

ÜBERBAUUNG WELLIS AREAL IN WILLISAU
HYDROGEOLOGISCHE
MACHBARKEITSBEURTEILUNG
Thermische Grundwassernutzung

Objekt	Überbauung Wellis Areal in Willisau		
Auftraggeber	GKA Immobilien AG Willisau, c/o Progreidis Baumanagement AG, Bruggmatt 1, 6130 Willisau		
HLK-Ingenieur	brücker+ernst GmbH SIA, Neuweg 19, 6003 Luzern		
Koordinaten	2'642'370 / 1'219'460	Auftragsnummer	23 6396
Ort, Datum	Luzern, 27. April 2023 VM/IS/BK/vm		

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Auftrag	1
2	Verwendete Unterlagen	1
3	Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse	2
4	Bestehende Nutzungen	2
5	Machbarkeit einer thermischen Grundwassernutzung	3
5.1	Einleitung	3
5.2	Geologische Beurteilung des Grundwasserleiters	3
5.3	Hydraulische Beurteilung	3
5.4	Hydrochemische Beurteilung	4
5.5	Thermische Beurteilung	4
5.6	Zusammenfassung.....	6
6	Weiteres Vorgehen	6

Anhang

Anhang 1	Hydraulisch-thermische Modellierungen nach 9.4 Jahren und $\Delta T = 3K$, 1:5'000.	
----------	---	--

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

Für die Überbauung des nordöstlich der Stadt Willisau gelegenen Areals Wellis prüft die Bauherrschaft zur Wärmeerzeugung eine thermische Grundwassernutzung. Gemäss den Angaben des beauftragten HLK-Ingenieurs BRÜCKER+ERNST GMBH (2023) sind total ca. 3'625 l/min bei einer genutzten Temperaturdifferenz von 3 K und 251'800 m³/a erforderlich. Weiter sind ca. 65 % des Wasserverbrauchs im Winter anzunehmen.

Von der Bauherrschaft erhielten wir den Auftrag, die notwendigen geologisch-hydrogeologischen Voruntersuchungen durchzuführen. Die vorliegende Machbarkeitsbeurteilung sah folgende Arbeitsschritte vor:

- Grundlagenbeschaffung zu bestehenden Sondierungen, Pumpversuchsergebnissen und bestehenden Anlagen in der Umgebung.
- Auswertung der bestehenden Sondierungen, Pumpversuchsdaten und Erfahrungen von bestehenden Anlagen aus unserem Archiv sowie von der Dienststelle Umwelt und Energie.
- Hydraulische Brunnenvorbemessung und Berechnungen zur thermischen Beeinflussung des Grundwasserleiters mit dem Groundwater Energy Designer (AFRY Schweiz AG).
- Hydrogeologische Machbarkeitsbeurteilung einer thermischen Grundwassernutzung mit Angaben zu Mächtigkeit des Grundwasserleiters, Durchlässigkeit, Wasserqualität, thermischer Beeinflussung des Grundwasserleiters und bestehender Nutzungen.

2 VERWENDETE UNTERLAGEN

Die Ausarbeitung der vorliegenden hydrogeologischen Beurteilung basiert auf folgenden Grundlagen:

Normen, Richtlinien, Fachliteratur

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

Projekt und Projektgrundlagen

BRÜCKER+ERNST GMBH (2022): Wellis Willisau, Energiekonzept, datiert 29.06.2022.

BRÜCKER+ERNST GMBH (2023): Annahmen Grundwassernutzung Wellis Areal Willisau, Angaben Jahresprofil, E-Mail von S. Brücker, datiert 09.02.2023.

KANTON LUZERN, UWE (2023): Grundwassernutzungen Willisau, Auszug Datenbank, E-Mail von J.-C. Bernegger, datiert 29.03.2023.

Geologie / Hydrogeologie

KANTON LUZERN, RAWI (2023): Grundbuchplan, Gewässerschutzkarte, Wassernutzungen.
<https://geoportal.lu.ch/karten>; Zugriff März 2023.

