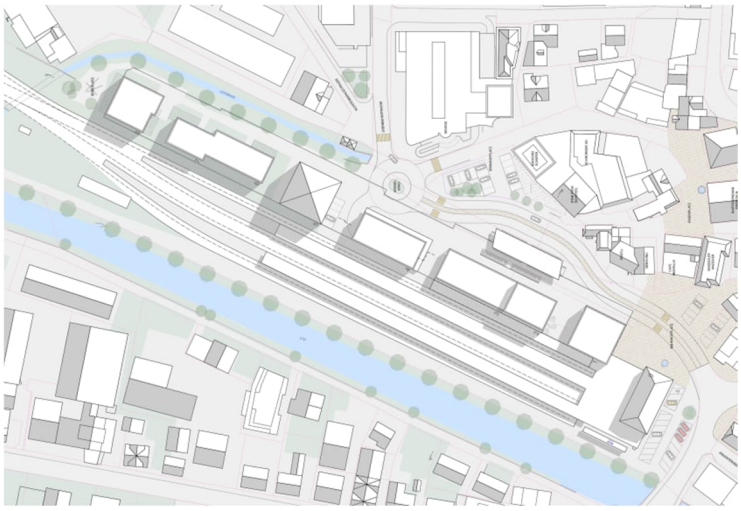
Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln / SZ

Hydrogeologische Beurteilung und Konzept für Grundwasserdurchfluss (Ersatzmassnahmen)



Goldau, 29. Juli 2022

Auftraggeber: Bezirk Einsiedeln, Hauptstrasse 78, 8840 Einsiedeln

Objektnummer: 220694

Jäckli Geologie AG
Sonneggstrasse 30b, 6410 Goldau
Telefon +41 41 813 07 90
Zürich · Baden · Winterthur · Goldau · Cham
www.jaeckli.ch

INHALT

1 ALLGEMEINES 3
1.1 Einleitung und Auftrag 3
1.2 Projektunterlagen 3
1.3 Ältere Untersuchungen 3
1.4 Ausgeführte Arbeiten 4
2 HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT 6
2.1 Geologische Übersicht 6
2.2 Angetroffene Untergrundverhältnisse 6
2.3 Grundwasserverhältnisse 6
3 GESETZLICHE BESTIMMUNGEN 7
4 PROJEKT 8
5 GEWÄSSERSCHUTZRECHTLICHE BEURTEILUNG 8
5.1 Hydrogeologische Randbedingungen 8
5.2 Einbau ins Grundwasser 9
5.3 Grundwasser-Ersatzmassnahmen 9
5.4 Ausnahmebewilligung unter Interessenabwägung 11
6 WEITERES VORGEHEN 12

FIGUREN

Figur 1: Ausschnitt aus der Grundwasserkarte 1:25'000 7
Figur 2: Prinzipschema Sickerbahnen mit durchlässiger Hinterfüllung («Düker») 10

BEILAGEN

Beilage 1: Situation 1:2000, Lage der Sondierungen
Beilage 2: Sodierprofile 1:100
Beilage 3.1: Profil A 1:500/250, geologisch bearbeitet
Beilage 3.2: Profil B 1:500/250, geologisch bearbeitet
Beilage 4.1: Hydrogeologischer Nachweis Grundwasserdurchfluss - Profil A
Beilage 4.2: Hydrogeologischer Nachweis Grundwasserdurchfluss - Profil B

1 ALLGEMEINES

1.1 Einleitung und Auftrag

Für den Bahnhof Einsiedeln ist eine Entwicklungsstudie in Bearbeitung. Die aktuell bevorzugte Variante sieht eine Überbauung mit 8 Gebäuden mit 3–8 Obergeschossen vor. Zwei Untergeschosse (Tiefgarage) verbinden den Gebäudekomplex. Teile der Neubauten reichen unter den mittleren Grundwasserspiegel, weshalb die Projektvariante nach den Vorgaben des Gewässerschutzgesetztes GSchG zu beurteilen ist (Stichwort: Nachweis Durchflusskapazität des Grundwassers).

Am 15.5.2022 beauftragten Herr Baumgartner und Herr Geiges im Namen des Bezirkes Einsiedeln die Jäckli Geologie AG schriftlich mit den entsprechenden hydrogeologischen Beurteilungen der Projektvariante. Basis für diesen Auftrag bildet das Angebot vom 3.5.2022.

1.2 Projektunterlagen

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

[1] Steiner Wille Steiner Architekten AG (Juni 2021): Entwicklungsstudie Bahnhofareal, Bahnhofplatz, Sennhofplatz, Modellansicht, Längs- und Querschnitte, Nutzungskonzept, Div. Situationspläne (Städtebauliche Studie mit Privatzellen, Variante Sennhofplatz 8 PP und Variante 16 PP).

[2] Schweizerische Südostbahn AG (8.6.2022): Sicherheitsvereinbarung für Private (Immobilien).

1.3 Ältere Untersuchungen

In der Umgebung des Projektareals sind in der Vergangenheit bereits verschiedene geologische Abklärungen erfolgt. Es standen insbesondere die Resultate folgender Untersuchungen zur Verfügung:

[3] Forag AG (19.7.1990): Bohrung Nr. 90-1 und Nr. 90-2.

[4] Dr. Heinrich Jäckli AG (21.9.1992): Hydrogeologie EKZ Filiale, Geologisch-hydrogeologische Untersuchungen EKZ Filiale, Einsiedeln / SZ.

[5] Dr. Heinrich Jäckli AG (12.7.1996): Geologische Baugrunduntersuchungen, Bahnhofbrücke über die Alp, Einsiedeln / SZ.

[6] Dr. Heinrich Jäckli AG (3.7.2013): SOB Umbau / Erweiterung Bahnhofgebäude, Einsiedeln / SZ, Geologisch-geotechnische Kurzbeurteilung.

Die für die hydrogeologische Beurteilung relevanten Ergebnisse der älteren Untersuchungen wurden in den vorliegenden Bericht integriert.

1.4 Ausgeführte Arbeiten

Zur Abklärung der Grundwasserverhältnisse wurden folgende Feldarbeiten durchgeführt:

- 2 Rammsondierungen mit Bestimmung des dynamischen Rammwiderstandes, Rammgewicht 45 kg, Fallhöhe 20 cm, Spitzenquerschnitt 10 cm^2, Sondiertiefen 12.0 m,
- 2 Rammkernbohrungen mit fortlaufender Entnahme und Bestimmung des Bohrgutes, Sondiertiefen 5.0 m resp. 6 m,
- Versetzen eines Piezometerrohres ∅ 1" in den Bohrungen Nr. 22-1 und 22-2 zur längerfristigen Beobachtung der Wasserspiegellage,
- Kontrolle der Sondierlöcher bezüglich Wasserspiegellage während und nach Abschluss der Sondierarbeiten am 14.6.2022,
- Nachkontrollen des Wasserspiegels in den Piezometerrohren Nr. 22-1 und 22-2 am 27.6.2022, 18.7.2022 und am 22.7.2022,
- Nachkontrollen des Wasserspiegels im älteren Piezometerrohr Nr. 13-1 am 15.6.2022, 27.6.2022, 18.7.2022 und am 22.7.2022,
- Einmessen und Nivellieren der Sondierstellen. Als Ausgangspunkt für das Nivellement diente der Lagefixpunkt 130113144 (880.182 m ü.M.) an der Eisenbahnstrasse (*Beilage 1*).

In der nachfolgenden *Tabelle 1* sind die wichtigsten zahlenmässigen Angaben über die einzelnen Sondierungen zusammengestellt. Die Lage der Sondierungen ist aus dem Situationsplan ersichtlich (*Beilage 1*).

