

NEUBAU WOHNHÄUSER ZBERG, PARZ. 395 IN VITZNAU: WP
HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN
über die thermische Grundwassernutzung

Objekt	Neubau Wohnhäuser Zberg, Parz. 395 in Vitznau: WP		
HLK-Ingenieur	Gwerder Fidel Energietechnik AG, Gotthardstrasse 54, 6438 Ibach		
Architekt	TGS Architekten AG, Zentralstrasse 38A, 6003 Luzern		
Auftraggeber	Sikama Immobilien AG, Luzernerstrasse 45, 6045 Meggen		
Koordinaten	2'679'649 / 1'206'474	Auftragsnummer	25 6645
Ort, Datum	Luzern, 07. August 2026 SB/IS/EW/sb		

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Auftrag	1
2	Verwendete Unterlagen	1
3	Durchgeführte Arbeiten	2
4	Hydrogeologische Verhältnisse	3
5	Bestehende Nutzungen	5
6	Ergebnisse des Pump- und Rückgabeversuchs	5
7	Grundwasserqualität	6
7.1	Grundwasserchemismus	6
7.2	Trübung / Sand	8
7.3	Grundwassertemperatur	8
8	Thermische Beurteilung	8
9	Wichtige Punkte zur technischen Nutzung	9
10	Auswirkungen der thermischen Grundwassernutzung	10
11	Weiteres Vorgehen	10

Anhang

Anhang 1	Standorte der Entnahme- und Rückgabeburgen, 1:500.
Anhang 2	Profile der Sondierbohrungen EB25-1, EB26-1 und RB25-1, 1:50.
Anhang 3	Untersuchungsbericht der chemischen Grundwasseranalyse (Bachema AG).
Anhang 4	Hydraulisch-thermische Modellierungen nach 30 Jahren und $\Delta T = 3 \text{ K}$, 1:2'000.

Hinweise zum Urheberrecht:

Das Urheberrecht des vorliegenden Gutachtens ist gemäss SIA 118 Art. 24 geschützt. Der vorliegende Bericht darf vom Empfänger nur im Rahmen des Vertrages verwendet werden; er darf diesen weder für eigene Zwecke weiter verwenden noch an unberechtigte Dritte zur Verwendung weitergeben; auch hat er dafür zu sorgen, dass die Unterlagen Dritten nicht zugänglich sind. Ohne unsere schriftliche Zustimmung sind Veröffentlichungen im Internet untersagt, auch von Auszügen, einzelnen Figuren oder Profilen.

1 EINLEITUNG UND AUFTRAG

Auf der Parzelle 395 (GB Vitznau) wird der Neubau Wohnhäuser Zberg geplant. Dafür ist eine thermische Grundwassernutzung zu Heiz- und Kühlzwecken vorgesehen. Gemäss Angaben der Gwerder Fidel Energietechnik AG (Ibach) ist bei der genutzten Temperaturdifferenz von 3 K für den Wärme- und Kältebezug nachstehende Fördermenge vorgesehen (vgl. Tab. 1).

Temperatur-differenz	Spitzenförderrate	Jahresfördermenge
3 K	ca. 130 l/min	ca. 18'000 m ³

Tab. 1 Vorgesehene Fördermenge bei einer genutzten Temperaturdifferenz von 3 K (GWERDER FIDEL ENERGIE TECHNIK AG, 2026).

Im Dezember 2025 erstellte die Johann Bohrtech AG (Rotkreuz) zwei kleinkalibrige Vertikalfilterbrunnen für die Grundwasserentnahme und -rückgabe. Im Januar 2026 folgten die Entsandung der Filterbrunnen und ein erster Pump- und Rückgaberversuch. Weil aus dem Versuchsentnahmebrunnen EB25-1 die gewünschte Fördermenge nicht erreicht werden konnte, wurde zur Erhöhung der Förderleistung ein zusätzlicher Entnahmebrunnen EB26-1 erstellt. Zur Prüfung des neu erstellten Filterbrunnens wurde ein weiterer Pump- und Rückgaberversuch durchgeführt (KELLER+LORENZ AG, 2026).

Die TGS Architekten AG beauftragte uns im Namen der Bauherrschaft, sämtliche Arbeiten zur Erschliessung und Rückführung des Grundwassers zu begleiten, hydrogeologisch auszuwerten und die Resultate im vorliegenden hydrogeologischen Gutachten festzuhalten. Dieses bildet die Grundlage für das definitive Konzessionsgesuch beim Kanton Luzern.

2 VERWENDETE UNTERLAGEN

Die Ausarbeitung des vorliegenden hydrogeologischen Gutachtens basiert auf folgenden Grundlagen:

Normen, Richtlinien, Fachliteratur

BAFU (2009): Wärmenutzung aus Boden und Untergrund, Vollzugshilfe für Behörden und Fachleute im Bereich Erdwärmenutzung.

GEWÄSSERSCHUTZVERORDNUNG vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201).

SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN (2015): SIA 384/7 Grundwasserwärmennutzung.

Projektgrundlagen

GWERDER FIDEL ENERGIE TECHNIK AG (2026): Bedarfszahlen Grundwasserwärmennutzung, E-Mail vom 16.07.2025, telefonische Ergänzung vom 03.03.2026.

KELLER+LORENZ AG (2026): 6645 Neubau WHer Zberg, Vitznau, WP: Auswertung Pumpversuch und weiteres Vorgehen, E-Mail vom 05.02.2026 und Besprechung vom 05.03.2026.

TGS ARCHITEKTEN AG (2026): Wohnhäuser Zberg, Situation Bohrung Einmessung, 1:200, datiert 27.05.2026.

Geologie / Hydrogeologie

BAFU (2026): Hydrogeologische Daten und Vorhersagen, Vierwaldstättersee – Luzern, Zugriff Juli 2026.

KANTON LUZERN, RAWI (2026): Grundbuchplan, Gewässerschutzkarte, Wassernutzungen. <https://geoportal.lu.ch/karten>; Zugriff Juli 2026.

KELLER+LORENZ AG: Diverse Gutachten und Sondierungen aus dem Archiv.

3 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Zur Erschliessung und Rückführung des Grundwassers wurden durch die Firma Johann Bohrtech AG (Rotkreuz) folgende Arbeiten durchgeführt:

- Abteufen einer Rotationskernbohrung, Bohr-Ø 323/272 mm auf 31.0 m Tiefe ab OK Terrain.
- Ausbau zum Versuchsentnahmebrunnen EB25-1 durch Versetzen von PVC-Filterrohren Øi = 180 mm (7") bis 31.0 m ab OK Terrain zwischen 26.0 m und 29.0 m ab OK Terrain geschlitzt.
- Abteufen einer zweiten Rotationskernbohrung, Bohr-Ø 323/272 mm auf 25.0 m Tiefe ab OK Terrain.
- Ausbau zum Rückgabebrunnen RB25-1 durch Versetzen von PVC-Filterrohren Øi = 180 mm (7") bis 25.0 m ab OK Terrain zwischen 19.0 m und 21.0 m resp. 22.0 m und 24.0 m ab OK Terrain geschlitzt.
- Entsandung und Pump- und Rückgabeversuch aus EB25-1 mit Einleitung in RB25-1 vom 27.01.2026 von 4 Std. Dauer mit einer maximalen Entnahmemenge von ca. 120 l/min.
- Abteufen einer Rotationskernbohrung, Bohr-Ø 368/323 mm auf 40.0 m Tiefe ab OK Terrain.
- Ausbau zum Entnahmebrunnen EB26-1 durch Versetzen von PVC-Filterrohren Øi = 200 mm (8") bis 40.0 m ab OK Terrain zwischen 31.0 m und 34.0 m, resp. 35.0 m und 38.0 m ab OK Terrain geschlitzt.
- Entsandung und Pump- und Rückgabeversuch aus EB26-1 mit Einleitung in RB25-1 vom 09.07.2026 von 4¼ Std. Dauer mit einer maximalen Entnahmemenge von ca. 180 l/min.