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

3 GEOLOGISCH-HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Das Bauprojekt befindet sich über dem ergiebigen Grundwasservorkommen des Wiggertals kurz vor der Konfluenz von Enzi- und Buechwigger sowie der Seewag. Aus den vorhandenen Aufschlüssen von Sondier- und Brunnenbohrungen in der Projektumgebung lässt sich nachstehender Aufbau des Untergrunds beschreiben:

- Unterhalb ca. 3 m mächtigen künstlichen Auffüllungen sowie lokal bis ca. 5 m mächtigen Überschwemmungssedimenten und feinkörnigen Verlandungsbildungen stehen eiszeitliche Flussschotter an, die den Hauptgrundwasserleiter bilden.
- Ab ca. 25 ÷ 30 m unter Terrain folgt der stauende Felsen der Oberen Meeresmolasse, welcher örtlich von geringmächtigen Moränenablagerungen überlagert sein kann.

Die Grundwasseroberfläche liegt am Projektstandort bei Mittelwasserstand ca. 13 m unter Terrain. Bei Niederwasserstand sinkt sie gemäss den verfügbaren Daten um bis ca. 3 m ab, so dass etwa 10 m gesättigter Grundwasserleiter verbleiben (Kap.5.2).

Gemäss der Gewässerschutzkarte verläuft die Grundwasser-Fliessrichtung entlang des Tals folgend von ENE-Richtung im Zuströmbereich nach NNE im Abströmbereich, so dass sie am Projektstandort ungefähr nach NNE verläuft. Das mittlere Gefälle der Grundwasseroberfläche beträgt ca. 5.5 ‰.

Nach aktuellem Kenntnisstand ist im Projektgebiet mit günstiger Grundwasserqualität zu rechnen und von Grundwassertemperaturen zwischen ca. 9 °C und 12 °C auszugehen.

Das Projektgebiet liegt gemäss der aktuellen Gewässerschutzkarte (KANTON LUZERN, RAWI, 2023) im Gewässerschutzbereich A_u.

4 BESTEHENDE NUTZUNGEN

Im relevanten Umkreis des Projektperimeters bestehen gemäss KANTON LUZERN, UWE (2023) und unseren Kenntnissen vier thermische Grundwassernutzungen im Zustrom und ein ungenutzter Grundwasser-Notbrunnen im ENE des Areals gemäss Tab. 1 (vgl. Anhang 1).

Nutzung	Parz.	Konzessionierte Spitzenförderrate	Jährlicher Bedarf
Leuenplatz 3	46	365 l/min	79'700 m ³ /a
Kreuz-Garage	276	600 l/min	150'000 m ³ /a
MFH Bleuen	674	340 l/min	60'000 m ³ /a
Überbauung Gerbi	955	870 l/min	100'800 m ³ /a
Pumpwerk Grundmatt	213	Notversorgung	

Tab. 1 Konzessionierte Grundwassernutzungen im relevanten Projektumkreis (KANTON LUZERN, UWE, 2023).

5 MACHBARKEIT EINER THERMISCHEN GRUNDWASSERNUTZUNG

5.1 EINLEITUNG

Zur Machbarkeitsbeurteilung wurden anhand von bestehenden Sondierungen, Daten von Pumpversuchen und weiteren Untersuchungen in der Nähe des Projektgebiets projektspezifische Auswertungen und Abschätzungen vorgenommen. Der geologische Aufbau im Grundwasserleiterbereich wurde am Projektstandort anhand von Sondierungen in der Projektumgebung interpoliert, so dass naturgemäss kleine Unsicherheiten verbleiben.