Tabelle 1: Sondierungen

Sondierung	***Terrainhöhe***	***Sondierart, Piezometer-rohr***	***Sondiertiefe***	***Wasserspiegel***		
				Tiefe	***Kote***	***Datum***
Nr.	*m ü.M.*	**)*	*m*	*m u.T.*	*m ü.M.*	*–*
22-1	880.40	R	12.0	–	–	–
		RKB	5.0	–	–	–
		P **)		0.32 a)	878.94	14.6.2022
				1.30	878.93	27.6.2022
				1.84	878.92	18.7.2022
				1.56	878.94	22.7.2022
22-2	880.83	R	12.0	–	–	–
		RKB	6.0	–	–	–
		P **)		4.88	875.95	14.6.2022
				4.89	875.94	27.6.2022
				4.89	875.94	18.7.2022
				4.90	875.93	22.7.2022
13-1 b)	881.42	R	8.0	–	–	–
		RKB	4.2	–	–	–
		P **)		2.48	878.94	15.6.2022
				2.49	878.93	27.6.2022
				2.50	878.92	18.7.2022
				2.40	878.94	22.7.2022

*) RKB = Rammkernbohrung
R = Rammsondierung
P = Piezometerrohr

**) OK Piezometerrohr
Nr. 22-1 881.02 m ü.M. ø 1"
Nr. 22-2 881.81 m ü.M. ø 1"
Nr. 13-1 881.34 m ü.M. ø 1 oder 1.25"

a) Wasserspiegel noch nicht eingependelt

b) Sondierung vom 28.5.2013 [3]

2 HYDROGEOLOGISCHE ÜBERSICHT

2.1 Geologische Übersicht

Der Projektperimeter liegt im Zentrum von Einsiedeln, westlich der Alp. Im Becken von Einsiedeln liegt über dem Felsuntergrund aus subalpiner Molasse *Grundmoräne*, gefolgt von mächtigen, nacheiszeitlichen *Seeablagerungen* (sogenannter «Einsiedlerlehm»). Die generell feinkörnigen Seeablagerungen enthalten in grösserer Tiefe eine Zwischenschicht aus sandig-kiesigen Flussablagerungen («tiefer Schotter»).

Über den Seeablagerungen liegt in der Talebene nacheiszeitlicher, von der Alp geschütterter *Bachschutt*.

Zuoberst liegen *Oberflächenschichten*. Im Zuge früherer Bautätigkeiten und Geländeanpassungen wurden die *Oberflächenschichten* teilweise durch *künstliche Auffüllungen* ersetzt oder überlagert.

2.2 Angetroffene Untergrundverhältnisse

In den Sondierungen Nr. 22-1, 22-2 und 13-1 wurden zuoberst überall künstliche Auffüllungen und Oberflächenschichten angetroffen, welche bis in 1.4–3.0 m Tiefe reichen.

Der darunter folgende Bachschutt ist in den Sondierungen 2.5–4.1 m mächtig. Er ist materialmässig aus leicht bis mässig tonig-siltigem Kies mit viel Sand zusammengesetzt.

In 3.9–7.0 m Tiefe bzw. auf 874.1–876.5 m ü. M. wurde die Obergrenze der Seeablagerungen («Einsiedlerlehm») angetroffen. Die Seeablagerungen bestehen aus tonigem Silt bis siltigen Ton mit Sand.

2.3 Grundwasserverhältnisse

Im Bereich des Bahnhofareals existiert einerseits ein oberes, geringmächtiges Grundwasservorkommen mit freiem Wasserspiegel. Dieses Grundwasser zirkuliert im Bachschutt (*Grundwasserleiter*). Der *Grundwasserstauer* dieses Grundwasservorkommens bilden die darunter folgenden, sehr schlecht durchlässigen bis praktisch undurchlässigen Seeablagerungen. Andererseits ist ein «unteres Grundwasservorkommen» vorhanden, welches im tieferen Schotter unter dem Einsiedlerlehm zirkuliert und artesisch gespannt ist *(Figur 1)*. Das untere Grundwasservorkommen wird vom Gebäudekörper der vorliegenden Projektvariante nicht tangiert. Auch allfällige Pfähle dürften das untere Grundwasservorkommen nicht tangieren.

Die aktuellen geologischen Untersuchungen auf dem Bahnhofareal haben gezeigt, dass der Grundwasserspiegel in den Sommermonaten 2022 im nördlichen Bereich der Parzelle bei rund 5 m u. T. (22-2), im Zentrum bei rund 1.3 bis 1.8 m u. T. (22-1) und im Süden der Parzelle bei rund 2.5 m u. T. (13-1) liegt (*Tabelle 1*). Mit Ausnahme des Grundwasserstandes in der Sondierbohrung Nr. 22-2 entsprechen die gemessenen Grundwasserspiegel etwa den mittleren Grundwasserspiegel gemäss der Grundwasserkarte (*Figur 1*). Die Grundwassermächtigkeit beträgt im Norden des Areals rund 1.4 m, im Süden rund 4.5 m.

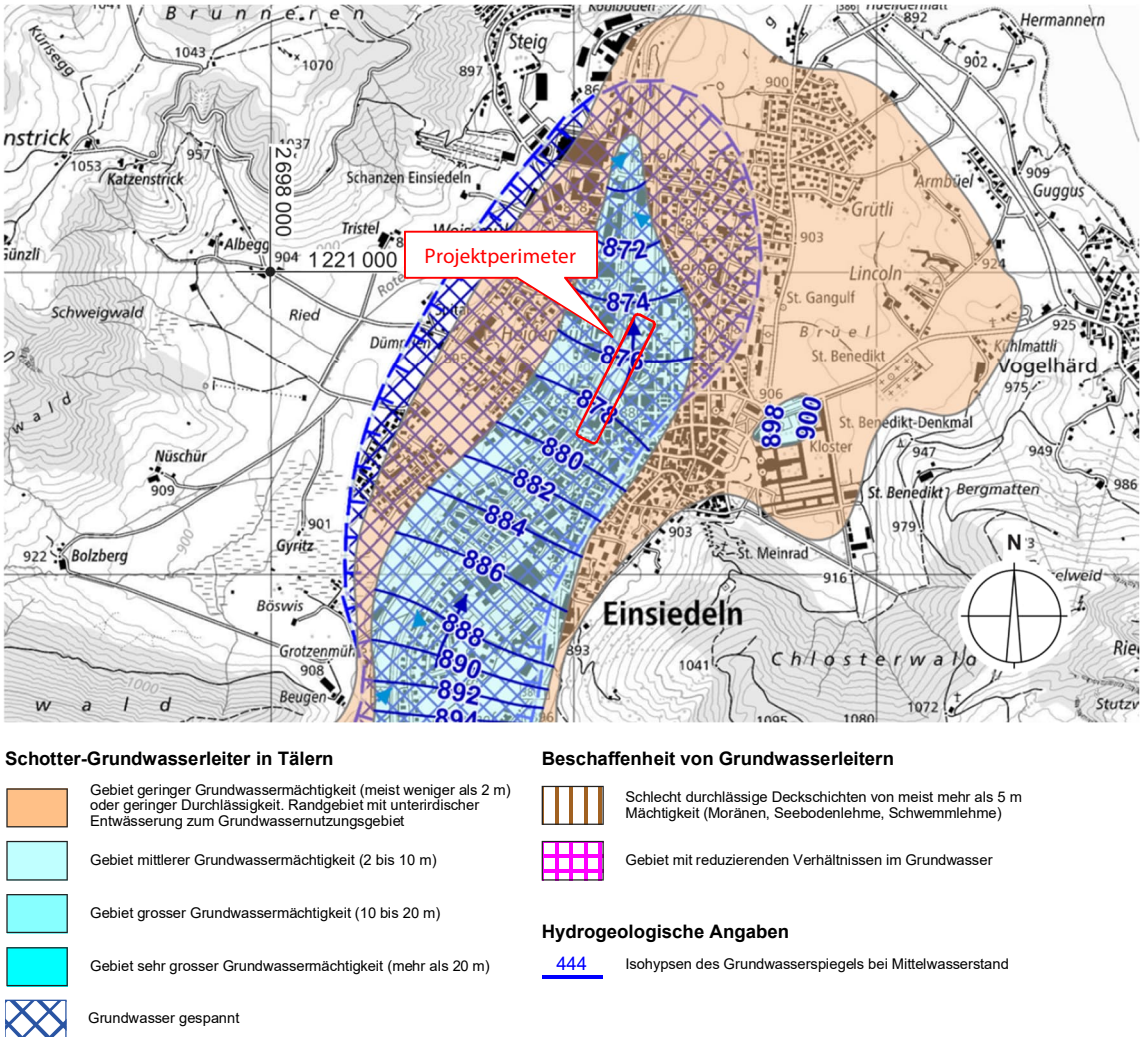
Der Pegelstand des Wänibaches angrenzend an den nördlichen Teil des Bahnhofareals beträgt rund 876 m ü. M. Der Wänibach agiert somit mutmasslich kleinräumig als Vorfluter. Die

Alp wirkt in diesem Talabschnitt als Vorflut und höchstens kurzfristig bei Hochwasserführung als Infiltrant.

