



Gemeinden
Heimberg,
Steffisburg

Tiefbauamt
des Kantons Bern
Oberingenieurkreis I

Beilage 3.8

Gewässer	Zulg	Gewässer-Nr.	548
Gemeinden	Heimberg, Steffisburg	Projekt-Nr.	1219
Erfüllungspflichtiger	Gemeinde Heimberg, Gemeinde Steffisburg		
Projekt vom	April 2021		
Revidiert			

Unterlage

Abklärungen zum Baugrund

Hochwasserschutz und Längsvernetzung Zulg Heimberg

VORPRÜFUNG

**KELLERHALS
+ HAEFELI AG**
GEOLOGEN | BERN
STANS

Ingenieurgeologie
Hydrogeologie
Abbau und Deponie
Naturgefahren
Altlasten und Boden

Kapellenstrasse 22 Tel. 031 381 90 07
3011 Bern bern@k-h.ch

Gemeinde Heimberg

Längsvernetzung Zulg, Heimberg

**Abklärungen zu Baugrund,
Hydrogeologie und Altlasten**

Bern, 25. September 2020
FK/rj 11735

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. Ausgangslage	1
1.1. Anlass	1
1.2. Auftrag und Zielsetzung der Untersuchung	1
1.3. Eigentumsverhältnisse	2
1.4. Ausgeführte Arbeiten	3
2. Standortbeschreibung	4
2.1. Geologie	4
2.2. Hydrogeologie	4
2.3. Deponie Auwald, KbS-Standort Nr. 09280073	4
3. Ausgeführte Untersuchungen	6
3.1. Sondierungen	6
3.2. Probenahmen und Messungen	6
4. Ergebnisse	7
4.1. Baugrund	7
4.1.1. Aufbau des Untergrunds	7
4.1.2. Geotechnische Kennziffern	9
4.2. Hydrogeologie	9
4.3. Altlasten	10
4.4. Materialzusammensetzung gemäss Laborversuchen	11
5. Schlussfolgerung	12
5.1. Baugrund Kalisteg	12
5.1.1. Foundation	12
5.1.2. Baugrubensicherung und Wasserhaltung	13
5.1.3. Grundwasserbeeinflussung	13
5.1.4. Erdbebensicherheit	14
5.2. Aufweitung Zulg	14
5.2.1. Grundwasser allgemein	14
5.2.2. Grundwasserwärmepumpen	14
5.2.3. Materialaushub und Wiederverwendung	15
5.3. Altlasten	16
5.3.1. Bewilligungsfähigkeit und Auflagen	16
5.3.2. Mengen- und Grobkostenschätzung	17

6. Weiteres Vorgehen

18

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1	Verwendete Grundlagen
Anhang 2	Bohrprofile
Anhang 3	Laborbericht Siebkurven
Anhang 4	Zusammenstellung Grundwasserwärmepumpen
Anhang 5	Situation Deponie 1:1'000

BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage 1	Situation 1:1'000
Beilage 2	Längsprofil Zulg 1:2'000 / 200

Präambel:

Dieses Gutachten wurde im Auftrag der Gemeinde Heimberg zur Abklärung der geologisch-geotechnischen, hydrogeologischen sowie altlastentechnischen Verhältnisse erstellt. Die vorgenannten Angaben und Folgerungen beziehen sich somit ausschliesslich auf das vorliegende Projekt. Bedeutende Änderungen des Projekts bedingen eine Neubeurteilung. Wird das Gutachten zudem für andere Zwecke verwendet, wird jede Haftung abgelehnt. Die Haftung wird auch gegenüber anderen Personen als den Auftraggebern vollumfänglich abgelehnt.

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

Längsvernetzung Zulg, Heimberg

Abklärungen zu Baugrund, Hydrogeologie und Altlasten

1. Ausgangslage

1.1. Anlass

Mit dem Projekt Längsvernetzung Zulg Heimberg soll der Abschnitt von der Bernstrasse bis zur Einmündung in die Aare fischgängig gemacht werden. Dies soll durch eine Absenkung und Aufweitung des Flussbetts erreicht werden. Dabei ist im oberen Bereich des Projektperimeters eine Absenkung von rund 1 m und eine lokale Aufweitung um wenige Meter vorgesehen. Im unteren Bereich stehen betreffend der Absenkung und Aufweitung zum gegenwärtigen drei Varianten zur Diskussion (vgl. Beilage 1 & Beilage 2):

- "Aufweitung kurz": Absenkung von bis zu 5 m über eine Länge von rund 460 m, Aufweitung von bis zu 90 m
- "Aufweitung lang": Absenkung von bis zu 5 m über eine Länge von 620 m Aufweitung von bis zu 95 m
- "Variante Aufweitung lang": Absenkung von bis zu 5 m über eine Länge von 620 m Aufweitung von bis zu 85 m

Die Aufweitung erfordert zudem den Neubau der Brücke *Kalisteg*, welcher rund 50 m flussaufwärts des gegenwärtigen Standortes vorgesehen ist.

1.2. Auftrag und Zielsetzung der Untersuchung

Mit den **ingenieurgeologischen Abklärungen** gilt es ein projektspezifisches Baugrundmodell zu erstellen, mit dem Aussagen zu folgenden Punkten gemacht werden können:

- Setzungsgefährdung im Bereich Bernstrasse bis verwerfene Erschliessung sowie bei den Widerlagern der Brücke Kalisteg
- Lockergesteinskennwerte des Aushubmaterials
- Kornverteilung (ohne Feinanteile) des Aushubmaterials
- USCS-Klassifizierung des Aushubmaterials ohne Beurteilung der Feinanteile
- Einschätzung des anfallenden Aushubmaterials hinsichtlich der Eignung als Fundamentalschicht (Frostsicherheit, notwendige Arbeitsgänge in der Aufbereitung), Zuschlagstoff und Asphaltsplitt

Mit den **hydrogeologischen Abklärungen** sollen Aussagen zu folgenden Punkten gemacht werden:

- Grundwasserstände bei unterschiedlichen hydrogeologischen Verhältnissen
- Auswirkungen des Bauvorhabens auf die hydrogeologischen Verhältnisse
- Mögliche Beeinflussung von naheliegenden GW-Wärmepumpen

Mit den **altlastenspezifischen Abklärungen** sollen Aussagen zu folgenden Punkten gemacht werden:

- Einschätzung der möglichen Auflagen des AWA betreffend der Deponie Auwald
- Mengen- und Kostenschätzung für die Entsorgung von belastetem Material (falls möglich)

Auftraggeber	Gemeinde Heimberg Bauverwaltung Alpenstrasse 26 3627 Heimberg Rolf Däppen 033 439 20 46 rolf.daepfen@heimberg.ch
Bauherrenunterstützung	Flussbau AG SAH Schwarztorstrasse 7 3007 Bern Rolf Künzi 031 370 05 82 sah.be@flussbau.ch
Auftragsgrundlage	Offerte Nr. 11735O22033 vom 31. März 2020
Auftragserteilung	Telefonat Bauherrenunterstützung vom 15. Juni 2020

1.3. Eigentumsverhältnisse

Die Eigentumsverhältnisse der von Sondierungen betroffenen Parzellen in der Gemeinde Heimberg gestalten sich wie folgt:

Pz.-Nrn. 154, 954 & 1346	Burgergemeinde Heimberg Käsereiweg 40 3627 Heimberg
Pz.-Nr. 1	Kanton Bern AGG Reiterstrasse 11, 3011 Bern

1.4. Ausgeführte Arbeiten

- Vorbereitungsarbeiten
 - Beschaffung und Auswertung vorhandener Unterlagen
 - Erstellung eines Vorgehenskonzepts
 - Begehung
 - Leitungsabklärungen
 - Erstellen und Eingabe von Gesuch um Erteilung einer Bewilligung für Sondierbohrungen
 - Organisation und Leitung von Sondierbohrungen
- Feldarbeiten
 - Festlegen und Markieren der Sondierstellen vor Ort
 - Begleitung der Sondierbohrungen (geologische Aufnahme der Bohrkerne, Entnahme Feststoffproben)
 - zwei Messungen des Grundwasserspiegels bei 4 Messstellen
 - Grundlagenbeschaffung zu Grundwasserwärmepumpen beim AWA
 - Organisation von jeweils einer Begehung
 - Abstichmessung und Ermittlung der messbaren Tiefe vor Ort
- Sitzungswesen
 - Teilnahme an Planersitzung am 06.02.2020
 - Teilnahme an Planersitzung (Video) am 01.09.2020
- Auswertung der Resultate
 - Zeichnen von 4 Bohrprofilen
 - Auswertung der Messungen des Grundwasserspiegels und des Spiegels der Zulg
 - Beurteilung der Auswirkungen des Bauvorhabens auf die hydrogeologischen Verhältnisse
 - Beurteilung der Beeinflussung von naheliegenden GW-Wärmepumpen
 - USCS-Klassifizierung des Aushubmaterials
 - Bestimmung von Lockergesteinskennwerten des Aushubmaterials
 - Einschätzung der Setzungsgefährdung im Bereich Bernstrasse bis verworfene Erschliessung sowie bei Widerlagern der Brücke Kalisteg
 - Einschätzung des anfallenden Aushubmaterials hinsichtlich der Eignung als Fundamentalschicht (Frostsicherheit, notwendige Arbeitsgänge in der Aufbereitung), Zuschlagstoff und Asphaltplitt
 - Einschätzung der möglichen Auflagen des AWA betreffend der Deponie Auwald
 - Mengen- und Grobkostenschätzung für Entsorgung von Deponiematerial
- Berichterstattung
 - Teilbericht Baugrund
 - Teilbericht Hydrogeologie
 - Teilbericht Altlasten

2. Standortbeschreibung

2.1. Geologie

Der Untergrund innerhalb des Projektperimeters besteht aus Bachschuttablagerungen der Zulg und darunter befindlichen Aareschottern. Diese setzten sich gemäss bisherigen Erkenntnissen aus kiesig-sandigem Material mit unterschiedlichem Stein- und Feinkorngehalt sowie einzelnen Blöcken zusammen [7]. Vereinzelt können auch geringmächtige (schwach kiesige) Sandlinsen vorkommen [8]. Im Weiteren können geringmächtige Überschwemmungssedimente aus tonig-siltigem Material vorhanden sein [7]. Die Zulg wird seitlich durch künstliche Dammschüttungen aus kiesig-sandigem Material mit Steinen begrenzt [8].

