wenig Feinsand  |
|   |                              |             |   | 1.6   |                            |                    | beiger bis brauner, toniger Silt bis siltiger Ton, wenig bis reichlich Feinsand  |
|   | Niederterrassen-<br>schotter |             |   |   |                            |                    | brauner, mässig bis stark siltiger Feinsand  |
|   |                              |             | 303.4   | 2.8   |                            |                    | graubrauner, stark siltiger Kies (vorwiegend Feinkies), wenig bis reichlich Sand, Steine (gem. max. ø ca. 8 cm, Gewichtsanteil ca. 3-5%) |
|   |                              |             |   | 5.0   |                            |                    | grauer, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Feinsand  |
|   |                              |             |   | 5.2   |                            |                    | hellbeiger, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Feinsand, stellenweise verkittet  |
|   |                              |             |   | 6.0   |                            |                    | braunbeiger, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 8 cm, Gewichtsanteil ca. 5%)                   |
|   |                              |             |   | 6.7   |                            |                    | graubeiger bis hellbeiger, leicht siltiger Kies, reichlich Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 8 cm, Gewichtsanteil ca. 3-5%)              |
|   |                              |             |   | 12.0  |                            |                    | graubeiger bis hellbeiger, mässig siltiger Kies, wenig Feinsand  |
|   |                              |             |   | 12.2  |                            |                    | graubeiger bis hellbeiger, leicht siltiger Kies, reichlich Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 8 cm, Gewichtsanteil ca. 3-5%)              |
|   |                              |             |   | 15.2  |                            |                    | grauer, leicht bis mässig siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand (vorwiegend Feinsand)  |
|   |                              |             |   | 15.5  |                            |                    | grauer, mässig siltiger Sand, viel Kies  |
|   |                              |             |   | 15.6  |                            |                    | grauer, leicht bis mässig siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand (vorwiegend Feinsand)  |
|   |                              |             |   | 17.0  |                            |                    | grauer, mässig siltiger Kies, wenig Feinsand   |
|   |                              |             | 18.3  | dunkelgrauer, leicht siltiger Kies, reichlich Sand                        |                            |                    |  |
|   |                              | 18.4        | Stein (gem. ø ca. 15 cm)  |   |                            |                    |  |
|   |                              | 18.6        | beiger, leicht bis mässig siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand |   |                            |                    |  |
|   |                              | 19.0        | dunkelgrauer, sauberer bis leicht siltiger Kies, viel Sand        |   |                            |                    |  |
|   |                              | 19.3        | beiger, mässig siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand            |   |                            |                    |  |
|   |                              | 286.7       | 19.5  | beiger, mässig siltiger Kies, wenig bis reichlich Sand                    |                            |                    |  |

**Pumpversuch vom 18.6.2024**  
 Durchlässigkeitsbeiwert k  
 (berechnet nach Dupuit-Thiem)

Grundwassermächtigkeit H = 4.1 m (erschlossene Mächtigkeit)  
 Bohrradius r = 100 mm  
 Pumpmenge Q = 100 l/min  
 Gwsp.-Absenkung ΔH = 0.11 m

**Durchlässigkeitsbeiwert k = 3.2 × 10<sup>-3</sup> m/s**

**Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

**Messstelle 24-2**

Bauherrschaft: Gde. Eiken, Bau und Planung, Hauptstrasse 73b, Eiken  
 Gde. Sisseln, Schulhausstrasse 7, Sisseln  
 Bohrfirma: Studersond AG, Kalberweid 139, Uebeschi  
 Bohrmeister: F. Grenz  
 Geologische Aufnahme: A. Winter, MSc ETH, Geologin  
 Ausführungsdatum: 13. - 18 Juni 2024

Koordinaten: 2 642 062.1 / 1 266 329.2  
 OK Terrain (OKT): 306.55 m ü.M.  
 OK Rohr (OKR): 306.46 m ü.M.  
 Massstab: 1:100  
 Datei: 131754 KB 24-2-Messstelle.ai / HC



| Bohrart und ø                                   | Geologische Identifikation | Kote m ü.M. | Tiefen ab OKT (m)   | Materialbeschreibung   | Bohrlochversuche Einbauten | PVC ø4.5" |  |
|---|----------------------------|-------------|---|--|----------------------------|-----------|--|
| Rotationskernbohrung, Einfachkernrohr: ø 200 mm | Oberboden                  | 306.4       | 0.2   | braungrauer, leicht tonig, stark siltiger Feinsand, wenig Kies, viele feine Wurzeln                                  |                            |           |  |
|   | Schwemmlagerungen          | 305.4       | 0.6   | graubeiger, leicht toniger Silt, wenig Feinsand, vereinzelt Kies   |                            |           |  |
|   |                            |             | 1.2   | orangebeiger bis graubeiger, toniger Silt bis siltiger Ton   |                            |           |  |
|   | Niederterrassenschotter    |             |   | 2.1  |                            |           | brauner, stark siltiger Kies, reichlich Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 7 cm, Gewichtsanteil ca. 3%)                             |
|   |                            |             |   | 2.7  |                            |           | dunkelbrauner, leicht siltiger Kies, reichlich Feinsand  |
|   |                            |             |   | 3.3  |                            |           | hellgrauer, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 11 cm, Gewichtsanteil ca. 10%)            |
|   |                            |             |   | 3.8  |                            |           | braunbeiger, leicht siltiger Kies, wenig Sand  |
|   |                            |             |   | 4.4  |                            |           | brauner, mässig bis stark siltiger Kies, wenig Sand  |
|   |                            |             |   | 6.2  |                            |           | hellgrauer, leicht siltiger Kies, reichlich Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 10 cm, Gewichtsanteil ca. 3-5%), teilweise verkittet |
|   |                            |             |   | 8.3  |                            |           | grauer, sauberer bis leicht siltiger Kies, reichlich Sand  |
|   |                            |             |   | 9.0  |                            |           | dunkelgrauer, mässig siltiger Kies, reichlich bis wenig Feinsand, Steine (gem. max. ø ca. 7 cm, Gewichtsanteil ca. 3%)             |
|   |                            |             |   | 10.0   |                            |           | braungrauer, sauberer bis leicht siltiger Kies, reichlich Sand   |
|   |                            |             |   | 11.3   |                            |           | hellbeiger, leicht siltiger Kies, reichlich Sand (Fein- bis Mittelsand)  |
|   |                            |             |   | 13.4   |                            |           | braungrauer, leicht bis mässig siltiger Kies, reichlich Sand   |
|   |                            |             |   | 14.6   |                            |           | grauer, sauberer bis leicht siltiger Kies, reichlich Feinsand  |
|   |                            |             |   | 15.5   |                            |           | hellbeiger, sauberer bis leicht siltiger Kies, viel Feinsand (ev. Bohrmehl), Steine (gem. max. ø ca. 8 cm, Gewichtsanteil ca. 50%) |
|   |                            |             |   | 16.2   |                            |           | braungrauer, leicht siltiger Kies, reichlich Sand, Steine (gem. max. ø ca. 10 cm, Gewichtsanteil ca. 3%)                           |
|   |                            |             |   | 16.5   |                            |           | beiger, mässig siltiger Kies, viel Sand (Mittel- bis Grobsand)   |
|   |                            |             |   | 16.7   |                            |           | dunkelgrauer, sauberer Kies, reichlich Sand (Mittel- bis Grobsand)   |
|   |                            |             | 17.0  | dunkelgrauer, sauberer Sand (Mittel- bis Grobsand), wenig Kies, Steine (gem. max. ø ca. 7 cm, Gewichtsanteil ca. 3%) |                            |           |  |
|   |                            | 17.7        | dunkelgrauer, sauberer bis leicht siltiger Kies, reichlich Grobsand                                 |  |                            |           |  |
|   |                            | 18.0        | beiger, leicht siltiger Kies, wenig Sand  |  |                            |           |  |
|   |                            | 19.0        | grauer, mässig siltiger Kies, wenig bis reichlich Feinsand  |  |                            |           |  |
|   |                            | 19.5        | grauer, leicht siltiger Kies, wenig Sand, Steine (gem. max. ø ca. 10 cm, Gewichtsanteil ca. 10-15%) |  |                            |           |  |
|   |                            | 287.1       | 19.5  |  |                            |           |  |

**Pumpversuch vom 17.6.2024**  
 Durchlässigkeitsbeiwert k (berechnet nach Dupuit-Thiem)

Grundwassermächtigkeit H = 3.7 m (erschlossene Mächtigkeit)  
 Bohrradius r = 100 mm  
 Pumpmenge Q = 100 l/min  
 Gwsp.-Absenkung ΔH = 0.08 m

**Durchlässigkeitsbeiwert k = 4.7 × 10<sup>-3</sup> m/s**

Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

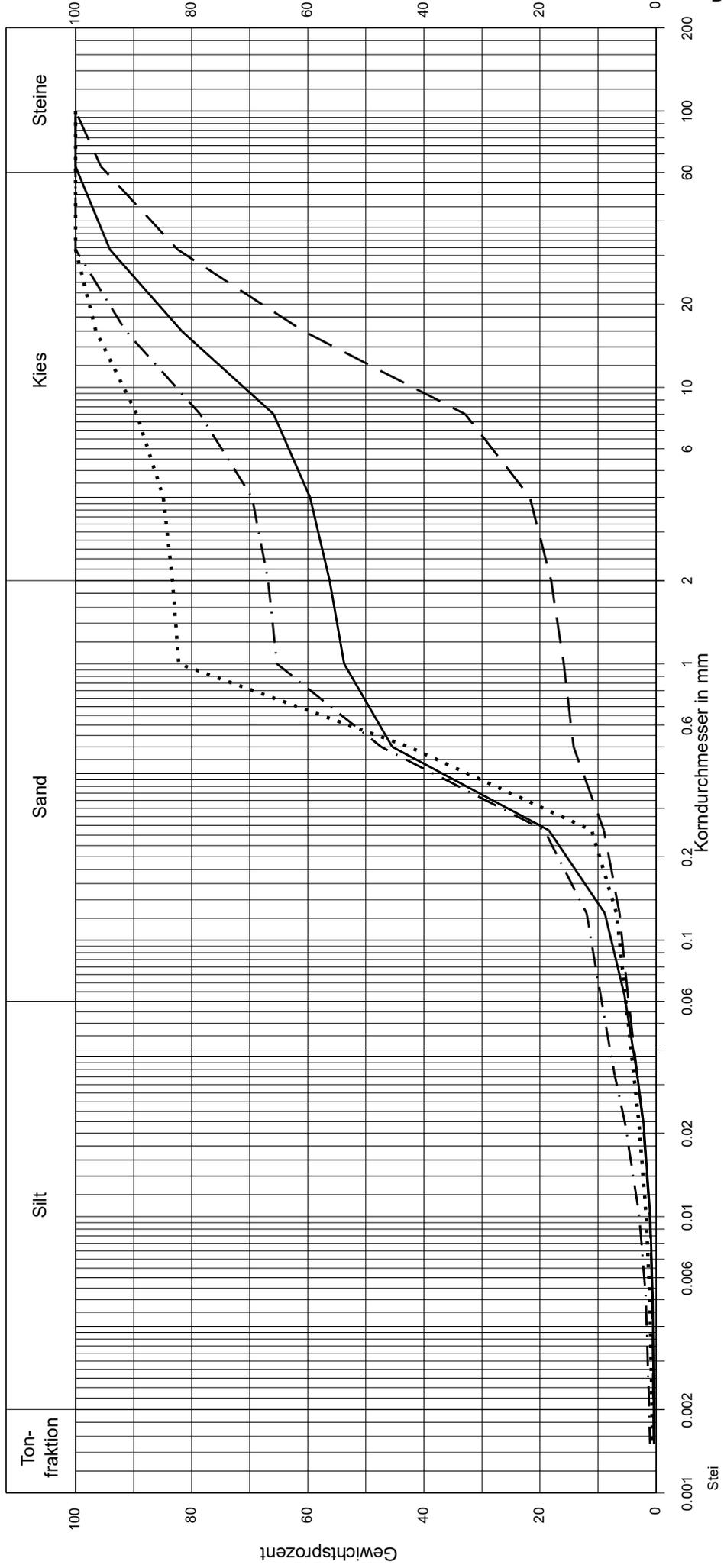
***Kornverteilung in Summationskurven, Erdbaulabor F. Steiger vom 23.8.2024***

# Kornverteilung in Summationskurven

Auftrag: 11034

131764 Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West, Phase Bauprojekt (SIA 32), Teil GWPW Ägerle

| Material- und Feldbezeichnung |           |           | Anlieferungszustand |     |                          |                            |                            | Konsistenz       |                  |                  | USCS |
|-------------------------------|-----------|-----------|---------------------|-----|--------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|------|
| Bohrung                       | Labor Nr. | Tiefe m   | Signatur            | w % | $\rho$ g/cm <sup>3</sup> | $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup> | $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup> | w <sub>L</sub> % | w <sub>P</sub> % | I <sub>P</sub> % |      |
| VB 24-1                       | 20483     | 22.0-22.9 | — — — — —           | 8.5 |                          |                            | 2.70                       |                  |                  |                  | GP   |
| VB 24-1                       | 20484     | 24.4-25.1 | - - - - -           | 1.6 |                          |                            | 2.70                       |                  |                  |                  |      |
| VB 24-1                       | 20485     | 25.1-25.6 | .....               | 5.9 |                          |                            | 2.70                       |                  |                  |                  |      |
| VB 24-1                       | 20486     | 25.6-26.0 | - . - . - .         | 6.2 |                          |                            | 2.69                       |                  |                  |                  |      |



## Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

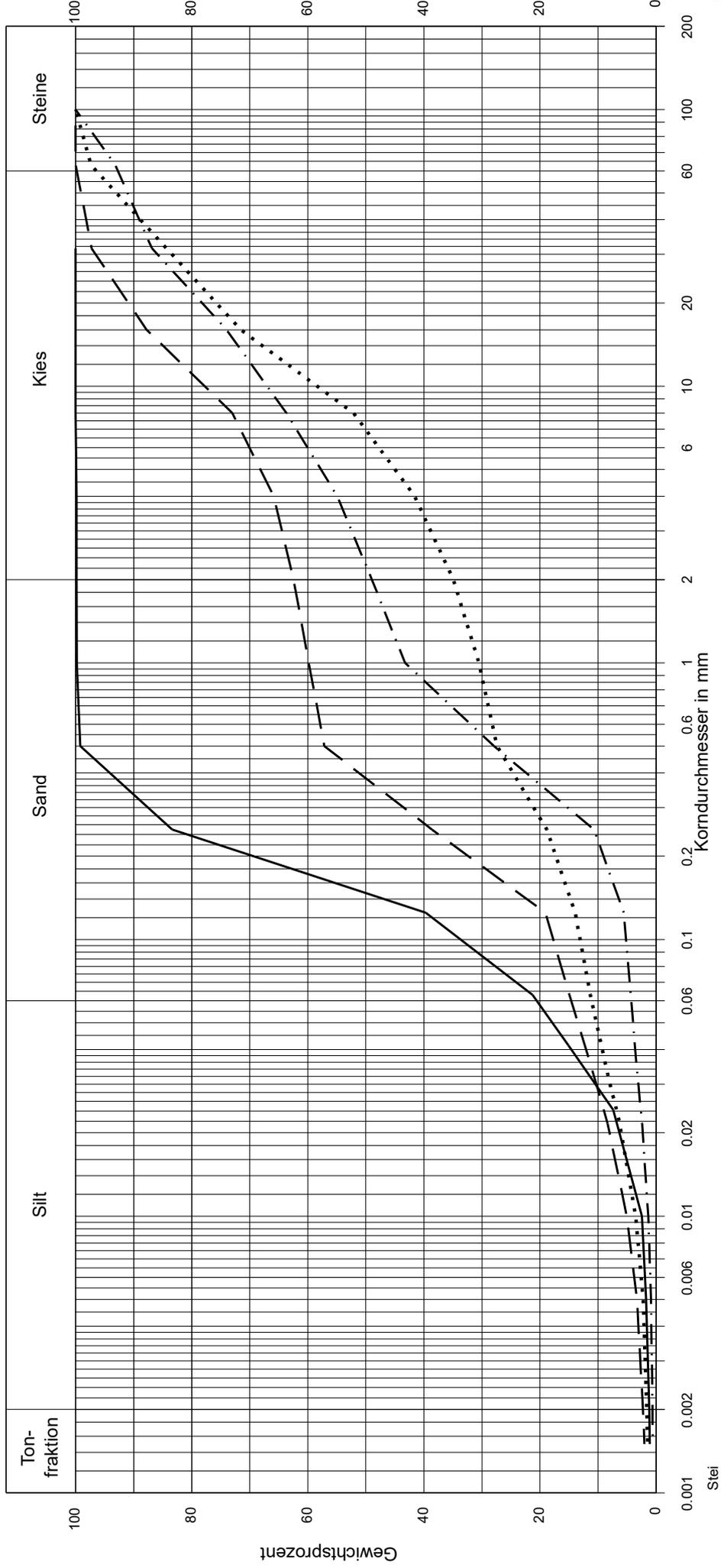
| Auftrag: 11034                       |   | 131764 Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West, Phase Bauprojekt |           |           |           |
|--------------------------------------|---|---|-----------|-----------|-----------|
| <b>Material- und Feldbezeichnung</b> |   |   |           |           |           |
| Labor Nr.                            |   | 20483   | 20484     | 20485     | 20486     |
| Bohrung Nr.                          |   | VB 24-1   | VB 24-1   | VB 24-1   | VB 24-1   |
| Feldbezeichnung der Probe            |   |   |           |           |           |
| Entnahmekote (Tiefe) m               |   | 22.0-22.9   | 24.4-25.1 | 25.1-25.6 | 25.6-26.0 |
| USCS-Klassifikation                  |   |   | GP        |           |           |
| <b>Anlieferungszustand</b>           |   |   |           |           |           |
| Wassergehalt                         | W %   | 8.5   | 1.6       | 5.9       | 6.2       |
| Dichte (feucht)                      | $\rho$ g/cm <sup>3</sup>                                |   |           |           |           |
| Trockendichte                        | $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>                              |   |           |           |           |
| Dichte der Festsubstanz              | $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>                              | 2.70  | 2.70      | 2.70      | 2.69      |
| Porosität                            | n %   |   |           |           |           |
| Sättigungsgrad                       | Sr %  |   |           |           |           |
| Carbonatgehalt                       | Ca %  |   |           |           |           |
| Druckfestigkeit                      | d <sub>c</sub> kPa                                      |   |           |           |           |
| <b>Konsistenz</b>                    |   |   |           |           |           |
| Fliessgrenze                         | W <sub>L</sub> %  |   |           |           |           |
| Ausrollgrenze                        | W <sub>P</sub> %  |   |           |           |           |
| Plastizitätszahl                     | I <sub>P</sub> = W <sub>L</sub> - W <sub>P</sub> %      |   |           |           |           |
| Liquiditätsindex                     | I <sub>L</sub> = (W - W <sub>P</sub> ) / I <sub>P</sub> |   |           |           |           |
| <b>Kornverteilung</b>                |   |   |           |           |           |
| D max                                | mm  | 63.0  | 100.0     | 31.5      | 31.5      |
| > 90 mm                              | %   | 0.0   | 1.0       | 0.0       | 0.0       |
| < 90 mm                              | %   | 100.0   | 99.0      | 100.0     | 100.0     |
| < 63 mm                              | %   | 100.0   | 95.6      | 100.0     | 100.0     |
| < 31.5 mm                            | %   | 94.1  | 82.4      | 100.0     | 100.0     |
| < 16 mm                              | %   | 81.7  | 60.8      | 96.5      | 91.4      |
| < 8 mm                               | %   | 65.9  | 32.9      | 89.5      | 78.6      |
| < 4 mm                               | %   | 59.6  | 21.7      | 84.9      | 69.6      |
| < 2 mm                               | %   | 56.3  | 18.1      | 83.3      | 66.8      |
| < 1 mm                               | %   | 53.76   | 15.91     | 82.24     | 65.33     |
| < 0.5 mm                             | %   | 45.44   | 14.20     | 42.55     | 47.35     |
| < 0.25 mm                            | %   | 18.49   | 9.01      | 11.13     | 19.27     |
| < 0.125 mm                           | %   | 8.84  | 6.30      | 6.81      | 11.96     |
| < 0.063 mm                           | %   | 5.43  | 4.85      | 5.32      | 9.56      |
| < 0.02 mm                            | %   | 2.01  | 2.11      | 2.82      | 5.08      |
| < 0.002 mm                           | %   | 0.40  | 0.45      | 0.70      | 1.20      |

# Kornverteilung in Summationskurven

Auftrag: 11034

131764 Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West, Phase Bauprojekt (SIA 32), Teil GWPW Ägerle

| Material- und Feldbezeichnung |           | Anlieferungszustand |           |      |                          | Konsistenz                 |                            |                  | USCS |                  |
|-------------------------------|-----------|---------------------|-----------|------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|------|------------------|
| Bohrung                       | Labor Nr. | Tiefe m             | Signatur  | w %  | $\rho$ g/cm <sup>3</sup> | $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup> | $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup> | w <sub>L</sub> % |      | w <sub>P</sub> % |
| VB 24-1                       | 20487     | 26.0-26.7           | — — — — — | 22.2 | 2.70                     |                            | 2.70                       |                  |      |                  |
| VB 24-1                       | 20488     | 28.0-28.5           | - - - - - | 8.1  | 2.70                     |                            | 2.70                       |                  |      |                  |
| VB 24-1                       | 20489     | 28.5-29.4           | .....     | 3.9  | 2.71                     |                            | 2.71                       |                  |      |                  |
| VB 24-1                       | 20490     | 30.0-30.6           | ..-.-.-.- | 4.2  | 2.70                     |                            | 2.70                       |                  |      |                  |