- Die Standorte der Entnahme- (EB25-1 und EB26-1) und des Rückgabebrunnens (RB25-1) sind aus der Situation 1:500 (Anhang 1) ersichtlich und die Lagedaten in Tab. 2 zusammengefasst.

Filterbrunnen	Rechtswert	Hochwert	OK Terrain [m ü.M.]	OK Rohr [m ü.M.]
Versuchsentnahmebrunnen EB25-1	2'679'655.5	1'206'509.7	454.11	455.26
Entnahmebrunnen EB26-1	2'679'658.2	1'206'504.9	454.05	-
Rückgabebrunnen RB25-1	2'679'632.1	1'206'495.6	450.05	451.11

Tab. 2 Vermassung der Entnahme- und Rückgabebrunnen EB25-1, EB26-1 und RB25-1 gemäss TGS ARCHITEKTEN AG (2026). OKT und OKR zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten.

4 HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Das Bauprojekt liegt über dem unteren Teil des ausgedehnten Schwemmfächers des Altdorf- und Chalibachs, der seit der Eiszeit durch zahlreiche Murgangereignisse sowie durch Bachablagerungen aufgebaut wurde. Unterhalb des früheren Seespiegels der Jungsteinzeit liegen Deltaablagerungen vor, in denen in den obersten Metern Diamiktite¹ aus Murgangereignissen eingelagert sind. In den Deltaablagerungen zirkuliert das Wasser des nutzbaren, Hauptgrundwasservorkommens.

In den Brunnenbohrungen, deren Aufschlüsse in den Bohrprofilen EB25-1, EB26-1 und RB25-1 aufgezeichnet sind (Anhang 2), wurden folgende geologischen Verhältnisse vorgefunden:

- Unter einer geringmächtigen Humusschicht stehen bis in eine Tiefe von ca. $26\frac{1}{2} \div 28$ m (EB25-1 und EB26-1), resp. ca. $19\frac{1}{2}$ m (RB25-1) unter der Geländeoberkante mehrheitlich schlecht durchlässige **Murgang- und Schwemmfächerablagerungen** an. Diese bestehen aus einer heterogenen Wechschelung aus tonigem Silt, tonig-siltigem Sand mit variablem Anteil an Kies und tonig-siltigem Kies mit variablem Anteil an Sand sowie Steinen und Blöcken. Darunter werden die Murgang- und Schwemmfächerablagerungen zunehmend durch Einschaltungen grundwasserleitender Zwischenschichten abgelöst. Aufgrund der Resultate des ersten Pump- und Rückgaberversuchs vom 27.01.2026 (Kap. 6) ist davon auszugehen, dass diese grundwasserleitenden Zwischenschichten grossräumig lediglich eingeschränkt mit dem ergiebigen Grundwasserleiter der unterliegenden Deltaablagerungen (s.u.) kommunizieren.

¹ Diamiktit: Unsortiertes oder schlecht sortiertes Korngemisch Kies-Sand-Silt/Ton, meist als Kies in einer Schlammmatrix aus stark tonig/siltigem Sand. Diamiktite sind meist Schlamm-/Schuttstromablagerungen oder Moränen.

- Ab einer Tiefe von ca. 30 m (EB25-1 und EB26-1), resp. ca. 23½ m (RB25-1) folgen schliesslich gut durchlässige, grundwasserführende **Deltaablagerungen** aus leicht bis mässig siltigem Kies mit variablem Anteil an Sand und Steinen. Die Basis der Deltaablagerungen wurde in sämtlichen Bohrungen nicht erreicht, wobei diese sich mutmasslich in die Tiefe fortsetzen.

Die Grundwasserdruckfläche lag am 09.07.2026 vor Beginn des Pump- und Rückgabeversuchs beim Entnahmebrunnen EB26-1 auf ca. 20.7 m unter OK Terrain, bzw. auf 433.4 m ü.M. und damit ungefähr auf Höhe des Seepegels (BAFU, 2026). Beim Entnahmebrunnen EB25-1 befand sich der Grundwasserdruckspiegel auf ca. 20.5 m unter OK Terrain, was ca. 433.6 m ü.M. entspricht. Beim Rückgabebrunnen RB25-1 lag der Grundwasserdruckspiegel auf ca. 16.3 m unter OK Terrain (ca. 433.7 m ü.M.). Die leicht höheren Lagen der Grundwasserdruckspiegel in EB25-1 und RB25-1 im Vergleich zu EB26-1 sind durch eine schlechtere hydraulische Anbindung an das Hauptgrundwasservorkommen sowie evtl. den Einfluss schwebender Hang- oder Grundwasservorkommen erklärbar.

Gemäss Vergleich mit langjährigen Pegelmessdaten des Vierwaldstättersees entspricht die Lage der Grundwasserdruckfläche des Hauptgrundwasservorkommens (EB26-1) einer Lage knapp unter dem Mittelwasserstand (BAFU, 2026). Die Mächtigkeit des erschlossenen, nutzbaren Grundwasserleiters beträgt am Entnahmestandort EB26-1 ca. 10 m. Da bei Niederwasserstand lediglich mit einer ca. ½ m tieferen Lage der Grundwasserdruckfläche zu rechnen ist, bleiben für die erforderliche maximale Nutzungsmenge von ca. 130 l/min aufgrund der gespannten Verhältnisse weiterhin ca. 10 m Grundwasserleiter gesättigt. Bei Hochwasserstand kann die natürliche Grundwasserdruckfläche bis ca. 14 m (RB25-1) unter die Terrainoberfläche ansteigen.

Die Grundwasserdruckfläche weist gemäss der Gewässerschutzkarte (KANTON LUZERN, RAWI, 2026) grossräumig ein Gefälle von ca. 4 ‰ ungefähr gegen W Richtung See auf. Die Grundwasserdruckspiegel in den neu erstellten Brunnenbohrungen waren zum Zeitpunkt des Pump- und Rückgabeversuchs gegenüber dem Seepegel aber nicht oder lediglich um wenige Dezimeter erhöht, woraus rechnerisch ein sehr geringes Gefälle von $0 \div 0.2 \text{ ‰}$ zum See hin resultiert. Dies wird durch neu verfügbare kontinuierliche Grundwasserdruckspiegelmessdaten vom Entnahmebrunnen der Nachbarparzelle 336 bestätigt. Die deutlich höhere Lage der mittleren Grundwasserdruckfläche gemäss Gewässerschutzkarte wird unter Umständen durch Messdaten von schwebenden Grundwasservorkommen der Gewässerschutzkarte oder Interpretation verursacht, wie dies im Rückgabebrunnen RB25-1 ansatzweise ebenfalls beobachtet wurde. Die schwebenden Hang- und Grundwasservorkommen sind aber für die thermische Grundwassernutzung kaum relevant, weshalb für die thermische Beeinflussung das Gefälle und die Grundwasserfliessrichtung des Hauptgrundwasserleiters angenommen wird (Kap. 8).