2.2. Hydrogeologie

Die Schotterablagerungen wirken als Grundwasserleiter. Das Grundwasser fliesst gemäss Grundwasserkarte mit einem Gefälle von ca. 2 ‰ in Richtung West-Nordwest [2]. In der oberen Hälfte des Projektperimeters ist der Grundwasserspiegel mehrere Meter unter der Projektlinie (Variante lang) zu erwarten. In der unteren Hälfte dürfte der Spiegel bei Hochstand bis zur Projektlinie oder darüber hinaus ansteigen. Die hydraulische Durchlässigkeit des anstehenden Materials wird im Bereich von 2×10^{-4} bis 2×10^{-3} m/s erwartet [7].

2.3. Deponie Auwald, KbS-Standort Nr. 09280073

Der Ablagerungsstandort mit der Bezeichnung Deponie Auwald ist im Kataster der belasteten Standorte (KbS) des Kantons Bern unter der Nummer 09280073 verzeichnet. Die Sanierungsbedürftigkeit nach Artikel 8 der Altlasten-Verordnung (AltIV) ist nicht definiert [1]. Bei den bisherigen altlastenrechtlichen Untersuchungen handelt es sich um eine historische und technische Untersuchung aus dem Jahr 2012 [6] und um eine technische Untersuchung aus dem Jahr 2016 [9]. Die für das vorliegende Projekt relevanten Erkenntnisse dieser beiden Untersuchungen sind im Folgenden zusammenfasst:

- Innerhalb oder im Nahbereich (bis 10 m Entfernung) des Projektperimeters «Aufweitung lang Variante / mögliche Uferlinie bei Erosion auf Sohlenbreite = 75 m» wurden 9 Baggersondierungen abgeteuft und 3 Feststoffproben chemisch analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.
- In zwei Sondierungen wurden oberflächennah 1.3 m beziehungsweise 1.6 m mächtige künstliche Auffüllungen aufgeschlossen.
- Das Auffüllmaterial ist schwach bis stark verschmutzt. Unter Berücksichtigung einer möglicherweise nicht natürlich bedingten Grenzwertüberschreitung des TOC liegt bei BS01/12 Sonderabfall vor.
- In den restlichen Sondierungen besteht der Untergrund aus natürlichen Ablagerungen oder aus abfallrechtlicher Sicht unauffälligem Dammschüttmaterial.

- Aus den Ergebnissen geht die in Beilage 1 dargestellte räumliche Ausdehnung des Standortes hervor.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse von innerhalb oder im Nahbereich (bis 10 m Entfernung) des Projektperimeters «Aufweitung lang Variante / mögliche Uferlinie bei Erosion auf Sohlenbreite = 75 m» abgeteufte Sondierungen aus [6][9].

Bezeichnung	Sondiertiefe	Materialaufschluss	Materialqualität nach VVEA gemäss Laboruntersuchung
BS01/12	1.7 m	- Auffüllmaterial von 0.3 – 1.6 m - Natürlich bis 0.3 m und ab 1.6 m	Stark verschmutzt (17 05 91 [akb]) (beziehungsweise Sonderabfall (17 05 05 [S]) falls TOC von 7.2 % nicht natürlich bedingt) von 0.6 – 1.1 m
BS02/12	1.4 m	Natürlich	
BS03/12	1.3 m	Natürlich	
BS04/12	0.9 m	Natürlich	
BS05/12	2.1 m	- Auffüllmaterial von 0.3 – 1.9 m - Natürlich bis 0.3 m und ab 1.9 m	Schwach verschmutzt (17 05 94) von 0.3 – 1.2 m
BS06/12	0.9 m	Natürlich	
BS16/12	1.7 m	Natürlich	
BS13/16	1.6 m	Dammschüttmaterial (vermutlich)	
BS14/16	1.3 m	Dammschüttmaterial	Unverschmutzt (17 05 06) von 0.1 – 1.3 m

3. Ausgeführte Untersuchungen

3.1. Sondierungen

Für die geologisch-geotechnischen sowie hydrogeologischen Untersuchungen wurden im Projektperimeter die in Tabelle 2 aufgeführten Sondierungen ausgeführt. Die Ausführung der Sondierungen erfolgten vom 21. bis 23. Juli 2020 durch die Studersond AG, Uebeschi.

Tabelle 2: Ausgeführte Sondierungen.

Bezeichnung	Methode	Lage vgl. Beilage 1	Tiefe	Ausbau	
RB/P1/20	Rotationskernbohrung mit SPT-Versuchen	Rechtsseitig, neuer Kalisteg	14 m	2"- Piezometer	7 m Vollrohr 5 m Filterrohr
RB/P2/20		Linksseitig, neuer Kalisteg	14 m	2"- Piezometer	8 m Vollrohr 6 m Filterrohr
RB/P3/20	Rotationskernbohrung	Linksseitig, Höhe bestehender GW- Pumpen	12 m	2"- Piezometer	6 m Vollrohr 5 m Filterrohr
RB/P4/20		Rechtsseitig, Bereich Grillstelle Zugspitze	12 m	2"-Piezometer	6 m Vollrohr 6 m Filterrohr

Die Standorte der Sondierungen sind im Situationsplan in Beilage 1 verzeichnet. Dabei ist zu beachten, dass Sondierungen beziehungsweise die Entnahme von repräsentativen Feststoffproben im Flussbett technisch schwierig realisierbar sind. Aus diesem Grund wurden die Sondierungen jeweils seitlich des Flussbetts ausgeführt. RB/P1/20 und RB/P4/20 wurden dabei im luftseitigen Hinterland des rechten Damms, RB/P2/20 und RB/P3/20 auf dem linken Damm positioniert.

Die Sondierungen wurden 2 m tiefer als der prognostizierte Grundwasser-Tiefstand ausgeführt. Zur Bestimmung der Grundwasserspiegel wurden sie mit 2"-Piezometern zu Grundwassermessstellen ausgerüstet.

3.2. Probenahmen und Messungen

Die Grundwasserspiegel wurden bei allen vier Messstellen zu folgenden Zeitpunkten erfasst:

- 23.07.2020
- 18.08.2020

Vom aufgeschlossenen Bohrgut wurden zwecks Klassifizierung pro Sondierung ein bis zwei Feststoffproben entnommen (vgl. Tabelle 3). Die Proben wurden einem akkreditierten Labor (BSL Baustofflabor AG, Uetendorf) zur Bestimmung der Materialzusammensetzung übergeben.

Tabelle 3: Entnommene Materialproben.

Proben-Nr.	Sondierung	Entnahmetiefe ab OKT
1	RB/P1/20	4.4 – 4.8 m
2	RB/P2/20	3.7 – 4.0 m
3	RB/P3/20	1.7 – 2.0 m
4	RB/P3/20	2.0 – 2.3 m
5	RB/P4/20	3.2 – 3.6 m
6	RB/P4/20	7.0 – 7.4 m

4. Ergebnisse

4.1. Baugrund

4.1.1. Aufbau des Untergrunds

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse ergibt sich folgender Baugrundaufbau:

Schicht 1 (Bodenschicht)

Mit einer Mächtigkeit zwischen 0.1 und 0.6 m wurde im obersten Bereich der Sondierungen ein weites Spektrum an Material angetroffen. Dabei bilden sowohl Sand, Kies als auch Silt standortabhängig den Hauptanteil. Generell war das Material braun, humos bis stark humos, durchwurzelt und sehr locker bis locker gelagert. Bei dem angetroffenen Material handelt es sich um die Bodenschicht.

Schicht 2 (künstliche Auffüllung / Dammschüttung)

In den Sondierungen RB/P2/20 und RB/P3/20 wurde unter Schicht 1 bis in maximal 2.3 m Tiefe mehrheitlich Kies, sandig bis stark sandig, schwach steinig, z.T. schwach siltig angetroffen. Untergeordnet bildete auch Sand den Hauptbestandteil. In beiden Sondierungen wurden in unterschiedlichen Tiefen auch wenige Ziegelbruchstücke vorgefunden. Das Material war trocken bis erdfeucht und von grauer oder beiger Farbe. Bei dem angetroffenen Material handelt es sich um künstliche Auffüllungen, welche die Längsdämme der Zulg bilden. Gemäss einem in dieser Schicht ausgeführten SPT-Versuch ist das Material mittel dicht gelagert. Die Sondierungen RB/P1/20 und RB/P4/20 wurden nicht auf dem Dammkörper erstellt, entsprechend wurde dieses Material hier nicht festgestellt.

Es ist davon auszugehen, dass für die Dammschüttungen überwiegend jenes Material verwendet wurde, welches bei der Erstellung des bestehenden Zulgbettes ausgehoben wurde. Vermutlich überwiegend entspricht aus diesem Grund das Material der Schicht 2 dem Material der folgenden Schichten 3a und 3b.