Die Durchlässigkeit des Alpschotters auf der Projektparzelle ist nicht bekannt. Im Rahmen von früheren Untersuchungen in der Umgebung wurde für den Alpschotter eine mässig bis gute Durchlässigkeit mi einem mittleren K-Wert von ca. 1.5×10^{-4} m/s ermittelt.

Das Bahnhofsareal liegt im Gewässerschutzbereich A_u.

Figur 1: Ausschnitt aus der Grundwasserkarte 1:25'000 (Mittlerer Wasserspiegel)



3 GESETZLICHE BESTIMMUNGEN

Gemäss Gewässerschutzgesetz (GSchG) vom 24. Januar 1991, Art. 43 «Erhaltung von Grundwasservorkommen», dürfen Speichervolumen und Durchfluss nutzbarer Grundwasservorkommen durch Einbauten nicht wesentlich und dauernd verringert werden. Die Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28.10.1998 trägt diesem Grundsatz in Anhang 4 «Planerischer Schutz der Gewässer» unter Ziff. 211 Abs. 2 wie folgt Rechnung:

«Im Gewässerschutzbereich A_u dürfen keine Anlagen erstellt werden, die unter dem mittleren Grundwasserspiegel liegen. Die Behörde kann Ausnahmen bewilligen, soweit die Durchflusskapazität des Grundwassers gegenüber dem unbeeinflussten Zustand um höchstens 10 % vermindert wird».

Darüber hinaus haben verschiedene Kantone ihre Vollzugspraxis weiter konkretisiert. Im vorliegenden Fall ist insbesondere folgende Grundlage massgebend:

- Bauten im Grundwasser, Berechnungsgrundlagen, Umweltfachstellen der Kantone SZ, UR, NW, OW, LU, ZG, Oktober 2020

4 PROJEKT

Aktuell ist eine Entwicklungsstudie für den Bahnhof Einsiedeln in Bearbeitung. Ein konkretes Projekt besteht noch nicht. Die zurzeit bevorzugte Variante sieht eine Überbauung mit 8 Gebäuden mit 3–8 Obergeschossen vor. Zwei Untergeschosse (Tiefgarage) verbinden den Gebäudekomplex. Die Unterkante der Gebäudesohle liegt gemäss [1] auf ca. 874.9 m ü. M.

5 GEWÄSSERSCHUTZRECHTLICHE BEURTEILUNG

5.1 Hydrogeologische Randbedingungen

Die Projektvariante liegt im Bereich eines geringmächtigen Grundwasservorkommens. Dieses wird auf einer Nachbarsparzelle im Zustrombereich (Parz. Kat.-Nr. 606) gefasst und zur Wärmegewinnung verwendet. Zwei östlich gelegene Grundwasser-Notbrunnen (Parz. Kat.-Nr. 3255 und 513) fassen vermutlich Grundwasser des unteren Grundwasserleiters. Im unmittelbaren Abstrom sind keine Grundwasserfassungen bekannt. Eine Beeinträchtigung von Grundwasserfassungen durch den Neubau ist somit unwahrscheinlich.

5.2 Einbau ins Grundwasser

Im Bereich der Profile A und B (*Beilage 3*) kommt die Unterkante der aktuell bevorzugten Projektvariante unter den bisher gemessenen Grundwasserspiegel zu liegen, was einen Einbau in das Grundwasser im Sinne der GschV darstellt. Der Grundwasserdurchfluss wird durch diesen Einbau vermindert.

Zur Quantifizierung der Durchflussverminderung wird die Transmissivität auf der massgebenden Querschnittsfläche senkrecht zur Grundwasserfliessrichtung vor und nach der Realisierung des Projekts verglichen. Gemäss der Herleitung in Beilage 4 lassen sich die Auswirkungen der Projektvariante auf den natürlichen Grundwasserdurchfluss bzw. auf die Transmissivität bezogen auf die betrachteten Profile wie folgt ausweisen:

Profil A bei Mittelwasserstand (MW)

– IST-Zustand:	4.1×10^{-4}	m/s^2	100%
– projektbedingte Verminderung:	-4.1×10^{-4}	m/s^2	–100%
– Projektzustand (ohne Ersatzmassnahmen)	0.0×10^{-4}	m/s^2	0%

Profil B bei Mittelwasserstand (MW)

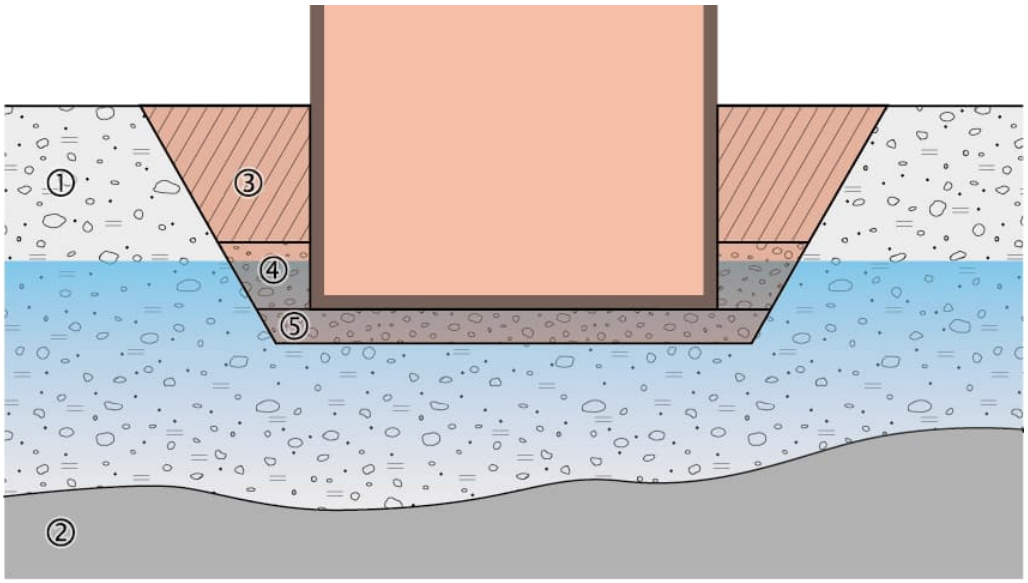
– IST-Zustand:	8.4×10^{-4}	m/s^2	100%
– projektbedingte Verminderung:	-6.2×10^{-4}	m/s^2	–73%
– Projektzustand (ohne Ersatzmassnahmen)	0.0×10^{-4}	m/s^2	27%

Ohne Ersatzmassnahmen zum Erhalt der Durchflusskapazität (*vgl. Kapitel 5.3*) ginge die vorhandene Durchflusskapazität des Grundwasserleiters somit im Bereich des Profils A komplett, im Bereich des Profils B grösstenteils verloren. Die Voraussetzungen für eine gewässerschutzrechtliche Ausnahmebewilligung wären nicht erfüllt. Es sind daher zwingend geeignete Ersatzmassnahmen zur Wiederherstellung der ursprünglichen Durchflusskapazität vorzusehen.