5 BESTEHENDE NUTZUNGEN

Im relevanten Umkreis des Projektperimeters besteht gemäss KANTON LUZERN, RAWI (2026) auf der Nachbarparzelle 376 (ca. 100 m im W) eine thermische Grundwassernutzung (vgl. Tab. 3). Zudem ist für den Neubau auf der Nachbarparzelle 336 (ca. 80 m im SW) seitlich versetzt eine thermische Grundwassernutzung beantragt (300 l/min, 67'900 m³/a).

Nutzungsnummer	Nutzung	Parz.	Konzessionierte Spitzenförderrate	Jährlicher Bedarf
001.295.1	Chäserei	376	132 l/min	70'000 m ³ /a
beantragt	Villa Tschuopis	336	300 l/min	67'900 m ³ /a

Tab. 3 Konzessionierte und geplante Grundwassernutzungen im relevanten Projektumkreis (KANTON LUZERN, RAWI, 2026).

6 ERGEBNISSE DES PUMP- UND RÜCKGABEVERSUCHS

Wie in Kap. 1 erwähnt, erfolgte am 27.01.2026 ein erster Pump- und Rückgabeversuch aus dem Versuchsentnahmebrunnen EB25-1 mit Einleitung in den Rückgabebunnen RB25-1 (KELLER+LORENZ AG, 2026). Dabei wurde im EB25-1 bereits bei einer Pumpmenge von 120 l/min eine Absenkung bis auf das Niveau der Pumpe auf 29.5 m ab OK Terrain festgestellt. Im RB25-1 stellte sich ein Aufstau von ca. +5.3 m bzw. 11.2 m ab OK Terrain ein. Als Folge dieser unzureichenden Resultate wurde der zusätzliche Entnahmebrunnen EB26-1 erstellt.

Nach Entsandung der Filterstrecken erfolgte am 09.07.2026 ein zweiter Pump- und Rückgabeversuch aus dem neu erstellten Entnahmebrunnen EB26-1 mit Einleitung in den bestehenden Rückgabebunnen RB25-1. Gleichzeitig wurden im bestehenden Versuchsentnahmebrunnen EB25-1 Vergleichsmessungen durchgeführt. Dabei konnten gegenüber den Ruhewasserspiegeln folgende Absenk- und Aufstaubeträge festgestellt werden:

Pumpmenge EB26-1	Absenkung EB26-1	EB25-1 (Beobachtungsstelle)	Aufstau RB25-1
60 l/min	-0.04 m	0.00 m	+2.84 m
120 l/min	-0.09 m	0.00 m	+6.29 m ¹⁾
180 l/min	-0.14 m	0.00 m	+11.39 m ²⁾
120 l/min	-0.09 m	0.00 m	+6.73 m ²⁾

Tab. 4 Resultate des Pump- und Rückgabeversuchs vom 09.07.2026 aus dem Entnahmebrunnen EB26-1 mit Einleitung des Pumpwassers in den Rückgabebunnen RB25-1. ¹⁾ nicht stabil, steigend. ²⁾ nicht stabil, sinkend.

Aus der Absenkung in Abhängigkeit der Förderrate und den allgemeinen hydrogeologischen Parametern errechnet sich nach Dupuit-Thiem für den Grundwasserleiter ein Profilk-Wert von ca. $1 \div 2 \cdot 10^{-3}$ m/s, der für eine grosse Durchlässigkeit spricht (Balderer, 2012 in SIA 384/7). Aufgrund der verbleibenden gesättigten Mächtigkeit und der zu erwartenden

kleinen Absenkung von ca. 0.1 m wird die erforderliche maximale Entnahmemenge auch bei Tiefstständen gut aus dem Entnahmebrunnen EB26-1 zu fördern sein. Zudem sind genügend Leistungsreserven vorhanden, so dass auf den Versuchsentnahmebrunnen EB25-1 verzichtet werden kann (Kap. 11).

Weiter wies der Rückgabebrunnen RB25-1 bei der höchsten Pumpstufe von 180 l/min einen Betriebsaufstau von ca. +11.4 m auf (Flurabstand ca. 4.9 m). Bei der Reduktion der Pumpstufe auf 120 l/min sank der Grundwasserdruckspiegel rasch auf ein Niveau von ca. +6.7 m über dem Ruhedruckwasserspiegel ab (Flurabstand ca. 9.6 m). Trotz des grossen Anstiegs des Grundwasserdruckspiegels sind aufgrund des ausreichend grossen Flurabstandes bei der gewünschten Spitzenförderrate unzulässige Aufstaubeträge im bestehenden Rückgabebrunnen RB25-1 auch bei Hochwasserstand unwahrscheinlich. Um allfällige Leistungsverminderungen des Brunnens während der Nutzungsdauer und damit einhergehende unzulässige Aufstaubeträge frühzeitig erkennen zu können, empfehlen wir eine Überwachung des Grundwasserspiegels im Rückgabebrunnen RB25-1 während des Betriebs der Anlage (Kap. 9).

7 GRUNDWASSERQUALITÄT

7.1 GRUNDWASSERCHEMISMUS

Während beider Pump- und Rückgabeversuche wurden die Feldparameter zur Grundwasserqualität wie Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Sauerstoffgehalt ermittelt. Beim Pumpversuch vom 27.01.2026 wurden zusätzlich Wasserproben erhoben und zur chemischen Analyse dem spezialisierten Labor Bachema AG überbracht. Da beim ersten Pump- und Rückgabeversuch eine ungewöhnlich hohe Luftzufuhr festgestellt wurde, wurde beim Pump- und Rückgabeversuch vom 09.07.2026 eine weitere filtrierte Grundwasserprobe entnommen und durch unser Büro auf gelöstes Eisen und Mangan untersucht. Die im Feld erhobenen Parameter und Laborresultate sind in Tab. 5 festgehalten, der detaillierte Laborbericht der Bachema AG ist in Anhang 3 beigelegt.

Parameter	EB25-1 27.01.2026	EB26-1 09.07.2026
Wassertemperatur [°C]	12.3	12.2
Elektr. Leitfähigkeit (T _{REF} =20°C) [µS/cm]	486	456
pH-Wert [-]	7.55	7.2
Sauerstoff [mg/l]	9.0 *)	4.6
Gelöstes Eisen [mg/l]	<0.005 ²⁾	<0.01 ¹⁾
Gelöstes Mangan [mg/l]	0.015 ²⁾	0.06 ¹⁾

Tab. 5 Resultate der im Feld erhobenen Parameter Grundwassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit und pH-Wert sowie die ermittelten Konzentrationen an gelöstem Eisen und Mangan. ¹⁾ Photometer Hach-Lange: Messbereich gel. Eisen: 0.01 – 1.00 mg/l, gel. Mangan: 0.02 – 5.00 mg/l. ²⁾ Laborresultate der Bachema AG. *) Aussergewöhnliche Luftzufuhr (weisse Trübung durch Luftbläschen) beobachtet.