Schicht 3a (fluviatile Ablagerungen) / Schicht 3b (Stillwasserablagerungen)

In RB/P1/20 und RB/P4/20 unter Schicht 1, in RB/P2/20 und RB/P3/20 unter Schicht 2 folgt eine heterogene Wechsellagerung von Kies und Sand im dm- bis m-Bereich. Der Kies war überwiegend sandig bis stark sandig, der Sand überwiegend kiesig bis stark kiesig. Generell war das Material schwach steinig bis steinig. Das angetroffene, unzerbohrte Grösstkorn wies max. Durchmesser von 12 cm auf. Vereinzelt wurden auch vollständig durchbohrte Steine oder gegebenenfalls Blöcke mit Durchmessern von mindestens 15 cm beobachtet. Feinkorn ist entweder nicht oder nur schwach vorhanden. Deutlich untergeordnet wurden auch geringmächtige Bereiche aus Sand, sauber oder siltig, sowie Silt, tonig angetroffen. Bis zur Endtiefe der Sondierungen wurden neben den mineralischen Bestandteilen auch Holzreste mit Durchmessern im cm-Bereich angetroffen. Die Grobkomponenten werden durch kubische, kantige bis runde, kristalline und kalkige Gerölle gebildet, wobei kristalline Gerölle anteilmässig überwiegen. In RB/P2/20 wurden zwischen ca. 7 – 8.5 m Tiefe auch Anzeichen von kalkiger Verkittungen des Kies' und Sands beobachtet.

Beim angetroffenen Material handelt es sich um fluviatile Ablagerungen der Zulg und der Aare. Bei den rein sandig und siltigen Bereichen handelt es sich um Stillwasserablagerungen (Schicht 3b) innerhalb der fluviatilen Ablagerungen (Schicht 3a), welche genetisch bedingt in Form von Linsen vorliegen und überwiegend von geringer Ausbreitung (wenige Meter) sein dürften. Gemäss den in RB/P1/20 und RB/P2/20 ausgeführten SPT-Versuchen ist das grobkörnige Material (Schicht 3a) überwiegend dicht gelagert. Die als Schicht 3b interpretierten überwiegend oder rein sandigen Bereiche sind mittel dicht gelagert, das siltig-tonige Material in RB/P2/20, welches lagenweise zwischen 2.3 – 4.0 m Tiefe angetroffen wurde, war von weicher Konsistenz. Anhand der in den Bohrungen angetroffenen Verteilung der Schichten 3a und 3b wird davon ausgegangen, dass der Anteil von Schicht 3b am Gesamtvolumen im einstelligen Prozentbereich liegt.

4.1.2. Geotechnische Kennziffern

Aufgrund der Untersuchungen können die in Tabelle 4 aufgeführten, vorsichtigen Erwartungswerte abgeschätzt werden:

Tabelle 4: Geotechnische Kennziffern (Angabe: fett: vorsichtig geschätzter Erwartungswert; in Klammern: Extremwerte)

	Raumgewicht γ [kN/m ³]	Reibungswinkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	M_E -Wert [MN/m ²]
Schicht 1 (Bodenschicht)	16 (15 - 17)	32 (28 - 34)	0 (0 - 2)	1 (0 - 3)
Schicht 2 (künstliche Auffüllung / Dammschüttung)	19 (18 - 20)	33 (31 - 35)	0	20 (10 - 25)
Schicht 3a (fluviatile Ablagerungen)	20 (19 - 21)	34 (31 - 37)	0 (0 - 2)	45 (40 - 80)
Schicht 3b (Stillwasserablagerungen)	17 (16 - 18)	30 (28 - 32)	2 (0 - 4)	5 (2 - 8)

4.2. Hydrogeologie

Die bei den Messstellen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfassten Grundwasserspiegel sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Angaben zu Grundwassermessstellen und erfasste Grundwasserspiegel.

Bezeichnung	OK-Terrain [m ü.M.]	OK-Rohr [m ü.M.]	Kote am 23.07.2020 [m ü.M.]	Kote am 18.08.2020 [m ü.M.]
RB/ P1/20	556.4	556.23	547.13	547.37
RB/P2/20	556.9	556.83	547.5	547.73
RB/P3/20	554.5	554.33	547.18	547.37
RB/P4/20	553.1	552.98	546.75	546.93

Bei den in Tabelle 5 angegebenen Grundwasserspiegeln ist zu beachten, dass die Messungen vom 23. Juli 2020 unmittelbar nach der Installation der Piezometer durchgeführt wurden und entsprechend nicht sicher davon ausgegangen werden kann, dass sich bereits ein Ruhepegel eingestellt hatte. Aufgrund der allgemein guten Durchlässigkeit von Schicht 3 wird eine entsprechende Abweichung vom damals tatsächlich vorherrschenden Grundwasserspiegel jedoch als gering eingeschätzt (wenige Zentimeter). Im Folgenden wird für die Beschreibung der hydrogeologischen Verhältnisse die Messung vom 18. August 2020 herangezogen.

Allgemein bilden die fluviatilen Ablagerungen den mächtigen Grundwasserleiter im Aaretal und im Bereich der Zulgmündung. Der Grundwasserspiegel weist ein Gefälle von ca. 2 ‰ auf. Das Grundwasser fliesst in etwa parallel zur Zulg in Richtung Aare. Gemäss [11] liegt der mittlere Grundwasserspiegel im Bereich des Kalistegs ca. bei Kote 547. Im Mündungsbereich der Zulg in die Aare liegt der entsprechende Grundwasserspiegel ca. bei Kote 546.3, was in etwa der Aaresohle entspricht. Die Sohle der Zulg liegt gemäss [3] auf Höhe Kalisteg ca. auf Kote 553.5 und fällt bis kurz vor der Mündung auf Kote 548.5. Entsprechend herrschen ausser während extremem Grundwasserhochstand vollständig perkolative Infiltrationsverhältnisse der Zulg in den Untergrund. Nur unterhalb der letzten Schwelle der Zulg (ca. 30 m vor der Mündung) liegt der Grundwasserspiegel während extremen Hochstands oberhalb der Zulgsohle. Da zu dieser Zeit in diesem Bereich auch ein deutlich erhöhter Zulgpegel vorliegen dürfte, dürfte auch dann keine Exfiltration von Grundwasser in die Zulg stattfinden.

Die Erhöhung des Grundwasserspiegels durch infiltrierendes Wasser aus der Zulg dürfte aufgrund der beschriebenen Lagebeziehungen (Grundwasserspiegel – Zulgsohle), der allgemein guten Durchlässigkeit des Untergrunds und des grossräumigen Grundwasserleiters nur gering sein (Annahme: wenige Zentimeter).

Gemäss der nahegelegenen und aufgrund der anstehenden geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse gut mit dem Projektperimeter vergleichbaren Messstation "G201 Heimberg, Oberi Au", lag am 18. August 2020 ein erhöhter Mittelwasserstand vor. Dieser kann in Zeiten extremer Verhältnisse (langanhaltende Niederschlagsperioden, Schneeschmelze, Trockenheit, etc.) um bis zu 2 m ansteigen resp. absinken.

In direkter Nähe zur Aare ist zusätzlich mit einem erhöhten Einfluss des Aarewasserpegels auf den Grundwasserspiegel zu rechnen. Gemäss [11] ist allein durch einen extremen Aarepegel in Folge starker Schneeschmelze (ohne Niederschlagseinfluss) mit einem Aufstau des Grundwassers im gesamten Projektperimeter zu rechnen.

4.3. Altlasten

Mit der Sondierung RB/P4/20 wurden ausschliesslich natürliche Ablagerungen aufgeschlossen. Die Stelle markiert somit zusammen mit der Baggersondierung BS16/12 (vgl. Kapitel 2.3) die maximale Ausdehnung des Standortes Deponie Auwald in Richtung Südosten. Mit der Sondierung RB/P1/20 wurden ebenfalls ausschliesslich natürliche Ablagerungen aufgeschlossen. Bei RB/P2/20 und RB/P3/20 wurden in den obersten 2.3 m beziehungsweise 2.2 m organoleptisch unauffällige künstliche Auffüllungen aufgeschlossen, die als unverschmutzt betrachtet werden.

4.4. Materialzusammensetzung gemäss Laborversuchen

Die entnommenen Proben wurden mittels Siebanalyse hinsichtlich Kornverteilung (Anhang 3) untersucht. In **Tabelle 6** sind die Ergebnisse der Laboruntersuchungen zusammengetragen.

Tabelle 6: Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Proben-Nr.	Sondierung	Entnahmetiefe ab OKT	Schichtzuwei- sung	USCS- Klassifizierung
1	RB/P1/20	4.4 – 4.8 m	3a	GM
2	RB/P2/20	3.7 – 4.0 m	3b	SM / CL-ML
3	RB/P3/20	1.7 – 2.0 m	2 (3a)	GM / GW-GM
4	RB/P3/20	2.0 – 2.3 m	2 (3b)	SM / CL-ML
5	RB/P4/20	3.2 – 3.6 m	3a	GM / GW-GM
6	RB/P4/20	7.0 – 7.4 m	3a	GP-GM / GP

Die Proben 3 und 4 wurden Schicht 2 entnommen. Wie bereits unter Punkt 4.1.1 erwähnt, dürfte es sich dabei um Aushubmaterial der Schichten 3a und 3b handeln, was durch die entsprechende Bezeichnung in Klammern in Tabelle 6 festgehalten wird.