5.2 GEOLOGISCHE BEURTEILUNG DES GRUNDWASSERLEITERS

Bestehende Sondierungen in der näheren Umgebung des Projektstandorts in der Talebene erschlossen den Grundwasserstauer bei mindestens ca. 25 bis > 30 m unter Terrain. Beim Projektstandort sind die genaue Lage des Stauers und deshalb die Grundwasserleitermächtigkeit noch nicht exakt bekannt. Die Grundwasseroberfläche weist im Projektgebiet einen Niederwasserstand von ca. 534 m ü.M. auf, was einem Flurabstand von ca. 16 m entspricht.

Aufgrund dieser aktuellen Kenntnisse bestehen grosse Chancen, eine jederzeit nutzbare, gesättigte Leitermächtigkeit von mindestens 10 m zu erschliessen.

5.3 HYDRAULISCHE BEURTEILUNG

Bei im Projektumkreis ausgeführten Pumpversuchen wurden Profil-k-Werte zwischen $4 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-2}$ m/s ermittelt. Diese Werte stimmen gut mit der Granulometrie der aufgeschlossenen Lockergesteine überein und entsprechen einer grossen bis sehr grossen hydraulischen Durchlässigkeit (Balderer, 2015 in SIA 384/7).

Unter den örtlichen hydrogeologischen Bedingungen mit einer relativ grossen Transmissivität als Produkt von Leitermächtigkeit und Durchlässigkeit und basierend auf den bestehenden Erfahrungen bestehen gemäss analytischer Abschätzung der Einzelbrunnenleistung nach Dupuit-Sichart **grosse Chancen** mit mindestens 2 Brunnenpaaren die angestrebte **Spitzenförderrate von ca. 3'600 l/min erschliessen und** wieder in den Grundwasserleiter **zurückführen** zu können. Zugleich ist in den bestehenden Nutzungen eine relevante hydraulische Beeinflussung unwahrscheinlich.

Die Möglichkeit zur Erschliessung und Rückführung von Grundwasser kann nach Vorliegen von in Situ-Untersuchungen mit Sondierbohrungen und zugehörigem Untersuchungsprogramm abschliessend beurteilt werden (Kap. 6).

5.4 HYDROCHEMISCHE BEURTEILUNG

Erfahrungsgemäss handelt es sich im Talabschnitt von Willisau um ein ziemlich hartes, gut belüftetes Grundwasser ohne problematische Mengen an gelöstem Eisen und /oder Mangan. Deshalb und aufgrund des jahrelangen Betriebs der bestehenden Grundwassernutzungen in der näheren Umgebung, bestehen keine bis sehr kleine Risiken eines reduzierenden und zu **Eisen-/Manganhydroxidausfällungen** oder zu übermässigen Kalkabscheidung **neigenden Grundwasserchemismus** am Projektstandort. Diese könnten im ungünstigsten Fall zu Verstopfungen von technischen Anlageteilen und der Filterbrunnen führen.

Nach Ausführung von in Situ-Abklärungen mit Pump- und Rückgabeversuchen und Laboranalysen lässt sich auch dieses Teilrisiko abschliessend beurteilen (Kap. 6).

5.5 THERMISCHE BEURTEILUNG

5.5.1 Grundlagen

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.

Zur Beurteilung wurden hydraulisch-thermische Modellrechnungen mit dem Groundwater Energy Designer durchgeführt. Die bestehenden Anlagen gemäss Tab. 1 wurden im Modell berücksichtigt, mit Ausnahme der Grundwassernutzung "Überbauung Gerbi", aufgrund der Distanz und in Strömungsrichtung seitlich versetzten Lage. Die Kühlnutzung der Anlage "Kreuz-Garage" wurde ebenfalls nicht in der Berechnung mit einbezogen, da sie als vernachlässigbar klein eingestuft werden kann.

Für die geplante Anlage wurde das jährliche Lastprofil der BRÜCKER+ERNST GMBH (2023) aufgeteilt in eine Heizperiode von November bis März und eine Wärmenutzungsperiode des restlichen Jahres. Die jährlichen Bedarfe der bestehenden Anlagen wurden zu fünfmonatigen Heizperioden vereinfacht.