## Zusammenstellung der Versuchsergebnisse

| Auftrag: 11034                       |   | 131764 Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West, Phase Bauprojekt |           |           |           |
|--------------------------------------|---|---|-----------|-----------|-----------|
| <b>Material- und Feldbezeichnung</b> |   |   |           |           |           |
| Labor Nr.                            |   | 20487   | 20488     | 20489     | 20490     |
| Bohrung Nr.                          |   | VB 24-1   | VB 24-1   | VB 24-1   | VB 24-1   |
| Feldbezeichnung der Probe            |   |   |           |           |           |
| Entnahmekote (Tiefe) m               |   | 26.0-26.7   | 28.0-28.5 | 28.5-29.4 | 30.0-30.6 |
| USCS-Klassifikation                  |   |   |           |           | SP        |
| <b>Anlieferungszustand</b>           |   |   |           |           |           |
| Wassergehalt                         | W %   | 22.2  | 8.1       | 3.9       | 4.2       |
| Dichte (feucht)                      | $\rho$ g/cm <sup>3</sup>                                |   |           |           |           |
| Trockendichte                        | $\rho_d$ g/cm <sup>3</sup>                              |   |           |           |           |
| Dichte der Festsubstanz              | $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>                              | 2.70  | 2.70      | 2.71      | 2.70      |
| Porosität                            | n %   |   |           |           |           |
| Sättigungsgrad                       | Sr %  |   |           |           |           |
| Carbonatgehalt                       | Ca %  |   |           |           |           |
| Druckfestigkeit                      | d <sub>c</sub> kPa                                      |   |           |           |           |
| <b>Konsistenz</b>                    |   |   |           |           |           |
| Fliessgrenze                         | W <sub>L</sub> %  |   |           |           |           |
| Ausrollgrenze                        | W <sub>P</sub> %  |   |           |           |           |
| Plastizitätszahl                     | I <sub>P</sub> = W <sub>L</sub> - W <sub>P</sub> %      |   |           |           |           |
| Liquiditätsindex                     | I <sub>L</sub> = (W - W <sub>P</sub> ) / I <sub>P</sub> |   |           |           |           |
| <b>Kornverteilung</b>                |   |   |           |           |           |
| D max                                | mm  | 8.0   | 63.0      | 100.0     | 100.0     |
| > 90 mm                              | %   | 0.0   | 0.0       | 0.6       | 1.6       |
| < 90 mm                              | %   | 100.0   | 100.0     | 99.4      | 98.4      |
| < 63 mm                              | %   | 100.0   | 100.0     | 97.3      | 93.2      |
| < 31.5 mm                            | %   | 100.0   | 97.2      | 84.4      | 86.9      |
| < 16 mm                              | %   | 100.0   | 87.8      | 71.6      | 74.0      |
| < 8 mm                               | %   | 100.0   | 73.0      | 52.1      | 63.7      |
| < 4 mm                               | %   | 99.9  | 65.9      | 41.6      | 54.9      |
| < 2 mm                               | %   | 99.8  | 62.5      | 34.9      | 48.9      |
| < 1 mm                               | %   | 99.82   | 59.84     | 30.53     | 43.25     |
| < 0.5 mm                             | %   | 99.19   | 57.16     | 27.40     | 27.93     |
| < 0.25 mm                            | %   | 83.37   | 38.61     | 18.83     | 10.71     |
| < 0.125 mm                           | %   | 39.68   | 19.06     | 13.94     | 5.56      |
| < 0.063 mm                           | %   | 21.28   | 14.92     | 11.31     | 4.37      |
| < 0.02 mm                            | %   | 6.31  | 8.02      | 5.99      | 2.30      |
| < 0.002 mm                           | %   | 1.17  | 2.25      | 1.61      | 0.62      |

Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

***Flowmetermessungen im Versuchsbrunnen 24-1, Terradata AG vom 20.8.2024***

**Terradata AG**

Alpenstrasse 3  
CH-8152 Opfikon

Tel : +41 44 206 11 33  
Email : zuerich@terradata.ch



**Auftrag: 30097.01**

Projekt: Gebiet Ägerte  
Auftraggeber: Jäckli Geologie AG  
Bohrfirma: Bletry AG

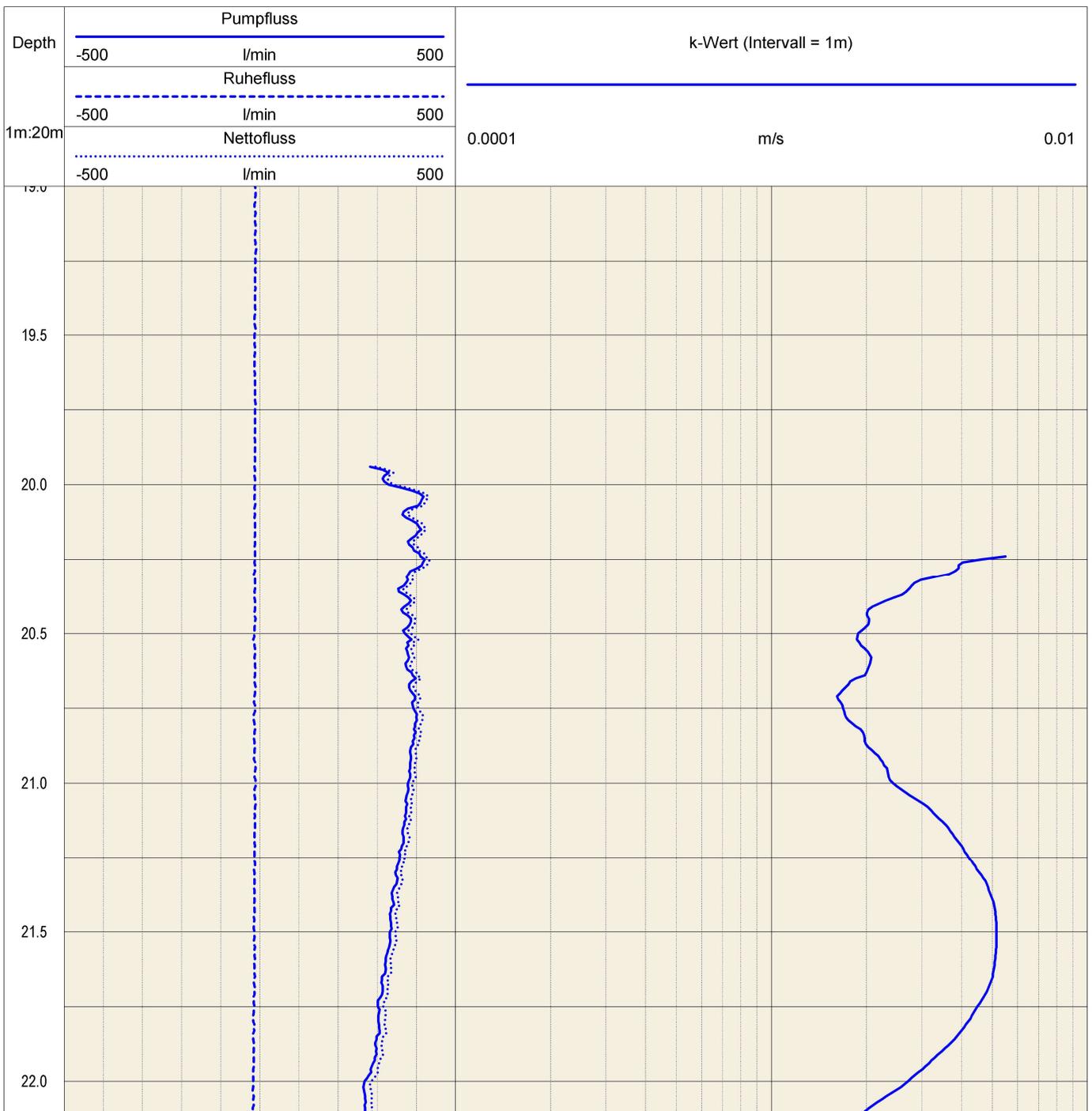
**Messung: Flowmeter**

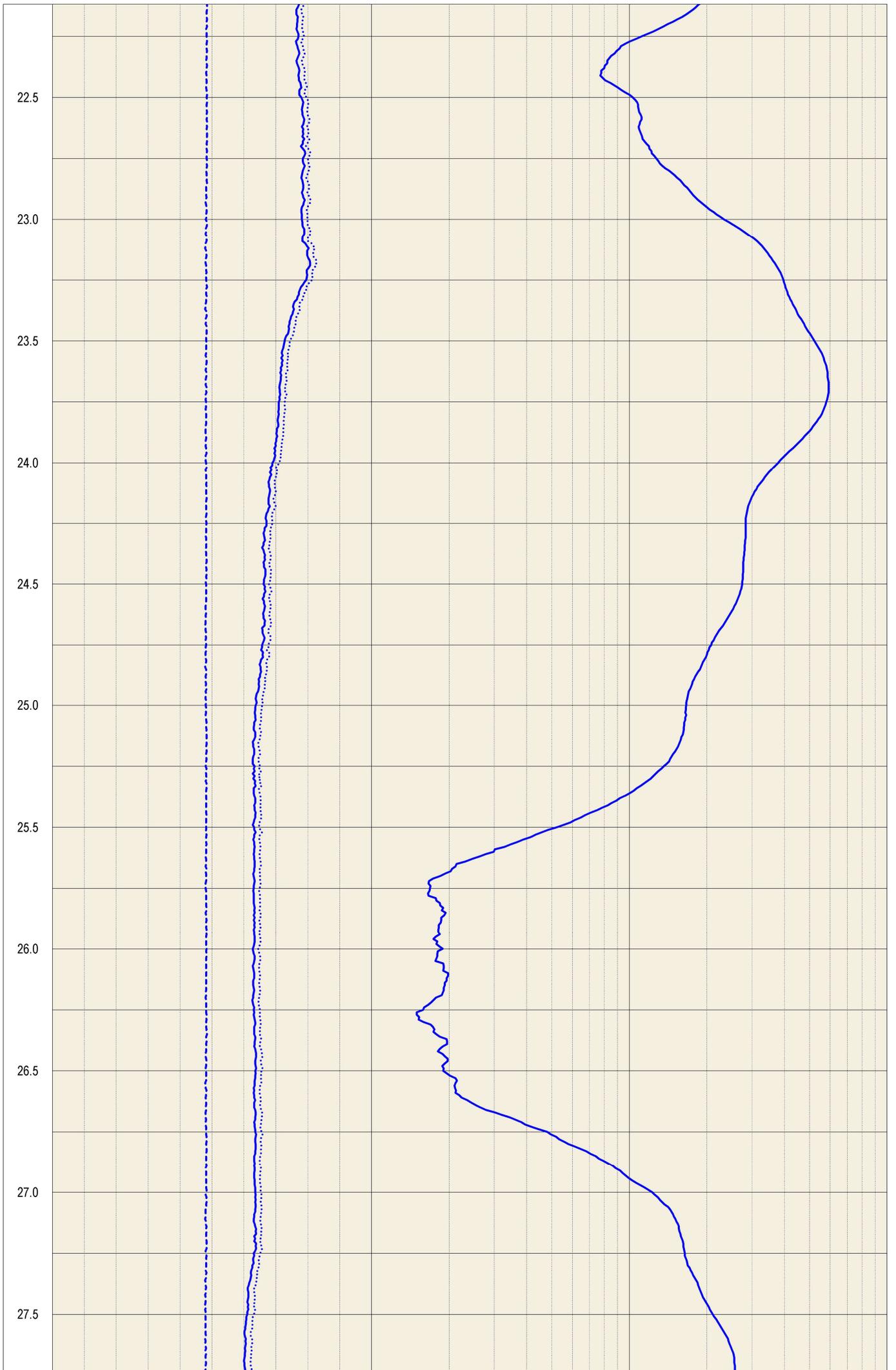
Messtechniker: Isc  
Datum: 20.08.2024  
Auswertung: Isc

**Bohrung EB-24**

Bereich 1: 0.00m bis 33.00m      Durchmesser 1: 4.5"      Ausbau 1: PVC Rohr  
Bereich 2:                              Durchmesser 2:                      Ausbau 2:  
Bereich 3:                              Durchmesser 3:                      Ausbau 3:

Weiteres: 0m = OKR  
WSp in Ruhe bei 16.33m, Schlamm ab 32.0m  
Pumpleistung: ca. 350l/min., WSp-Absenkung: 0.31m.  
Flüsse: Negative Werte = down flow, positive Werte = up flow.  
Filterrohre: 16-22 m / 23-25 m / 27-32m  
Vollrohre: 0-16 m / 22-23 m / 25-27 m







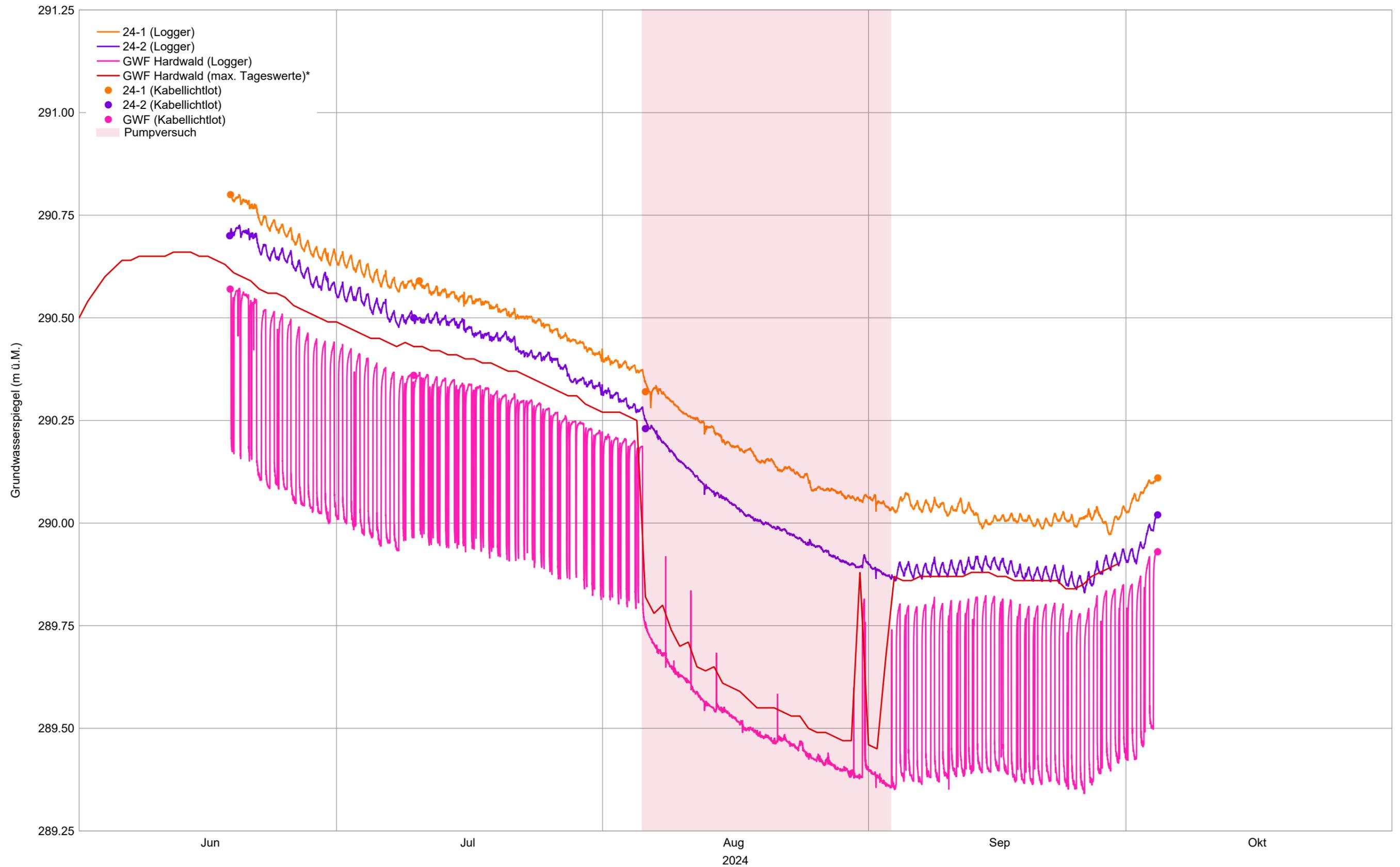
Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

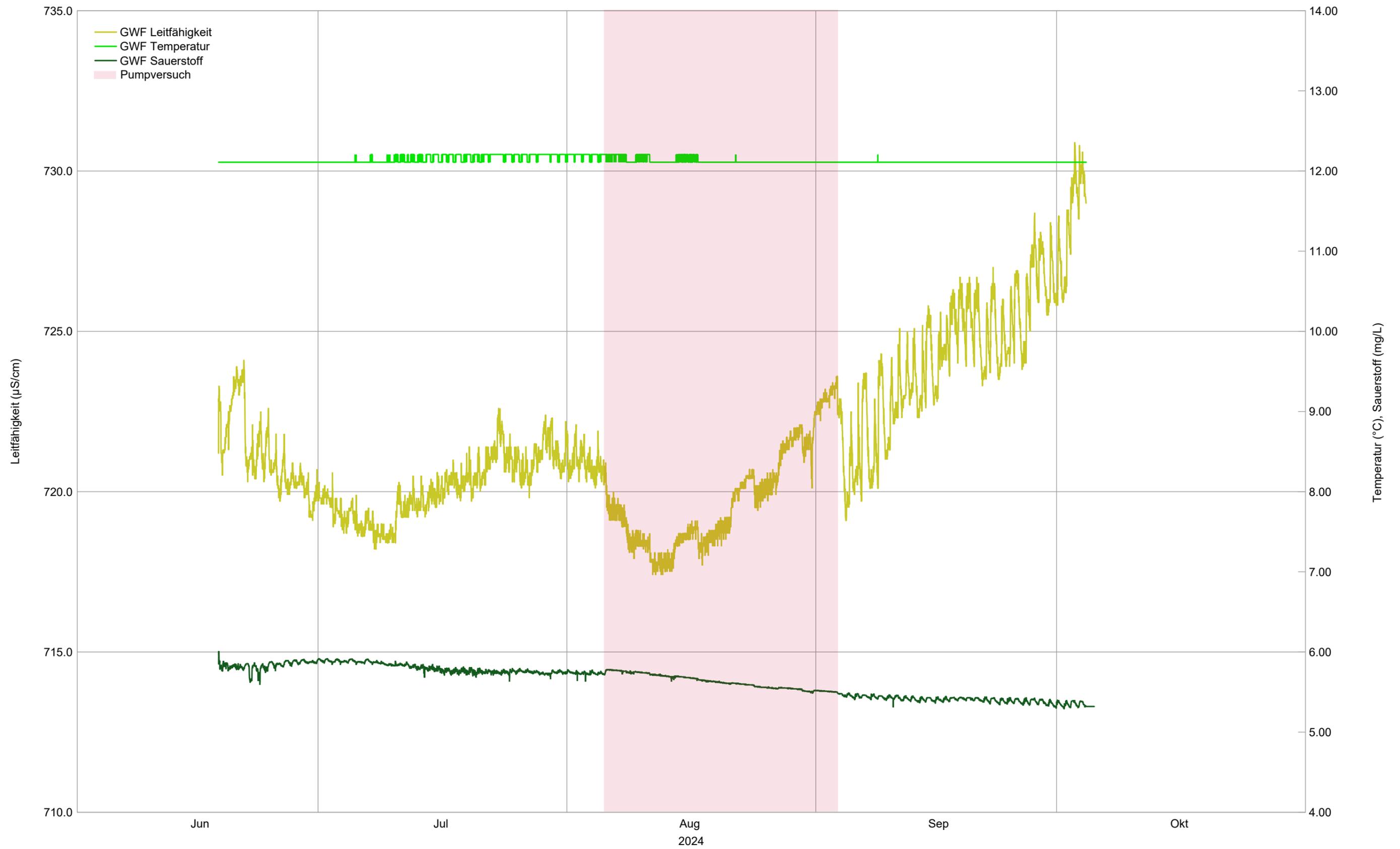
***Ganglinien des Grundwasserspiegels und Leitparameter während des  
Dauerpumpversuches***

# Erschließung Grundwasserschutzareal Hardwald West Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

Ganglinien des Grundwasserspiegels und Leitparameter während des Dauerpumpversuches



\*vom Pumpbetrieb beeinflusst



Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

***Chemische Wasseranalysen, Untersuchungsberichte Bachema AG vom  
21.7.2021, 30.9.2022, 1.12.2023 und 2.10.2024***

Schlieren, 21. Juli 2021  
NSE

Jäckli Geologie AG  
Kronengasse 39  
5400 Baden

# Untersuchungsbericht

Objekt: Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald,  
Eiken / AG

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064

|   |   |
|---|---|
| <b>Auftrags-Nr. Bachema</b>             | 202107470   |
| <b>Proben-Nr. Bachema</b>               | 31259, 31275, 31278-31279                                 |
| <b>Tag der Probenahme</b>               | 06. Juli 2021 - 07. Juli 2021                             |
| <b>Eingang Bachema</b>                  | 07. Juli 2021   |
| <b>Probenahmeort</b>                    | Eiken   |
| <b>Entnommen durch</b>                  | Jäckli Geologie AG<br>R. Meier, Jäckli Geologie AG        |
| <b>Auftraggeber</b>                     | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnungsadresse</b>                 | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnung zur Visierung</b>           | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht an</b>                       | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht per e-mail an</b>            | Jäckli Geologie AG, R. Felber, felber@jaeckli.ch          |
| <b>Bericht per e-mail an</b>            | Jäckli Geologie AG, R. Meier, meier@jaeckli.ch            |
| <b>Datenbankexport kundenspezifisch</b> | Jäckli Geologie AG, R. Felber, felber@jaeckli.ch          |

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AG



Simone Peter  
Dr. sc. nat. / MSc Biologie

**Objekt:** Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG  
**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202107470

### Probenübersicht

| Bachema-Nr. | Probenbezeichnung  | Probenahme / Eingang Labor |
|-------------|--|----------------------------|
| 31259 W     | <b>GWF Hardwald</b><br>(Probenahme ab Hahn.)                   | 06.07.21 / 07.07.21        |
| 31275 W     | <b>Mischprobe aus 15-2 + 20-1</b><br>Bachema-Nr. 31278 + 31279 | 07.07.21 / 07.07.21        |
| 31278 W     | <b>15-2</b>  | 07.07.21 / 07.07.21        |
| 31279 W     | <b>20-1</b>  | 07.07.21 / 07.07.21        |

### Legende zu den Referenzwerten

|               |  |
|---------------|--|
| TBDV TW (F/B) | Höchstwerte für Trinkwasser ab Wasserfassung (unbehandelt) bzw. unmittelbar nach Behandlung gemäss Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV). R=Richtwerte. |
|---------------|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
CH-8952 Schlieren