Wie bereits ebenfalls unter Punkt 4.1.1 erwähnt, wurden in den Bohrkernen in Schicht 3a vereinzelt auch Steine mit max. Durchmesser von 12 cm sowie vollständig durchbohrte Steine oder kleinere Blöcke mit einem Durchmesser von mindestens 15 cm angetroffen. Diese Kornfraktionen werden bedingt durch das Bohrverfahren und die Probenahme in den Kornkurven des Anhang 3 nicht repräsentiert. Das im Labor ermittelte Grösstkorn der Schicht 3a hat einen Durchmesser von 5.5 cm. Anhand der Bohrkernne wird der Anteil Material mit einem Korndurchmesser grösser 5.5 cm auf ca. 10 % geschätzt.

5. Schlussfolgerung

5.1. Baugrund Kalisteg

5.1.1. Foundation

Zum Zweck der Baugrundabklärungen für den Neubau des Kalistegs wurden die Sondierungen RB/P1/20 und RB/P2/20 links und rechts der Zulg direkt im entsprechenden Projektperimeter erstellt.

Demnach sind die bis in eine Tiefe von 0.6 m angetroffenen Bodenschichten sowie die linksseitig bis in 2.3 m Tiefe folgenden künstlichen Auffüllungen nicht tragfähig. Die rechtsseitig unter den Bodenschichten (Kote 556.4) folgenden fluviatilen Ablagerungen (Schicht 3a) sind circa ab der Schichtoberkante bereits allgemein gut bis sehr gut tragfähig und für eine Flachfundation geeignet. Linksseitig der Zulg wurde unter der künstlichen Auffüllung Schicht 3b (Stillwasserablagerungen) angetroffen. Diese reicht in der Sondierung bis in ca. 3 – 4 m Tiefe (Kote 553.9 – 552.9) und ist allgemein schlecht tragfähig. In sämtlichen Sondierungen wurde Schicht 3b in variierender Tiefe, mehrheitlich mit Mächtigkeiten von einigen Zentimetern bis wenigen Dezimetern beobachtet. Die Ausbreitung in der Fläche ist dabei unklar, dürfte im Maximum aber nur wenige Quadratmeter betragen. Für den Fall, dass am definitiven Standort der Foundation des neuen Kalistegs die beschriebenen Stillwasserablagerungen (Schicht 3b) anstehen, können diese abhängig von deren Ausprägung in der Fläche entweder durch eine Foundationsplatte überspannt werden oder müssen mit geeignetem Material ersetzt werden. Anstelle des Materialersatzes ist auch eine Foundation mittels Schächten und Riegeln in den Fluviatilen Ablagerungen (Schicht 3a) möglich. Abschliessend kann dies erst nach der vollständigen Freilegung der Foundationsebene beurteilt werden.

Ohne die abzutragenden Lasten zu kennen, ist nach bisherigem Informationsstand davon auszugehen, dass der neue Kalisteg mit einer einfachen, untief reichenden Foundation erstellt werden kann und die Verwendung von Pfählen nicht notwendig sein dürfte.

Das Fundationskonzept ist vom projektierenden Ingenieur zu prüfen, dafür können die oben angegebenen Kennwerte verwendet werden.

Sollten aufgrund grösserer Lasten als erwartet oder um Zugbelastungen im Untergrund abtragen zu können, doch Pfähle oder Anker notwendig werden, sind bei der Projektierung und Ausführung bei entsprechender Tiefenlage (unterhalb des maximalen Grundwasserstands) die Vorgaben des Merkblatts Bauten im Grundwasser und Grundwasserabsenkung des AWA zu berücksichtigen.

5.1.2. Baugrubensicherung und Wasserhaltung

In der aktuellen Projektphase sind keine konkreten Informationen zur möglichen Foundationstiefe und der daraus folgenden Baugrube vorhanden. Allgemein dürfen die künstlichen Auffüllungen frei mit einer Neigung von max. 1 : 2 (Höhe : Breite) geböscht werden. Die Böschungen sind umgehend gegen Witterungseinflüsse zu schützen und dürfen nicht belastet werden. Die fluvia-tilen Ablagerungen (Schicht 3a) können frei mit max. 2 : 3 (Höhe : Breite) geböscht werden, die Stillwasserablagerungen (Schicht 3b) grundsätzlich mit max. 1 : 2 (Höhe : Breite). Sollten die Stillwasserablagerungen in grösserem Umfang innerhalb der 2 : 3 (Höhe : Breite) erstellten Böschung in den fluvia-tilen Ablagerungen auftreten, sind diese mit einfachen Sicherungsmassnahmen zu sichern.

Sollten Böschungen mit Neigungen grösser als den oben angegebenen notwendig werden, sind diese zu sichern. Dafür bietet sich grundsätzlich die Verwendung einer Nagelwand an. Sollte die Baugrube nah an der Zulg erstellt und gesichert werden müssen, dürfte an der Wasserseite die Verwendung einer Nagelwand nicht möglich sein. In diesem Fall sind Spundwände zu verwenden. Aufgrund der in den Bohrungen angetroffenen, z.T. grossen Steine sowie der nicht auszuschliessenden Präsenz von auch kleinen Blöcken, ist bei der Einbringung von Spundwänden mit erhöhtem Aufwand zu rechnen. Um das Einbringen der Spundwände zu erleichtern, kann entsprechend vorgebohrt werden.

Bezüglich der Wasserhaltung sind keine besonderen Massnahmen vorzusehen. Anfallendes Niederschlagswasser sollte direkt in den fluvia-tilen Ablagerungen versickern. Sich auf stärker feinkornbetontem Material sammelndes Wasser ist mit Pumpensämpfen zu fassen und abzuleiten.

Je nach Abstand der Baugrube von der Zulg und Tiefenlage der Foundation in Bezug auf deren Sohle, ist die Gefahr von Durchbrüchen von Zulgwasser zu beachten. Aufgrund der unter Kapitel 4.2 beschriebenen perkolutiven Infiltrationsverhältnisse versickert das Zulgwasser grundsätzlich überwiegend direkt vertikal, sodass auch in unmittelbarer Nähe der Zulg nicht mit einem relevant erhöhten Grundwasserstand gerechnet werden muss. Bei direkter Erstellung der Baugrube an der Zulg sollte jedoch geprüft werden, ob nicht doch mindestens Richtung Zulg eine Spundwand notwendig ist.

5.1.3. Grundwasserbeeinflussung

Im Bereich des neuen Standorts des Kalistegs liegt gemäss [3] und Kapitel 4.2 der mittlere Grundwasserspiegel ca. 6.5 m (Kote 447.2) und der maximale Grundwasserspiegel ca. 4.2 m (Kote 549.5) unter der aktuellen Zulghöhe. Abhängig von der gewählten Foundation ergibt sich eine Beeinflussung des Grundwassers. Bei einer Foundation oberhalb des maximalen Grundwasserspiegels ist eine Beeinflussung durch diese Baumassnahme nicht gegeben. Bei einer Foundation unterhalb des maximalen Grundwasserspiegels ist eine Beeinflussung nicht auszuschliessen. In der Folge sind die Vorgaben des Merkblatts Bauten im Grundwasser und Grundwasserabsenkung des Amts für Wasser und Abfall (AWA) zu beachten.

5.1.4. Erdbebensicherheit

Gemäss SIA-Norm 261 befindet sich das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone Z2. Der vorhandene Baugrund kann der Baugrundklasse C zugeordnet werden.

5.2. Aufweitung Zulg

5.2.1. Grundwasser allgemein

Im Rahmen des vorliegenden Projekts ist neben einer neuen Linienführung der Zulg auch die Vertiefung der Sohle vorgesehen. Werden die Angaben zur maximalen Sohlentiefe aus [3] mit den unter Kapitel 4.2 dargelegten hydrogeologischen Verhältnissen verglichen, zeigt sich, dass das Projekt bei mittlerem Grundwasserspiegel bis ca. 70 m vor der Mündung oberhalb des Grundwasserspiegels zu liegen kommt.

Durch die Verbreiterung des Bachbettes sowie der neu erstellten, nicht kolmatierten Bachbettsohle im meist grobkörnigen, gut durchlässigen Schottermaterial ist gegenüber dem heutigen Zustand mit einer erhöhten Infiltrationsrate von Flusswasser ins Grundwasser zu rechnen. Da das Grundwasser im Bereich der Zulg vollständig mit dem mächtigen Grundwasservorkommen des Aaretals korrespondiert und das aus der Zulg infiltrierende Wasser im Grundwasserstrom des Aaretals abfliessen kann, ist nicht mit einem nennenswerten Anstieg des Grundwasserspiegels durch die geplanten Projektmassnahmen zu rechnen. Zudem befindet sich der Grundwasserspiegel einige Meter (ca. 6 bis 10 m) unter Terrain, womit ein möglicher Anstieg des Grundwasserspiegels von wenigen Zentimetern im Bereich der Zulg keinen Einfluss auf das Gelände oder bestehende Infrastrukturen haben sollte.

Bei Grundwasserhochstand muss damit gerechnet werden, dass die projektierte max. Sohlentiefe der Variante "Aufweitung lang" bis ca. 90 m oberhalb und der Variante "Aufweitung kurz" bis ca. 50 m unterhalb des bestehenden Kalistegs unter dem Grundwasserspiegel liegt (vgl. Beilage 2).

Entsprechend würde in dem Fall, dass die Zulg nur wenig Wasser führt respektive es keinen bedeutenden Rückstau an der Aare gibt, Grundwasser in die Zulg exfiltrieren. Da jedoch während extremer Grundwasserhochstände in der Zulg sowie der Aare tatsächlich ebenfalls deutlich erhöhte Pegel vorliegen, dürfte sich die Differenz Grundwasserspiegel – Zulgspiegel bis hin zu einem Gleichgewicht stark relativieren.

Allgemein kann festgehalten werden, dass mit den vorliegenden Projektvarianten nicht mit nennenswerten Veränderungen der hydrogeologischen Verhältnisse zu rechnen ist.