Die elektrische Leitfähigkeit quantifiziert die gelösten ionischen Bestandteile im Wasser und ist ein Indikator für die Wasserherkunft (z.B. Infiltration von Oberflächenwasser). Der pH-Wert steht für die Lage des Säure/Basen-Gleichgewichts. Der Sauerstoffgehalt ermöglicht zusammen mit anderen Parametern der chemischen Laborresultate den Nachweis von abgelaufenen Redoxprozessen. Im Wesentlichen wird dabei von Mikroorganismen organisches Material – solange verfügbar – mit Sauerstoff, anschliessend mit Nitrat und weiteren Oxidationsmitteln oxidiert. Von Bedeutung sind diese Prozesse, da je nach Lage des chemischen Gleichgewichts gelöstes Eisen und Mangan auftreten und im Rahmen der Nutzung bei Zufuhr von Sauerstoff und relevanter Konzentrationen an gelöstem Eisen und Mangan zu Ausfällungen von festen Eisen- und Manganhydroxiden in der Anlage führen können. Diese können zu erheblichen Betriebsproblemen bei der thermischen Nutzung von Grundwasser führen.

Bei beiden Grundwasseruntersuchungen wurden, abgesehen vom Sauerstoffgehalt, vergleichbare Parameter ermittelt, welche dem Erfahrungsbereich im Gebiet von Vitznau entsprechen und was auf eine ähnliche Herkunft des Wassers hindeutet. Die Sauerstoffkonzentration vom 27.01.2026 wies mit 9.0 mg/l eine sehr hohe Teilsättigung auf, welche wahrscheinlich auf die aussergewöhnliche Luftzufuhr während des Pump- und Rückgabeversuchs zurückgeht. Dies wird durch eine während der Probenahme beobachtete weisse Trübung (Vielzahl an kleinen Luftbläschen) bestätigt. Später erstellte Sauerstoffprofile in den Brunnen mit Werten zwischen 4.9 mg/l und 9.6 mg/l sowie die Sauerstoffmessung beim zweiten Pumpversuch deuten dennoch auf einen oxidischen Grundwasserchemismus mit relevanter Teilsättigung hin, was durch die Abwesenheit von Ammonium, Nitrit und gelöstem Eisen bestätigt wird. Gelöstes Mangan wurde lediglich in Spurenkonzentrationen nahe der Nachweisgrenze detektiert. Weder am erbohrten Bodenmaterial noch am Pumpwasser wurden Ausscheidungen von allenfalls den künftigen Wärmepumpenbetrieb störenden Eisen- und/oder Manganhydroxiden oder organoleptische Auffälligkeiten beobachtet. Deshalb und aufgrund der positiven Erfahrungen mit seit längerem bestehenden Anlagen in der Projektumgebung resultieren lediglich sehr kleine, akzeptable Risiken von diesbezüglichen Ausfällungen.

7.2 TRÜBUNG / SAND

Gemäss dem Protokoll der Bohrfirma wurde während der Pump- und Rückgaberversuche keine Sandführung, resp. Trübung beobachtet. Wie oben erwähnt, wurde während des ersten Pump- und Rückgaberversuchs aber eine temporäre weissliche Trübung durch eine Luftzufuhr in der Pumpversuchsinstallation festgestellt. Beim zweiten Pump- und Rückgaberversuch wurde visuell keine Trübung mehr beobachtet.

Zur besseren Quantifizierung wurde am Ende des zweiten Pump- und Rückgaberversuchs durch die Johann Bohrtch AG am 09.07.2026 beim Entnahmebrunnen EB26-1 eine Messung des Sandgehalts nach SIA 384/7, Anhang J.2.1 ausgeführt. Aus den von der Bohrfirma abgegebenen Protokollen und Fotos der Sandgehaltsmessung kann abgeschätzt werden, dass der Restsandgehalt des Entnahmebrunnens EB26-1 unter der technischen Sandfreiheit liegt. Deshalb ist die Anforderung am Restsandgehalt gemäss SIA 384/7 von 0.3 g/m³ Wasser beim Entnahmebrunnen EB26-1 erfüllt. Aufgrund anstehender Tiefbauarbeiten empfehlen wir dennoch, nach Abschluss sämtlicher Tiefbauarbeiten eine Nachentsandung der Filterbrunnen vorzunehmen (Kap. 11).

7.3 GRUNDWASSERTEMPERATUR

Vom zur Nutzung vorgesehenen Grundwasservorkommen stehen uns aktuell lediglich wenige Daten der Grundwassertemperatur zur Verfügung. Aufgrund aktueller Messdaten auf der Nachbarparzelle sowie den Messdaten während der Pump- und Rückgaberversuche ist eine Temperaturamplitude von ca. 10 ÷ 15°C zu erwarten, wobei die tiefsten Temperaturen in den Monaten Juni/Juli und die Maximalwerte gegen das Jahresende hin auftreten.

8 THERMISCHE BEURTEILUNG

In der Vollzugshilfe *Wärmenutzung aus Boden und Untergrund* des BAFU (2009) wird die gesetzliche Grundlage in der Gewässerschutzverordnung (GSchV) so konkretisiert, dass die Grundwassertemperatur durch die thermische Nutzung gegenüber dem natürlichen Zustand bei 100 m im Abstrom des Rückgabebauwerks um maximal 3 K verändert werden darf.

Aufgrund des flachen Gefälles der Grundwasserdruckfläche des Hauptgrundwasserleiters sowie des anisotropen, im Detail schwer prognostizierbaren Fließfeldes ist die effektive Grundwasserfliessrichtung schwer bestimmbar und naturgemäss mit grossen Unsicherheiten behaftet. Trotzdem wurden orientierende Modellierungen mit dem Groundwater Energy Designer (AFRY Schweiz AG) durchgeführt (Anhang 4). Zu den oben aufgeführten gesetzlichen Rahmenbedingungen kann anhand der Modellierungen folgendes festgehalten werden:

- Aufgrund des geringen Grundwassergefälles stabilisiert sich das Modell langsam, wonach erst nach ca. 20 ÷ 30 Betriebsjahren aussagekräftige, stabile Zustände bestehen.
- Bei der geplanten Temperaturdifferenz von 3 K bildet sich keine 3 K-Isotherme in Abströmrichtung des Rückgabebrunnens RB25-1 aus, womit das 3 K/100 m-Kriterium jederzeit eingehalten wird.
- Rechnerisch ist bei der gewählten Anordnung des Brunnenpaares und unter Annahme eines sehr flachen Gefälles von 0.2 ‰ eine geringe Rezirkulation (<1 K) von Kalt- und Warmwasser vom Rückgabebrunnen RB25-1 hin zum Entnahmebrunnen EB26-1 möglich.
- Die im Abströmbereich bestehende thermische Grundwassernutzung Chäsere sowie die beantragte thermische Grundwassernutzung Villa Tschuopis südwestlich der geplanten Anlage werden je nach angenommener Grundwasserfliessrichtung rechnerisch um lediglich <<1 K bis maximal ca. 1 K und somit gemäss gängiger Praxis der Dienststelle Umwelt und Energie in einem akzeptablen Ausmass beeinflusst.