Dem Modell zugrunde gelegt wurde ein Jahresgrundwasserbedarf von ca. 251'800 m³/a ($\Delta T = 3K$), resp. eine fünfmonatige Heizperiode (65 %) sowie eine siebenmonatige Nutzungsperiode (35 %) mit je einem permanenten Volumenstrom. Weiter wurden für die zu prüfende Grundwasserentnahme und -rückgabe je zwei Filterbrunnen angenommen.

Die Platzierung der Entnahme- und Rückgabeburgen erfolgte gemäss den verfügbaren Grundlagen in BRÜCKER+ERNST GMBH (2022, vgl. Anhang 1).

Die Modellierung erfolgte mit realistischen, mittleren hydrogeologischen Parametern mit 13 m gesättigter Leitmächtigkeit bei Mittelwasserstand, einer mittleren hydraulischen Durchlässigkeit von ca. $6.3 \cdot 10^{-3}$ m/s und einem Gefälle der nach NE und NNE gerichteten Grundwasseroberfläche von 5.5 ‰ (Kap. 3).

Um den Einfluss der stromaufwärts gelegenen Anlagen auf die zu prüfende zu untersuchen, wurde für die eine Modellvariante eine nordöstliche Fliessrichtung verwendet (Anhang 1.1). Zur Prüfung der Sensibilität und des Einflusses auf den Abströmbereich erfolgte eine zweite Modellrechnung mit einer nordnordöstlichen Grundwasserfliessrichtung (Anhang 1.2).

5.5.2 Resultate und Beurteilung

Die Modellresultate werden in Form von Isolinien der Temperaturdifferenz zwischen unbeeinflusstem und beeinflusstem Zustand dargestellt (sog. thermischen Anomalien oder "Kältefahnen"). Die Resultate lassen sich nach 9.4 Jahren nach Ende der Heizperiode bei maximaler Ausdehnung der thermischen Anomalien wie folgt zusammenfassen (Anhang 1):

- Das Modell stabilisiert sich relativ rasch, so dass nach ungefähr 10 Betriebsjahren aussagekräftige Zustände bestehen.
- Generell ist zu berücksichtigen, dass ein isotropes numerisches Schichtmodell verwendet wurde. Aufgrund des oft anisotropen Fliessfeldes und der Talrandlage ist die Modellprognose naturgemäss mit Unsicherheiten behaftet.
- Mit einer nach NE gerichteten Grundwasserfliessrichtung (Anhang 1.1) berechnet das Modell eine Überlagerung der thermischen Beeinflussungen durch die stromaufwärts liegenden Anlagen. Dadurch entstehen aber im Abstrom der geplanten Anlage keine unzulässigen thermischen Anomalien. An dieser Stelle sei zudem erwähnt, dass die konzessionierte jährliche Bezugsmenge der Anlage "Kreuz Garage" (vgl. Kap. 4) aus unserer Sicht aufgrund sehr grosser Reserven derzeit unplausibel hoch ist.
- Mit einer nach NNE gerichteten Fliessrichtung (Anhang 1.2), was beim Projektstandort und in dessen Abstrom der Realität entspricht, ergibt das Modell eine geringere, fast

unbedeutende thermische Beeinflussung durch die geplante Anlage. Hingegen verursacht dies eine nicht korrekte Ausrichtungen der thermischen Anomalien stromaufwärts.

- In beiden Fällen wird bei der vorgesehenen, genutzten Temperaturdifferenz von 3 K die gesetzliche Vorgabe des 3 K/100 m-Kriteriums für die geplante Anlage jederzeit eingehalten sein.
- Da im relevanten Bereich stromabwärts des Projektstandorts keine Grundwassernutzungen bestehen und das Pumpwerk Grundmatt (Notversorgung) ca. 140 m im ENE und damit in Strömungsrichtung seitlich versetzt liegt (vgl. Anhang 1), ist durch die geplante Anlage eine thermische Beeinflussung der bekannten, bestehenden Anlagen unwahrscheinlich.
- Gemäss dem Modell ist bei der gewählten Anordnung der Brunnenpaare mit keiner Rezirkulation von Kaltwasser zu rechnen.