5.2.2. Grundwasserwärmepumpen

Die Ergebnisse der Untersuchungen zu den bestehenden Grundwasserwärmepumpen und deren Filterbrunnen sind in Anhang 4 zusammengefasst. Die am 3. August 2020 gemessenen Grundwasserstände entsprechen in Bezug auf die Messwerte der Grundwasser-Messstation

G201 Heimberg, Oberer Au niedrigen Hochständen. Der mittlere Grundwasserspiegel in diesem Perimeter liegt ca. bei Kote 446.5 m ü.M., womit die Filterstrecken sämtlicher Anlagen zwischen 4 und 12 m ins Grundwasser ragen.

Unter der Annahme, dass sämtliche Anlagen in der Vergangenheit funktionierten, wäre eine negative Beeinflussung der Funktion nur in Folge einer dauerhaften Absenkung des Grundwasserspiegels mindestens bei den kurzen Einbaustrecken zu erwarten. Eine entsprechende Absenkung wäre nur denkbar für den Fall, dass die neue Zulgsohle relevant unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels zu liegen kommt, dieses also dauerhaft in die Zulg exfiltriert. Hier würde sich, abhängig von der Absenkung ein entsprechender Absenktrichter, auch Richtung der erwähnten Wärmepumpenanlagen ausbilden können.

Eine Beeinflussung durch das vorliegende Projekt kann aufgrund mehrerer Punkte mit grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Gemäss [3] liegt die minimal projektierte neue Kote der Zulgsohle bis ca. 70 m vor der Mündung (ca. 35 m oberhalb der untersten Schwelle) über der Kote des mittleren Grundwasserspiegels. Mit einer Beeinflussung des Grundwasserspiegels und in der Folge einer entsprechenden Absenkung ist demnach nur auf diesen 70 m zu rechnen, wobei der Einfluss generell sehr gering sein dürfte (Annahme: wenige Zentimeter). Eine Beeinflussung der Grundwasserspiegelhöhe bei den mindestens 100 m entfernten Filterbrunnen der Wärmepumpenanlagen gilt folglich als unwahrscheinlich.

Bei einem Niederwasserstand liegt die projektierte Zulgsohle über dem Grundwasserspiegel und es kann keine Exfiltration von Grundwasser stattfinden. Mit den geplanten Projektmassnahmen wird der Grundwasserspiegel bei Niederwasserstand deshalb gegenüber dem heutigen Zustand nicht verändert.

Die bestehenden Anlagen sollten zur Gewähr der dauerhaften Funktion auch für Verhältnisse mit Niedrigwasserstand ausgelegt sein. Aufgrund des Vergleichs mit der Messstation G201 dürfte im Bereich der Grundwasserwärmepumpen der Niederwasserstand ca. bei Kote 444.5 m ü.M. liegen. Demzufolge sollte durch das Projekt auch bei Niederwasserstand keine Beeinträchtigung der Funktion der Grundwasserwärmepumpen stattfinden.

5.2.3. Materialaushub und Wiederverwendung

Der Aushub für das neue Bett der Zulg kann mit den üblichen Tiefbaugeräten für Lockergestein erfolgen. Die Präsenz von grösseren Verkittungen der fluviatilen Ablagerungen (vgl. Kapitel 4.1.1) sowie das Auftreten auch grösserer Blöcke ist unwahrscheinlich.

Abhängig von den erwarteten Wasserständen im Flussbett sowie der eventuell möglichen Ausführung mit Lage der Zulgsohle unter dem Höchstgrundwasserstand sind die Uferböschungen zu projektieren und gegebenenfalls zu sichern.

Das Material der Schicht 3a, bezüglich Kornverteilung untersucht mit den Proben 1, 3, 5 und 6 (vgl. Tabelle 6) ist für anspruchsvolle Aufgaben geeignet. Gemäss Schaible und Casagrande gilt das Material gerade noch als "frostsicher" resp. "nicht frostempfindlich", befindet sich jedoch nah an der Grenze zum Bereich frostempfindlichen Materials.

Das Material der in Schicht 3a eingeschalteten Schicht 3b kann aufgrund seiner stark feinkörnigen Zusammensetzung max. für anspruchlose Aufgaben wiederverwendet werden. Dafür ist das Material vorgängig zu entwässern. Gemäss Schaible und Casagrande gilt das Material als "frostgefährlich" resp. sehr frostempfindlich.

5.3. Altlasten

5.3.1. Bewilligungsfähigkeit und Auflagen

Mit dem Bauvorhaben wird der Standort *Deponie Auwald* unweigerlich tangiert. Für ein aus altlastenrechtlicher Sicht bewilligungsfähiges Projekt ist es deshalb erforderlich, den Standort gleichzeitig zu sanieren (Art. 3 Bst. b AltIV). Eine Sanierung des gesamten Standortes ist dabei jedoch nicht erforderlich. Sie kann sich auf den Bereich beschränken, in dem das Flussbett aufgeweitet wird sowie in Bereichen, in denen eine Erosions- und Überflutungsgefahr besteht. Für den verbleibenden Standort muss aber aufgezeigt werden, dass dieser durch das Bauvorhaben nicht sanierungsbedürftig wird (Art. 3 Bst. a AltIV).

Wie der Standort saniert wird und sichergestellt wird, dass der verbleibende Standort nicht sanierungsbedürftig wird, muss anhand der definitiven Ausführungsvariante in einem Aushub- und Entsorgungskonzept konkret dargelegt werden. Dieses Konzept bildet einen integrativen Bestandteil des Baugesuchs. Es empfiehlt sich, das Konzept bereits vorgängig der zuständigen Fachstelle Altlasten des AWA zur Stellungnahme zu unterbreiten.

Weil die Aushubsohle tiefer liegt als die Sohle des Ablagerungsstandortes (vgl. Kapitel 2.3) ist unabhängig der Ausführungsvariante bereits jetzt klar, dass mit der Sanierung im Bereich der Aufweitung und dessen Nahbereich sämtliches verschmutztes Material auszuheben und gesetzeskonform zu entsorgen ist. Als verschmutzt gilt Material, das die Anforderungen nach Anhang 3 Absatz 1 VVEA nicht einhält.

Das anfallende, verschmutzte Aushubmaterial muss nach einer abfallrechtlichen Klassierung in zugelassenen Anlagen entsorgt werden. Diese Arbeiten müssen durch eine auf Altlasten spezialisierten Fachperson (Fachbauleitung Altlasten) begleitet und dokumentiert werden. Nach Abschluss der Sanierung muss das Erreichen des Sanierungsziels (Art. 19 AltIV) und die gesetzeskonforme Entsorgung (Art. 16 VVEA) dem AWA nachgewiesen werden.

5.3.2. Mengen- und Grobkostenschätzung

Um die Grössenordnung der durch die verschiedenen Varianten einhergehenden Entsorgungsmengen und -kosten aufzuzeigen, haben wir pro Variante eine Schätzung vorgenommen. Die in Tabelle 6 aufgeführte Schätzung basiert auf der in Anhang 5 dargestellten Deponiefläche und der darin (bei BS1/12 & BS5/12) festgestellten Mächtigkeit des Deponiekörpers. Beide Grössen sind das Resultat von wenigen Stichproben und unter Anbetracht der schwierig prognostizierbaren räumlichen Ausdehnung des Standortes mit einer erhöhten Unsicherheit behaftet. Eine Präzisierung wäre mit zusätzlichen Sondierungen und chemischen Analysen von Feststoffproben möglich.

Tabelle 7: Mengenschätzung basierend auf bisherigen Kenntnissen und Annahmen. *Annahme Auflockerungsfaktor 1.25. ** Annahme Umrechnungsfaktor m³ fest = 2 t.

Projektvariante		Aufweitung kurz		Aufweitung lang		Aufweitung lang Variante	
		Projektlinie	Mögliche Uferlinie 75 m	Projektlinie	Mögliche Uferlinie 75 m	Projektlinie	Mögliche Uferlinie 75 m
Betroffene Deponiefläche	m ²	654	0	646	764	1238	1363
Durchschnittliche Deponiemächtigkeit	m	1.3 (BS1/12)	1.3 (BS1/12)	1.3 (BS1/12)	1.3 (BS1/12)	1.3 (BS1/12)	1.6 (BS5/12)
Menge fest	m ³	850	0	840	993	1609	2181
Menge lose*	m ³	1063	0	1050	1242	2012	2726
Menge**	t	1700	0	1680	1986	3219	4362
Menge gesamt pro Variante	t	1700		3666		7581	

Aus der in Tabelle 7 aufgeführte Mengenschätzung errechnet sich die in Tabelle 8 aufgelisteten Kosten für die Entsorgung in einer zulässigen Entsorgungsanlage inklusive des Transportes von der Baustelle dorthin. Bei der Schätzung gingen wir davon aus, dass jeweils die Hälfte des Materials wenig und die andere Hälfte stark verschmutzt sein wird.

Zu beachten ist, dass sich die Genauigkeit der Kostenschätzung auf die oben hergeleitete Materialmenge bezieht, welche wie erwähnt mit einer erhöhten Unsicherheit behaftet ist.