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

### Abkürzungen

|     |  |
|-----|--|
| W   | Wasserprobe  |
| F   | Feststoffprobe   |
| TS  | Trockensubstanz  |
| <   | Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode. |
| {1} | Die Analysenmethode liegt zurzeit nicht im akkreditierten Bereich der Bachema AG.                                      |
| {2} | Externe Analyse von Unterauftragnehmer / Fremdlabor.   |
| {3} | Feldmessung von Kunde erhoben.   |

### Akkreditierung

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Die Resultate der Untersuchungen beziehen sich auf die im Prüfbericht aufgeführten Proben und auf den Zustand der Proben bei der Entgegennahme durch die Bachema AG. Der vollständige Prüfbericht steht dem Kunden zur freien Verfügung. Die Verwendung von Auszügen (einzelne Seiten) oder Ausschnitten (Teile einzelner Seiten) des Prüfberichts sowie Hinweise auf den Prüfbericht (z.B. zu Werbezwecken oder bei Präsentationen) 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)</p> |
|--|--|

Chemisches und mikrobiologisches Labor für die Prüfung von Umweltproben (Wasser, Boden, Abfall, Recyclingmaterial)  
Akkreditiert nach ISO 17025  
STS-Nr. 0064

**Objekt:** Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG  
**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202107470

| Probenbezeichnung                        | GWF<br>Hardwald   | Mischprobe<br>aus 15-2 +<br>20-1 | Referenzwert     |  |
|--|-------------------|----------------------------------|------------------|--|
|  |                   |                                  | TBDV TW<br>(F/B) |  |
| Proben-Nr. Bachema<br>Tag der Probenahme | 31259<br>06.07.21 | 31275<br>07.07.21                |                  |  |

**Feldparameter**

|                               |         |               |  |  |  |  |
|-------------------------------|---------|---------------|--|--|--|--|
| Grundwasserspiegel            | m ü. M. | <b>290.68</b> |  |  |  |  |
| Vorpumpmenge / Vorlauf        | L       | <b>10'000</b> |  |  |  |  |
| Temperatur (Feld) {3}         | °C      | <b>12.3</b>   |  |  |  |  |
| Leitfähigkeit (Feld 25°C) {3} | µS/cm   | <b>745</b>    |  |  |  |  |
| pH-Wert {3}                   | pH      | <b>7.43</b>   |  |  |  |  |

**Elemente und Schwermetalle**

|                          |         |                    |                    |  |  |       |
|--------------------------|---------|--------------------|--------------------|--|--|-------|
| Aluminium (gelöst) ICP   | mg/L Al | <b>&lt;0.01</b>    | <b>&lt;0.01</b>    |  |  | 0.2   |
| Antimon (gelöst) ICP     | mg/L Sb | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  | 0.005 |
| Arsen (gelöst) ICP       | mg/L As | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  | 0.01  |
| Barium (gelöst) ICP      | mg/L Ba | <b>0.050</b>       | <b>0.086</b>       |  |  |       |
| Beryllium (gelöst) ICP   | mg/L Be | <b>&lt;0.005</b>   | <b>&lt;0.005</b>   |  |  |       |
| Blei (gelöst) ICP        | mg/L Pb | <b>&lt;0.0005</b>  | <b>&lt;0.0005</b>  |  |  | 0.01  |
| Bor (gelöst) ICP         | mg/L B  | <b>0.03</b>        | <b>0.03</b>        |  |  | 1     |
| Cadmium (gelöst) ICP     | mg/L Cd | <b>&lt;0.00005</b> | <b>&lt;0.00005</b> |  |  | 0.003 |
| Chrom (gelöst) ICP       | mg/L Cr | <b>&lt;0.0005</b>  | <b>&lt;0.0005</b>  |  |  | 0.05  |
| Eisen (gelöst) ICP       | mg/L Fe | <b>&lt;0.005</b>   | <b>&lt;0.005</b>   |  |  | 0.2   |
| Kobalt (gelöst) ICP      | mg/L Co | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  |       |
| Kupfer (gelöst) ICP      | mg/L Cu | <b>0.001</b>       | <b>&lt;0.001</b>   |  |  | 1     |
| Lithium (gelöst) ICP     | mg/L Li | <b>0.010</b>       | <b>0.010</b>       |  |  |       |
| Mangan (gelöst) ICP      | mg/L Mn | <b>&lt;0.005</b>   | <b>&lt;0.005</b>   |  |  | 0.05  |
| Molybdän (gelöst) ICP    | mg/L Mo | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  |       |
| Nickel (gelöst) ICP      | mg/L Ni | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  | 0.02  |
| Quecksilber (gelöst) AFS | mg/L Hg | <b>&lt;0.00001</b> | <b>&lt;0.00001</b> |  |  | 0.001 |
| Selen (gelöst) ICP       | mg/L Se | <b>&lt;0.001</b>   | <b>0.003</b>       |  |  | 0.01  |
| Silber (gelöst) ICP      | mg/L Ag | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  | 0.1   |
| Strontium (gelöst) ICP   | mg/L Sr | <b>0.807</b>       | <b>0.664</b>       |  |  |       |
| Thallium (gelöst) ICP    | mg/L Tl | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  |       |
| Uran (gelöst) ICP        | mg/L U  | <b>0.0005</b>      | <b>0.0005</b>      |  |  | 0.03  |
| Vanadium (gelöst) ICP    | mg/L V  | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  |       |
| Zink (gelöst) ICP        | mg/L Zn | <b>0.004</b>       | <b>0.002</b>       |  |  | 5     |
| Zinn (gelöst) ICP        | mg/L Sn | <b>&lt;0.001</b>   | <b>&lt;0.001</b>   |  |  |       |

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064



Schlieren, 30. September 2022  
AH

Jäckli Geologie AG  
Kronengasse 39  
5400 Baden

# Untersuchungsbericht

Objekt: Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald,  
Eiken / AG

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Auftrags-Nr. Bachema</b>   | 202210755   |
| <b>Proben-Nr. Bachema</b>     | 47574-47577, 47580  |
| <b>Tag der Probenahme</b>     | 22. September 2022 - 23. September 2022                   |
| <b>Eingang Bachema</b>        | 23. September 2022  |
| <b>Probenahmeort</b>          | Eiken   |
| <b>Entnommen durch</b>        | P. Nickel, Jäckli Geologie AG                             |
| <b>Auftraggeber</b>           | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnungsadresse</b>       | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnung zur Visierung</b> | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht an</b>             | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht per e-mail an</b>  | Jäckli Geologie AG, R. Felber, felber@jaeckli.ch          |
| <b>Bericht per e-mail an</b>  | Jäckli Geologie AG, R. Meier, meier@jaeckli.ch            |

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AG



Olaf Haag  
Dipl. Natw. ETH

**Objekt:** Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG  
**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202210755

**Probenübersicht**

| Bachema-Nr. | Probenbezeichnung  | Probenahme / Eingang Labor |
|-------------|--|----------------------------|
| 47574 W     | <b>GWF Hardwald</b><br>(Probenahme ab Hahn.)                   | 22.09.22 / 23.09.22        |
| 47575 W     | <b>Mischprobe aus 15-2 + 20-1</b><br>Bachema-Nr. 47576 + 47577 | / 23.09.22                 |
| 47576 W     | <b>15-2</b>  | 22.09.22 / 23.09.22        |
| 47577 W     | <b>20-1</b>  | 23.09.22 / 23.09.22        |
| 47580 W     | <b>20-1</b>  | 23.09.22 / 23.09.22        |

**Legende zu den Referenzwerten**

|               |  |
|---------------|--|
| TBDV TW (F/B) | Höchstwerte für Trinkwasser ab Wasserfassung (unbehandelt) bzw. unmittelbar nach Behandlung gemäss Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV). R=Richtwerte. |
|---------------|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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, Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach ISO 17025  
STS-Nr. 0064

**Abkürzungen**

|     |  |
|-----|--|
| W   | Wasserprobe  |
| F   | Feststoffprobe   |
| TS  | Trockensubstanz  |
| <   | Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode. |
| {1} | Die Analysenmethode liegt zurzeit nicht im akkreditierten Bereich der Bachema AG.                                      |
| {2} | Externe Analyse von Unterauftragnehmer / Fremdlabor.   |
| {3} | Feldmessung von Kunde erhoben.   |

**Akkreditierung**

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Die Resultate der Untersuchungen beziehen sich auf die im Prüfbericht aufgeführten Proben und auf den Zustand der Proben bei der Entgegennahme durch die Bachema AG. Der vollständige Prüfbericht steht dem Kunden zur freien Verfügung. Die Verwendung von Auszügen (einzelne Seiten) oder Ausschnitten (Teile einzelner Seiten) des Prüfberichts sowie Hinweise auf den Prüfbericht (z.B. zu Werbezwecken oder bei Präsentationen) 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)</p> |
|--|--|



**Objekt:** Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG

Auftraggeber: Jäckli Geologie AG  
Auftrags-Nr. Bachema: 202210755

| Probenbezeichnung  | 15-2     | 20-1     | Mischprobe aus 15-2 + 20-1 | 20-1     | Referenzwert  |  |
|--------------------|----------|----------|----------------------------|----------|---------------|--|
|                    |          |          |                            |          | TBDV TW (F/B) |  |
| Proben-Nr. Bachema | 47576    | 47577    | 47575                      | 47580    |               |  |
| Tag der Probenahme | 22.09.22 | 23.09.22 |                            | 23.09.22 |               |  |

**Feldparameter**

|                               |       |              |              |  |              |  |  |
|-------------------------------|-------|--------------|--------------|--|--------------|--|--|
| Abstich Oberkante Rohr        | m OKR | <b>16.22</b> | <b>16.30</b> |  | <b>16.30</b> |  |  |
| Entnahmetiefe                 | m     | <b>18.30</b> | <b>18.30</b> |  | <b>18.30</b> |  |  |
| Vorpumpmenge / Vorlauf        | L     | <b>1'008</b> | <b>1'050</b> |  | <b>1'050</b> |  |  |
| Temperatur (Feld) {3}         | °C    | <b>11.8</b>  |              |  |              |  |  |
| Leitfähigkeit (Feld 25°C) {3} | µS/cm | <b>720</b>   | <b>719</b>   |  | <b>719</b>   |  |  |
| pH-Wert {3}                   | pH    | <b>7.19</b>  |              |  |              |  |  |
| Sauerstoff {3}                | mg/L  | <b>7.17</b>  |              |  |              |  |  |
| Sauerstoffsättigung {3}       | %     | <b>69</b>    |              |  |              |  |  |

**Physikalisch-chemische Parameter**

|                         |       |  |  |                               |             |                               |  |
|-------------------------|-------|--|--|-------------------------------|-------------|-------------------------------|--|
| Aussehen                | {1}   |  |  | <b>klar farblos geruchlos</b> |             | <i>klar farblos geruchlos</i> |  |
| Farbe                   | {1}   |  |  |                               |             |                               |  |
| Geruch                  | {1}   |  |  |                               |             |                               |  |
| Trübung nephelometrisch | TE/F  |  |  | <b>&lt;0.1</b>                |             |                               |  |
| Leitfähigkeit (25°C)    | µS/cm |  |  | <b>722</b>                    |             |                               |  |
| pH-Wert (Labor)         | pH    |  |  |                               | <b>7.27</b> |                               |  |

**Sauerstoff**

|                           |                     |  |  |  |            |  |  |
|---------------------------|---------------------|--|--|--|------------|--|--|
| Sauerstoff (nach Winkler) | mg/L O <sub>2</sub> |  |  |  | <b>7.9</b> |  |  |
|---------------------------|---------------------|--|--|--|------------|--|--|

**Härteparameter und Kationen**

|                            |         |  |  |             |  |            |  |
|----------------------------|---------|--|--|-------------|--|------------|--|
| m-Wert (Säureverb. pH 4.3) | mmol/L  |  |  | <b>5.45</b> |  |            |  |
| Karbonathärte (berechnet)  | °fH     |  |  | <b>27.0</b> |  |            |  |
| Gesamthärte (berechnet)    | °fH     |  |  | <b>35.9</b> |  |            |  |
| Gesamthärte (berechnet)    | mmol/L  |  |  | <b>3.59</b> |  |            |  |
| Calcium (gelöst)           | mg/L Ca |  |  | <b>119</b>  |  |            |  |
| Magnesium (gelöst)         | mg/L Mg |  |  | <b>15.1</b> |  |            |  |
| Natrium (gelöst)           | mg/L Na |  |  | <b>12.2</b> |  | <b>200</b> |  |
| Kalium (gelöst)            | mg/L K  |  |  | <b>2.7</b>  |  |            |  |

**Anionen**

|         |                      |  |  |             |  |            |  |
|---------|----------------------|--|--|-------------|--|------------|--|
| Chlorid | mg/L Cl              |  |  | <b>15.7</b> |  |            |  |
| Nitrat  | mg/L NO <sub>3</sub> |  |  | <b>14.5</b> |  | <b>40</b>  |  |
| Sulfat  | mg/L SO <sub>4</sub> |  |  | <b>85.9</b> |  |            |  |
| Fluorid | mg/L F               |  |  | <b>0.2</b>  |  | <b>1.5</b> |  |

**N- und P-Verbindungen**

|                |                      |  |  |                  |  |                               |  |
|----------------|----------------------|--|--|------------------|--|-------------------------------|--|
| Ammonium       | mg/L NH <sub>4</sub> |  |  | <b>&lt;0.01</b>  |  | <i>0.1 (ox)<br/>0.5 (red)</i> |  |
| Nitrit         | mg/L NO <sub>2</sub> |  |  | <b>&lt;0.005</b> |  | <i>0.1</i>                    |  |
| ortho-Phosphat | mg/L PO <sub>4</sub> |  |  | <b>0.03</b>      |  |                               |  |

**Elemente und Schwermetalle**

|                     |         |  |  |                   |  |             |  |
|---------------------|---------|--|--|-------------------|--|-------------|--|
| Blei (gelöst) ICP   | mg/L Pb |  |  | <b>&lt;0.0005</b> |  | <i>0.01</i> |  |
| Chrom (gelöst) ICP  | mg/L Cr |  |  | <b>0.0006</b>     |  | <i>0.05</i> |  |
| Mangan (gelöst) ICP | mg/L Mn |  |  | <b>&lt;0.005</b>  |  | <i>0.05</i> |  |

**Organische Summenparameter**

|     |        |  |  |             |  |                  |  |
|-----|--------|--|--|-------------|--|------------------|--|
| DOC | mg/L C |  |  | <b>0.64</b> |  | <i>2 R (TOC)</i> |  |
|-----|--------|--|--|-------------|--|------------------|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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, Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach ISO 17025 STS-Nr. 0064

**Objekt:** **Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG**

**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202210755

| Probenbezeichnung  | 15-2     | 20-1     | Mischprobe aus 15-2 + 20-1 | 20-1     | TBDV TW (F/B) |  |
|--------------------|----------|----------|----------------------------|----------|---------------|--|
| Proben-Nr. Bachema | 47576    | 47577    | 47575                      | 47580    |               |  |
| Tag der Probenahme | 22.09.22 | 23.09.22 |                            | 23.09.22 |               |  |

**Pestizide A-L**

|                                       |      |  |                 |  |       |  |
|---------------------------------------|------|--|-----------------|--|-------|--|
| Atrazin MS/MS                         | µg/L |  | <b>0.02</b>     |  | 0.1   |  |
| Chlorthalonil-Metabolit R471811 MS/MS | µg/L |  | <b>0.18</b>     |  | (0.1) |  |
| Desethylatrazin MS/MS                 | µg/L |  | <b>&lt;0.02</b> |  | 0.1   |  |

**Arzneimittel**

|                  |      |  |                 |  |  |  |
|------------------|------|--|-----------------|--|--|--|
| Diclofenac MS/MS | µg/L |  | <b>&lt;0.01</b> |  |  |  |
|------------------|------|--|-----------------|--|--|--|

**Industriechemikalien**

|                    |      |  |                 |  |  |  |
|--------------------|------|--|-----------------|--|--|--|
| Benzotriazol MS/MS | µg/L |  | <b>&lt;0.02</b> |  |  |  |
|--------------------|------|--|-----------------|--|--|--|

**Künstlicher Süsstoff**

|                 |      |  |             |  |  |  |
|-----------------|------|--|-------------|--|--|--|
| Acesulfam MS/MS | µg/L |  | <b>0.02</b> |  |  |  |
|-----------------|------|--|-------------|--|--|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064

**Objekt:** **Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG**

**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202210755

| Probenbezeichnung  | GWF<br>Hardwald |                  |  |  |  | Referenzwert |  |
|--------------------|-----------------|------------------|--|--|--|--------------|--|
|                    |                 | TBDV TW<br>(F/B) |  |  |  |              |  |
| Proben-Nr. Bachema | 47574           |                  |  |  |  |              |  |
| Tag der Probenahme | 22.09.22        |                  |  |  |  |              |  |

**Feldparameter**

|                               |         |               |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|---------|---------------|--|--|--|--|--|
| Grundwasserspiegel            | m ü. M. | <b>259.66</b> |  |  |  |  |  |
| Vorpumpmenge / Vorlauf        | L       | <b>28'000</b> |  |  |  |  |  |
| Temperatur (Feld) {3}         | °C      | <b>12.0</b>   |  |  |  |  |  |
| Leitfähigkeit (Feld 25°C) {3} | µS/cm   | <b>735</b>    |  |  |  |  |  |
| pH-Wert {3}                   | pH      | <b>7.25</b>   |  |  |  |  |  |

**Physikalisch-chemische Parameter**

|                         |       |                  |  |  |  |                  |  |
|-------------------------|-------|------------------|--|--|--|------------------|--|
| Aussehen                | {1}   | <b>klar</b>      |  |  |  | <i>klar</i>      |  |
| Farbe                   | {1}   | <b>farblos</b>   |  |  |  | <i>farblos</i>   |  |
| Geruch                  | {1}   | <b>geruchlos</b> |  |  |  | <i>geruchlos</i> |  |
| Trübung nephelometrisch | TE/F  | <b>&lt;0.1</b>   |  |  |  | <i>1 R</i>       |  |
| Leitfähigkeit (25°C)    | µS/cm | <b>723</b>       |  |  |  |                  |  |
| pH-Wert (Labor)         | pH    | <b>7.34</b>      |  |  |  |                  |  |

**Sauerstoff**

|                            |                     |            |  |  |  |  |  |
|----------------------------|---------------------|------------|--|--|--|--|--|
| Sauerstoff (nach Winkler)  | mg/L O <sub>2</sub> | <b>5.7</b> |  |  |  |  |  |
| Sauerstoffsättigung (ber.) | %                   | <b>53</b>  |  |  |  |  |  |

**Härteparameter und Kationen**

|                            |         |             |  |  |  |     |  |
|----------------------------|---------|-------------|--|--|--|-----|--|
| m-Wert (Säureverb. pH 4.3) | mmol/L  | <b>4.86</b> |  |  |  |     |  |
| Karbonathärte (berechnet)  | °fH     | <b>24.1</b> |  |  |  |     |  |
| Gesamthärte (berechnet)    | °fH     | <b>36.0</b> |  |  |  |     |  |
| Gesamthärte (berechnet)    | mmol/L  | <b>3.60</b> |  |  |  |     |  |
| Calcium (gelöst)           | mg/L Ca | <b>118</b>  |  |  |  |     |  |
| Magnesium (gelöst)         | mg/L Mg | <b>16.1</b> |  |  |  |     |  |
| Natrium (gelöst)           | mg/L Na | <b>14.2</b> |  |  |  |     |  |
| Kalium (gelöst)            | mg/L K  | <b>2.8</b>  |  |  |  | 200 |  |

**Anionen**

|         |                      |             |  |  |  |     |  |
|---------|----------------------|-------------|--|--|--|-----|--|
| Chlorid | mg/L Cl              | <b>19.3</b> |  |  |  |     |  |
| Nitrat  | mg/L NO <sub>3</sub> | <b>15.2</b> |  |  |  | 40  |  |
| Sulfat  | mg/L SO <sub>4</sub> | <b>112</b>  |  |  |  |     |  |
| Fluorid | mg/L F               | <b>0.2</b>  |  |  |  | 1.5 |  |

**N- und P-Verbindungen**

|                |                      |                 |  |  |  |                       |  |
|----------------|----------------------|-----------------|--|--|--|-----------------------|--|
| Ammonium       | mg/L NH <sub>4</sub> | <b>&lt;0.01</b> |  |  |  | 0.1 (ox)<br>0.5 (red) |  |
| Nitrit         | mg/L NO <sub>2</sub> | <b>0.005</b>    |  |  |  | 0.1                   |  |
| ortho-Phosphat | mg/L PO <sub>4</sub> | <b>0.03</b>     |  |  |  |                       |  |

**Berechnete Grössen**

|                                 |                      |       |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|----------------------|-------|--|--|--|--|--|
| freie Kohlensäure               | mg/L CO <sub>2</sub> | 21.0  |  |  |  |  |  |
| Gleichgewichts-Kohlensäure      | mg/L CO <sub>2</sub> | 38.1  |  |  |  |  |  |
| Kalkaggressive Kohlensäure      | mg/L CO <sub>2</sub> | -17.1 |  |  |  |  |  |
| Gleichgewichts-pH               | pH                   | 7.1   |  |  |  |  |  |
| Calciumcarbonat-Sättigungsindex | pH                   | 0.3   |  |  |  |  |  |

**Elemente und Schwermetalle**

|                     |         |                   |  |  |  |      |  |
|---------------------|---------|-------------------|--|--|--|------|--|
| Blei (gelöst) ICP   | mg/L Pb | <b>&lt;0.0005</b> |  |  |  | 0.01 |  |
| Chrom (gelöst) ICP  | mg/L Cr | <b>&lt;0.0005</b> |  |  |  | 0.05 |  |
| Mangan (gelöst) ICP | mg/L Mn | <b>&lt;0.005</b>  |  |  |  | 0.05 |  |

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064



**Objekt:** Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG

Auftraggeber: Jäckli Geologie AG  
Auftrags-Nr. Bachema: 202210755

|                          |                         |  |  |  |  |                          |  |
|--------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--------------------------|--|
| <b>Probenbezeichnung</b> | <b>GWF<br/>Hardwald</b> |  |  |  |  | <b>TBDV TW<br/>(F/B)</b> |  |
| Proben-Nr. Bachema       | 47574                   |  |  |  |  |                          |  |
| Tag der Probenahme       | 22.09.22                |  |  |  |  |                          |  |