9 WICHTIGE PUNKTE ZUR TECHNISCHEN NUTZUNG

- Im Entnahmebrunnen EB26-1 sollte der Pumpenseiher zwischen 34.0 m und 35.0 m Tiefe unter OK Terrain zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten, bzw. zwischen ca. 420.0 m ü.M. und 419.0 m ü.M. stehen. Bei dieser Position wird die Unterwasserpumpe auch bei niedrigem Wasserstand noch genügend tief ins Grundwasser eintauchen.
- Für die Rückgabe ist der Rückgabebrunnen RB25-1 mit einer Tiefe von ca. 25.0 m vorgesehen. Die Rückgabeleitung sollte bis in den jederzeit gesättigten Bereich des Grundwasserleiters, d.h. bis ca. 17½ m Tiefe ab OK Terrain bzw. ca. 432.5 m ü. M. hinuntergeführt werden.
- Beide Filterbrunnen müssen mit dichten Schächten vor Oberflächeneinflüssen geschützt werden. Zudem sind die Installationen an den Brunnenköpfen so auszubilden, dass keine Gegenstände in die Filterbrunnen fallen können (z. B. Rohrüberstand von mind. 20 cm etc.). Ebenfalls müssen allfällige Filterbrunnenköpfe Kontrollöffnungen für Messungen mit dem Kabellichtlot aufweisen ($\varnothing_{i, \min} = 20 \text{ mm}$).
- Um einem Sandeintrag vorzubeugen, ist die Unterwasserpumpe mit Sanftanlauf (innert 5 Minuten) und Rückschlagklappe zu versehen. Weiter ist der Einsatz eines Strömungsmantels zu prüfen.
- Zum Schutz der technischen Anlagen ist ein angepasster Sand- und Partikelfilter unumgänglich (vgl. auch SIA 384/7).
- Die thermische Nutzung hat gemäss den Auflagen in der kantonalen Bewilligung zu erfolgen. Weiter empfehlen wir, die Anlage gemäss der SIA Norm 384/7 Grundwasserwärmenutzung zu erstellen.

- Der hohe Betriebsaufstau im Rückgabebrunnen RB25-1 deutet darauf hin, dass die Leistungsreserve dieses Filterbrunnens ausreichend, aber klein ist. Deshalb empfehlen wir, in den Rückgabebrunnen RB25-1 eine Niveausonde zur Erfassung und Speicherung der Grundwasserspiegel und -temperaturen einzubauen und in die Steuerung einzubetten. Weiter empfehlen wir die Einrichtung von Grenzwerten und Warnmeldungen, womit Leistungsreduktionen frühzeitig erkannt und bei Bedarf rechtzeitig Unterhaltmassnahmen umgesetzt werden können.

10 AUSWIRKUNGEN DER THERMISCHEN GRUNDWASSERNUTZUNG

Bei den vorliegenden geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnissen (grosser Flurabstand, kleine Absenkung des Grundwasserdruckspiegels im Betriebszustand) wird sich der hydraulische Einflussbereich der Grundwasserentnahme lediglich auf den brunnennahen Bereich beschränken. Nachteilige Auswirkungen auf das Setzungsverhalten des Untergrunds in der näheren und weiteren Umgebung sind deshalb sehr unwahrscheinlich. Der Aufstau um den Rückgabebrunnen RB25-1 ist ebenfalls mit den örtlichen Verhältnissen zu vereinbaren, sofern dieser mit den empfohlenen Massnahmen kontrolliert wird (Kap. 9).

11 WEITERES VORGEHEN

Für den Bau der Wohnhäuser sind Tiefbauarbeiten geplant; die Baugrubenböschungen werden gemäss aktuellem Kenntnisstand mit Systemverankerungen gesichert. **Die Filterbrunnen sind während der Tiefbauarbeiten** klar zu markieren und oberflächlich zu **schützen** (z.B. mit einem Betonring). Zudem ist eine klare Kommunikation über die kritischen Bauarbeiten nötig (Tiefbauarbeiten, Ankerarbeiten), damit die vulnerablen Brunnenbauten nicht beschädigt werden.

Nach den Tiefbauarbeiten und vor der Inbetriebnahme empfehlen wir eine Nachentsandung, um die Funktionsfähigkeit der Brunnen sicherzustellen und die Brunnenleistung zu erhöhen.

Die Resultate des zweiten Pump- und Rückgabeversuchs (Kap. 6) zeigen, dass der Entnahmebrunnen EB26-1 ausreichend dimensioniert ist und über grosse Leistungsreserven für die Grundwasserentnahme verfügt. Der Versuchsentnahmebrunnen EB25-1 kann deshalb unseres Erachtens fachgerecht verfüllt und zurückgebaut werden.

Keller+Lorenz AG

Geotechnik Geologie Hydrogeologie
Naturgefahren Altlasten



Silvan Betschart



Ivo Schwenk

Sachbearbeitung:

Grafische Auswertungen, Datamining: S. Schenk

Geologie / Hydrogeologie: S. Betschart

Projektleitung: S. Betschart

Review / Qualitätssicherung: I. Schwenk, E. Wick

Standorte der Entnahme- und Rückgabebrunnen

1:500



© 2026 Geoinformation Kanton Luzern

Legende:



Projektperimeter



Entnahme- und Rückgabebrunnen



KELLER+LORENZ AG
Geotechnik - Hydrogeologie - Geologie - Naturgefahren - Altlasten

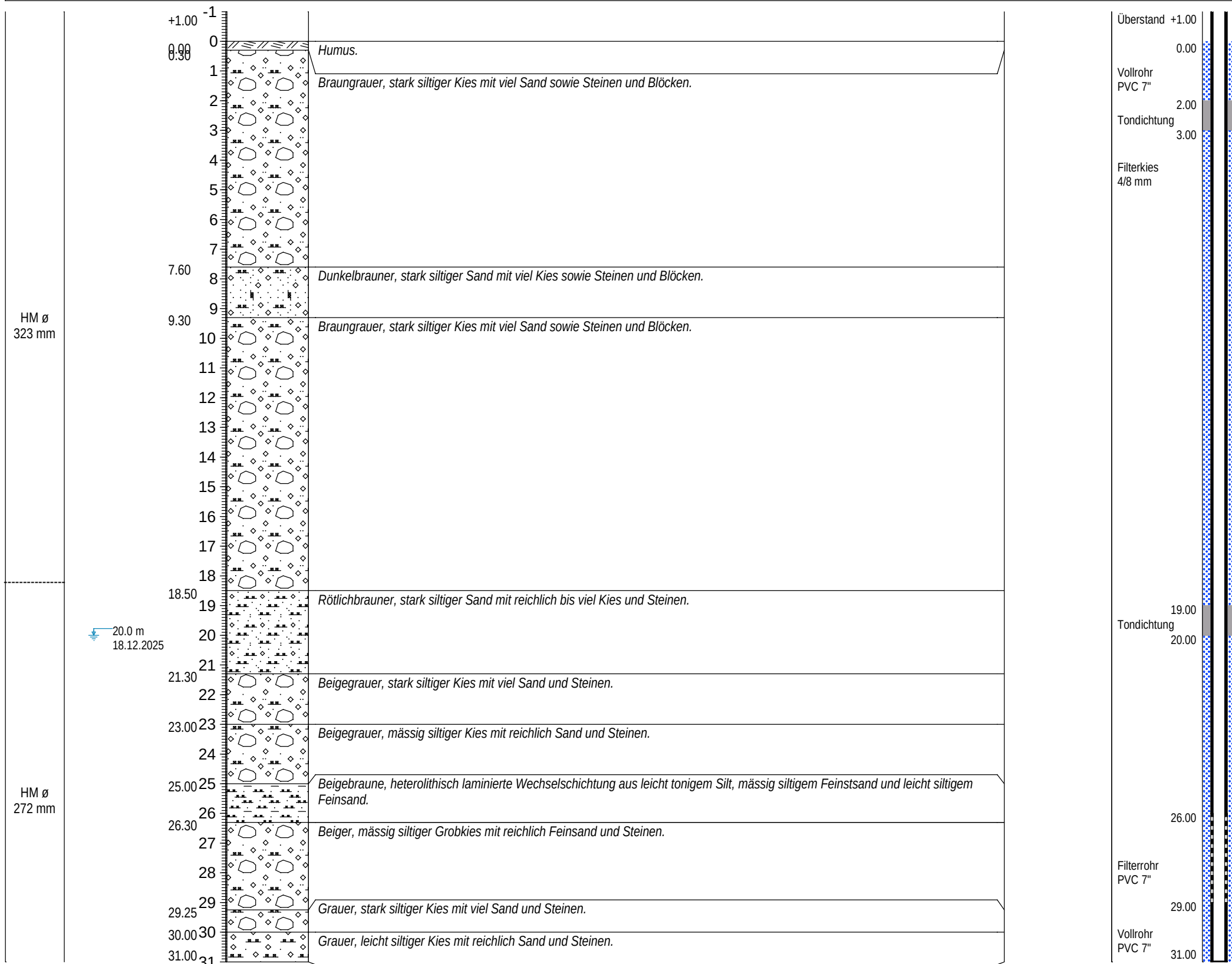
Luzern, 06.08.2026 /SB/IS/sb
i:\2025\...\6645_Sit500.qpt