Tabelle 8: Kostenschätzung basierend auf bisherigen Kenntnissen und Annahmen.*Annahme Richtpreis Entsorgung CHF 100.-- + Transport CHF 5.--. **Annahme Richtpreis Entsorgung CHF 45.-- + Transport CHF 5.--. *Genauigkeit bezogen auf angenommene Materialmenge.**

Projektvariante		Aufweitung kurz	Aufweitung lang	Aufweitung lang Variante
Gewicht	t	1700	3666	7581
Annahme 50 % stark verschmutzt (17 05 91 [akb])	t	850	1833	3791
Annahme 50 % wenig verschmutzt (17 05 97 [ak])	t	850	1833	3791
Kosten Entsorgung (inkl. Transport) stark verschmutztes Material (17 05 91 [akb])	CHF exkl. MwSt	89'250	192'465	398'055
Kosten Entsorgung (inkl. Transport) wenig verschmutztes Material (17 05 97 [ak])	CHF exkl. MwSt	42'500	91'650	189'550
Kostenschätzung (\pm 20% ***)	CHF exkl. MwSt	131'750	284'115	587'605

6. Weiteres Vorgehen

Im weiteren Verlauf der Projektierung sind die hier gemachten Angaben auf ihre Kompatibilität zu prüfen.

KELLERHALS + HAEFELI AG


E. Theiler


J. Klette

Sachbearbeiter: Florian Klingenfuss, MSc Umweltnaturwissenschaftler (Altlasten)
Johannes Klette, Dipl.-Ing. Geotechnik (Baugrund & Hydrogeologie)
Esther Theiler, Dipl. Geologin

Bern, 25. September 2020
FK/KL/rj 11735

Anhang 1

Verwendete Grundlagen

Verwendete Unterlagen

- [1] Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (2020): Auszug aus dem Kataster der belasteten Standorte des Kantons Bern, Stand 04.02.2020
- [2] Geoportal des Kantons Bern (2020): Geologische Grundlagendaten, Grundwasserkarte abgerufen auf www.geo.apps.be.ch am 25.08.2020
- [3] Herzog Ingenieure AG (2020): 1219 Längsvernetzung Zulg Heimberg, Längenprofil mit Sohlenprojektierung, 1:1000 / 100, Stand Abgabe ARA, gm 12.02.2020
- [4] Herzog Ingenieure AG (2020): 1219 Längsvernetzung Zulg Heimberg, Situationsplan, 1:1000, Stand Abgabe ARA, gm 12.02.2020
- [5] Kellerhals+Haefeli AG (2006): Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun - Bern, Grundwasserisohypsen im Bereich der Zulgmündung (Nieder- und Hochwasser), Tiefbauamt des Kantons Bern Obergeringenieurkreis II, Beilage 1, Dez. 2006
- [6] Kellerhals+Haefeli AG (2012): Deponie Auwald, Historische und Technische Untersuchung, Tiefbauamt des Kantons Bern Obergeringenieurkreis II, Bericht Nr. 08046B14421, 11. Mai 2012
- [7] Kellerhals+Haefeli AG (2014): Gewerbegebiet Aarefeld Steffisburg, Grob beurteilung der Baugrundverhältnisse, Gemeinde Steffisburg, Bericht Nr. 9215B16583, 16.12.2014
- [8] Kellerhals+Haefeli AG (2016): Erschliessung Heimberg Süd, Bericht zu den Baugrunduntersuchungen, Einwohnergemeinde Heimberg, Bericht Nr. 9481B17556, 18.01.2016
- [9] Kellerhals+Haefeli AG (2016): Nachhaltiger Hochwasserschutz Aare Thun-Bern, Gemeinde Heimberg, Technische Untersuchung belastete Standorte Heimberg, Bericht Nr. 9698B17995 vom 07.09.2016
- [10] Swisstopo (2020): GeoCover – Vektordaten, abgerufen auf www.geo.admin.ch am 25.08.2020
- [11] Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern: Grundlage für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern, 1981

Gesetzliche Grundlagen und andere behördliche Dokumente

- [A] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV) vom 26. August 1998 (Stand am 1. Mai 2017), SR 814.680
- [B] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) vom 4. Dezember 2015 (Stand am 1. April 2020), SR 814.600
- [C] Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998 (Stand am 1. April 2020), SR 814.201
- [D] Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA) vom 22. Juni 2005 (Stand am 1. Januar 2020), SR 814.610

Anhang 2
Bohrprofile

Bohrprofil

Sondierbohrung: **RB/P 1/20**

BOHRART: Drehrammkernsondierung

Geol. Aufnahme: J. Klette
Dipl.-Ing. Geotechnik

BOHRFIRMA: Studersond

BOHRMEISTER: Martin Niederhäuser

Gezeichnet: fa Geprüft: jk

AUSFÜHRUNGSDATUM: 21.07.2020

Projekt-Nr.: 11735 Anhang-Nr.: 2.1

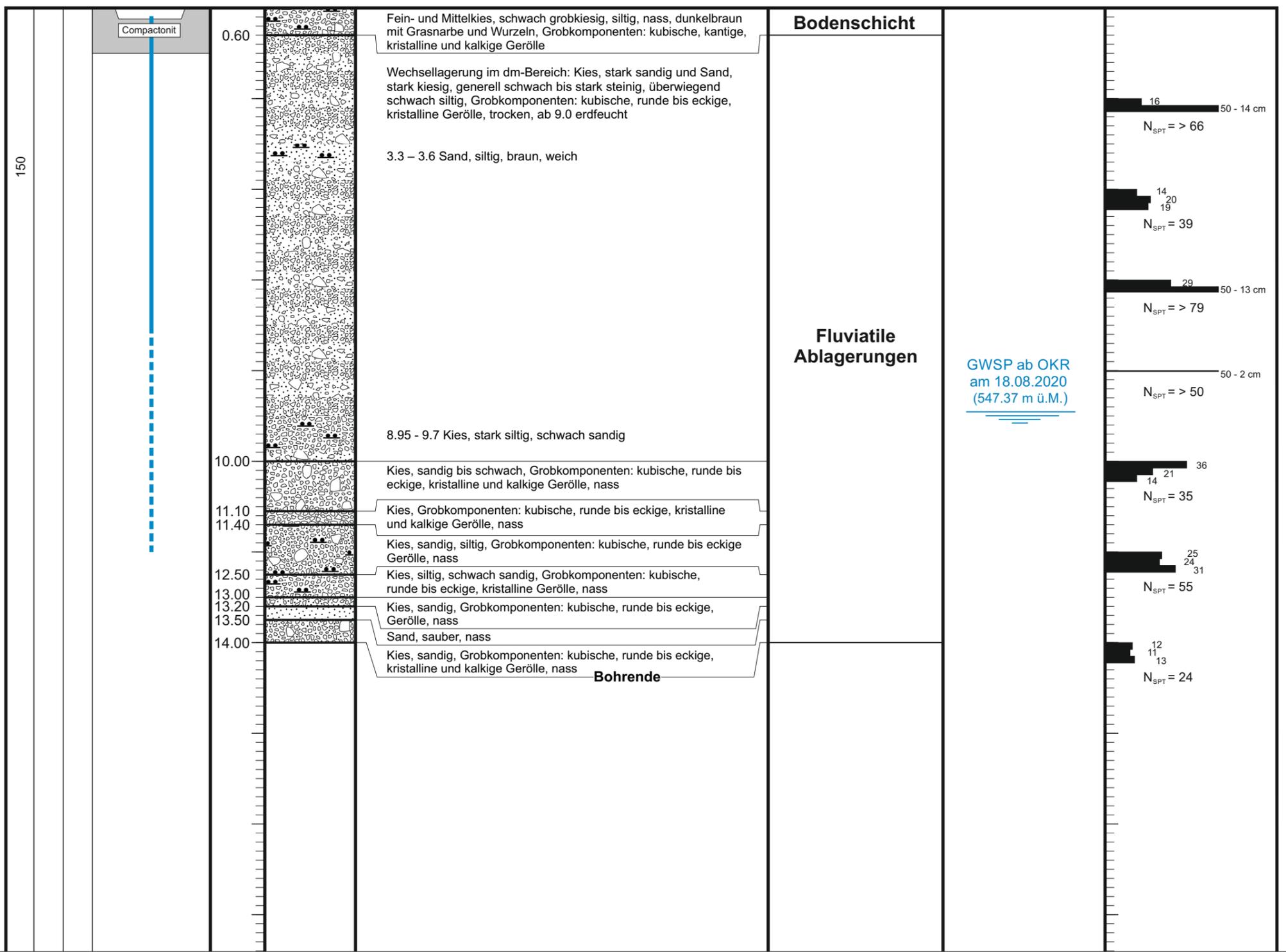
KOORDINATEN: 2'612'966 / 1'180'251

Datum: 25.08.2020 Format: A3

KOTE BEZUGSPUNKT: 556.4 m ü.M.