Aus **thermischer Sicht** bestehen somit **grosse Chancen**, dass für die geplante Nutzung mit einer Temperaturdifferenz von 3 K die kantonale Konzession erlangt werden kann.

5.6 ZUSAMMENFASSUNG

Die Chancen zur Erschliessung und Rückführung von ca. 3'625 l/min Grundwasser erachten wir als gross und die Risiken einer ungünstigen, technisch nicht beherrschbaren Grundwasserqualität sind sehr klein.

Gemäss Modell bestehen mit den geprüften Standorten sehr kleine Risiken einer teilweisen Rezirkulation sowie keine bestehenden thermischen Grundwassernutzungen im Abstrom, die beeinflusst werden können. Deshalb erachten wir am Projektstandort gemäss heutigem Wissen die zu prüfende thermische Grundwassernutzung als bewilligungsfähig.

Aufgrund dieser **günstigen Aussichten** empfehlen wir, die geplante **thermische Grundwassernutzung weiterzuverfolgen**.

6 WEITERES VORGEHEN

- Nach Vorliegen dieser Beurteilung empfehlen wir eine **Voranfrage** an die Dienststelle Umwelt und Energie bzgl. **Bewilligungsfähigkeit** und erforderlicher Nachweise, um Planungssicherheit bezüglich der weiteren aufwändigen Untersuchungsschritte zu gewinnen.
- An den Entnahme- sowie Rückgabestandorten sind **Sondierbohrungen mit Filterausbauten zu Versuchsfilterbrunnen** zu erstellen. Danach sollen **Pump- und Rückgabeveruche** aus den Entnahmebrunnen mit Einleitung in die Rückgabeburunen und zugehörigem Untersuchungsprogramm durchgeführt werden.

- Mit den gewonnenen Erkenntnissen kann die vorliegende **Beurteilung überarbeitet** werden, so dass sie als Grundlage für den **Konzessionsantrag** und die **Ausführungsplanung** dient.
- Je nach Sondierkonzept und bei günstigen hydrogeologischen Verhältnissen können die Versuchsfilterbrunnen für den definitiven Betrieb verwendet werden, oder sie wären im Rahmen der Ausführung durch an die örtlichen Verhältnisse angepasste Dimensionen zu ersetzen.