Anhang 1

Koordinaten: 2'679'655.5 / 1'206'509.7
 Terrainhöhe: 454.11 m ü.M.
 Profilaufnahme: SB
 Aufnahmedatum: 19.12.2025



Bohrung Ø [mm]	Versuche Beobachtungen	Teufe [m] ab GOK	Signatur	Beschreibung des Bohrguts nach USCS Feldmethode (Lagerung Lockergesteine vorwiegend gemäss Bohrprotokoll)	Geologie	Ausbau der Bohrung



Grundwasserspiegel während Bohrung:		
Datum	Teufe [m]	Abstich [m]
18.12.2025	20.80	20.00

 Wassereintritt

hydraulischer Bohrlochversuch

Koordinaten: 2'679'632.1 / 1'206'495.6
 Terrainhöhe: 450.05 m ü.M.
 Profilaufnahme: SB
 Aufnahmedatum: 08.01.2026



Bohrung	Versuche	Teufe [m]	Signatur	Beschreibung des Bohrguts nach USCS Feldmethode (Lagerung Lockergesteine vorwiegend gemäss Bohrprotokoll)	Geologie	Ausbau der Bohrung
Ø [mm]	Beobachtungen	ab GOK				



Legende: ● Standard-Penetrationstest
(Anzahl Schläge pro 15 cm / Teufe)



Grundbruch



Höchster Grundwasserspiegel
während Bohrung
(Datum und Abstich [m])

Grundwasserspiegel während Bohrung:

Datum	Teufe [m]	Abstich [m]
07.01.2026	17.60	17.00



- + Flügelsondierung



ungestörte Bodenprobe



Wassereintritt



Flach-/Felsdilatometer

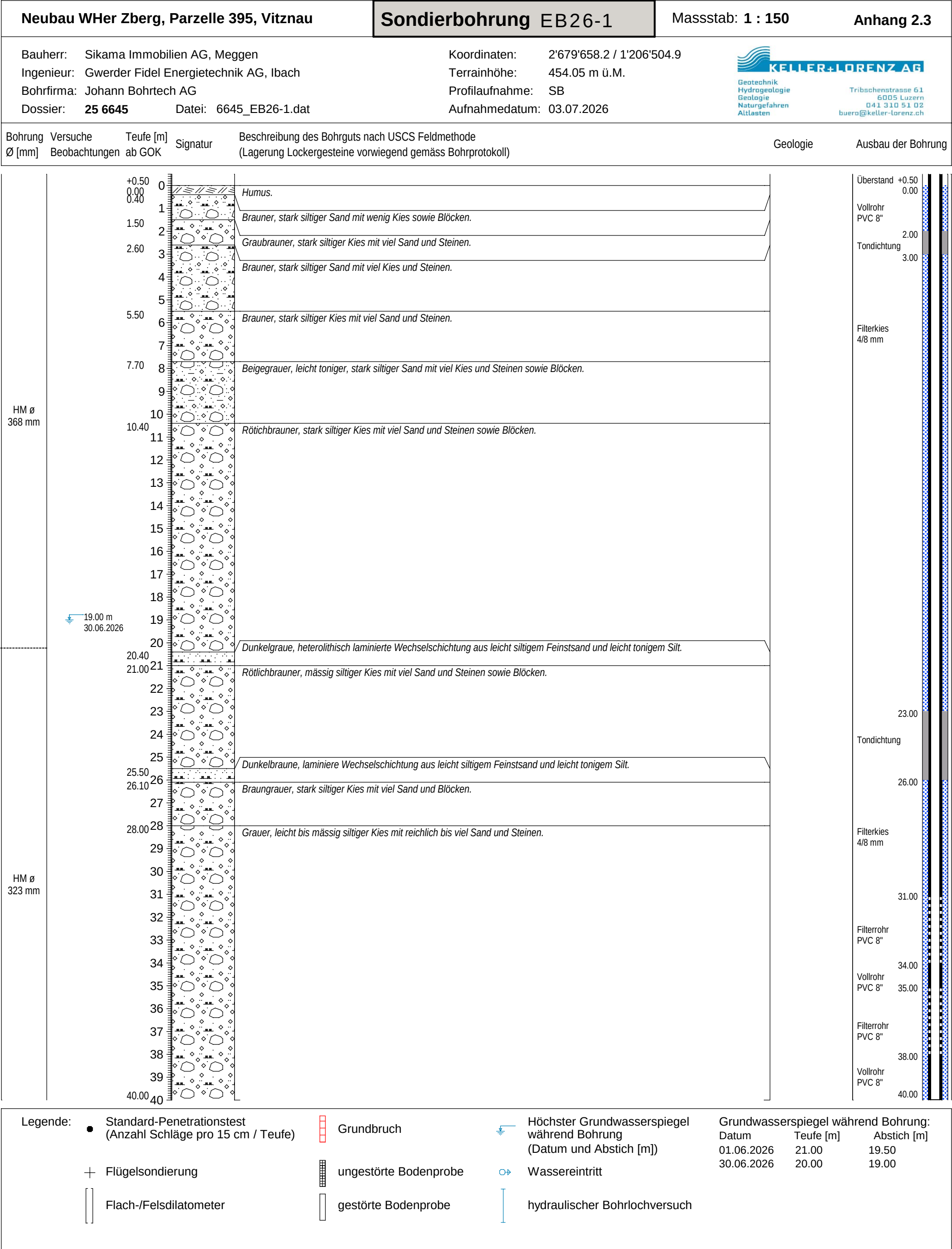


gestörte Bodenprobe



hydraulischer Bohrlochversuch

Bemerkung: Bemerkungen bei Bedarf



Schlieren, 04. Februar 2026
ACSikama Immobilien AG
Luzernerstrasse 45
6045 Meggen