**Organische Summenparameter**

|     |        |             |  |  |  |                  |  |
|-----|--------|-------------|--|--|--|------------------|--|
| DOC | mg/L C | <b>0.68</b> |  |  |  | <b>2 R (TOC)</b> |  |
|-----|--------|-------------|--|--|--|------------------|--|

**Pestizide A-L**

|  |      |                 |  |  |  |              |  |
|--|------|-----------------|--|--|--|--------------|--|
| Atrazin MS/MS                            | µg/L | <b>&lt;0.02</b> |  |  |  | <b>0.1</b>   |  |
| Chlorthalonil-Metabolit<br>R471811 MS/MS | µg/L | <b>0.17</b>     |  |  |  | <b>(0.1)</b> |  |
| Desethylatrazin MS/MS                    | µg/L | <b>&lt;0.02</b> |  |  |  | <b>0.1</b>   |  |

**Arzneimittel**

|                  |      |                 |  |  |  |  |  |
|------------------|------|-----------------|--|--|--|--|--|
| Diclofenac MS/MS | µg/L | <b>&lt;0.01</b> |  |  |  |  |  |
|------------------|------|-----------------|--|--|--|--|--|

**Industriechemikalien**

|                    |      |             |  |  |  |  |  |
|--------------------|------|-------------|--|--|--|--|--|
| Benzotriazol MS/MS | µg/L | <b>0.03</b> |  |  |  |  |  |
|--------------------|------|-------------|--|--|--|--|--|

**Künstlicher Süsstoff**

|                 |      |             |  |  |  |  |  |
|-----------------|------|-------------|--|--|--|--|--|
| Acesulfam MS/MS | µg/L | <b>0.03</b> |  |  |  |  |  |
|-----------------|------|-------------|--|--|--|--|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064

Schlieren, 01. Dezember 2023  
ar

Jäckli Geologie AG  
Kronengasse 39  
5400 Baden

# Untersuchungsbericht

Objekt: Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald,  
Eiken / AG

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Auftrags-Nr. Bachema</b>   | 202314152   |
| <b>Proben-Nr. Bachema</b>     | 62641-62644   |
| <b>Tag der Probenahme</b>     | 21. November 2023   |
| <b>Eingang Bachema</b>        | 22. November 2023   |
| <b>Probenahmeort</b>          | Eiken   |
| <b>Entnommen durch</b>        | P. Nickel, Jäckli Geologie AG                             |
| <b>Auftraggeber</b>           | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnungsadresse</b>       | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnung zur Visierung</b> | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht an</b>             | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht per e-mail an</b>  | Jäckli Geologie AG, R. Felber, felber@jaeckli.ch          |
| <b>Bericht per e-mail an</b>  | Jäckli Geologie AG, P. Nickel, nickel@jaeckli.ch          |

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AG



Annette Rust

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

**Objekt:** **Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG**  
**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202314152

**Probenübersicht**

| Bachema-Nr. | Probenbezeichnung   | Probenahme / Eingang Labor |
|-------------|---|----------------------------|
| 62641 W     | <b>GWF Hardwald</b><br>(Probenahme ab Hahn)   | 21.11.23 / 22.11.23        |
| 62642 W     | <b>20-1</b>   | 21.11.23 / 22.11.23        |
| 62643 W     | <b>15-2</b>   | 21.11.23 / 22.11.23        |
| 62644 W     | <b>Mischprobe aus 15-2 + 20-1</b><br>Bachema-Nr. 62642 + 62643 (Für die berechneten Grössen wurde für den pH-Wert der Mittelwert der im Labor gemessenen pH-Werte der beiden Teilproben (pH 7.27) verwendet.) | 21.11.23 / 22.11.23        |

**Legende zu den Referenzwerten**

|               |  |
|---------------|--|
| TBDV TW (F/B) | Höchstwerte für Trinkwasser ab Wasserfassung (unbehandelt) bzw. unmittelbar nach Behandlung gemäss Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV). R=Richtwerte. |
|---------------|--|

**Abkürzungen**

|     |  |
|-----|--|
| W   | Wasserprobe  |
| F   | Feststoffprobe   |
| TS  | Trockensubstanz  |
| <   | Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode. |
| {1} | Die Analysenmethode liegt zurzeit nicht im akkreditierten Bereich der Bachema AG.                                      |
| {2} | Externe Analyse von Unterauftragnehmer / Fremdlabor.   |
| {3} | Feldmessung von Kunde erhoben.   |

**Akkreditierung**

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Die Resultate der Untersuchungen beziehen sich auf die im Prüfbericht aufgeführten Proben und auf den Zustand der Proben bei der Entgegennahme durch die Bachema AG. Der vollständige Prüfbericht steht dem Kunden zur freien Verfügung. Die Verwendung von Auszügen (einzelne Seiten) oder Ausschnitten (Teile einzelner Seiten) des Prüfberichts sowie Hinweise auf den Prüfbericht (z.B. zu Werbezwecken oder bei Präsentationen) sind nur mit Genehmigung der Bachema AG gestattet. Detailinformationen zu Messmethode, Messunsicherheiten und Prüfdaten sind auf Anfrage erhältlich (s. auch Dienstleistungsverzeichnis oder <a href="http://www.bachema.ch">www.bachema.ch</a>)</p> |
|--|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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, Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach ISO/IEC 17025 STS-Nr. 0064

**Objekt:** **Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG**

**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202314152

| Probenbezeichnung  | 15-2     | 20-1     | Referenzwert  |  |  |  |
|--------------------|----------|----------|---------------|--|--|--|
|                    |          |          | TBDV TW (F/B) |  |  |  |
| Proben-Nr. Bachema | 62643    | 62642    |               |  |  |  |
| Tag der Probenahme | 21.11.23 | 21.11.23 |               |  |  |  |

**Feldparameter**

|                               |       |              |              |  |  |  |
|-------------------------------|-------|--------------|--------------|--|--|--|
| Abstich Oberkante Rohr        | m OKR | <b>15.74</b> | <b>15.78</b> |  |  |  |
| Entnahmetiefe                 | m     | <b>17.8</b>  | <b>17.8</b>  |  |  |  |
| Vorpumpmenge / Vorlauf        | L     | <b>1'008</b> | <b>1'080</b> |  |  |  |
| Temperatur (Feld) {3}         | °C    | <b>11.5</b>  | <b>11.6</b>  |  |  |  |
| Leitfähigkeit (Feld 25°C) {3} | µS/cm | <b>790</b>   | <b>789</b>   |  |  |  |
| pH-Wert {3}                   | pH    | <b>7.08</b>  | <b>7.08</b>  |  |  |  |
| Sauerstoff {3}                | mg/L  | <b>7.86</b>  | <b>7.72</b>  |  |  |  |
| Sauerstoffsättigung {3}       | %     | <b>72</b>    | <b>71</b>    |  |  |  |

**Physikalisch-chemische Parameter**

|                      |       |             |             |  |  |  |
|----------------------|-------|-------------|-------------|--|--|--|
| Leitfähigkeit (25°C) | µS/cm | <b>784</b>  | <b>780</b>  |  |  |  |
| pH-Wert (Labor)      | pH    | <b>7.20</b> | <b>7.33</b> |  |  |  |

**Sauerstoff**

|                            |                     |            |            |  |  |  |
|----------------------------|---------------------|------------|------------|--|--|--|
| Sauerstoff (nach Winkler)  | mg/L O <sub>2</sub> | <b>7.1</b> | <b>7.1</b> |  |  |  |
| Sauerstoffsättigung (ber.) | %                   | <b>65</b>  | <b>66</b>  |  |  |  |

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064



**Objekt:** **Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG**

**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202314152

| Probenbezeichnung                        | Mischprobe aus 15-2 + 20-1 | GW Hardwald       | Referenzwert  |  |
|--|----------------------------|-------------------|---------------|--|
|  |                            |                   | TBDV TW (F/B) |  |
| Proben-Nr. Bachema<br>Tag der Probenahme | 62644<br>21.11.23          | 62641<br>21.11.23 |               |  |

**Feldparameter**

|                               |         |  |               |  |  |  |
|-------------------------------|---------|--|---------------|--|--|--|
| Grundwasserspiegel            | m ü. M. |  | <b>290.36</b> |  |  |  |
| Vorpumpmenge / Vorlauf        | L       |  | <b>20'000</b> |  |  |  |
| Temperatur (Feld) {3}         | °C      |  | <b>12.0</b>   |  |  |  |
| Leitfähigkeit (Feld 25°C) {3} | µS/cm   |  | <b>752</b>    |  |  |  |
| pH-Wert {3}                   | pH      |  | <b>7.19</b>   |  |  |  |
| Sauerstoff {3}                | mg/L    |  | <b>6.36</b>   |  |  |  |
| Sauerstoffsättigung {3}       | %       |  | <b>59</b>     |  |  |  |

**Physikalisch-chemische Parameter**

|                         |       |  |                  |  |  |                  |
|-------------------------|-------|--|------------------|--|--|------------------|
| Aussehen {1}            |       |  | <b>klar</b>      |  |  | <i>klar</i>      |
| Farbe {1}               |       |  | <b>farblos</b>   |  |  | <i>farblos</i>   |
| Geruch {1}              |       |  | <b>geruchlos</b> |  |  | <i>geruchlos</i> |
| Trübung nephelometrisch | TE/F  |  | <b>&lt;0.1</b>   |  |  | <i>1 R</i>       |
| Leitfähigkeit (25°C)    | µS/cm |  | <b>745</b>       |  |  |                  |
| pH-Wert (Labor)         | pH    |  | <b>7.41</b>      |  |  |                  |

**Sauerstoff**

|                            |                     |  |            |  |  |  |
|----------------------------|---------------------|--|------------|--|--|--|
| Sauerstoff (nach Winkler)  | mg/L O <sub>2</sub> |  | <b>6.1</b> |  |  |  |
| Sauerstoffsättigung (ber.) | %                   |  | <b>57</b>  |  |  |  |

**Härteparameter und Kationen**

|                            |         |  |             |             |  |            |
|----------------------------|---------|--|-------------|-------------|--|------------|
| m-Wert (Säureverb. pH 4.3) | mmol/L  |  | <b>6.04</b> | <b>5.01</b> |  |            |
| Karbonathärte (berechnet)  | °fH     |  | <b>30.0</b> | <b>24.8</b> |  |            |
| Gesamthärte (berechnet)    | °fH     |  | <b>39.8</b> | <b>36.5</b> |  |            |
| Gesamthärte (berechnet)    | mmol/L  |  | <b>3.98</b> | <b>3.65</b> |  |            |
| Calcium (gelöst)           | mg/L Ca |  | <b>132</b>  | <b>119</b>  |  |            |
| Magnesium (gelöst)         | mg/L Mg |  | <b>16.9</b> | <b>16.5</b> |  |            |
| Natrium (gelöst)           | mg/L Na |  | <b>11.2</b> | <b>13.7</b> |  | <i>200</i> |
| Kalium (gelöst)            | mg/L K  |  | <b>2.7</b>  | <b>2.8</b>  |  |            |

**Anionen**

|         |                      |  |             |             |  |            |
|---------|----------------------|--|-------------|-------------|--|------------|
| Chlorid | mg/L Cl              |  | <b>13.5</b> | <b>19.5</b> |  |            |
| Nitrat  | mg/L NO <sub>3</sub> |  | <b>14.1</b> | <b>16.8</b> |  | <i>40</i>  |
| Sulfat  | mg/L SO <sub>4</sub> |  | <b>89.2</b> | <b>108</b>  |  |            |
| Fluorid | mg/L F               |  | <b>0.2</b>  | <b>0.2</b>  |  | <i>1.5</i> |

**N- und P-Verbindungen**

|                |                      |  |                  |                  |  |                               |
|----------------|----------------------|--|------------------|------------------|--|-------------------------------|
| Ammonium       | mg/L NH <sub>4</sub> |  | <b>&lt;0.01</b>  | <b>0.01</b>      |  | <i>0.1 (ox)<br/>0.5 (red)</i> |
| Nitrit         | mg/L NO <sub>2</sub> |  | <b>&lt;0.005</b> | <b>&lt;0.005</b> |  | <i>0.1</i>                    |
| ortho-Phosphat | mg/L PO <sub>4</sub> |  | <b>0.02</b>      | <b>0.02</b>      |  |                               |

**Berechnete Grössen**

|                                 |                      |  |       |       |  |  |
|---------------------------------|----------------------|--|-------|-------|--|--|
| freie Kohlensäure               | mg/L CO <sub>2</sub> |  | 29.9  | 18.0  |  |  |
| Gleichgewichts-Kohlensäure      | mg/L CO <sub>2</sub> |  | 66.9  | 42.0  |  |  |
| Kalkaggressive Kohlensäure      | mg/L CO <sub>2</sub> |  | -37.0 | -24.0 |  |  |
| Gleichgewichts-pH               | pH                   |  | 6.9   | 7.0   |  |  |
| Calciumcarbonat-Sättigungsindex | pH                   |  | 0.4   | 0.4   |  |  |

**Elemente und Schwermetalle**

|                     |         |  |                   |                   |  |             |
|---------------------|---------|--|-------------------|-------------------|--|-------------|
| Blei (gelöst) ICP   | mg/L Pb |  | <b>&lt;0.0005</b> | <b>0.0005</b>     |  | <i>0.01</i> |
| Chrom (gelöst) ICP  | mg/L Cr |  | <b>0.0005</b>     | <b>&lt;0.0005</b> |  | <i>0.05</i> |
| Mangan (gelöst) ICP | mg/L Mn |  | <b>&lt;0.005</b>  | <b>&lt;0.005</b>  |  | <i>0.05</i> |

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064

**Objekt: Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG**

Auftraggeber: Jäckli Geologie AG  
Auftrags-Nr. Bachema: 202314152

| Probenbezeichnung                        | Mischprobe aus 15-2 + 20-1 | GWF Hardwald      |  |  | TBDV TW (F/B) |  |
|--|----------------------------|-------------------|--|--|---------------|--|
| Proben-Nr. Bachema<br>Tag der Probenahme | 62644<br>21.11.23          | 62641<br>21.11.23 |  |  |               |  |

**Organische Summenparameter**

|     |        |      |      |  |  |           |
|-----|--------|------|------|--|--|-----------|
| DOC | mg/L C | 0.56 | 0.60 |  |  | 2 R (TOC) |
|-----|--------|------|------|--|--|-----------|

**Pestizide A-L**

|                                       |      |       |       |  |  |       |
|---------------------------------------|------|-------|-------|--|--|-------|
| Atrazin MS/MS                         | µg/L | 0.02  | <0.02 |  |  | 0.1   |
| Chlorthalonil-Metabolit R471811 MS/MS | µg/L | 0.15  | 0.15  |  |  | (0.1) |
| Desethylatrazin MS/MS                 | µg/L | <0.02 | <0.02 |  |  | 0.1   |

**Arzneimittel**

|                  |      |       |       |  |  |  |
|------------------|------|-------|-------|--|--|--|
| Diclofenac MS/MS | µg/L | <0.01 | <0.01 |  |  |  |
|------------------|------|-------|-------|--|--|--|

**Industriechemikalien**

|                    |      |       |      |  |  |  |
|--------------------|------|-------|------|--|--|--|
| Benzotriazol MS/MS | µg/L | <0.02 | 0.03 |  |  |  |
|--------------------|------|-------|------|--|--|--|

**Künstlicher Süsstoff**

|                 |      |       |      |  |  |  |
|-----------------|------|-------|------|--|--|--|
| Acesulfam MS/MS | µg/L | <0.01 | 0.02 |  |  |  |
|-----------------|------|-------|------|--|--|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064

Schlieren, 02. Oktober 2024  
AH

Jäckli Geologie AG  
Kronengasse 39  
5400 Baden

# Untersuchungsbericht

Objekt: Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald,  
Eiken / AG

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>Auftrags-Nr. Bachema</b>   | 202411767   |
| <b>Proben-Nr. Bachema</b>     | 51160-51163   |
| <b>Tag der Probenahme</b>     | 18. September 2024  |
| <b>Eingang Bachema</b>        | 18. September 2024  |
| <b>Probenahmeort</b>          | Eiken   |
| <b>Entnommen durch</b>        | M. Steiner, Jäckli Geologie AG                            |
| <b>Auftraggeber</b>           | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnungsadresse</b>       | Jäckli Geologie AG, Kronengasse 39, 5400 Baden            |
| <b>Rechnung zur Visierung</b> | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht an</b>             | Jäckli Geologie AG, R. Felber, Kronengasse 39, 5400 Baden |
| <b>Bericht per e-mail an</b>  | Jäckli Geologie AG, P. Nickel, nickel@jaeckli.ch          |
| <b>Bericht per e-mail an</b>  | Jäckli Geologie AG, R. Felber, felber@jaeckli.ch          |

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AG



Olaf Haag  
Dipl. Natw. ETH

**Objekt:** **Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG**  
**Auftraggeber:** Jäckli Geologie AG  
**Auftrags-Nr. Bachema:** 202411767

**Probenübersicht**

| Bachema-Nr. | Probenbezeichnung  | Probenahme / Eingang Labor |
|-------------|--|----------------------------|
| 51160 W     | <b>GWF Hardwald</b><br>(Probenahme ab Hahn.<br>*Pumpe im Betrieb.) | 18.09.24 / 18.09.24        |
| 51161 W     | <b>20-1</b>  | 18.09.24 / 18.09.24        |
| 51162 W     | <b>15-2</b>  | 18.09.24 / 18.09.24        |
| 51163 W     | <b>Mischprobe aus 15-2 + 20-1</b><br>Bachema-Nr. 51161 + 51162     | 18.09.24 / 18.09.24        |

**Legende zu den Referenzwerten**

|               |  |
|---------------|--|
| TBDV TW (F/B) | Höchstwerte für Trinkwasser ab Wasserfassung (unbehandelt) bzw. unmittelbar nach Behandlung gemäss Verordnung des EDI über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV). R=Richtwerte. |
|---------------|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
CH-8952 Schlieren

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

**Abkürzungen**

|     |  |
|-----|--|
| W   | Wasserprobe  |
| F   | Feststoffprobe   |
| TS  | Trockensubstanz  |
| <   | Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode. |
| {1} | Die Analysenmethode liegt zurzeit nicht im akkreditierten Bereich der Bachema AG.                                      |
| {2} | Externe Analyse von Unterauftragnehmer / Fremdlabor.   |
| {3} | Feldmessung von Kunde erhoben.   |

Chemisches und mikrobiologisches Labor für die Prüfung von Umweltproben (Wasser, Boden, Abfall, Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064

**Akkreditierung**

|  |  |
|--|--|
|  | <p>Die Resultate der Untersuchungen beziehen sich auf die im Prüfbericht aufgeführten Proben und auf den Zustand der Proben bei der Entgegennahme durch die Bachema AG. Der vollständige Prüfbericht steht dem Kunden zur freien Verfügung. Die Verwendung von Auszügen (einzelne Seiten) oder Ausschnitten (Teile einzelner Seiten) des Prüfberichts sowie Hinweise auf den Prüfbericht (z.B. zu Werbezwecken oder bei Präsentationen) 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)</p> |
|--|--|

**Objekt:** Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG

Auftraggeber: Jäckli Geologie AG  
Auftrags-Nr. Bachema: 202411767

| Probenbezeichnung  | GWF<br>Hardwald | 20-1     | 15-2     | Mischprobe<br>aus 15-2 +<br>20-1 | Referenzwert     |  |
|--------------------|-----------------|----------|----------|----------------------------------|------------------|--|
|                    |                 |          |          |                                  | TBDV TW<br>(F/B) |  |
| Proben-Nr. Bachema | 51160           | 51161    | 51162    | 51163                            |                  |  |
| Tag der Probenahme | 18.09.24        | 18.09.24 | 18.09.24 | 18.09.24                         |                  |  |

**Feldparameter**

|                        |       |                   |              |              |  |  |
|------------------------|-------|-------------------|--------------|--------------|--|--|
| Abstich Oberkante Rohr | m OKR |                   | <b>16.11</b> | <b>16.08</b> |  |  |
| Entnahmetiefe          | m     |                   | <b>18.10</b> | <b>18.10</b> |  |  |
| Vorpumpmenge / Vorlauf | L     | <b>&gt;20000*</b> | <b>1'078</b> | <b>855</b>   |  |  |

**Vor-Ort-Messungen**

|                               |       |             |             |  |  |  |
|-------------------------------|-------|-------------|-------------|--|--|--|
| Temperatur (Feld) {3}         | °C    | <b>12.5</b> | <b>12.1</b> |  |  |  |
| Leitfähigkeit (Feld 25°C) {3} | µS/cm | <b>725</b>  | <b>776</b>  |  |  |  |
| pH-Wert {3}                   | pH    | <b>7.35</b> | <b>7.14</b> |  |  |  |

**Physikalisch-chemische Parameter**

|                         |       |                  |             |             |                  |                  |
|-------------------------|-------|------------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| Aussehen {1}            |       | <b>klar</b>      |             |             | <b>klar</b>      | <i>klar</i>      |
| Farbe {1}               |       | <b>farblos</b>   |             |             | <b>farblos</b>   | <i>farblos</i>   |
| Geruch {1}              |       | <b>geruchlos</b> |             |             | <b>geruchlos</b> | <i>geruchlos</i> |
| Trübung nephelometrisch | NTU   | <b>&lt;0.1</b>   |             |             | <b>&lt;0.1</b>   |                  |
| Leitfähigkeit (25°C)    | µS/cm | <b>693</b>       | <b>772</b>  | <b>764</b>  | <b>7.59</b>      |                  |
| pH-Wert (Labor)         | pH    | <b>7.46</b>      | <b>7.29</b> | <b>7.19</b> |                  |                  |

**Sauerstoff**

|                            |                     |            |            |            |  |  |
|----------------------------|---------------------|------------|------------|------------|--|--|
| Sauerstoff (nach Winkler)  | mg/L O <sub>2</sub> | <b>5.8</b> | <b>6.8</b> | <b>6.8</b> |  |  |
| Sauerstoffsättigung (ber.) | %                   | <b>55</b>  | <b>63</b>  |            |  |  |