Keller+Lorenz AG

Geotechnik Geologie Hydrogeologie
Naturgefahren Altlasten



V. Miesch

Dr. B. Keller

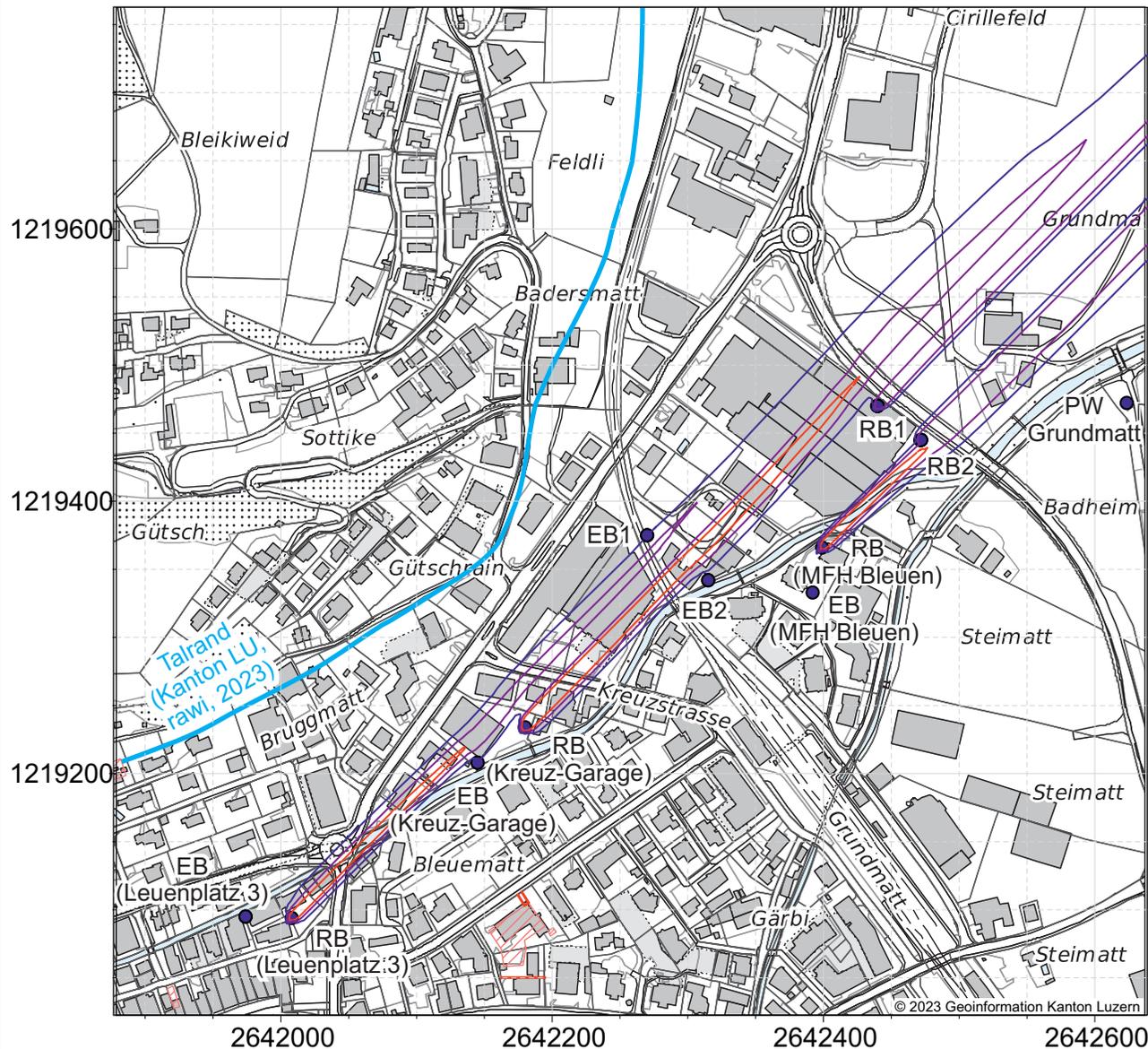
Sachbearbeitung:

Grafische Auswertungen, Datamining: V. Miesch

Geologie / Hydrogeologie: V. Miesch

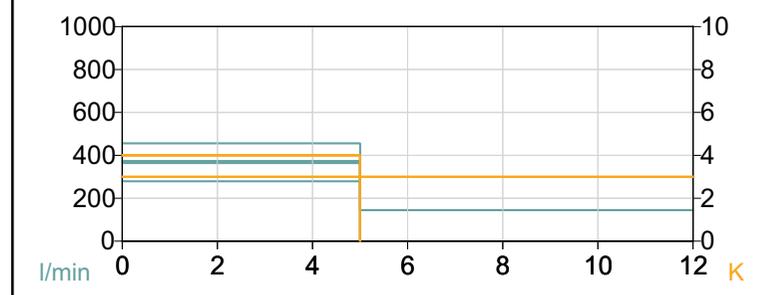
Projektleitung: I. Schwenk

Review / Qualitätssicherung: I. Schwenk, B. Keller



Typ des Grundwasserleiters:	ungespannt
Basis des Grundwasserleiters:	26.0 m u GOK (m u Terrain)
Lage des Grundwasserspiegels:	13.0 m u GOK (m u Terrain)
Hydraulische Durchlässigkeit:	6.3e-3 m/s
Hydraulischer Gradient:	0.55 m/100m
Benutzte Entfernung zwischen einem Förder- und einem Injektionsbrunnen:	34 m
Simulationszeit:	9.4 a
Energieaustausch mit der Deckschicht:	ja
Energieaustausch mit dem Liegenden:	ja
keine Berücksichtigung der hydraulischen Dispersion	

Bemerkungen: Aufgrund des natürlichen anisotropen Fließfeldes und des Talrandes im Gebiet Bruggmatt sowie Gütschrain entsprechen die Modellresultate in diesem Gebiet nicht den Tatsachen. Zur groben Quantifizierung der thermischen Auswirkungen auf den Grundwasserleiter ist die Anwendung dieses Modells auf der aktuellen Projektstufe gerechtfertigt (vgl. Kap. 5.5 Gutachten).



22 6396 Überbauung Wellis Areal in Willisau - Hydrogeologische Machbarkeitsstudie thermische Grundwassernutzung

Legende

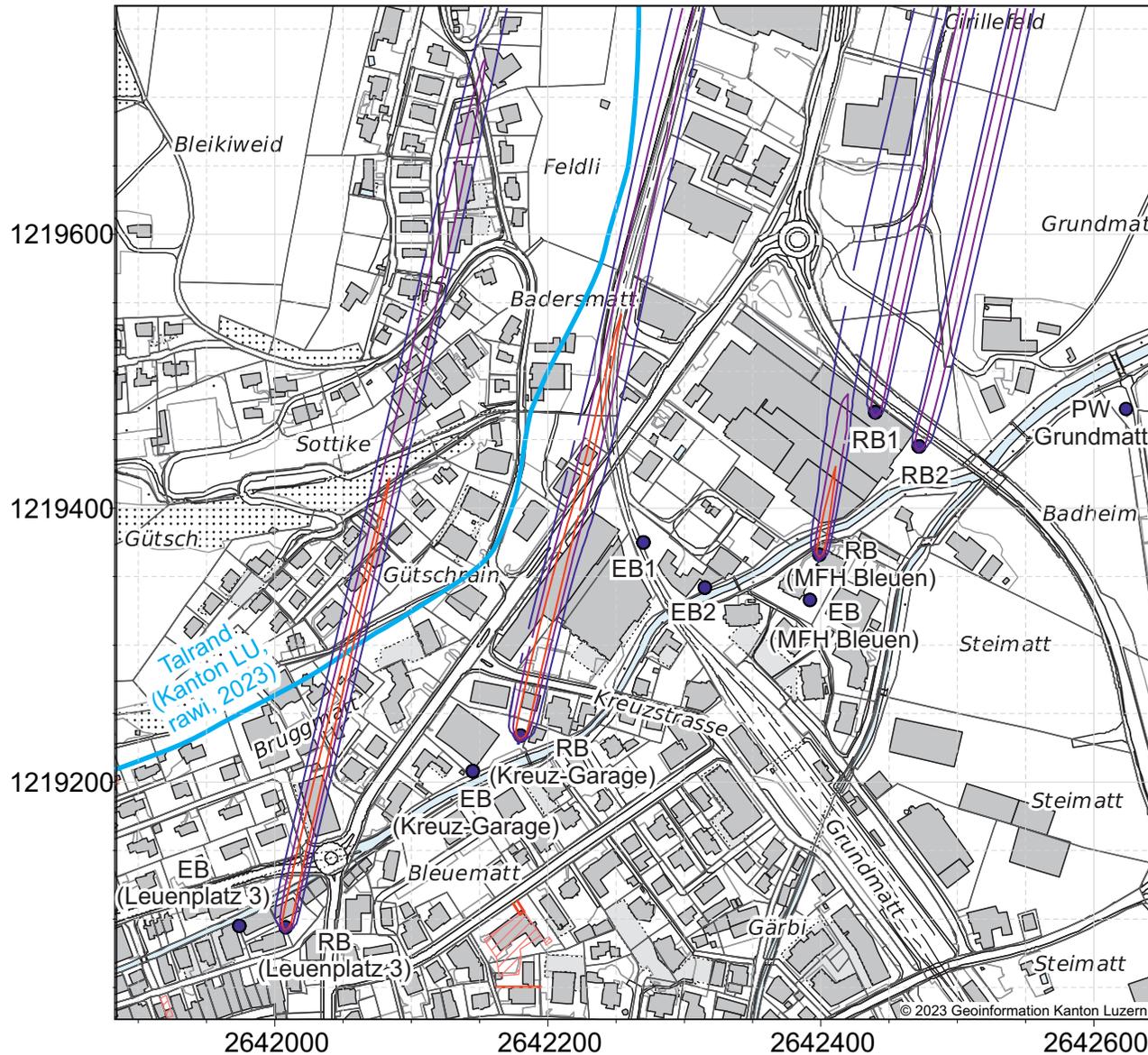
● Brunnen	— Isotherme (3K)
— Isotherme (1K)	— Isotherme (2K)