Untersuchungsbericht

Objekt: Nr. 6645 Neubau Wher Zberg, Parz. 395, Vitznau

Bachema AG
Rütistrasse 22
CH-8952 SchlierenTelefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.chChemisches und
mikrobiologisches
Labor für die Prüfung
von Umweltproben
(Wasser, Boden, Abfall,
Recyclingmaterial)Akkreditiert nach
ISO/IEC 17025
STS-Nr. 0064

Auftrags-Nr. Bachema	202601180
Proben-Nr. Bachema	4998
Tag der Probenahme	27. Januar 2026
Eingang Bachema	28. Januar 2026
Probenahmeort	Vitznau
Entnommen durch	M. Rindlisbacher, Keller + Lorenz AG

Auftraggeber	Sikama Immobilien AG, Luzernerstrasse 45, 6045 Meggen
Rechnungsadresse	Keller + Lorenz AG, Tribtschenstrasse 61, 6005 Luzern
Rechnung zur Visierung	Keller + Lorenz AG, Tribtschenstrasse 61, 6005 Luzern
Bericht an	Keller + Lorenz AG, S. Betschart, Tribtschenstrasse 61, 6005 Luzern
Bericht per e-mail an	Keller + Lorenz AG, S. Betschart, silvan.betschart@keller-lorenz.ch

Freundliche Grüsse
BACHEMA AGLara Cayo
MSc ETH Umwelt-Natw.

Objekt: Nr. 6645 Neubau Wher Zberg, Parz. 395, Vitznau
Auftraggeber: Sikama Immobilien AG
Auftrags-Nr. Bachema: 202601180

Probenübersicht

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
4998 W	Wasseruntersuchung	27.01.26 / 28.01.26

Legende zu den Referenzwerten

Indikatorwert GW unbeeinfl. BAFU	Indikatorwert für anthropogen nicht beeinflusstes Grundwasser nach der Wegleitung für Grundwasserschutz (BUWAL, heute BAFU). Werte nach dem Plus- Zeichen (+) bedeuten höchstens den Zahlenwert höher als der naturnahe Zustand.
---	--

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

	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)
---	--

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. 6645 Neubau Wher Zberg, Parz. 395, Vitznau
Auftraggeber: Sikama Immobilien AG
Auftrags-Nr. Bachema: 202601180

Probenbezeichnung	Wasser- unter- suchung				Referenzwert	
					Indikatorwert GW unbeeinfl. BAFU	
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme	4998 27.01.26					

Physikalisch-chemische Parameter

Aussehen {1}		trüb/ Bodensatz				
Farbe {1}		farblos				
Geruch {1}		geruchlos				
Trübung nephelometrisch	NTU	6.1			1	
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	486				
pH-Wert (Labor)	pH	7.55			+/- 0.5	

Sauerstoff

Sauerstoff (nach Winkler)	mg/L O ₂	9.0				
---------------------------	---------------------	-----	--	--	--	--

Allgemeine und anorganische Parameter

Silikate	mg/L SiO ₂	5.37				+10
----------	-----------------------	------	--	--	--	-----

Härteparameter und Kationen

m-Wert (Säureverb. pH 4.3)	mmol/L	4.78				
Karbonathärte (berechnet)	°fH	23.6				
Gesamthärte (berechnet)	°fH	25.9				
Gesamthärte (berechnet)	mmol/L	2.59				
Calcium (gelöst)	mg/L Ca	84.6				+40
Magnesium (gelöst)	mg/L Mg	11.7				+10
Natrium (gelöst)	mg/L Na	4.4				+25
Kalium (gelöst)	mg/L K	1.3				+5

Anionen

Chlorid	mg/L Cl	3.2				40
Nitrat	mg/L NO ₃	7.4				25
Sulfat	mg/L SO ₄	23.8				40

N- und P-Verbindungen

Ammonium	mg/L NH ₄	<0.01				0.1 ox./0.5
Nitrit	mg/L NO ₂	<0.005				+0.05
ortho-Phosphat	mg/L PO ₄	<0.02				+0.15

Berechnete Grössen

freie Kohlensäure	mg/L CO ₂	12.6				
Gleichgewichts-Kohlensäure	mg/L CO ₂	30.7				
Kalkaggressive Kohlensäure	mg/L CO ₂	-18.1				
Gleichgewichts-pH	pH	7.2				
Calciumcarbonat-Sättigungs- index	pH	0.4				
Lochkorrosion: Quotient S1 (Schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe) DIN EN 12502-3		0.1				< 0.5 Loch- korrosion sehr unwahr- scheinlich
Selektive Korrosion: Quotient S2 (Schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe) DIN EN 12502-3		4.9				<1 oder >3 selekt. Korr. gering

Elemente und Schwermetalle

Eisen (gelöst) ICP	mg/L Fe	<0.005				+0.3
Eisen (gesamt) ICP	mg/L Fe	0.33				+0.3
Mangan (gelöst) ICP	mg/L Mn	0.015				+0.05
Mangan (gesamt) ICP	mg/L Mn	0.02				+0.05

Bachema AG
Rütistrasse 22
CH-8952 SchlierenTelefon
+41 44 738 39 00
Telefax
+41 44 738 39 90
info@bachema.ch
www.bachema.chChemisches und
mikrobiologisches
Labor für die Prüfung
von Umweltproben
(Wasser, Boden, Abfall,
Recyclingmaterial)Akkreditiert nach
ISO/IEC 17025
STS-Nr. 0064

Objekt: Nr. 6645 Neubau Wher Zberg, Parz. 395, Vitznau
Auftraggeber: Sikama Immobilien AG
Auftrags-Nr. Bachema: 202601180

Probenbezeichnung

Proben-Nr. Bachema
Tag der Probenahme

Wasser- unter- suchung					<i>Indikatorwert GW unbeeinfl. BAFU</i>	
4998 27.01.26						

Organische Summenparameter

DOC	mg/L C	0.24				2	
-----	--------	-------------	--	--	--	---	--

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. 6645 Neubau Wher Zberg, Parz. 395, Vitznau
Auftraggeber: Sikama Immobilien AG
Auftrags-Nr. Bachema: 202601180

Kommentar

Probe "Wasseruntersuchung", vom 27.01.26 (Proben-Nr. Bachema: 4998)

Kommentar zur Probe im Hinblick auf die Nutzung des Wassers in einem Grundwasserwärmepumpenbetrieb:

Die untersuchte Probe hat einen deutlich erhöhten Trübungswert und es bildet sich ein Bodensatz. Im Übrigen ist die Sinnenprüfung aber unauffällig. Möglicherweise verliert sich die Trübung nach längerer Pumpbetriebsdauer.

Die Leitfähigkeit ist in einem normalen Bereich für Grund- und Trinkwasserverhältnisse.

Der pH-Wert liegt für inertes Konstruktionsmaterial (Chromstahl, Kunststoffe) in einem korrosionstechnisch problemlosen Bereich.

Der Silikatgehalt von 5.37 mg/L entspricht einem natürlichen Hintergrund und kann als Schutz gegen Korrosion wirken.

Bei der untersuchten Probe handelt es sich mit 25.9 °fH gemäss Härteskala um 'ziemlich hartes' Wasser. Der Calciumcarbonat-Sättigungsindex liegt mit 0.4 leicht im positiven Bereich, das bedeutet, dass das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht nicht eingestellt ist. Das Wasser neigt zu Kalkabscheidung, was u.U. zu Verstopfungen durch Kalkablagerungen führen könnte.