5.3 Grundwasser-Ersatzmassnahmen

Als Ersatzmassnahme bietet sich im vorliegenden Fall der Einbau von Sickerbahnen unter der Bodenplatte in Kombination mit einer sickerfähigen Hinterfüllung an, welche für das unter und um den allfälligen Neubau strömende Grundwasser zusammen als Düker wirken (vgl. Prinzipschema in *Figur 2*). Die Sickerbahnen müssen generell parallel des Grundwasserflusses angeordnet werden. Zusätzlich sind Querverbindungen zu erstellen, welche würden seitlich mit der Hinterfüllung in Verbindung stehen. Alternativ könnte auch ein flächiger Sickerteppich vorgesehen werden. Eine detaillierte Konzipierung von Ersatzmassnahmen kann erst erfolgen, wenn ein konkretes Projekt zur Entwicklung des Bahnhofs Einsiedeln vorliegt.

Figur 2: Prinzipschema Sickerbahnen mit durchlässiger Hinterfüllung («Düker»)



Legende
1) Grundwasserleiter, durchlässig
2) Stauer
3) Hinterfüllung
4) Hinterfüllung, durchlässig
5) Sickerteppich/-bahnen, durchlässig

Eine grobe Dimensionierung der Ersatzmassnahmen ist in *Beilage 4* enthalten. Dabei wurde davon ausgegangen, dass als Material für die Ersatzmassnahme ein Kiesgemsich 0/22 mit <7% Feinanteil verwendet wird. Unter dieser Annahme wäre im Bereich der Profile A und B eine Querschnittsfläche der Sickerbahnen von insgesamt ca. 2–3 m^2 notwendig, um die projektbedingte Verminderung der Durchflusskapazität vollständig zu kompensieren.

Im nördlichen Projektbereich wird, je nach Projekt und Fundationskonzept (z. B. Pfahlfundation) ein deutlich geringerer Einbau in das Grundwasser erfolgen, sodass dort entsprechend kleinere Ersatzmassnahmen erforderlich sind.

Beim Vorliegen eines konkreten Projektes müssen die Ersatzmassnahmen im Detail konzipiert werden.

5.4 Ausnahmebewilligung unter Interessenabwägung

Wie in *Kapitel 5.3* aufgezeigt, kann mit den vorgeschlagenen Ersatzmassnahmen die Durchflusskapazität zu 100 % wiederhergestellt werden. Da es sich um einen Einbau unter den mittleren Grundwasserspiegel und der Einbau teilweise unter die Unterkante Grundwasserleiters zu liegen kommt, ist aber gleichwohl eine Ausnahmebewilligung nach Anhang 4 Ziffer 211 Absatz 2 der Gewässerschutzverordnung erforderlich. Eine solche kann von der zuständigen Bewilligungsbehörde erteilt werden, falls das Bauprojekt hinsichtlich Grundwasserschutz optimiert und die Einbauten unter den mittleren Grundwasserspiegel auf das Nötigste beschränkt worden sind.

Für die Erteilung einer Ausnahmebewilligung muss durch die Behörde zusätzlich auch eine Interessenabwägung vorgenommen werden. Dabei sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Mit der aktuell bevorzugten Variante der Überbauung am Bahnhof Einsiedeln ist lediglich ein lokaler, geringmächtiger Grundwasserleiter (oberes Stockwerk) betroffen. Das tiefliegende, im sandig-kiesigen Schotter vorhanden artesisch gespannte Grundwasservorkommen von Einsiedeln (unteres Stockwerk), welches zur Notwasserversorgung genutzt wird, wird durch das Projekt nicht tangiert.
- Mithilfe dem vorgeschlagenen Grobkonzept für allfällige Ersatzmassnahmen (Kiesbahnen in Fliessrichtung des Grundwassers ergänzt mit gut durchlässiger seitlicher Hinterfüllung) kann der Gebäudekomplex problemlos um- und unterströmt werden. Eine massgebliche Beeinträchtigung des Fliessverhaltens und eine daraus resultierende quantitative Beeinträchtigung im Abstrombereich oder ein Aufstau im Zuströmbereich werden mit den Ersatzmassnahmen verhindert.
- Auf der Projektparzelle dürfte das Grundwasserdargebot des Alpschotters nur bescheiden und dessen Nutzbarkeit sehr beschränkt sein.
- Eine zukünftige Nutzung des lokalen Grundwasservorkommens im öffentlichen Interesse (z.B. Trinkwassernutzung) ist de facto unmöglich, da sich im dicht besiedelten Gebiet keine Schutzzonen ausscheiden liessen.
- Die projektbedingten Auswirkungen auf die lokalen Grundwasserverhältnisse werden unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Feststellungen als sehr gering beurteilt und eine Beeinträchtigung von Dritten ist unwahrscheinlich. Mit dem Projekt werden somit keine besonderen Gewässerschutzinteressen verletzt. Demgegenüber könnte ein Einbau in das Grundwasser nur mit erheblichen Projektanpassungen verhindert werden (Verzicht auf Untergeschosse).

Im Sinne einer Interessenabwägung dürften im vorliegenden Fall die Interessen der Entwicklung des Bahnhofs Einsiedeln diejenigen des Grundwasserschutzes bezogen auf das lokale, höchstens sehr beschränkt nutzbare Grundwasservorkommen überwiegen. Die abschliessende Beurteilung obliegt der Behörde.

6 WEITERES VORGEHEN

Der vorliegende Bericht dient als Grundlage, um die gewässerschutzrechtliche Bewilligung abzuklären. Dazu wird empfohlen, frühzeitig die zuständige Behörde (Amt für Umwelt und Energie) einzubeziehen.

Beim Vorliegen eines konkreten Projekts müssen die Ersatzmassnahmen detailliert und projektbezogen dimensioniert werden.

Goldau, 29.7.2022
220694 bericht dfn.docx Sta / PB

Jäckli Geologie AG

p.p.a. P. Bova

Sachbearbeiter:
Marina Bolat, MSc UniNE, Hydrogeologin

ppa. P. B

Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln / SZ
Einsiedeln / SZ

Hydrogeologische Beurteilung und Konzept für Grundwasserdurchfluss (Ersatzmassnahmen)

Beilagen

Beilage 1:	Situation 1:2000, Lage der Sondierungen
Beilage 2:	Sodierprofile 1:100
Beilage 3.1:	Profil A 1:500/250, geologisch bearbeitet
Beilage 3.2:	Profil B 1:500/250, geologisch bearbeitet
Beilage 4.1:	Hydrogeologischer Nachweis Grundwasserdurchfluss - Profil A
Beilage 4.2:	Hydrogeologischer Nachweis Grundwasserdurchfluss - Profil B