**Härteparameter und Kationen**

|                            |         |             |  |  |             |     |
|----------------------------|---------|-------------|--|--|-------------|-----|
| m-Wert (Säureverb. pH 4.3) | mmol/L  | <b>5.18</b> |  |  | <b>6.57</b> |     |
| Karbonathärte (berechnet)  | °fH     | <b>25.7</b> |  |  | <b>32.6</b> |     |
| Gesamthärte (berechnet)    | °fH     | <b>34.8</b> |  |  | <b>39.6</b> |     |
| Gesamthärte (berechnet)    | mmol/L  | <b>3.48</b> |  |  | <b>3.96</b> |     |
| Calcium (gelöst)           | mg/L Ca | <b>114</b>  |  |  | <b>131</b>  |     |
| Magnesium (gelöst)         | mg/L Mg | <b>15.7</b> |  |  | <b>17.0</b> |     |
| Natrium (gelöst)           | mg/L Na | <b>12.6</b> |  |  | <b>10.7</b> | 200 |
| Kalium (gelöst)            | mg/L K  | <b>2.7</b>  |  |  | <b>2.7</b>  |     |

**Anionen**

|         |                      |             |  |  |             |     |
|---------|----------------------|-------------|--|--|-------------|-----|
| Chlorid | mg/L Cl              | <b>16.7</b> |  |  | <b>14.1</b> |     |
| Nitrat  | mg/L NO <sub>3</sub> | <b>17.1</b> |  |  | <b>15.0</b> | 40  |
| Sulfat  | mg/L SO <sub>4</sub> | <b>85.3</b> |  |  | <b>65.7</b> |     |
| Fluorid | mg/L F               | <b>0.2</b>  |  |  | <b>0.2</b>  | 1.5 |

**N- und P-Verbindungen**

|                |                      |                  |  |  |                  |                       |
|----------------|----------------------|------------------|--|--|------------------|-----------------------|
| Ammonium       | mg/L NH <sub>4</sub> | <b>&lt;0.01</b>  |  |  | <b>&lt;0.01</b>  | 0.1 (ox)<br>0.5 (red) |
| Nitrit         | mg/L NO <sub>2</sub> | <b>&lt;0.005</b> |  |  | <b>&lt;0.005</b> | 0.1                   |
| ortho-Phosphat | mg/L PO <sub>4</sub> | <b>&lt;0.02</b>  |  |  | <b>0.02</b>      |                       |

**Berechnete Grössen**

|                                 |                      |       |  |  |       |  |
|---------------------------------|----------------------|-------|--|--|-------|--|
| freie Kohlensäure               | mg/L CO <sub>2</sub> | 16.4  |  |  | 17.0  |  |
| Gleichgewichts-Kohlensäure      | mg/L CO <sub>2</sub> | 44.5  |  |  | 72.2  |  |
| Kalkaggressive Kohlensäure      | mg/L CO <sub>2</sub> | -28.0 |  |  | -55.2 |  |
| Gleichgewichts-pH               | pH                   | 7.0   |  |  | 7.0   |  |
| Calciumcarbonat-Sättigungsindex | pH                   | 0.4   |  |  | 0.6   |  |

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064

**Objekt:** Nr. 131764, Grundwassererschliessung Hardwald, Eiken / AG

Auftraggeber: Jäckli Geologie AG  
Auftrags-Nr. Bachema: 202411767

| Probenbezeichnung  | GWF Hardwald | 20-1     | 15-2     | Mischprobe aus 15-2 + 20-1 | TBDV TW (F/B) |  |
|--------------------|--------------|----------|----------|----------------------------|---------------|--|
| Proben-Nr. Bachema | 51160        | 51161    | 51162    | 51163                      |               |  |
| Tag der Probenahme | 18.09.24     | 18.09.24 | 18.09.24 | 18.09.24                   |               |  |

**Elemente und Schwermetalle**

|                     |         |         |  |         |      |  |
|---------------------|---------|---------|--|---------|------|--|
| Blei (gelöst) ICP   | mg/L Pb | <0.0005 |  | <0.0005 | 0.01 |  |
| Chrom (gelöst) ICP  | mg/L Cr | <0.0005 |  | <0.0005 | 0.05 |  |
| Mangan (gelöst) ICP | mg/L Mn | <0.005  |  | <0.005  | 0.05 |  |

**Organische Summenparameter**

|     |        |      |  |      |           |  |
|-----|--------|------|--|------|-----------|--|
| DOC | mg/L C | 0.58 |  | 0.52 | 2 R (TOC) |  |
|-----|--------|------|--|------|-----------|--|

**Pestizide A-H**

|                                 |      |       |  |       |     |  |
|---------------------------------|------|-------|--|-------|-----|--|
| Atrazin                         | µg/L | <0.02 |  | <0.02 | 0.1 |  |
| Chlorthalonil-Metabolit R471811 | µg/L | 0.12  |  | 0.13  | 0.1 |  |
| Desethylatrazin                 | µg/L | <0.02 |  | <0.02 | 0.1 |  |

**Arzneimittel**

|                  |      |       |  |       |  |  |
|------------------|------|-------|--|-------|--|--|
| Diclofenac MS/MS | µg/L | <0.01 |  | <0.01 |  |  |
|------------------|------|-------|--|-------|--|--|

**Industriechemikalien**

|                    |      |      |  |       |  |  |
|--------------------|------|------|--|-------|--|--|
| Benzotriazol MS/MS | µg/L | 0.03 |  | <0.02 |  |  |
|--------------------|------|------|--|-------|--|--|

**Künstlicher Süsstoff**

|                 |      |      |  |      |  |  |
|-----------------|------|------|--|------|--|--|
| Acesulfam MS/MS | µg/L | 0.02 |  | 0.01 |  |  |
|-----------------|------|------|--|------|--|--|

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
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,  
Recyclingmaterial)

Akkreditiert nach  
ISO/IEC 17025  
STS-Nr. 0064

**Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

**Zusammenstellung Modellgrundlagen (Grundwassernutzungen)**

*Alle Trink- und Brauchwasserfassungen sowie einzelne grössere/relevante Grundwasser-Wärmepumpen in den Gemeinden Laufenburg, Kaisten, Eiken, Sisseln, Stein und Münchwilen*

| Nummer                        | Name             | Gemeinde              | Nutzungsart | Heute (2019)          |              |            |               |            |               | Planungsziel 2035 |               |                       |               |            |               | Planungsziel 2050 |               |                       |               |            |               | Bemerkungen |            |  |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|--------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------|------------|---------------|-------------------|---------------|-----------------------|---------------|------------|---------------|-------------|------------|--|
|                               |                  |                       |             | Konz. / Bew. Entnahme | Jahresmittel | Auslastung | Bedarf Mittel | Auslastung | Bedarf Spitze | Auslastung        | Bedarf Spitze | Konz. / Bew. Entnahme | Bedarf Mittel | Auslastung | Bedarf Spitze | Auslastung        | Bedarf Spitze | Konz. / Bew. Entnahme | Bedarf Mittel | Auslastung | Bedarf Spitze |             | Auslastung |  |
|                               |                  |                       |             | l/min                 | %            | l/min      | %             | l/min      | %             | l/min             | %             | l/min                 | %             | l/min      | %             | l/min             | %             | l/min                 | %             | l/min      | %             |             | l/min      | %  |
| 34.000.175/176                | Bäumliacker      | Stein                 | GWPW        | 4000                  | 1552         | 39         | 1511          | 38         | 2679          | 67                |               |                       |               |            |               |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Bezug 2019 (Heute) von Stein und Münchwilen zusammen.  |
| 34.000.167                    | Stichmatt        | Sisseln               | GWPW        | 1350                  | 627          | 46         | 760           | 56         | 1483          | 110               |               |                       |               |            |               |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Bezug 2019 (Heute) von Sisseln.  |
| 34.000.049                    | Hardwald         | Eiken                 | GWPW        | 2000                  | 516          | 26         | 388           | 19         | 988           | 49                | 4000          | 1630                  | 41            | 3150       | 79            | 4000              | 2018          | 50                    | 3833          | 96         |               |             |            | Bezug 2019 (Heute) von Eiken. Bezug PZ 2035/2050 (Eiken, Münchwilen, Sisseln, Stein, Obermumpf, Schupfart, Frick) 40% aus GWF Hardwald (Konz. 4000 l/min) und 60% aus GWF Ägerte (Konz. 9000 l/min). |
|                               | Ägerte           | Eiken                 | GWPW        |                       |              |            |               |            |               |                   | 9000          | 2445                  | 27            | 4725       | 52            | 9000              | 3026          | 34                    | 5750          | 64         |               |             |            |  |
| 34.000.082                    | Egler            | Kaisten               | GWPW        | 3200                  | 559          | 17         | 513           | 16         | 2369          | 74                |               |                       |               |            |               |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Bezug 2019 (Heute) von Kaisten.  |
|                               | Rüchi/Alt/Stross | Laufenburg            | GWPW        |                       |              |            |               |            |               |                   | 5000          | 1925                  | 39            | 3822       | 76            | 5000              | 2029          | 41                    | 4063          | 81         |               |             |            | Bezug PZ 2035/2050 (Laufenburg, Kaisten) aus GWF Rüchi/Alt/Stross (Konz. 5000 l/min).  |
| 34.000.092                    | Schäffigen       | Laufenburg            | GWPW        | 2000                  | 611          | 31         | 891           | 45         | 1270          | 63                |               |                       |               |            |               |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Bezug 2019 (Heute) 2/3 aus GWF Schäffigen und 1/3 aus GWF Klostermatte.  |
| 34.000.091                    | Klostermatte     | Laufenburg            | GWPW        | 900                   | 361          | 40         | 445           | 49         | 635           | 71                |               |                       |               |            |               |                   |               |                       |               |            |               |             |            |  |
| 32.000.093                    | Schäffigen       | Kaisten<br>Laufenburg | BWF         | 5760                  | 3181         | 55         | 3168          | 55         | 3802          | 66                | 5760          | 3168                  | 55            | 3802       | 66            | 5760              | 3168          | 55                    | 3802          | 66         |               |             |            | Künftige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug PZ 2035 / 2050 identisch mit 2019 (Heute).  |
| 32.031.927                    | Brunnen 212      | Sisseln               | BWF         | 2400                  | 240          | 10         | 240           | 10         | 1584          | 66                | 2400          | 240                   | 10            | 1584       | 66            | 2400              | 240           | 10                    | 1584          | 66         |               |             |            | Künftige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug PZ 2035 / 2050 identisch mit 2019 (Heute).  |
| 32.000.168                    | PW O Res.        | Sisseln               | BWF         | 3000                  | 62           | 2          | 60            | 2          | 60            | 2                 | 3000          | 60                    | 2             | 60         | 2             | 3000              | 60            | 2                     | 60            | 2          |               |             |            | Künftige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug PZ 2035 / 2050 identisch mit 2019 (Heute). Reservepumpwerk für 32.001.763   |
| 32.001.763                    | Syngenta neu     | Sisseln               | BWF         | 6000                  | 410          | 7          | 420           | 7          | 1950          | 33                | 6000          | 420                   | 7             | 1950       | 33            | 6000              | 420           | 7                     | 1950          | 33         |               |             |            | Künftige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug PZ 2035 / 2050 identisch mit 2019 (Heute). Bew. Tageslimite von 3'600 m3/Tag bzw. ca. 1'950 l/min.  |
| 32.001.762                    | Novartis neu     | Stein                 | BWF         | 5000                  | 2178         | 44         | 2200          | 44         | 3000          | 60                | 5000          | 2200                  | 44            | 3000       | 60            | 5000              | 2200          | 44                    | 3000          | 60         |               |             |            | Künftige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug PZ 2035 / 2050 identisch mit 2019 (Heute). Bew. gemeinsame Tageslimite 7'700 m3/Tag bzw. ca. 5'400 l/min.   |
| 32.000.177                    | PW A             | Stein                 | BWF         | 6000                  | 1702         | 28         | 1680          | 28         | 2400          | 40                | 6000          | 1680                  | 28            | 2400       | 40            | 6000              | 1680          | 28                    | 2400          | 40         |               |             |            |  |
| 32.000.121                    | PW B             | Münchwilen            | BWF         | 4800                  | 2            | 0          | 0             | 0          | 0             | 0                 | 4800          | 0                     | 0             | 0          | 0             | 4800              | 0             | 0                     | 0             | 0          |               |             |            | Künftige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug PZ 2035 / 2050 identisch mit 2019 (Heute). Reservepumpwerk für 32.001.762 und 32.000.177  |
| 32.000.654                    | Bustelbach       | Münchwilen            | BWF         | 105                   | 35           | 33         | 35            | 33         | 69            | 66                | 105           | 35                    | 33            | 69         | 66            | 105               | 35            | 33                    | 69            | 66         |               |             |            | Aktuelle & künftige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug 2019 (Heute) & PZ 2035 / 2050 identisch. Bedarf Mittel 33% & Spitze 66% Auslastung bzw. Entnahme   |
| 32.000.419                    | Kiesgrube        | Münchwilen            | BWF         | 300                   | 46           | 15         | 45            | 15         | 198           | 66                | 300           | 99                    | 33            | 198        | 66            | 300               | 99            | 33                    | 198           | 66         |               |             |            | Künftige & z. f. heutige Nutzung/Menge unbekannt. Annahme: Bezug PZ 2035 / 2050 identisch, Bedarf Mittel 33% & Spitze 66% Auslastung bzw. Entnahme   |
|                               | ESP              | Stein                 | BWF         |                       |              |            |               |            |               |                   |               |                       |               |            |               |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Max. Bezugsmengen mit Modell ermitteln   |
| 32.033.299                    | Neumatt          | Stein                 | GWWP        | 2400                  |              |            |               |            |               |                   | 2400          |                       |               |            | 2400          |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Für Bilanzierung nicht relevant, da GWWP.  |
| 32.021.496                    | Balle-schwiler   | Laufenburg            | GWWP        | 6000                  |              |            |               |            |               |                   | 6000          |                       |               |            | 6000          |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Für Bilanzierung nicht relevant, da GWWP.  |
| 32.000.716                    | Physick          | Sisseln               | GWWP        | 2500                  |              |            |               |            |               |                   | 2500          |                       |               |            | 2500          |                   |               |                       |               |            |               |             |            | Für Bilanzierung nicht relevant, da GWWP.  |
| Total GWPW & BWF (exkl. GWWP) |                  |                       |             | 46815                 | 12080        | 26         | 12357         | 26         | 22486         | 48                | 51365         | 13901                 | 27            | 24759      | 48            | 51365             | 14975         | 29                    | 26708         | 52         |               |             |            |  |
| Total GWWP (exkl. BWF & GWWP) |                  |                       |             | 13450                 | 4225         | 31         | 4509          | 34         | 9423          | 70                | 18000         | 5999                  | 33            | 11697      | 65            | 18000             | 7073          | 39                    | 13645         | 76         |               |             |            |  |