Hydraulisch - thermische Modellierung (Q = 2 x 373 l/min / Q = 2 x 145 l/min, ΔT = 3K), 1:5'000

27.04.2023

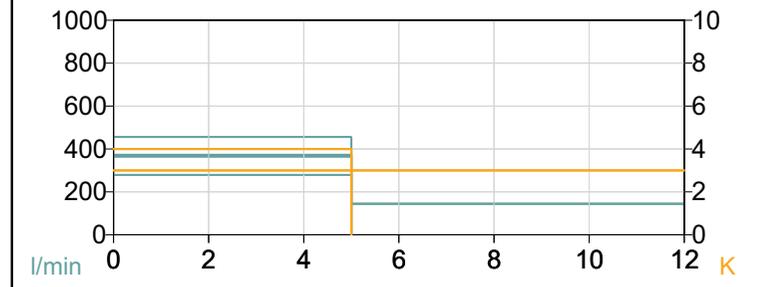
Anhang 1.1





Typ des Grundwasserleiters:	ungespannt
Basis des Grundwasserleiters:	26.0 m u GOK (m u Terrain)
Lage des Grundwasserspiegels:	13.0 m u GOK (m u Terrain)
Hydraulische Durchlässigkeit:	6.3e-3 m/s
Hydraulischer Gradient:	0.55 m/100m
Benutzte Entfernung zwischen einem Förder- und einem Injektionsbrunnen:	34 m
Simulationszeit:	9.4 a
Energieaustausch mit der Deckschicht:	ja
Energieaustausch mit dem Liegenden:	ja
keine Berücksichtigung der hydraulischen Dispersion	

Bemerkungen: Aufgrund des natürlichen anisotropen Fließfeldes und des Talrandes im Gebiet Bruggmatt sowie Gütschrain entsprechen die Modellresultate in diesem Gebiet nicht den Tatsachen. Zur groben Quantifizierung der thermischen Auswirkungen auf den Grundwasserleiter ist die Anwendung dieses Modells auf der aktuellen Projektstufe gerechtfertigt (vgl. Kap. 5.5 Gutachten).



22 6396 Überbauung Wellis Areal in Willisau - Hydrogeologische Machbarkeitsstudie thermische Grundwassernutzung

Legende

● Brunnen	— Isotherme (3K)
— Isotherme (1K)	— Isotherme (2K)

Hydraulisch - thermische Modellierung (Q = 2 x 373 l/min / Q = 2 x 145 l/min, ΔT = 3K), 1:5'000

27.04.2023

Anhang 1.2