Jäckli Geologie AG
Sonneggstrasse 30b, 6410 Goldau
Telefon +41 41 813 07 90

Legende

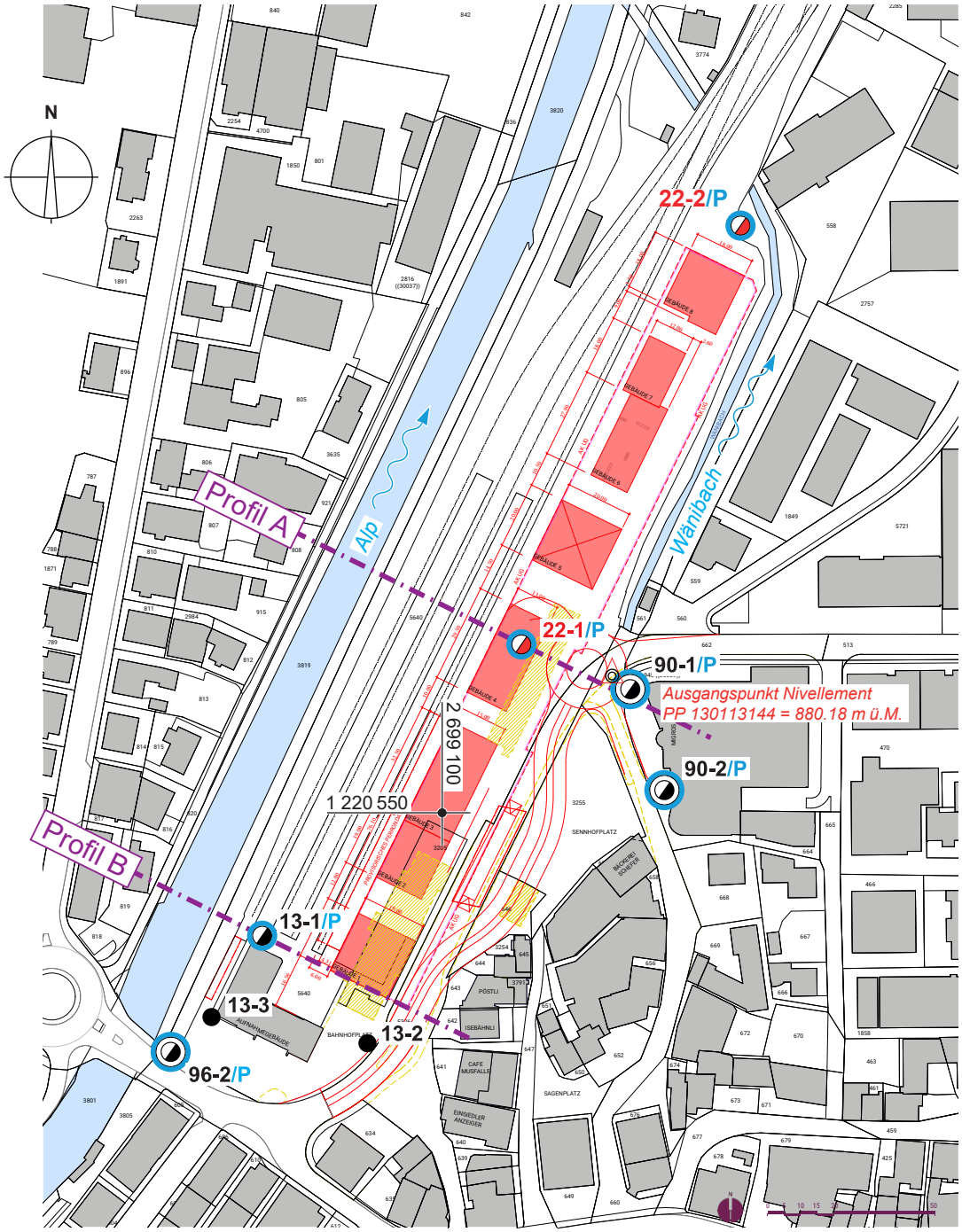
- Rammsondierung und Bohrung
- ältere Rammsondierung
- ältere Rammsondierung und Bohrung
- ältere Kernbohrung
- P Piezometerrohr

Beilage 1
zum Bericht vom 29.7.2022

Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln
Einsiedeln / SZ

Hydrogeologische Abklärung des Grundwasser-Durchflusses

Situation 1:2000
Lage der Sondierungen

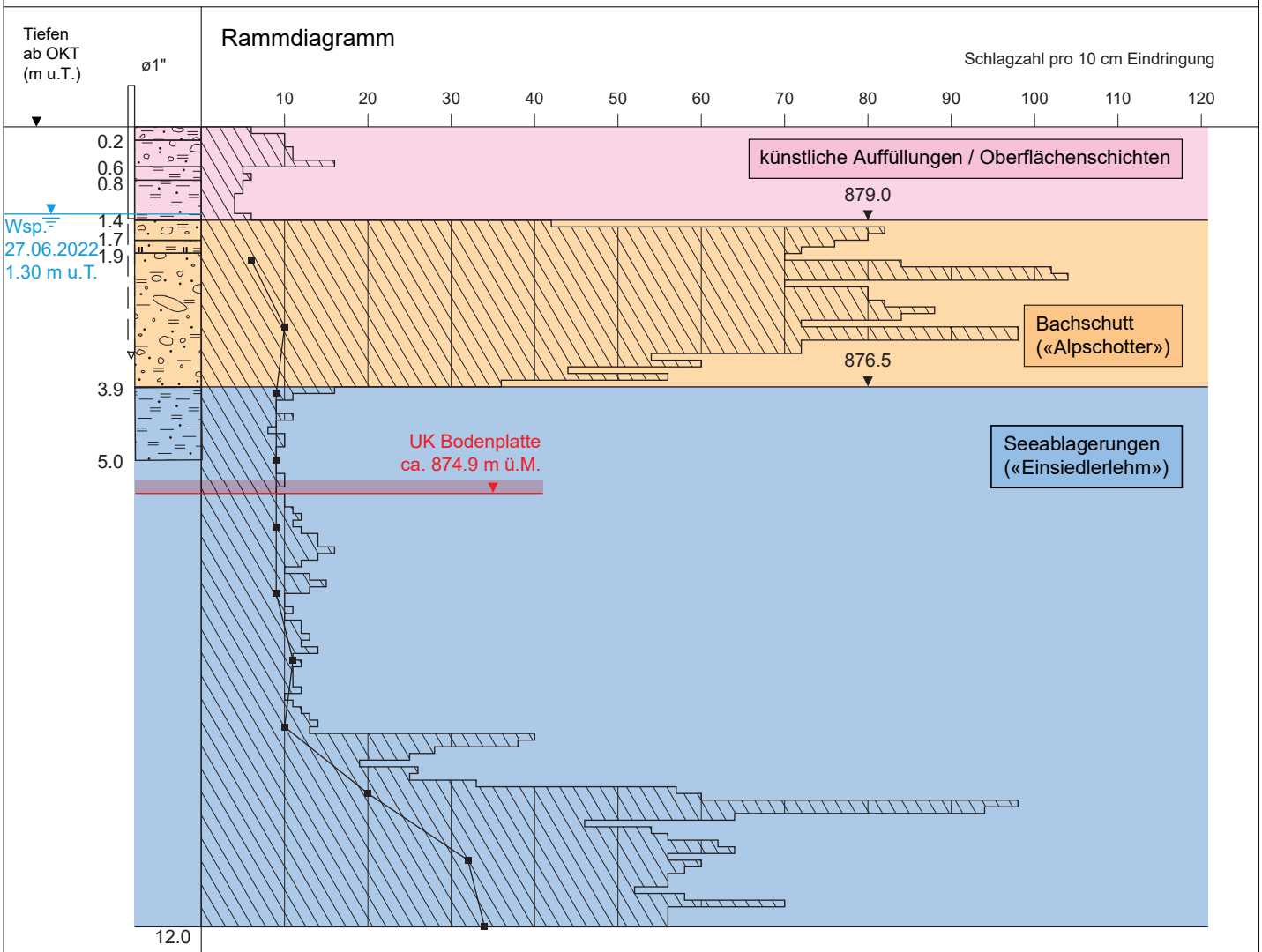


jäckli geologie

Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln
Einsiedeln / SZ

Rammsondierung Nr. 22-1

Ausführungsdatum:	13.06.2022	Kote OK Terrain:	880.40 m ü.M.	Massstab:	1:100
Koordinaten:	2 699 123 / 1 220 600	Kote OK Rohr:	881.02 m ü.M.	Datei:	220694 RS 1.ai / FS