Masstab: 1:100 W:\11735 Zulgmündung\10_Core\11735_200825_RB-P1-20.cdr

Technische Daten			Bohrlänge ab Bezugspunkt (m)	Lithologie	Beschreibung	Geologische Identifikation	Hydrogeologie Grundwasserspiegel	SPT - Versuche (Anzahl Schläge pro 15 cm Eindringung)
Bohrdurchmesser (mm)	Verrohrungsdurchmesser (mm)	Kerngewinn in %						
		Einbau						
		2"-PVC-Piezometer						



Gemeinde Heimberg
Längsvernetzung Zulg
Bohrprofil

Sondierbohrung: **RB/P 2/20**

BOHRART: Drehrammkernsondierung

Geol. Aufnahme: M. Lengacher

BOHRFIRMA: Studersond

Dipl. Geologe

BOHRMEISTER: Martin Niederhäuser

Gezeichnet: fa

Geprüft: jk

AUSFÜHRUNGSDATUM: 22.07.2020

Projekt-Nr.: 11735

Anhang-Nr.: 2.2

KOORDINATEN: 2'612'950 / 1'180'213

Datum: 26.08.2020

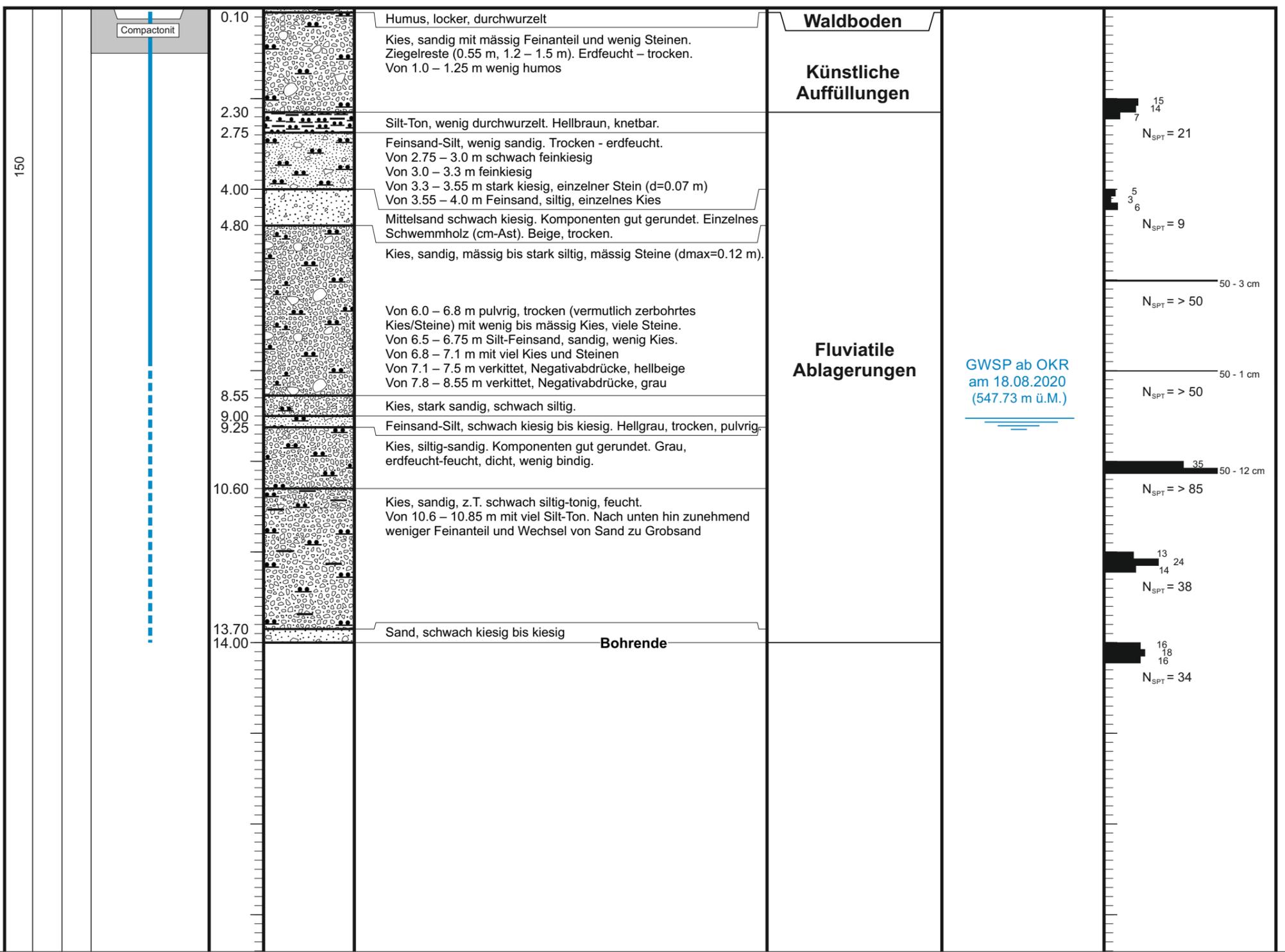
Format: A3

KOTE BEZUGSPUNKT: 556.9 m ü.M.

Masstab: 1:100

W:\11735 Zulgmündung\10_Core\11735_200826_RB-P2-20.cdr

Technische Daten			Bohrlänge ab Bezugspunkt (m)	Lithologie	Beschreibung	Geologische Identifikation	Hydrogeologie Grundwasserspiegel	SPT - Versuche (Anzahl Schläge pro 15 cm Eindringung)
Bohrdurchmesser (mm)	Verrohrungsdurchmesser (mm)	Kerngewinn in %						
Einbau								
2"-PVC-Piezometer								



Gemeinde Heimberg

Längsvernetzung Zulg

Bohrprofil

**KELLERHALS
+ HAEFELI AG**
GEOLOGEN | BERN
STANS

Kapellenstrasse 22 · 3011 Bern Bahnhofplatz 1a · 6370 Stans
Tel. 031 381 90 07 · bern@k-h.ch Tel. 041 612 05 25 · stans@k-h.ch

Sondierbohrung: **RB/P 3/20**

BOHRART: Drehrammkernsondierung

Geol. Aufnahme: M. Lengacher
Dipl. Geologe

BOHRFIRMA: Studersond

BOHRMEISTER: Martin Niederhäuser

Gezeichnet: fa Geprüft: jk

AUSFÜHRUNGSDATUM: 23.07.2020

Projekt-Nr.: 11735 Anhang-Nr.: 2.3

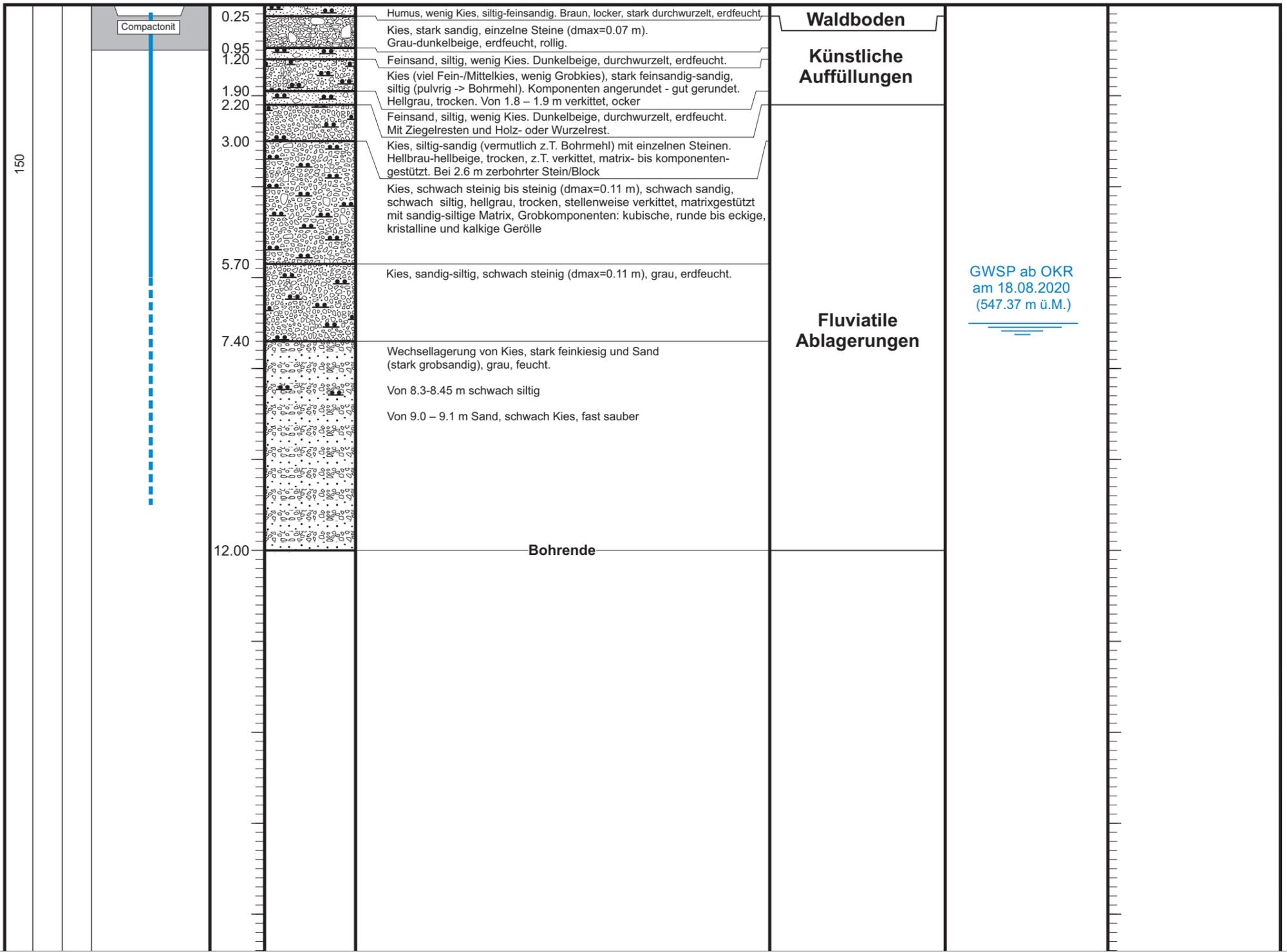
KOORDINATEN: 2'612'713 / 1'180'299

Datum: 26.08.2020 Format: A3

KOTE BEZUGSPUNKT: 554.5 m ü.M.