orange = Annahmen

Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

***Zusammenstellung der Ergebnisse der Grundwassermodellierungen***

Abbildung 1: Randbedingungen des Grundwassermodells

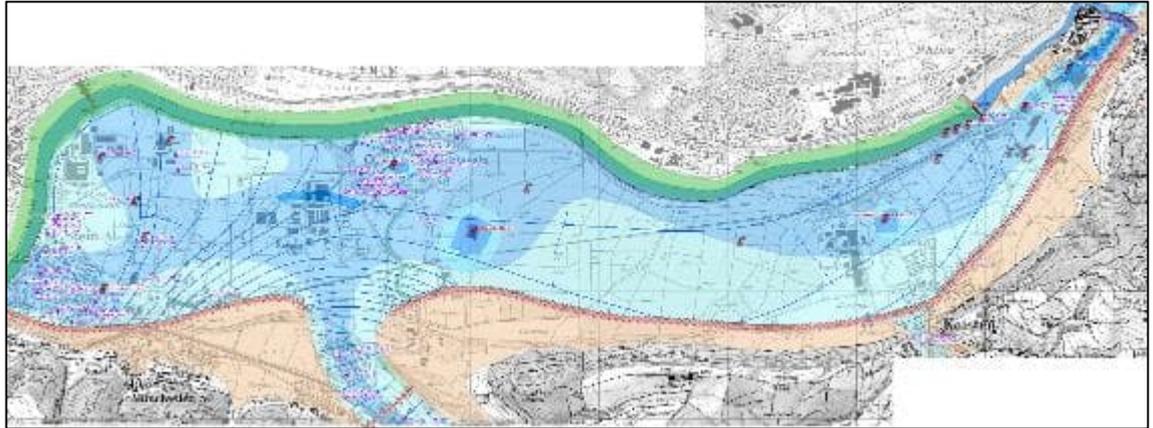


Abbildung 2: Sohle des Grundwasserleiters

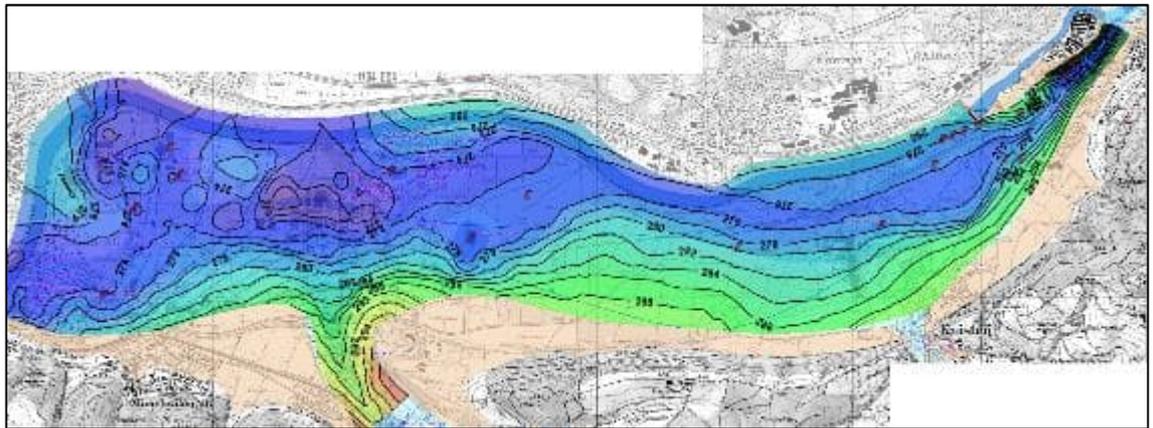


Abbildung 3: Isohypsen des Grundwasserspiegels bei MW

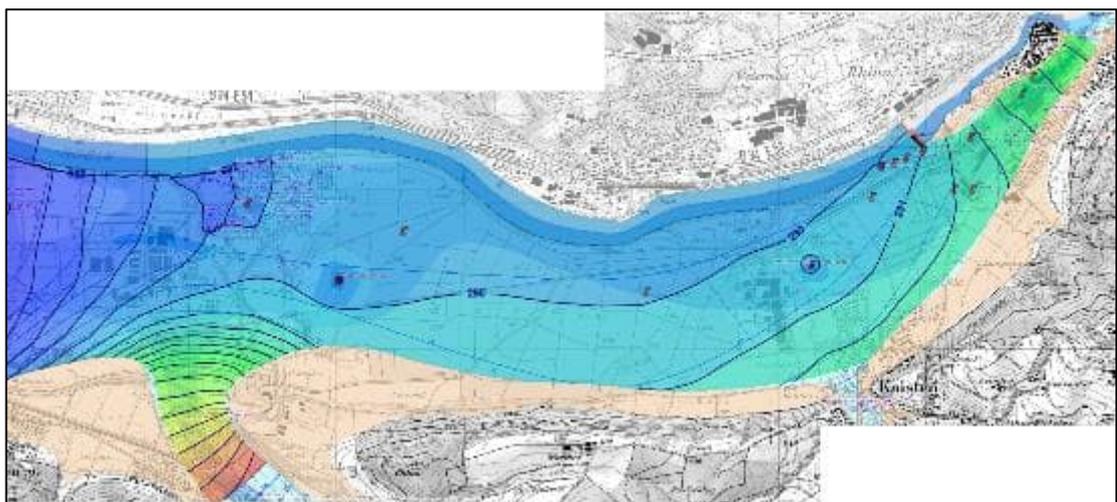


Abbildung 4: Isohypsen des Grundwasserspiegels bei NW

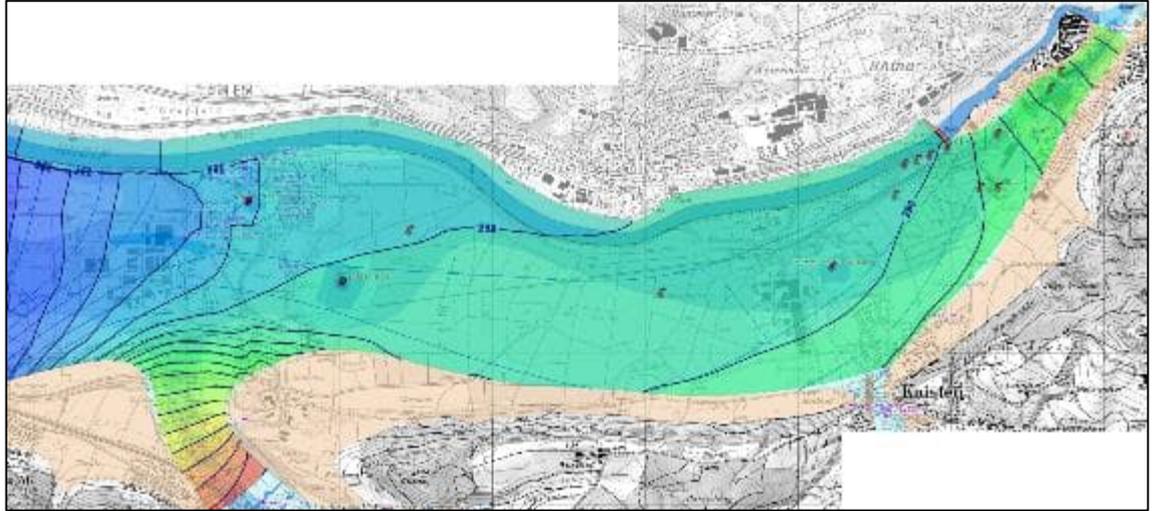


Abbildung 5: Durchlässigkeit des Grundwasserleiters

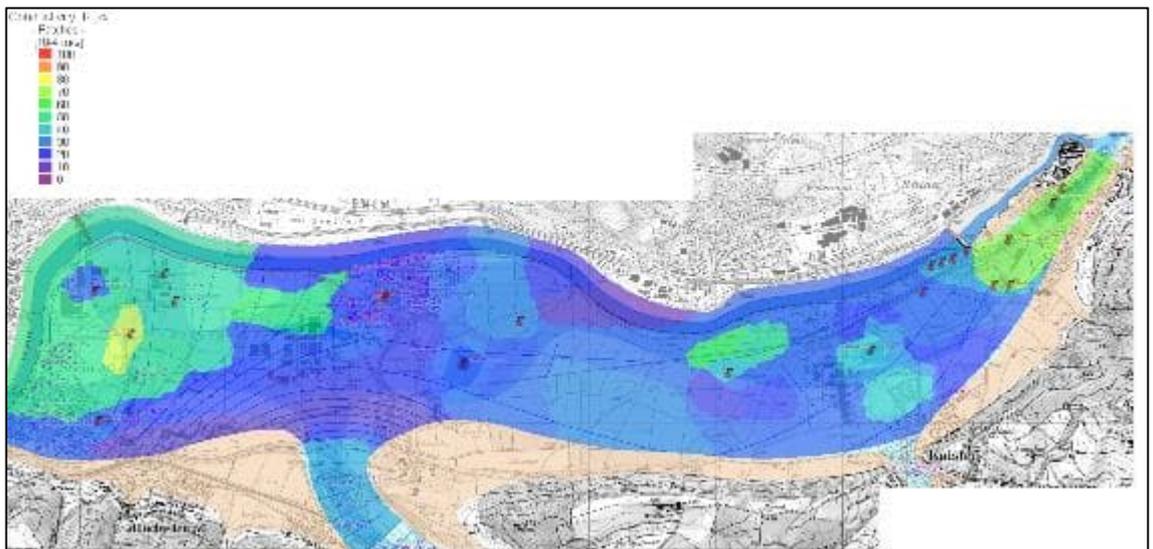


Abbildung 6: Strömungslinien Szenario heute (2019) Mittel bei MW nach 365 Tagen

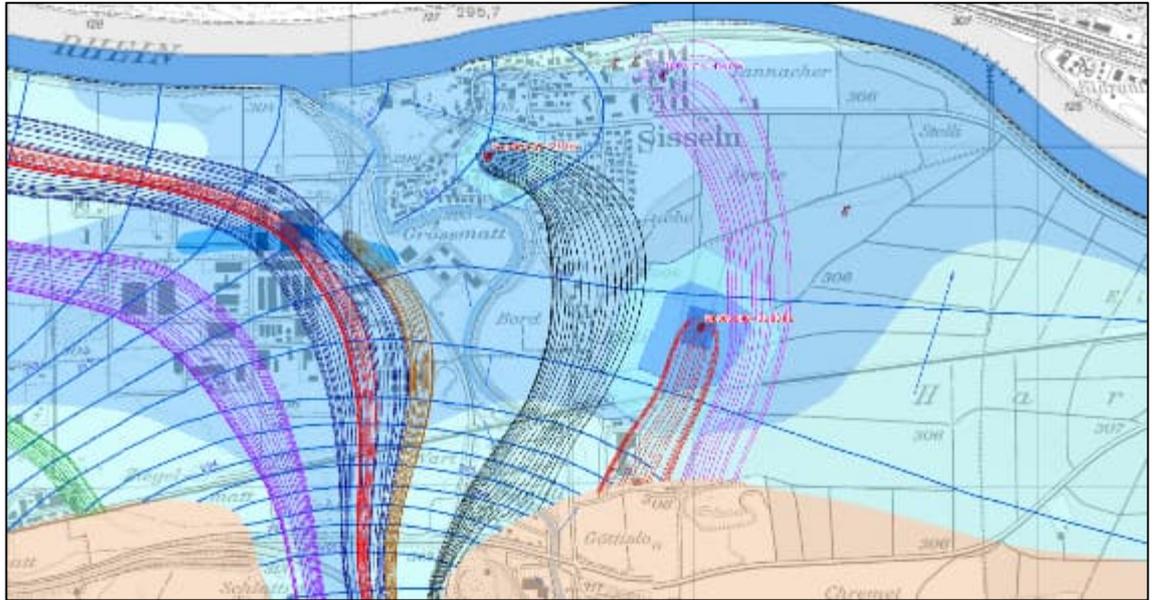


Abbildung 7: Strömungslinien Szenario heute (2019) Spitze bei MW nach 30 Tagen

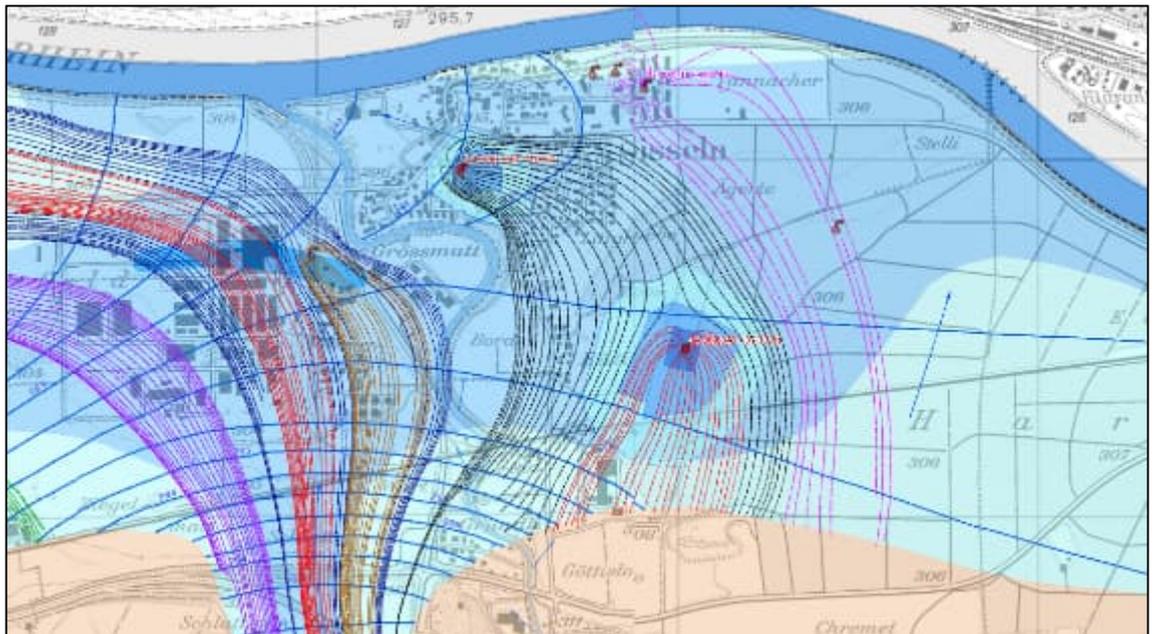


Abbildung 8: Strömungslinien Szenario PZ 2035 Mittel bei MW nach 365 Tagen

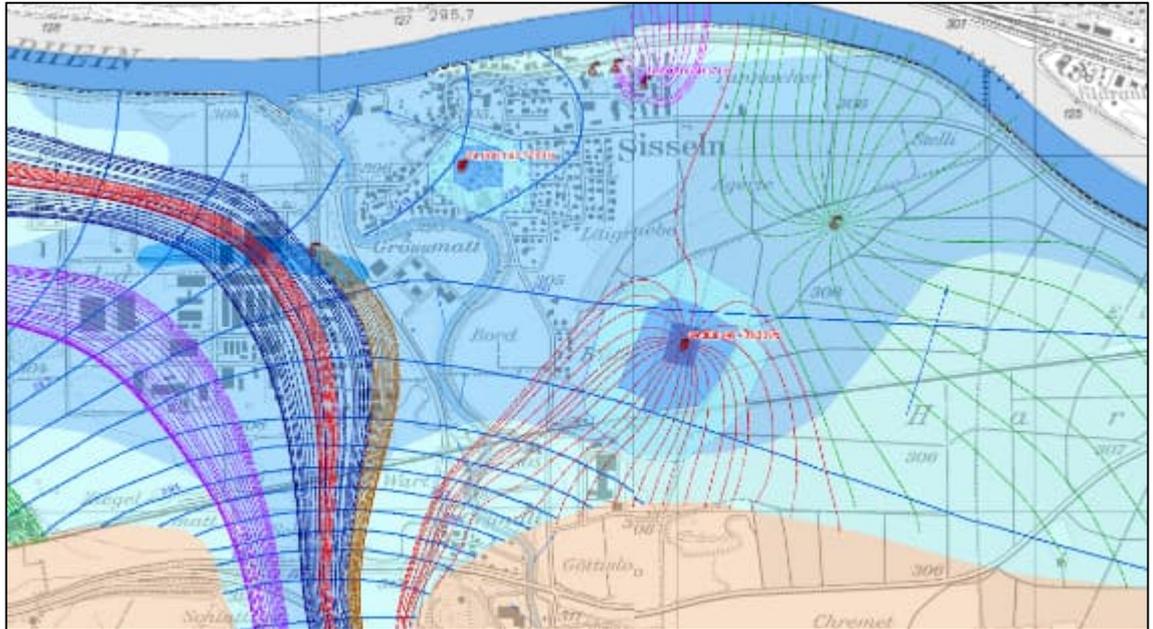


Abbildung 9: Strömungslinien Szenario PZ 2035 Spitze bei MW nach 30 Tagen

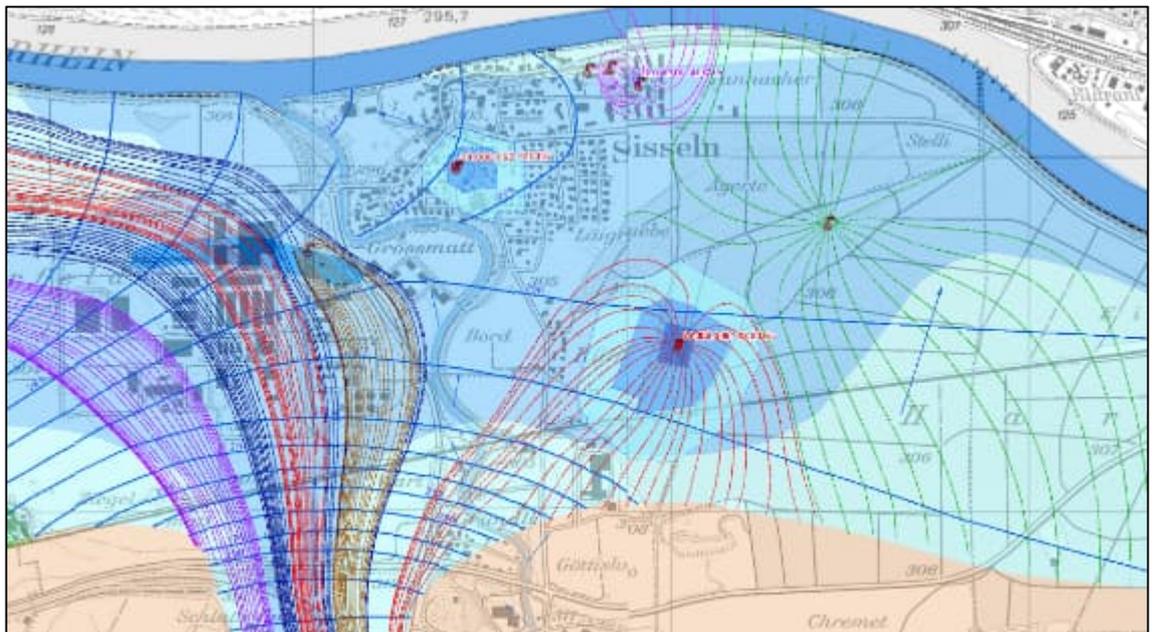


Abbildung 10: Strömungslinien Szenario PZ 2050 Mittel bei MW nach 365 Tagen

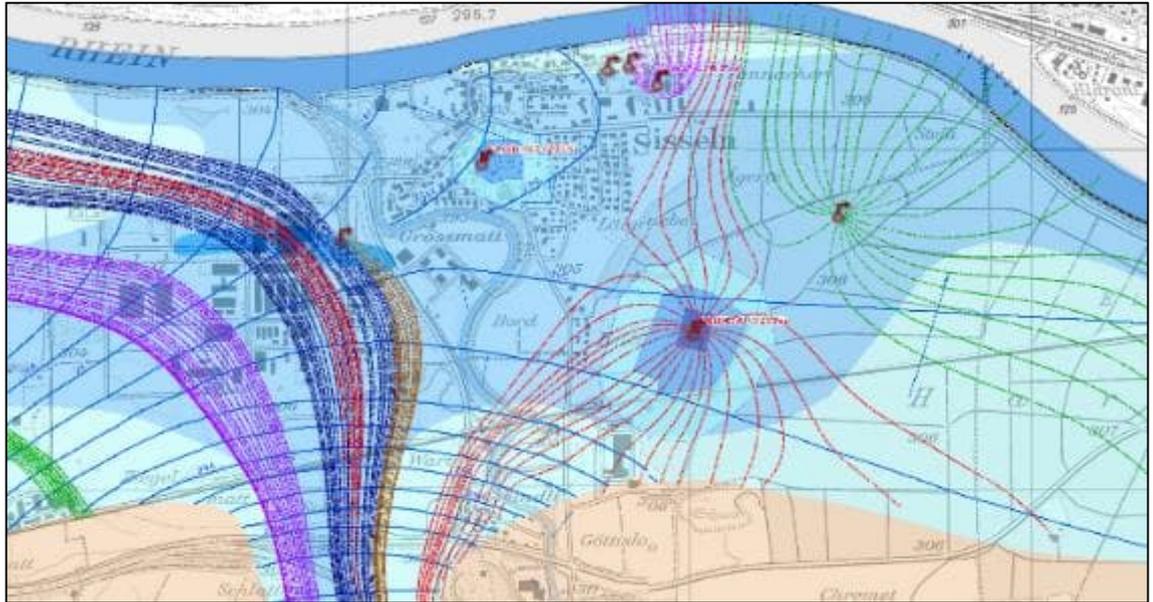


Abbildung 11: Strömungslinien, Szenario PZ 2050 Spitze bei MW nach 30 Tagen

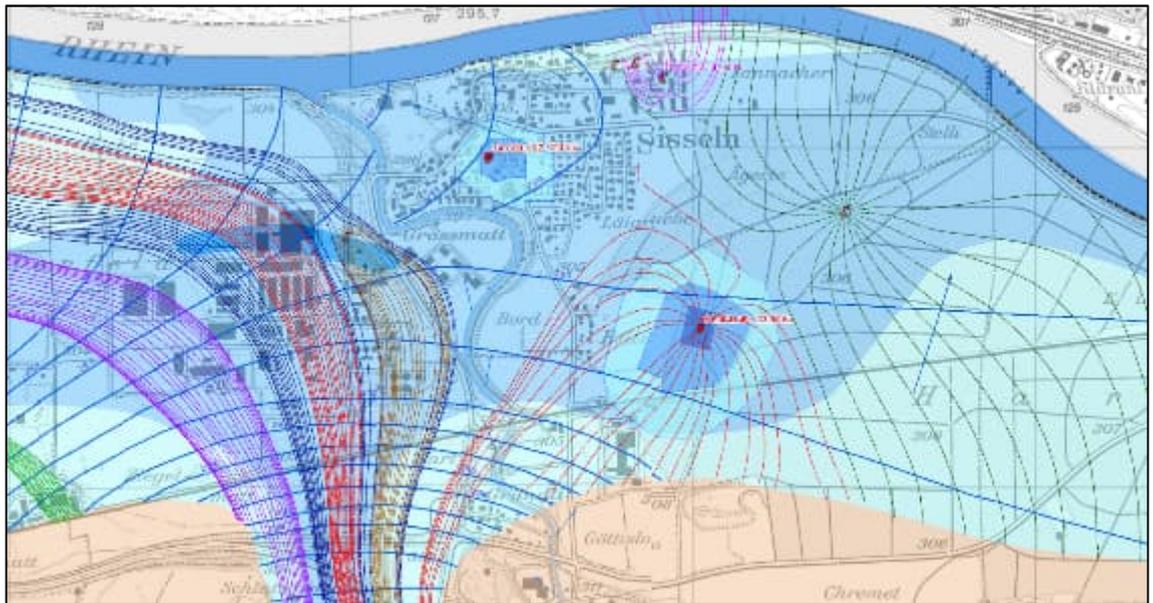


Abbildung 12: Isohypsen des Grundwasserspiegels ohne Pumpbetrieb bei MW

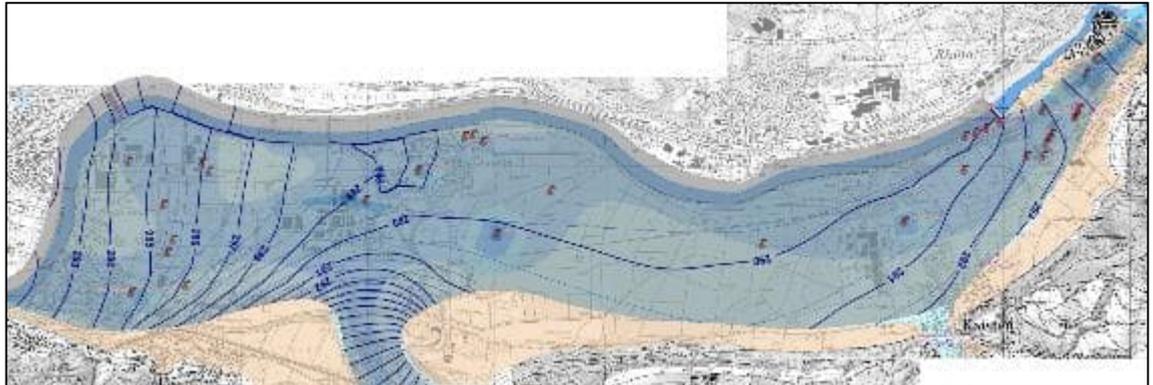


Abbildung 13: Isohypsen des Grundwasserspiegels Szenario heute (2019) Mittel bei MW nach 365 Tagen

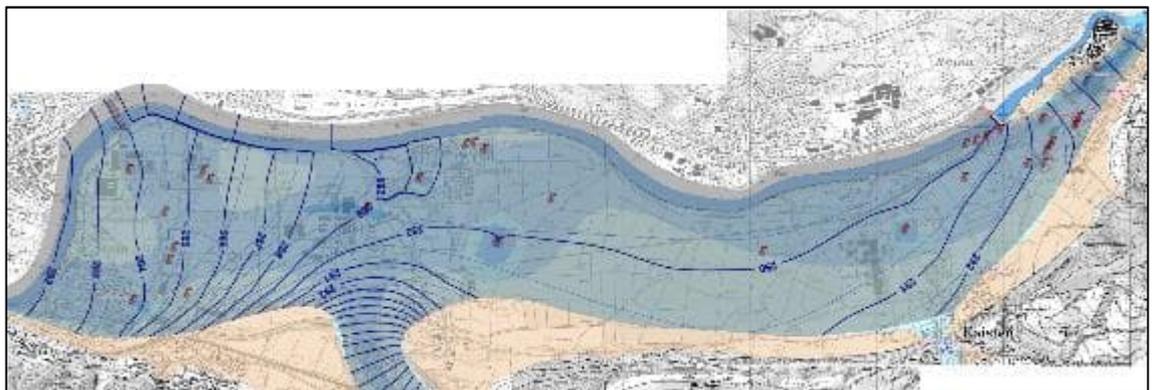


Abbildung 14: Isohypsen des Grundwasserspiegels Szenario heute (2019) Spitze bei MW nach 30 Tagen

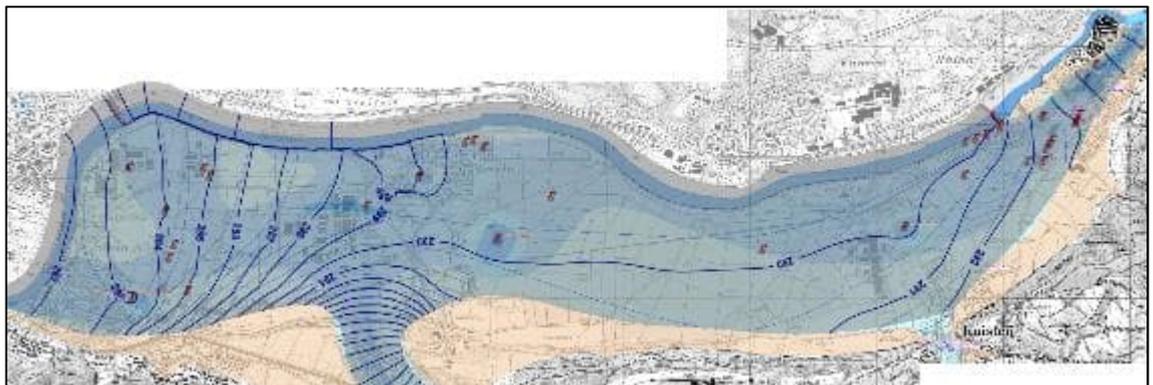


Abbildung 15: Isohypsen des Grundwasserspiegels Szenario PZ 2035 Mittel bei MW nach 365 Tagen

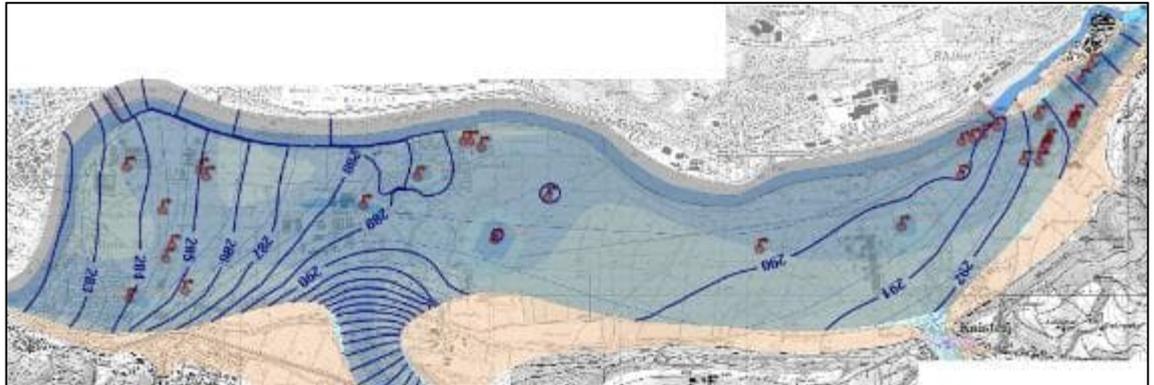


Abbildung 16: Isohypsen des Grundwasserspiegels Szenario PZ 2035 Spitze bei MW nach 30 Tagen