0.0 - 0.2	dunkelbrauner, leicht tonig-siltiger Kies, reichlich Sand
0.2 - 0.6	hellgrauer bis dunkelbeiger, leicht siltiger Kies, viel Sand
0.6 - 0.8	grauer, toniger Silt, wenig plastisch, steif, wenig Sand
0.8 - 1.4	grauer, toniger Silt bis siltiger Ton, ziemlich plastisch, weich
1.4 - 1.7	graubrauner, leicht siltiger Kies, viel Sand
1.7 - 1.9	grauer, toniger Silt bis siltiger Ton, plastisch, weich, wenig Sand, ab 1.8 - 1.9 m organische Beimengungen (zersetzer Torf)
1.9 - 3.9	dunkelgrauer, mässig tonit-siltiger Kies, viel Sand, 1 Stein
3.9 - 5.0	grauer, toniger Silt bis siltiger Ton, plastisch, sehr weich, wenig Sand

Angaben zur Rammsondierung:
Rammgerät Jäckli
Fallhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg, Spitzenquerschnitt 10 cm²

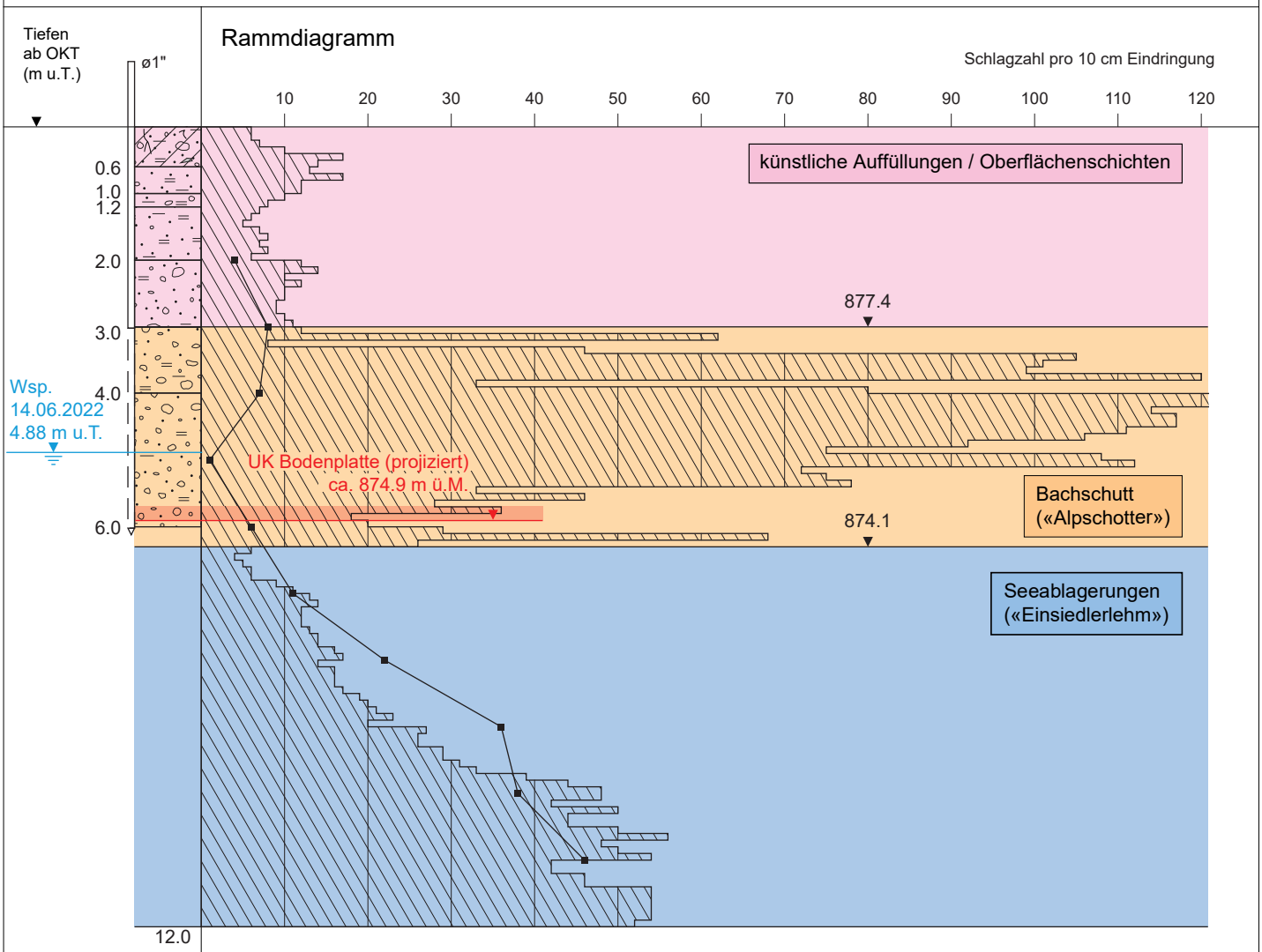
Gestängereibung:
Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm, und Nachschlagen von 20 cm

jäckli geologie
www. jaeckli.ch

Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln
Einsiedeln / SZ

Rammsondierung Nr. 22-2

Ausführungsdatum:	13.06.2022	Kote OK Terrain:	880.83 m ü.M.	Massstab:	1:100
Koordinaten:	2 699 189 / 1 220 725	Kote OK Rohr:	881.81 m ü.M.	Datei:	220694 RS 2.ai / FS



0.0 - 0.6	dunkelgrauer, leicht tonig-siltiger Sand, viel Kies, org. Beimengungen (Wurzelreste), Fremdstoffe (<1 Gew.-%, Bauschutt)
0.6 - 1.0	dunkelbeiger, leicht tonig-siltiger Sand, wenig Kies
1.0 - 1.2	dunkelbrauner, leicht tonig-siltiger Sand, viel Kies
1.2 - 2.0	grauer, leicht toniger, stark siltiger Sand, wenig Kies
2.0 - 3.0	dunkelbrauner, leicht tonig-siltiger Sand, viel Kies
3.0 - 4.0	braungrauer, leicht toniger, mässig siltiger Kies, viel Sand
4.0 - 6.0	brauner, leicht tonig-siltiger Kies, viel Sand

Angaben zur Rammsondierung:
Rammgerät Jäckli
Fallhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg, Spitzenquerschnitt 10 cm²

Gestängereibung:
Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm, und Nachschlagen von 20 cm