Die Sauerstoffkonzentration liegt bei 9 mg/L. (Um die Sauerstoffsättigung berechnen zu können, müsste die Temperatur des Wassers bei der Probenahme bekannt sein. Die Sauerstoffsättigung in % entspricht bei 10°C ca. der 10-fachen Sauerstoffkonzentration in mg/L (<30% wäre ein Indikator für reduzierende Bedingungen)). Weitere Indikatorparameter für reduzierende Bedingungen sind Ammonium, Nitrit, gelöstes Eisen und gelöstes Mangan, wovon nur gelöstes Mangan in Spurenkonzentrationen nachgewiesen wurde. Ev. könnte Mischwasser vorliegen. Allfällig vorhandenes gelöstes Mangan könnte beim Kontakt mit Sauerstoff ausfallen und zu Verockerungen führen. (Eisen und Mangan in partikulärer Form sollten ausser einem Beitrag zur Trübung keine Probleme wegen Verockerung verursachen).

Phosphat wurde nicht nachgewiesen.

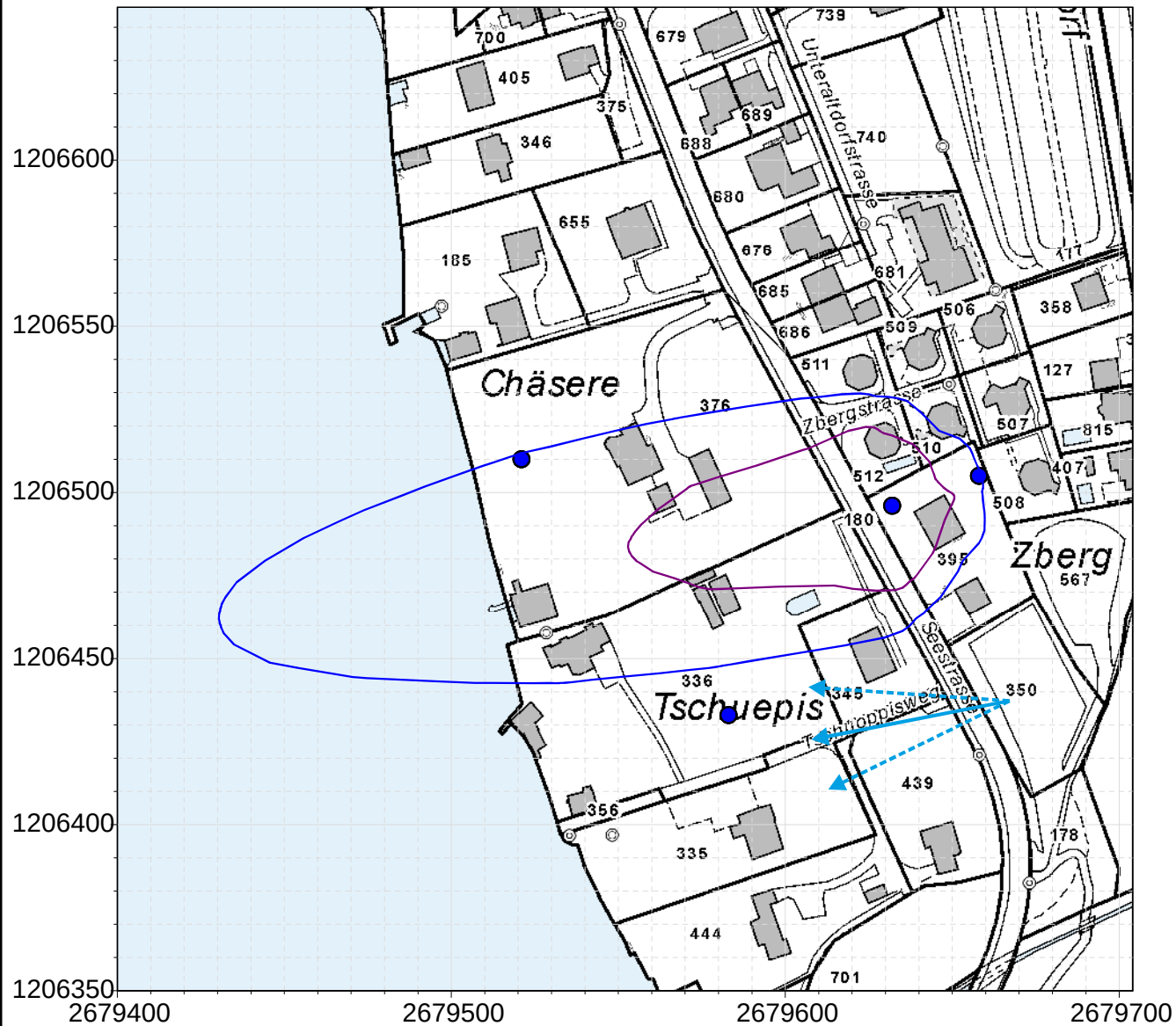
Die Konzentration von gelöstem organischen Kohlenstoff liegt mit 0.24 mg/L im unteren Erfahrungsbereich für unbelastetes Grundwasser.

Schlieren, 04. Februar 2026

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

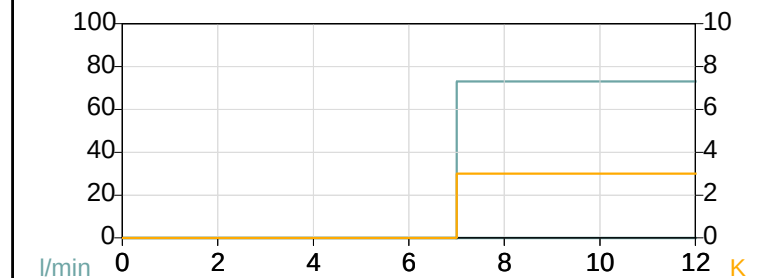
Chemisches und
mikrobiologisches
Labor für die Prüfung
von Umweltproben
(Wasser, Boden, Abfall,
Recyclingmaterial)
Akkreditiert nach
ISO/IEC 17025
STS-Nr. 0064



Typ des Grundwasserleiters:	gespannt
Mächtigkeit des gespannten Grundwasserleiters:	13.0 m
Hydraulische Durchlässigkeit:	2e-3 m/s
Hydraulischer Gradient:	0.02 m/100m
Simulationszeit:	30 a
Energieaustausch mit der Deckschicht:	ja
Energieaustausch mit dem Liegenden:	ja
Berücksichtigung der hydraulischen Dispersion	

Ungefähre Grundwasserfliessrichtung

Bemerkung: Aufgrund des flachen Gefälles der Grundwasserdruckfläche und des anisotropen, im Detail schwer prognostizierbaren Fliessfeldes ist die effektive Grundwasserfliessrichtung naturgemäss mit grossen Unsicherheiten behaftet. Die dargestellten Modellierungen haben deshalb lediglich einen orientierenden Charakter.



25 6645 Neubau WHer Zberg,
Vitznau: Thermische
Grundwassernutzung

Legende

- Brunnen
- Isotherme (1K)
- Isotherme (3K)
- Isotherme (2K)

Hydraulisch - thermische Modellierung
($Q = 1 \times 73$ l/min Heizen,
 $\Delta T = 3K$), 1:2'000

07.08.2026

Anhang 4