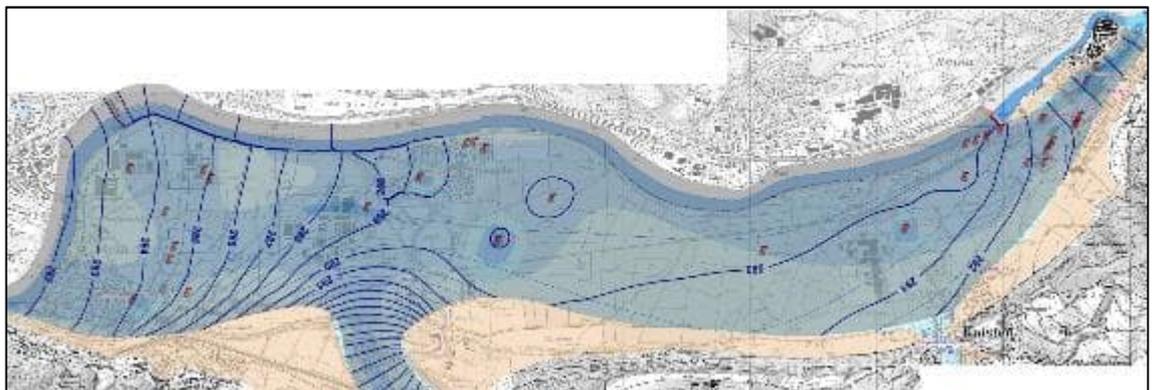


Abbildung 17: Isohypsen des Grundwasserspiegels Szenario PZ 2050 (average) at MW after 365 days

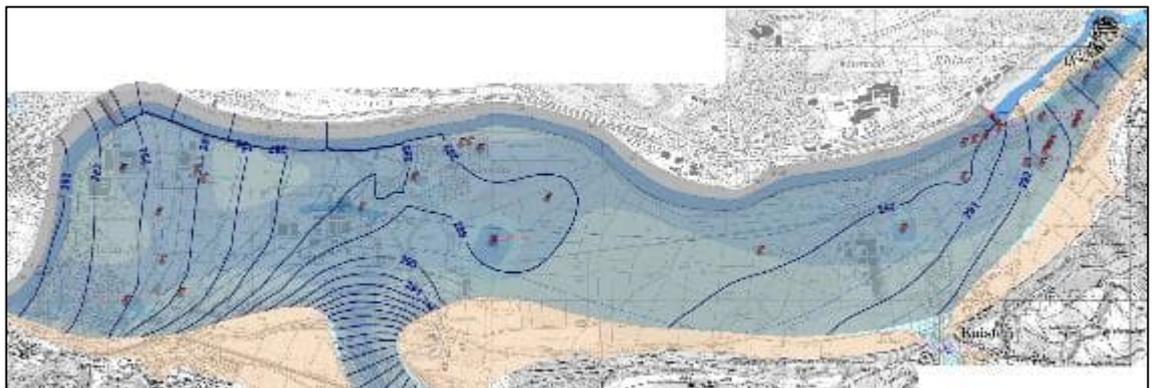


Abbildung 18: Isohypsen des Grundwasserspiegels Szenario PZ 2050 Spitze bei MW nach 30 Tagen

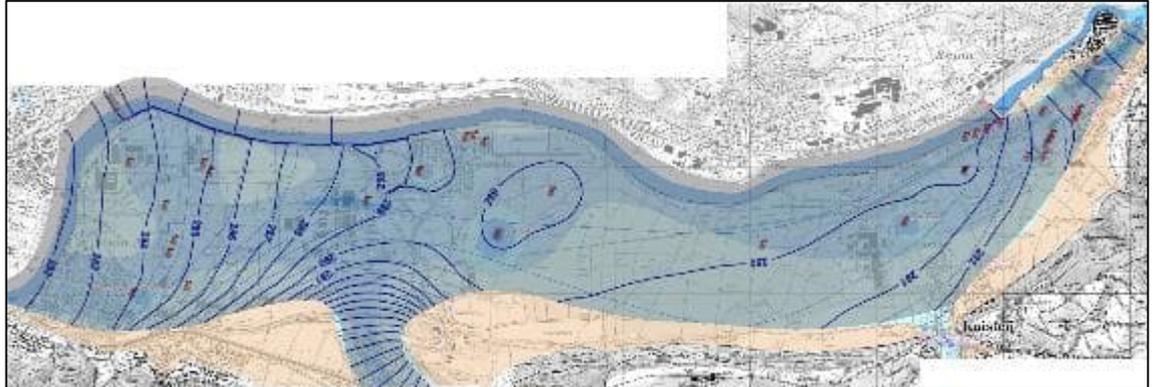


Abbildung 19: Absenkung des Grundwasserspiegels Szenario PZ 2035 Spitze bei MW nach 30 Tagen

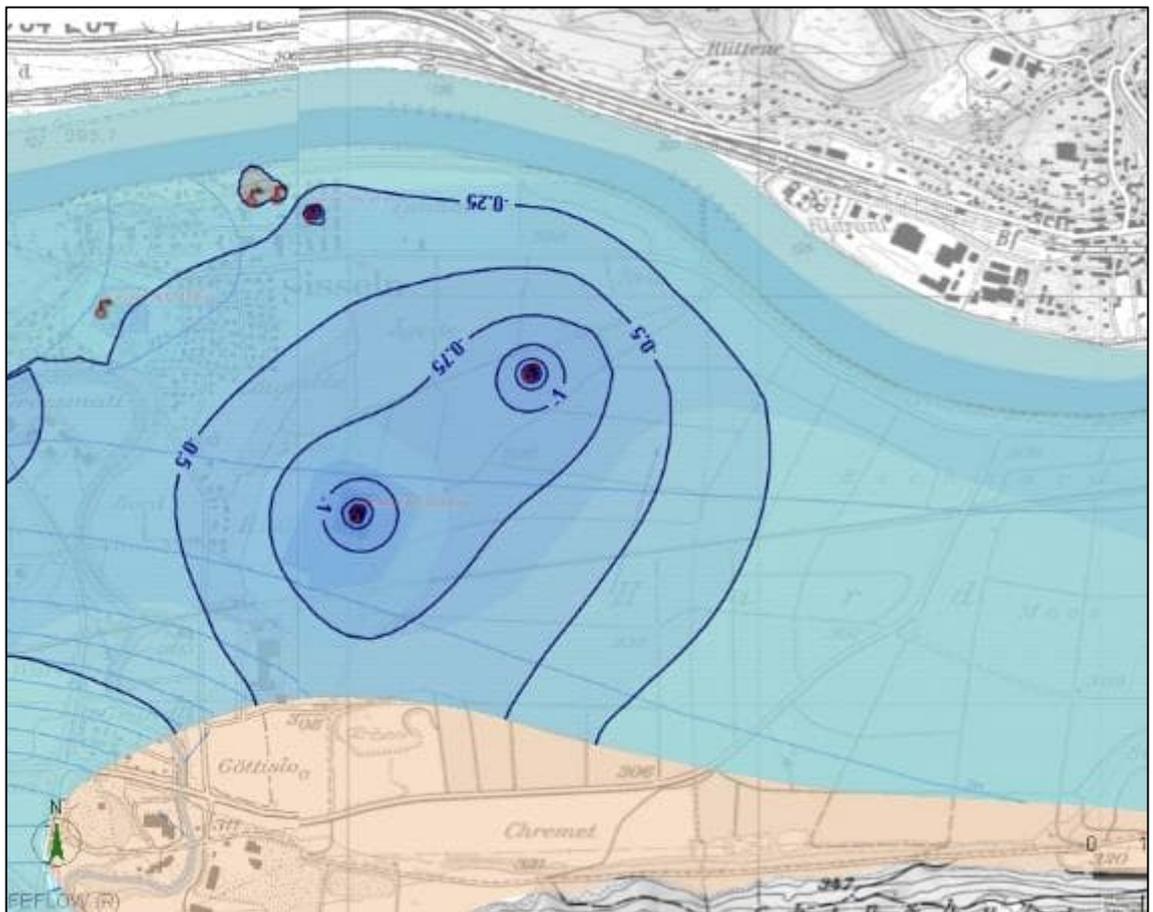


Abbildung 20: Absenkung des Grundwasserspiegels Szenario PZ 2035 Spitze bei MW nach 365 Tagen

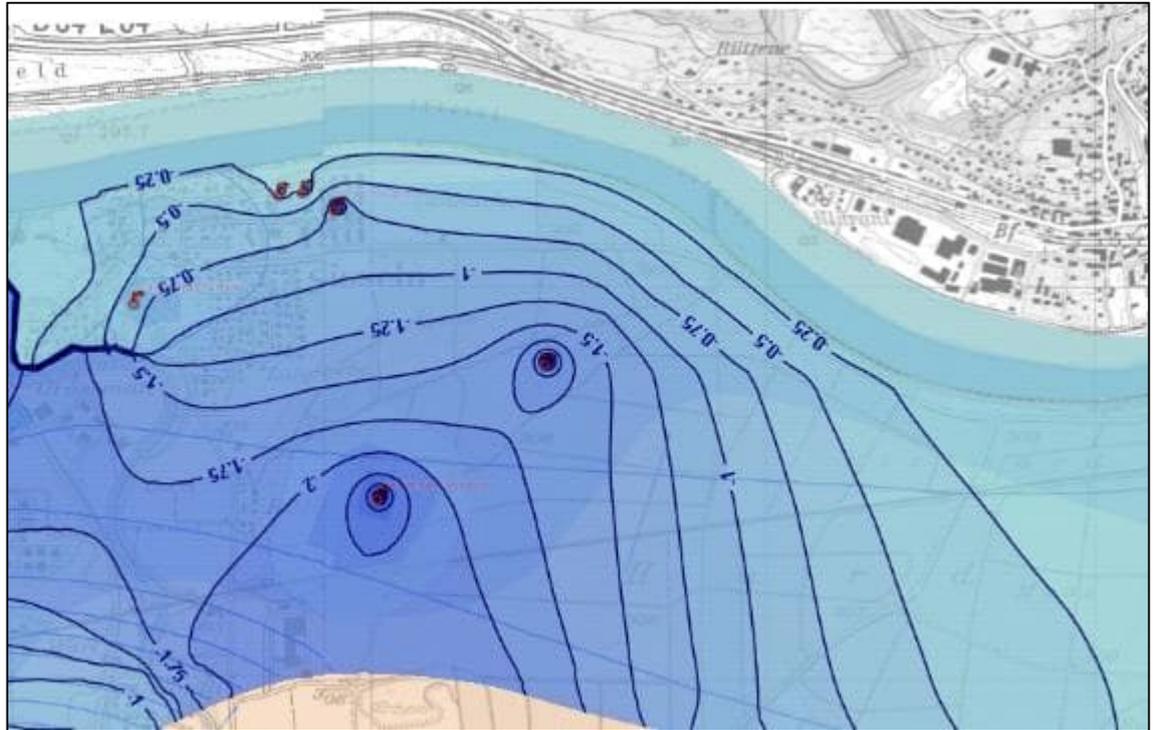


Abbildung 21: 200-Tages-Isochrone Szenario PZ 2035 Spitze bei MW

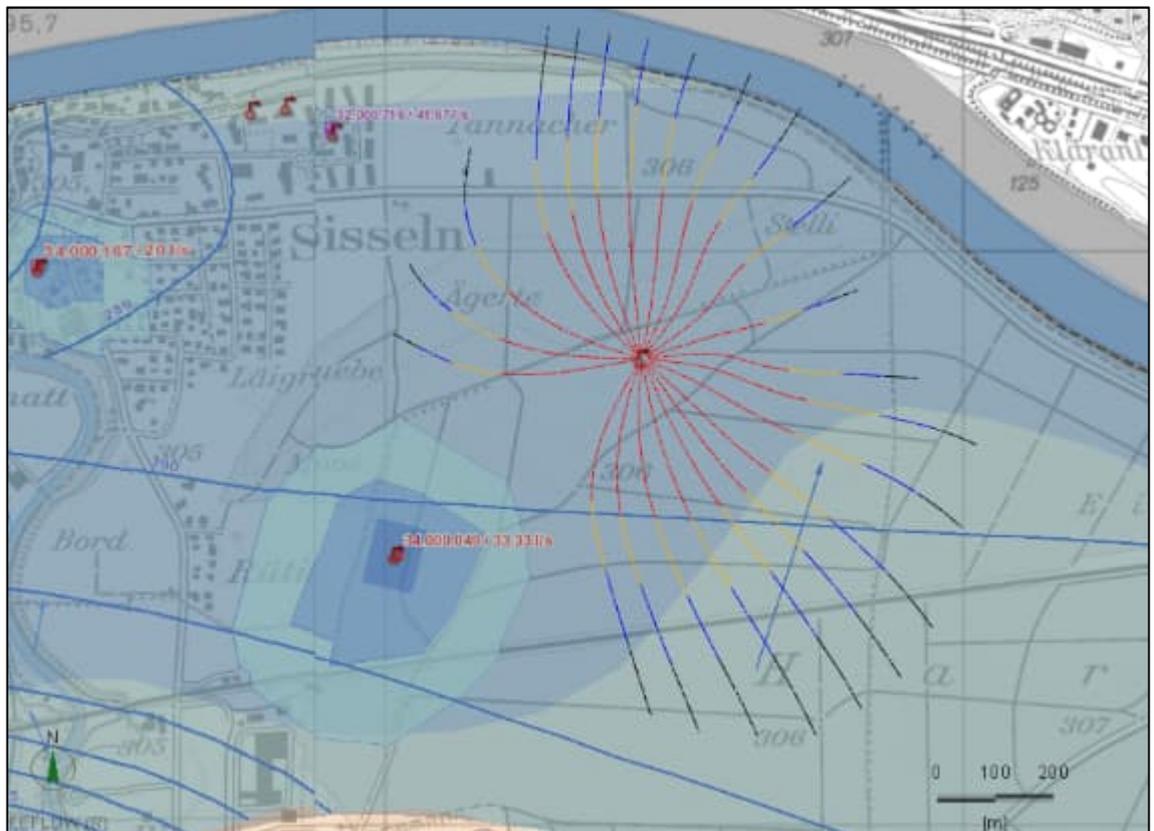


Abbildung 22: Infiltrationsbereich Rhein

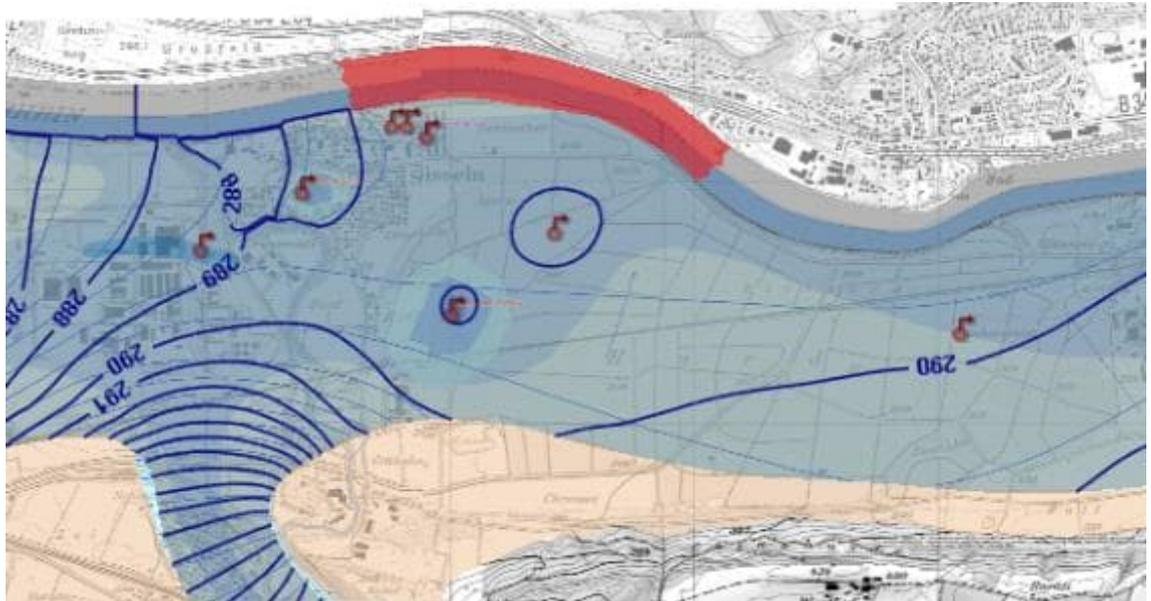


Abbildung 23: 18-Tages-Isochrone bei MW von GWPW Hardwald (2'000 l/min)



Abbildung 24: 10-Tages-Isochronen bei NW von GWPW Hardwald und GWPW Ägerte (4'500 bzw. 9'000 l/min)

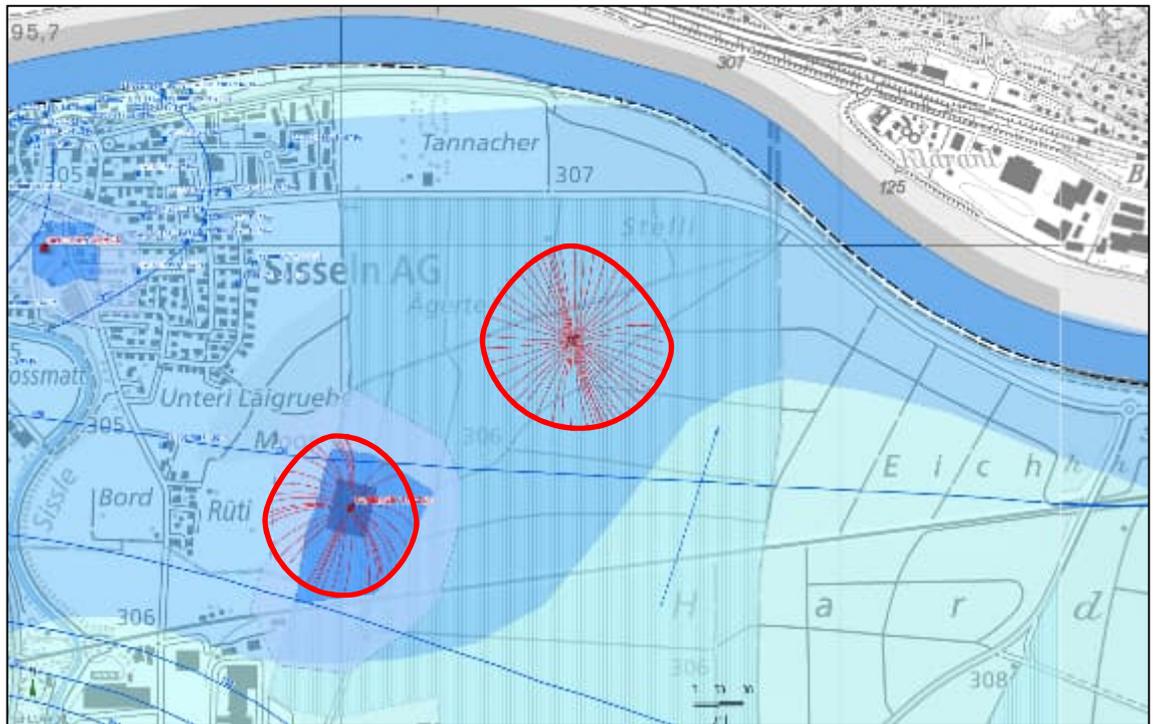
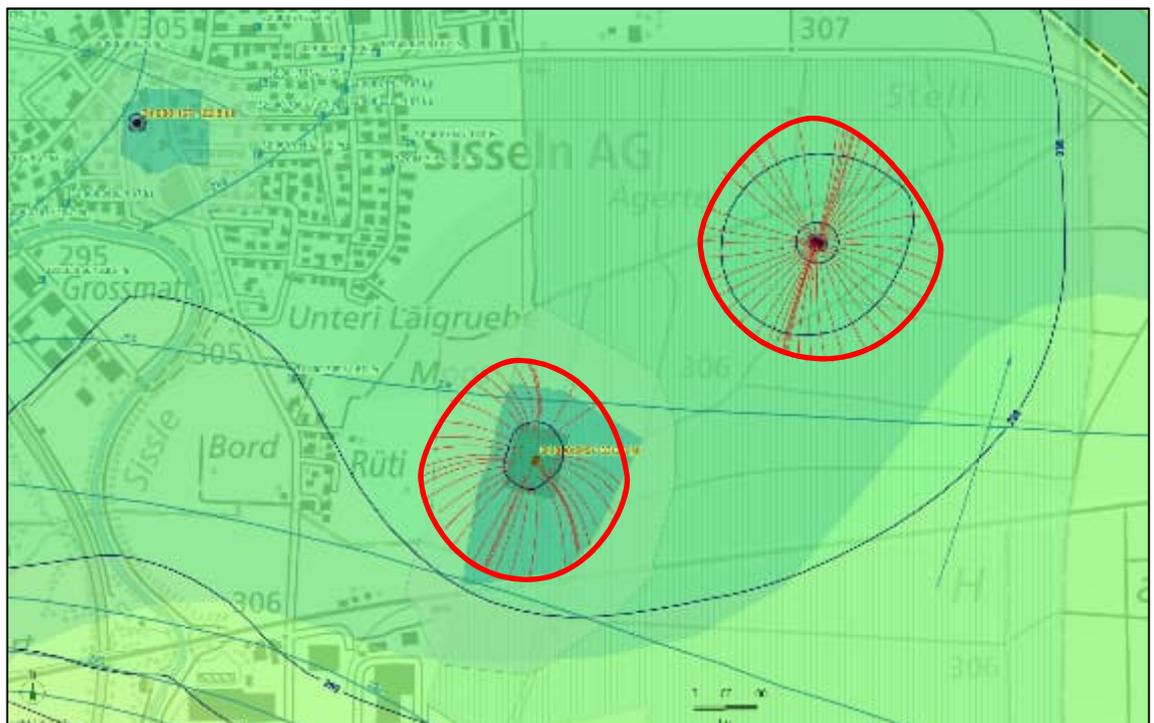


Abbildung 25: 10-Tages-Isochronen bei NW von GWPW Hardwald und GWPW Ägerte (5'000 bzw. 9'000 l/min)



Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

***GWPW Ägerte (Standort 15-2)***

**Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

**ENTWURF**

**GWPW Ägerte (15-2)**

Bauherrschaft: Gemeinde Stein, Münchwilen, Sisseln und Laufenburg  
Bohrfirma: Gebr. Mengis AG, Schlossstrasse 3, Luzern  
Bohrmeister: E. Hirtenfelder  
Geologogische Aufnahme: J. Stäuble, Dr. sc. nat. ETH, Geologe CHGEOL  
Ausführungsdatum: 18. - 24. August 2015

Koordinaten: 2 642 460 / 1 266 808  
OK Terrain (OKT): 305.89 m ü.M. (VB 15-2)  
OK Rohr (OKR): 306.4 m ü.M. (Prov. GWPW)  
Massstab: 1:200  
Datei: 131764 KB 15-2-Ägerte.ai / HC/ber

**jäckli**  
geologie  
www.jaekli.ch

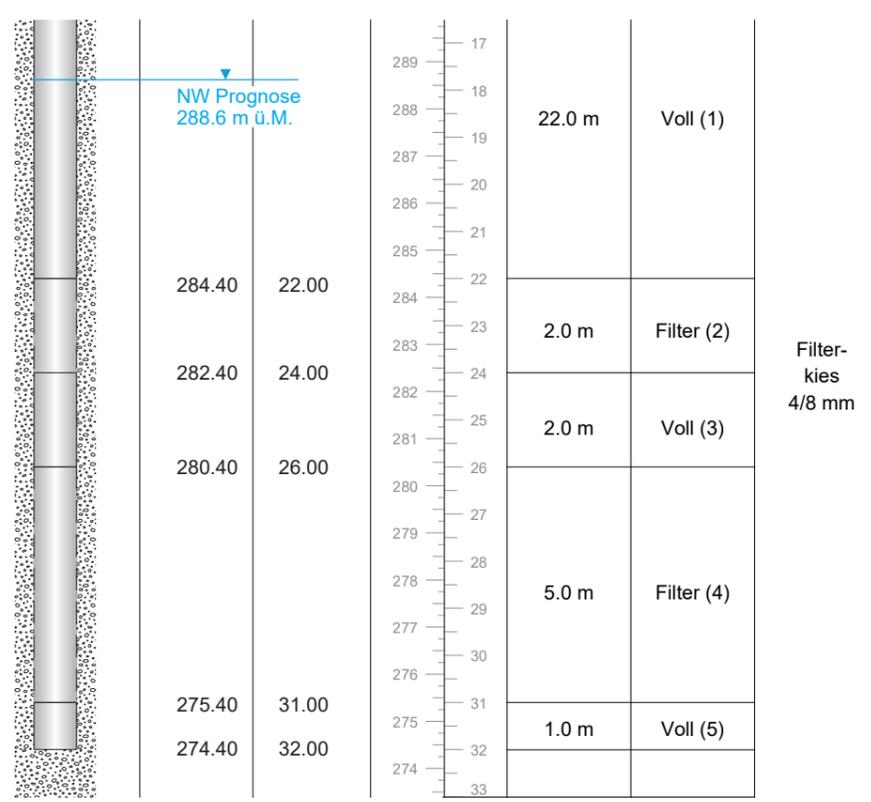
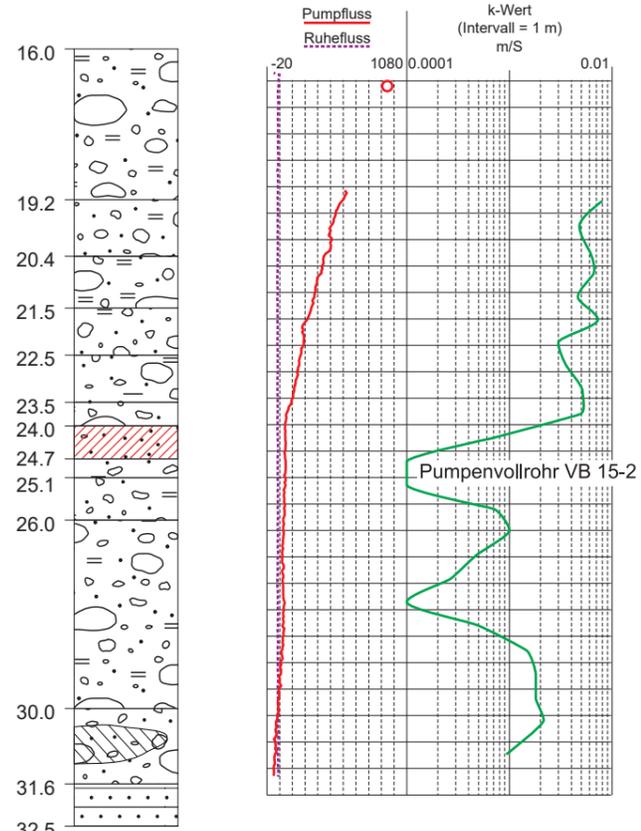
| Geologische Identifikation | Kote m ü.M. | Tiefen ab OKT (m) | Materialbeschreibung (Versuchsbrunnen VB 15-2)   | Bohrart und ø             | Wasserspiegel | Rohr ø nicht Mst. | Kote m ü.M. | Tiefen OKR (m) | Massstab | Rohr-länge | Rohr-art | Ring-raum         |
|----------------------------|-------------|-------------------|--|---------------------------|---------------|-------------------|-------------|----------------|----------|------------|----------|-------------------|
| Oberboden                  | 305.6       | 0.3               | brauner, mässig siltiger Sand, reichlich Kies, Wurzeln   | Greiferbohrung, ø 2000 mm |               |                   |             |                |          | 22.0 m     | Voll (1) | Noch zu bestimmen |
| Schwemmlagerungen          | 304.3       | 1.6               | ockerbrauner, leicht siltiger Sand, viel Kies  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 2.6               | beiger, sauberer Kies, viel Sand, Steine (max. gemess. ø 12 cm, Gewichtsanteil ca. 5%)                       |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 4.0               | hellbeiger, sauberer Kies, reichlich bis viel Sand, Steine (max. gemess. ø 14 cm, Gewichtsanteil ca. 10%)    |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 6.3               | beiger, leicht siltiger Kies, viel Sand, Steine (max. gemess. ø 19 cm, Gewichtsanteil ca. 10%)               |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 7.5               | hellbrauner, sauberer Kies, reichlich Sand   |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 8.0               | beiger, schwach siltiger Kies, reichlich Sand, Steine (max. gemess. ø 10 cm, Gewichtsanteil ca. 20%)         |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 10.0              | hellbrauner, sauberer Kies, viel Sand, 3 Steine (max. gemess. ø 15 cm)                                       |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 11.2              | hellbeiger, leicht siltiger Kies, reichlich Sand   |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 12.0              | hellbrauner, sauberer Kies, viel Sand, 2 Steine (max. gemess. ø 8 cm)  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 12.0              | beiger, leicht siltiger Kies, viel Sand, 3 Steine (max. gemess. ø 13 cm)                                     |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 14.3              | hellbrauner, sauberer Kies, reichlich Sand, 1 Block (gemess. ø 22 cm)  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
| Niederterrassenschotter    |             | 15.3              | hellbrauner, sauberer Sand, wenig Kies   |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 16.0              | hellbrauner, mässig siltiger Kies, wenig Sand, Steine (max. gemess. ø 15 cm, Gewichtsanteil ca. 30%)         |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 19.2              | hellbrauner, mässig siltiger Kies, reichlich Sand, Steine (max. gemess. ø 16 cm, Gewichtsanteil ca. 20%)     |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 20.4              | hellgrauer, leicht siltiger Kies, reichlich Sand, 4 Steine (max. gemess. ø 12 cm)                            |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 21.5              | hellbrauner, stark siltiger Kies, reichlich Sand, 3 Steine (max. gemess. ø 15 cm)                            |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 22.5              | grauer, leicht siltiger Kies, reichlich Sand, 3 Steine (max. gemess. ø 18 cm)                                |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 23.5              | grauer, mässig siltiger Kies, reichlich Sand, 2 Steine (max. gemess. ø 12 cm)                                |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 24.0              | grauer, schwach siltiger Kies, reichlich Sand  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 24.7              | grauer, sauberer Sand, wenig Kies  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 25.1              | beiger, mässig siltiger Kies, viel Sand  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 26.0              | hellgrauer, leicht siltiger Kies, reichlich Sand   |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 30.0              | grauer, mässig siltiger Kies, reichlich bis viel Sand, Steine (max. gemess. ø 16 cm, Gewichtsanteil ca. 20%) |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            |             | 31.6              | hellbrauner, sauberer Kies, reichlich Sand, Steine und Blöcke (max. gemess. ø 22 cm, Gewichtsanteil ca. 30%) |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
| Buntsandstein              | 274.3       | 31.6              | roter Sandstein mit grünen Flecken (Reduktionshöfe)  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |
|                            | 273.4       | 32.5              |  |                           |               |                   |             |                |          |            |          |                   |

gestörte Probe  
Sandlinsen

**Ausführung Brunnenrohr:**  
Voll (1): Vollrohr, Edelstahl V4A, DN 1500  
Filter (2): Filterrohr, Wickeldraht, Edelstahl V4A, DN 1500, Schlitzweite 2.0 mm  
Voll (3): Vollrohr, Edelstahl V4A, DN 1500 (Pumpen)  
Filter (4): Filterrohr, Schlitzbrücken, Edelstahl V4A, DN 1500, Schlitzweite 2.0 mm  
Voll (5): Vollrohr mit Boden, Edelstahl V4A, DN 1500 (Schlammsack)

**Kurzpumpversuch (VB 15-2) vom 19.9.2015**  
Durchlässigkeitsbeiwert k (berechnet nach Dupuit-Thiem)  
Grundwassermächtigkeit H = 14.6 m  
Bohrradius r = 0.063 m  
Pumpmenge Q = 1200 l/min  
Gwsp.-Absenkung ΔH = 0.47 m  
**Durchlässigkeitsbeiwert k = 3.1 × 10<sup>-3</sup> m/s**

**Flowmetermessungen (Mst. ca. 1:150)**



Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

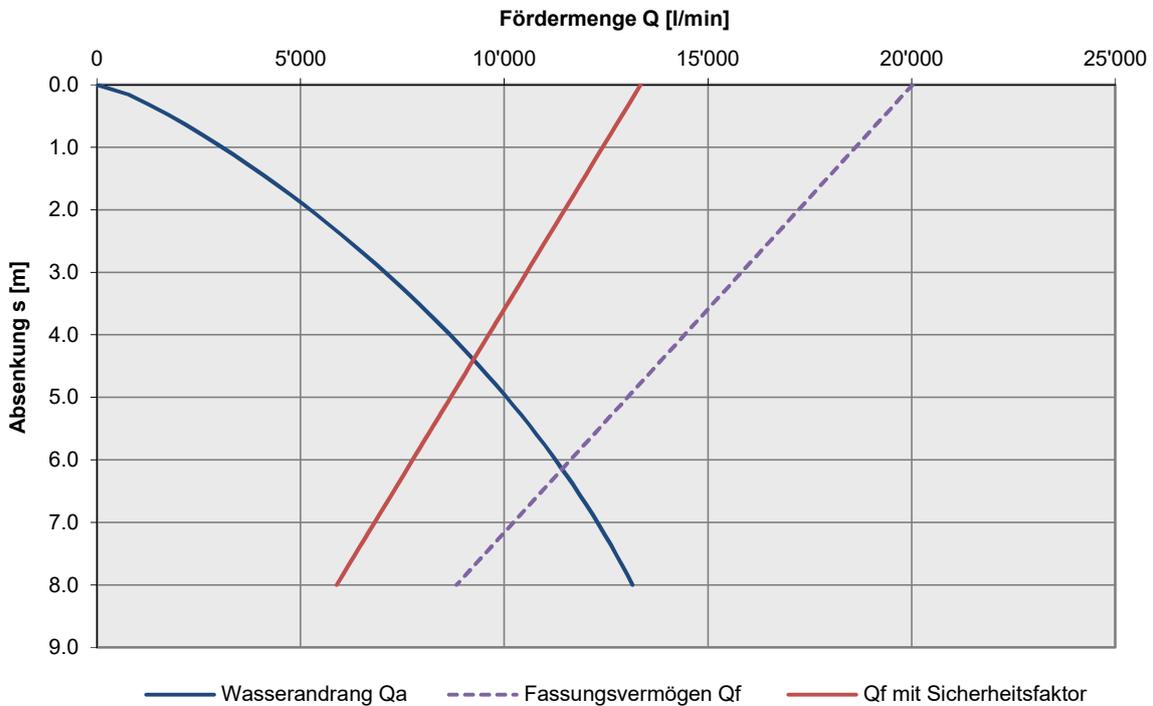
***Brunnenergiebigkeit und Filterkapazität GWPW Ägerte (Standort 15-2)***

**Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

**Brunnenergiebigkeit und Filterkapazität  
GWPW Ägerte (Standort VB 15-2)**

**Theoretische Brunnenergiebigkeit**

|  |                            |                    |  |
|--|----------------------------|--------------------|--|
| Grundwassermächtigkeit                               | H                          | 14.31 m            | NW (exkl. Abs. von Brunnen 2)                                  |
| Durchlässigkeitsbeiwert                              | K                          | 3.1E-03 m/s        | gemäss PV in VB 15-2 (19.9.15)                                 |
| Endbohrdurchmesser                                   | D <sub>Bohr</sub>          | 2.00 m             | gemäss vorläufiger Auslegung                                   |
| Sicherheitsfaktor                                    | SF                         | 1.5                | Standard: 1.5 (Q <sub>Betrieb</sub> = 2/3 * Q <sub>Max</sub> ) |
| Maximale Brunnenergiebigkeit                         | Q <sub>Max</sub>           | 11'290 l/min       | Schnittpunkt blaue & violette Linie                            |
| <b>Brunnenergiebigkeit<br/>(Betriebsfördermenge)</b> | <b>Q<sub>Betrieb</sub></b> | <b>9'170 l/min</b> | Schnittpunkt blaue & rote Linie                                |



**Technische Filterkapazität**

|   |                           |                        |                                     |
|---|---------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Filtertyp   |                           | WIDRA / Schlitzbrücken | noch zu bestimmen                   |
| Schlitzweite  | SW                        | 1.5 mm                 | noch zu bestimmen                   |
| Filterrohrdurchmesser                                   | D <sub>Filter</sub>       | 1.50 m                 | gemäss vorläufiger Auslegung        |
| Länge Filterstrecke                                     | L                         | 7.0 m                  | gemäss vorläufiger Auslegung        |
| Freie Filterfläche                                      | FF                        | 8.0 %                  | benötigter Wert bei 7 m Filter      |
| Krit. Eintrittsgeschwindigkeit                          | V <sub>Krit</sub>         | 0.03 m/s               | Grenze laminar-turbulent (0.03 m/s) |
| Spezifische Filterkapazität                             | Q <sub>Filter spez</sub>  | 679 l/min pro m        |                                     |
| <b>Resultierende Filterkapazität<br/>mit 7 m Filter</b> | <b>Q<sub>Filter</sub></b> | <b>4'750 l/min</b>     |                                     |

Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

***Brunnenlayout Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker, Schemaskizze ohne  
Massstab***

# ENTWURF

**Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West**

**Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

**Brunnenlayout Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker, Schemaskizze ohne Masstab**

| Terrain / Grundwasserspiegel   | Layout Filterrohr     | Koten  |                         | Rohrlänge | Rohrart   |
|--|-----------------------|--------|-------------------------|-----------|---|
|  |                       | m ü.M. | m ab OK Rohr prov./def. | m         |   |
| OK Terrain (AGIS):<br>ca. 299.0 m ü.M.   | OK Rohr<br>prov./def. | 299.0  | 0.0                     | 15.5      | Vollrohr<br>Edelstahl V2A<br>DN 250<br><br>Wandstärke voraussichtl. 8 mm<br>(evtl. oben: prov. Rohr)          |
| Grundwasserspiegel<br>Hochwasser (Prognose):<br>ca. 286.7 m ü.M.   |                       |        |                         |           |   |
| Grundwasserspiegel<br>Mittelwasser (Prognose):<br>ca. 283.8 m ü.M.   | OK Filter             | 283.5  | -15.5                   | 12.0      | Schlitzbrückenfilter<br>Edelstahl V2A<br>DN 250<br><br>Wandstärke voraussichtl. 8 mm<br>Brückenöffnung 2.0 mm |
| Grundwasserspiegel<br>Niedrigwasser (Prognose):<br>ca. 282.0 m ü.M.  | UK Filter             |        |                         |           |   |
| OK Grundwasserstauer:<br>ca. 271.12 m ü.M.   | Schlamm sack          | 271.5  | -27.5                   | 1.0       | Vollrohr mit Boden<br>Edelstahl V2A<br>DN 250<br>Wandstärke<br>voraussichtl. 8 mm<br>(Schlamm sack)           |
|  | UK Rohr               | 270.5  | -28.5                   |           |   |
| <p><b>Übrige Angaben:</b><br/>                     Bohrdurchmesser: min. Endbohrdurchmesser 400 mm<br/>                     Stückelung Rohre: noch zu bestimmen<br/>                     Ringrau: noch zu bestimmen, voraussichtlich Tonabdichtung (2.0 m) sowie Filterkies 4-8 und 2-3.15 mm<br/>                     Minimaler Innendurchmesser des Brunnens: keine Vorgaben</p> |                       |        |                         |           |   |

Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG

***Hydrogeologischer Bericht (Phase Bauprojekt)***

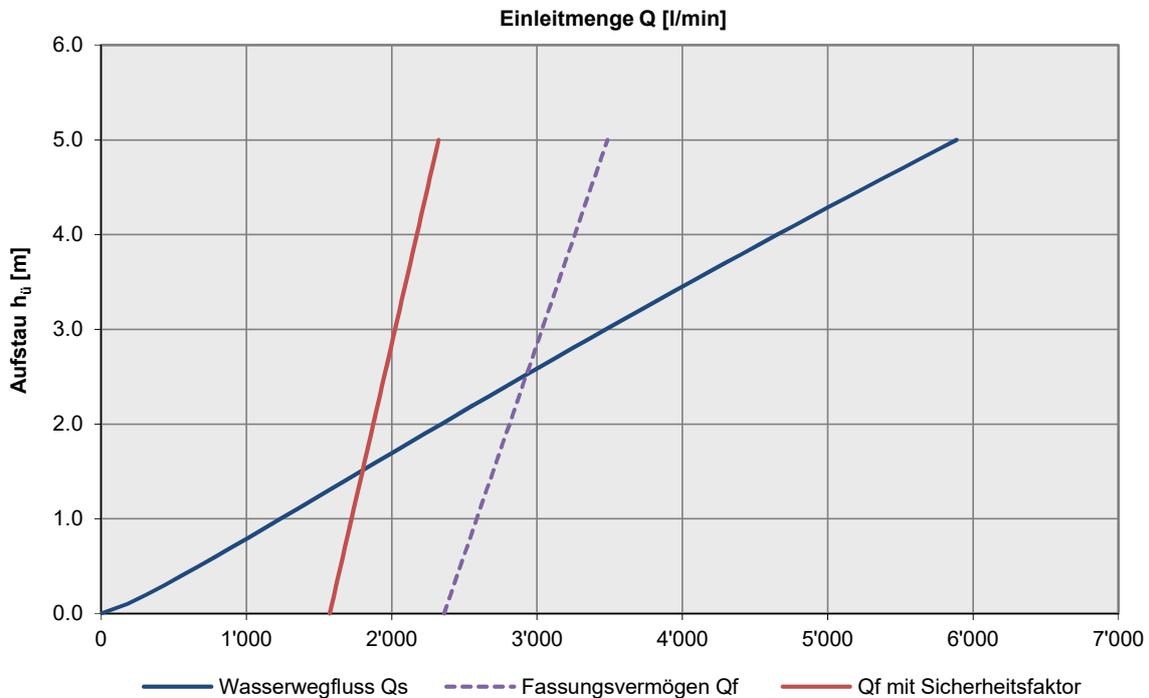
***Schluckleistung und Filterkapazität, Schluckbrunnen NWPW Bäumliacker***

**Erschliessung Grundwasserschutzareal Hardwald West  
Gemeinden Eiken, Münchwilen, Sisseln und Stein / AG**

**Schluckleistung und Filterkapazität  
Schluckbrunnen NWPW Bäumlacker**

**Theoretische Schluckleistung**

|   |                            |                    |  |
|---|----------------------------|--------------------|--|
| Grundwassermächtigkeit                            | H                          | 10.50 m            | NW & Stauer von Bäumlacker                                     |
| Durchlässigkeitsbeiwert                           | K                          | 2.0E-03 m/s        | Erfahrungswert Region  |
| Endbohrdurchmesser                                | D <sub>Bohr</sub>          | 0.40 m             | gemäss Brunnenkonzept  |
| Sicherheitsfaktor                                 | SF                         | 1.5                | Standard: 1.5 (Q <sub>Betrieb</sub> = 2/3 * Q <sub>Max</sub> ) |
| Maximale Schluckleistung                          | Q <sub>Max</sub>           | 2'920 l/min        | Schnittpunkt blaue & violette Linie                            |
| <b>Schluckleistung<br/>(Betriebseinleitmenge)</b> | <b>Q<sub>Betrieb</sub></b> | <b>1'790 l/min</b> | Schnittpunkt blaue & rote Linie                                |



**Technische Filterkapazität**

|  |                           |                     |                                   |
|--|---------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| Filtertyp  |                           | Schlitzbrücken, V2A | gemäss Brunnenkonzept             |
| Brückenöffnung   | SW                        | 2.0 mm              | gemäss Brunnenkonzept             |
| Filterrohrdurchmesser                                    | D <sub>Filter</sub>       | 0.25 m              | gemäss Brunnenkonzept             |
| Länge Filterstrecke                                      | L                         | 12.0 m              | gemäss Brunnenkonzept             |
| Freie Filterfläche                                       | FF                        | 10.2 %              | gemäss Stüwa (WST 8 mm)           |
| Krit. Eintrittsgeschwindigkeit                           | V <sub>Krit</sub>         | 0.03 m/s            | Grz. laminar-turbulent (0.03 m/s) |
| Spezifische Filterkapazität                              | Q <sub>Filter spez</sub>  | 144 l/min pro m     |                                   |
| <b>Resultierende Filterkapazität<br/>mit 12 m Filter</b> | <b>Q<sub>Filter</sub></b> | <b>1'720 l/min</b>  |                                   |