jäckli geologie
www. jaeckli.ch

SOB Umbau / Erweiterung Bahnhofgebäude Einsiedeln / SZ

Rammsondierung Nr. 13-1

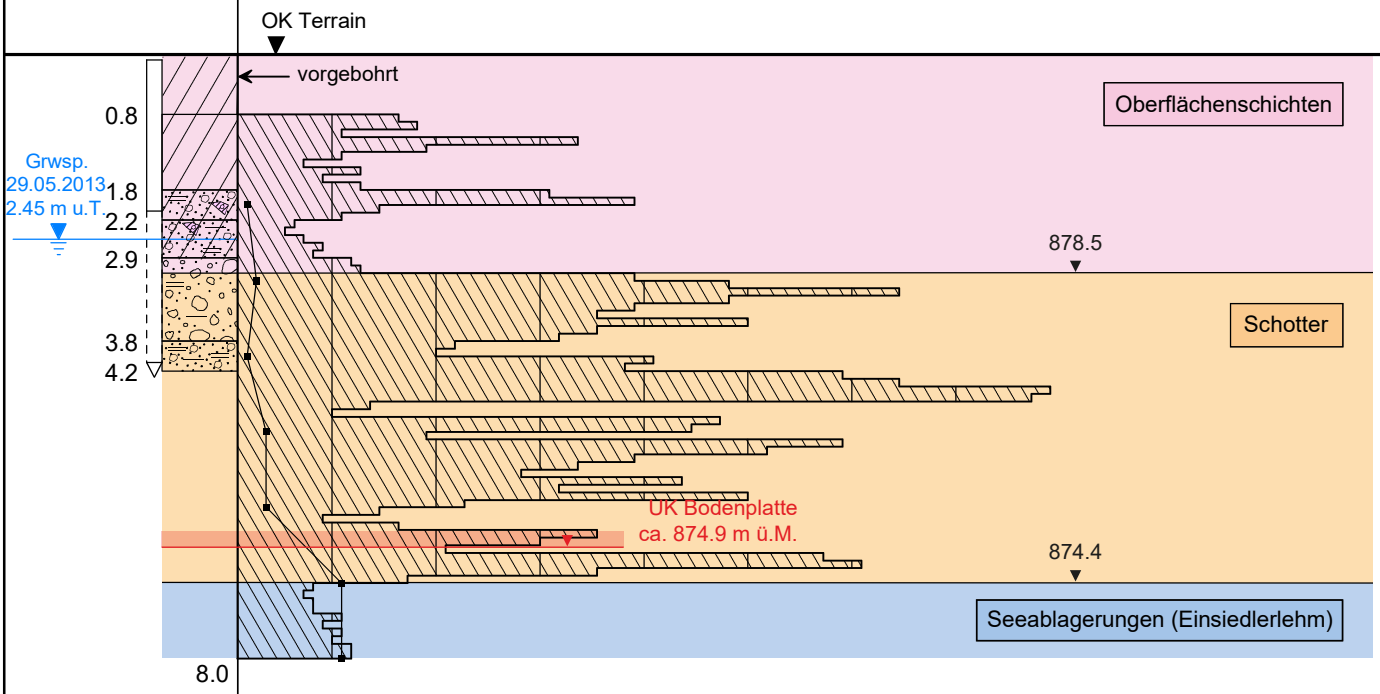
Massstab 1:100

Ausführungsdatum: 28.05.2013
Koordinaten: 699 046 / 220 513

Kote OK Terrain: 881.42 m ü.M.
Kote OK Rohr: 881.34 m ü.M.

Tiefenangaben (m u.T.)

Rammdiagramm



0.8 - 1.8	Bohrgutverlust
1.8 - 2.2	braungrauer, leicht siltiger Sand, reichlich Kies, vereinzelt Ziegelbruchstücke
2.2 - 2.7	dunkelgrauer, leicht tonig-siltiger Sand, reichlich Kies, vereinzelt Ziegelbruchstücke
2.7 - 3.8	braungrauer, leicht tonig-siltiger Kies, viel Sand
3.8 - 4.2	braungrauer, leicht toniger, mässig siltiger Sand, viel Kies

Massstab für Rammdiagramm

100 200 300 400 500 600 kg/cm²

Spezifischer Rammwiderstand

Fallhöhe 20 cm, Rammgewicht 45 kg,
Spitzenquerschnitt 10 cm²

Gestängereibung

Widerstand nach Heben der Sonde um 30 cm
und Nachschlagen von 20 cm

jäckli geologie

Objekt Nr.	Datei
130536	130536 RS 1.dsf / FS

Beilage 3.1
zum Bericht vom 29.7.2022

Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln
Einsiedeln / SZ

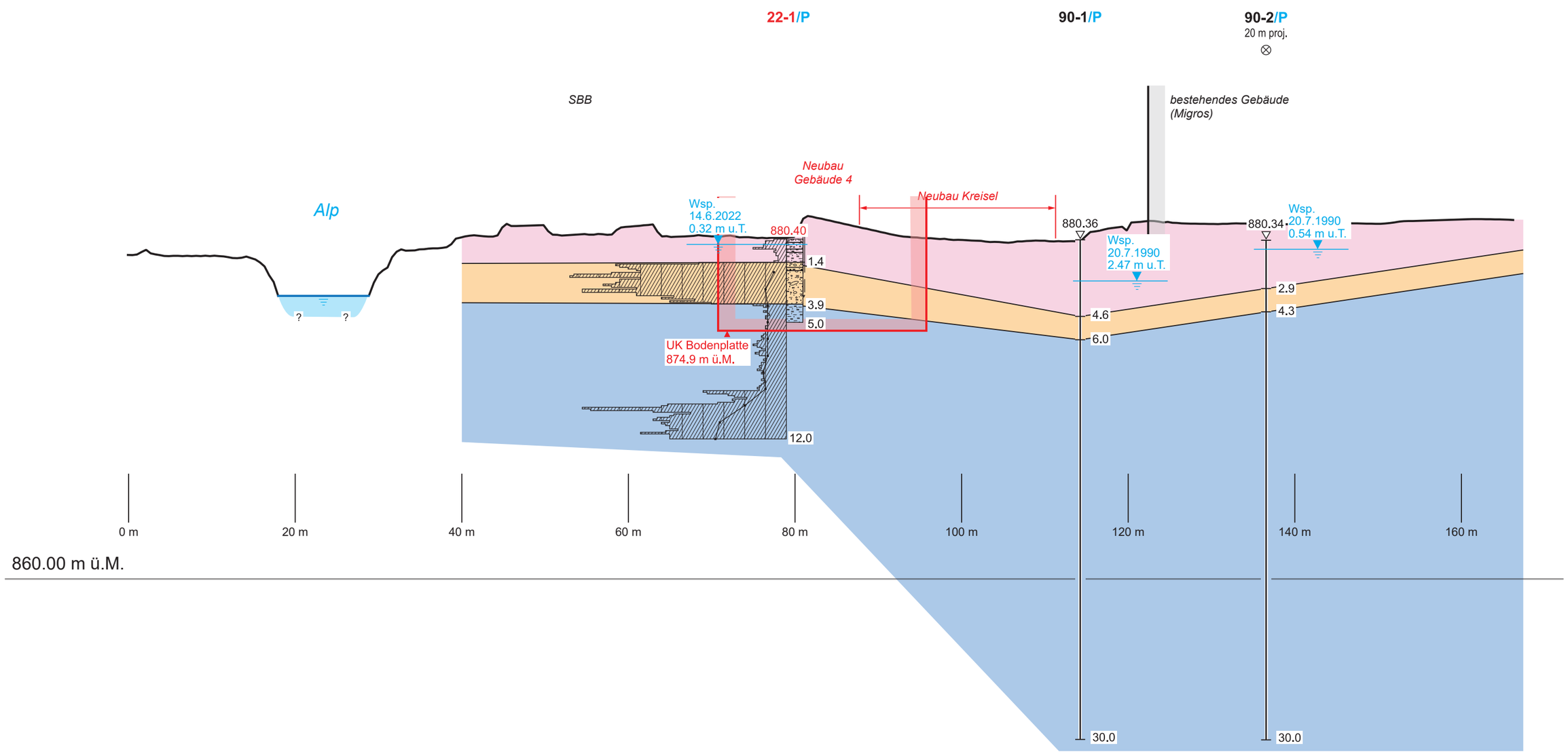
Hydrogeologische Abklärung des Grundwasser-Durchflusses

Profil A 1:500/250
geologisch bearbeitet

Legende

90-2/P
20 m proj.
⊗ ⊙ Sondierung vor / hinter Profil
880.34 OKT (m ü.M.)
1.0 Endtiefe (m u.T.)

künstliche Auffüllungen / Oberflächenschichten
Bachschutt (Alpschotter)
Seeablagerungen (Einsiedlerlehm)
Wasserspiegel mit Datum



jäckli geologie
www. jaeckli.ch

220694 beilage 3.1.ai ber / Sta

Beilage 3.2
zum Bericht vom 29.7.2022

Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln
Einsiedeln / SZ

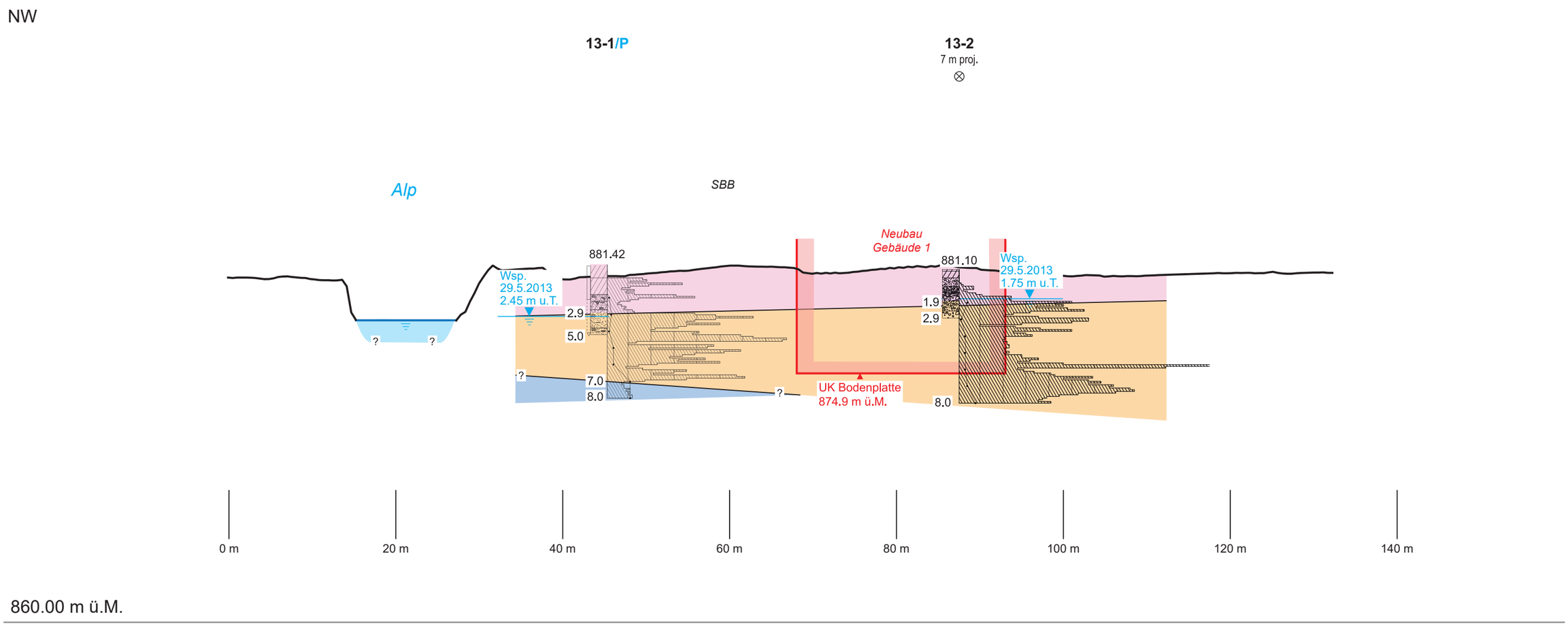
Hydrogeologische Abklärung des Grundwasser-Durchflusses

Profil B 1:500/250
geologisch bearbeitet

Legende

13-2
7 m proj.
⊗ ⊙ Sondierung vor / hinter Profil
881.10 OKT (m ü.M.)
1.0 Endtiefe (m u.T.)

- künstliche Auffüllungen / Oberflächenschichten
- Bachschutt (Alpschotter)
- Seeablagerungen (Einsiedlerlehm)
- Wasserspiegel mit Datum



Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln / SZ
Hydrogeologische Beurteilung und Konzept für Grundwasserdurchfluss (Ersatzmassn.)

Hydrogeologischer Nachweis Grundwasserdurchfluss - Profil A

Grundwasserverhältnisse					+/–
Grundwassermächtigkeit (MW), durchschnittlich	H^0		2.7	m	
Durchlässigkeitsbeiwert Grundwasserleiter	K^0		+1.5E-4	m/s	
Länge massgebender Schnitt (vgl. *Beilage 1*)	L		25.0	m	
Querschnittsfläche IST-Zustand (= $L \times H^0$)			67.5	m²	
Transmissivität, IST-Zustand (= $K \times H^0$)	$\mathbf{T^0}$		**+4.1E-4**	$\mathbf{m^2/s}$	(100%)
Einbauten in das Grundwasser					
Projekt		*Breite*	*EBT *)*		
Neubau Gebäude 4, Tiefgarage		25.0	2.7	m	
Querschnittsfläche Einbauten			67.5	m²	
Transmissivität, Verlust Einbauten	$\mathbf{T^1}$		**–4.1E-4**	$\mathbf{m^2/s}$	–100.0%
Ersatzmassnahmen					
Material: Kiesgemisch 0/22, ≤7% FA					
Durchlässigkeitsbeiwert Kiesgemisch 0/22, ≤7% FA	K^{EM}		+5.0E-3	m/s	(×33.3)
Ersatzmassnahmen		*Breite*	*EBT *)*		
Sickerbahn		7.0	0.3	m	
Querschnittsfläche Ersatzmassnahmen			2.1	m²	
Transmissivität, Verlust Ersatzmassnahmen	T^2		–1.3E-5	m^2/s	–3.1%
Transmissivität, Gewinn Ersatzmassnahmen	T^3		+4.2E-4	m^2/s	+103.7%
Transmissivität, Projektzustand (= $T^0+T^1+T^2+T^3$)	$\mathbf{T^P}$		**+4.1E-4**	$\mathbf{m^2/s}$	+0.6%

*) EBT = durchschnittliche Einbautiefe in das Grundwasser
**) KF = Korrekturfaktor gemäss Merkblatt Umweltfachstellen SZ, UR, NW, OW, LU, ZG, Oktober 2020

Jäckli Geologie AG
www.jaeckli.ch

Entwicklungsstudie Bahnhof Einsiedeln / SZ
Hydrogeologische Beurteilung und Konzept für Grundwasserdurchfluss (Ersatzmassn.)

Hydrogeologischer Nachweis Grundwasserdurchfluss - Profil B

Grundwasserverhältnisse					+/–
Grundwassermächtigkeit (MW), durchschnittlich	H^0		5.6	m	
Durchlässigkeitsbeiwert Grundwasserleiter	K^0		+1.5E-4	m/s	
Länge massgebender Schnitt (vgl. *Beilage 1*)	L		25.0	m	
Querschnittsfläche IST-Zustand (= $L \times H^0$)			140.0	m²	
Transmissivität, IST-Zustand (= $K \times H^0$)	$\mathbf{T^0}$		**+8.4E-4**	$\mathbf{m^2/s}$	(100%)
Einbauten in das Grundwasser					
Projekt		*Breite*	*EBT *)*		
Neubau Gebäude 1, Tiefgarage		25.0	4.1	m	
Querschnittsfläche Einbauten			102.5	m²	
Transmissivität, Verlust Einbauten	$\mathbf{T^1}$		**–6.2E-4**	$\mathbf{m^2/s}$	–73.2%
Ersatzmassnahmen					
Material: Kiesgemisch 0/22, ≤7% FA					
Durchlässigkeitsbeiwert Kiesgemisch 0/22, ≤7% FA	K^{EM}		+5.0E-3	m/s	(×33.3)
Ersatzmassnahmen		*Breite*	*EBT *)*		
Sickerbahn		10.6	0.3	m	
Querschnittsfläche Ersatzmassnahmen			3.2	m²	
Transmissivität, Verlust Ersatzmassnahmen	T^2		–1.9E-5	m^2/s	–2.3%
Transmissivität, Gewinn Ersatzmassnahmen	T^3		+6.4E-4	m^2/s	+75.7%
Transmissivität, Projektzustand (= $T^0+T^1+T^2+T^3$)	$\mathbf{T^P}$		**+8.4E-4**	$\mathbf{m^2/s}$	+0.2%

*) EBT = durchschnittliche Einbautiefe in das Grundwasser
**) KF = Korrekturfaktor gemäss Merkblatt Umweltfachstellen SZ, UR, NW, OW, LU, ZG, Oktober 2020

Jäckli Geologie AG
www.jaeckli.ch