Masstab: 1:100 W:\11735 Zulgmündung\10_Core\11735_200826_RB-P3-20.cdr

Technische Daten		Bohrlänge ab Bezugspunkt (m)	Lithologie	Beschreibung	Geologische Identifikation	Hydrogeologie Grundwasserspiegel	SPT - Versuche (Anzahl Schläge pro 15 cm Eindringung)
Bohrdurchmesser (mm)	Verrohrungsdurchmesser (mm)						



Bohrprofil

Sondierbohrung: **RB/P 4/20**

BOHRART: Drehrammkernsondierung

Geol. Aufnahme: J. Klette
Dipl.-Ing. Geotechnik

BOHRFIRMA: Studersond

BOHRMEISTER: Martin Niederhäuser

Gezeichnet: fa Geprüft: jk

AUSFÜHRUNGSDATUM: 21.07.2020

Projekt-Nr.: 11735 Anhang-Nr.: 2.4

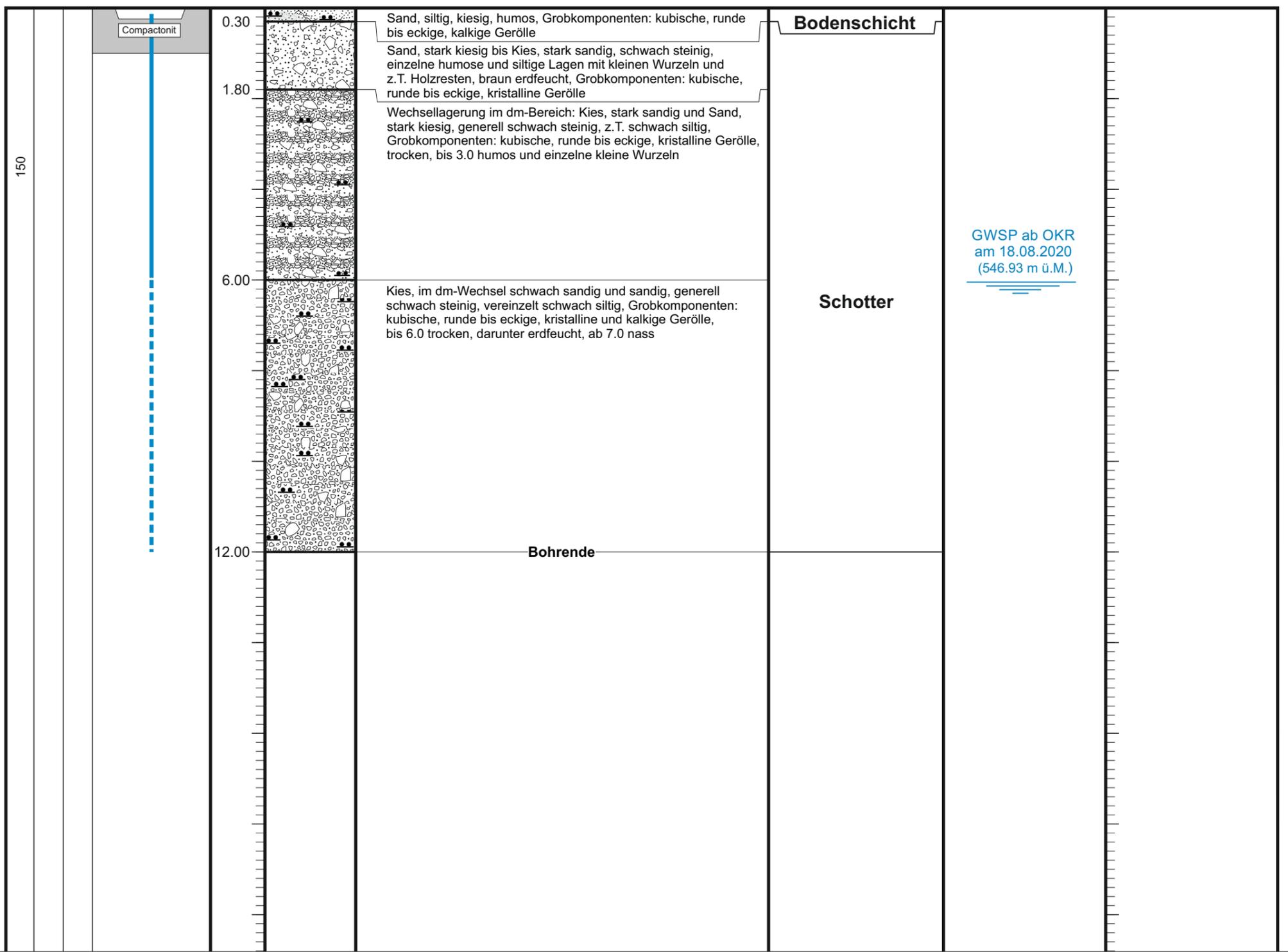
KOORDINATEN: 2'612'656 / 1'180'357

Datum: 26.08.2020 Format: A3

KOTE BEZUGSPUNKT: 553.1 m ü.M.

Masstab: 1:100 W:\11735 Zulgmündung\10_Core\11735_200826_RB-P4-20.cdr

Technische Daten				Bohrlänge ab Bezugspunkt (m)	Lithologie	Beschreibung	Geologische Identifikation	Hydrogeologie Grundwasserspiegel	SPT - Versuche <small>(Anzahl Schläge pro 15 cm Eindringung)</small>
Bohrdurchmesser (mm)	Verrohrungsdurchmesser (mm)	Kerngewinn in %	Einbau 2"-PVC-Piezometer						



Anhang 3

Laborbericht Siebkurven

Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

Auftraggeber	Kellerhals + Haefeli AG Kapellenstr. 22 3011 Bern	Probennummer	M.20.0811
		Auftragsnummer	20.01308
		Berichtausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Bodenmaterial	Probeneingang	18.08.2020
Probenherkunft		Entnahmedatum	
Entnahmeort		Entnahme durch	Auftraggeber
Objekt	Längsvernetzung Zulg	Unternehmung	
Bemerkungen	RB1 4.4 - 4.8 m		

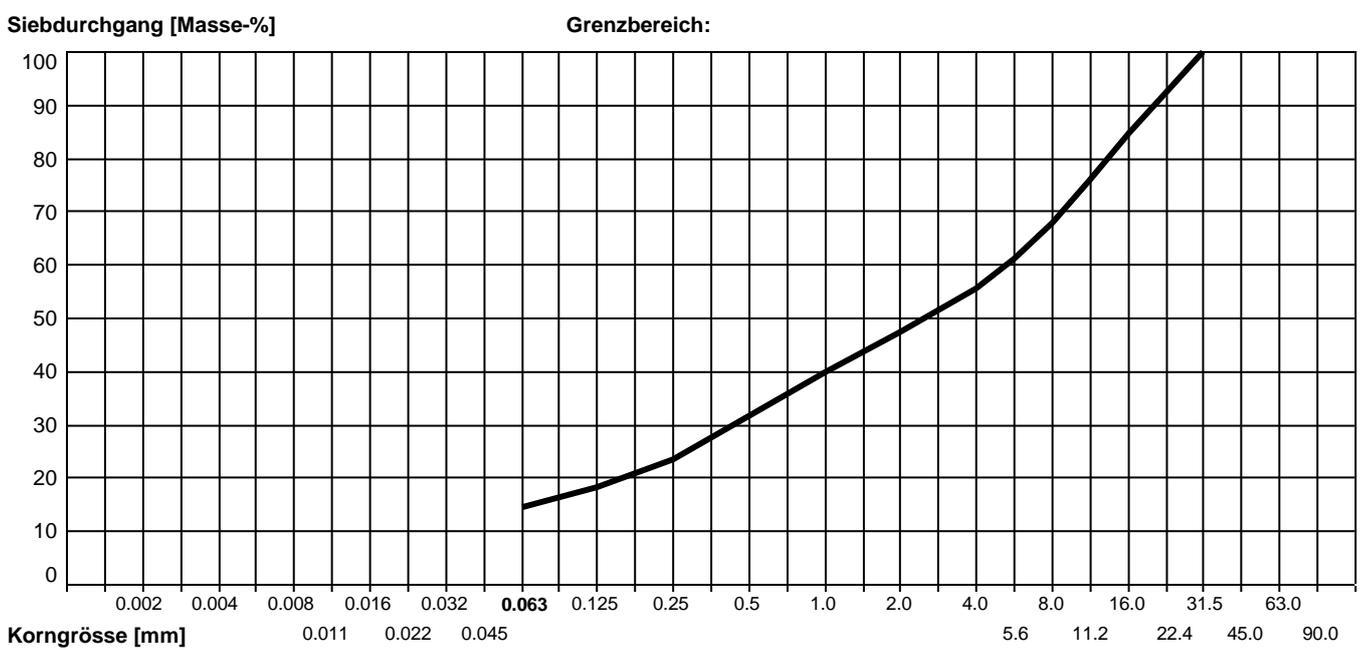
Schlämmanalyse SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)

Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	Ton (≤ 0.002 mm)	Ton + Silt (≤ 0.02 mm)
Durchgang [M.-%]											

Siebanalyse SN EN 933-1 **Grösstkorn [mm]** 32 mm

Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90	200
Durchgang [M.-%]	14.7	18.3	23.6	31.8	40.1	47.5	55.7	61.3	67.9	75.9	84.8	92.6	100.0				
Grenzbereich																	
Oben [M.-%]																	
Unten [M.-%]																	

Wassergehalt SN EN 1097-5	Konsistenzgrenzen SN 670 345	Fliessgrenze Ausrollgrenze Plastizitätsindex
-------------------------------------	--	---



Berichtsdatum 27.08.2020
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe. Elektronisch versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

Auftraggeber	Kellerhals + Haefeli AG Kapellenstr. 22 3011 Bern	Probennummer	M.20.0812
		Auftragsnummer	20.01308
		Berichtausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Bodenmaterial	Probeneingang	18.08.2020
Probenherkunft		Entnahmedatum	
Entnahmeort		Entnahme durch	Auftraggeber
Objekt	Längsvernetzung Zulg	Unternehmung	
Bemerkungen	RB2 3.7 - 4.0 m		

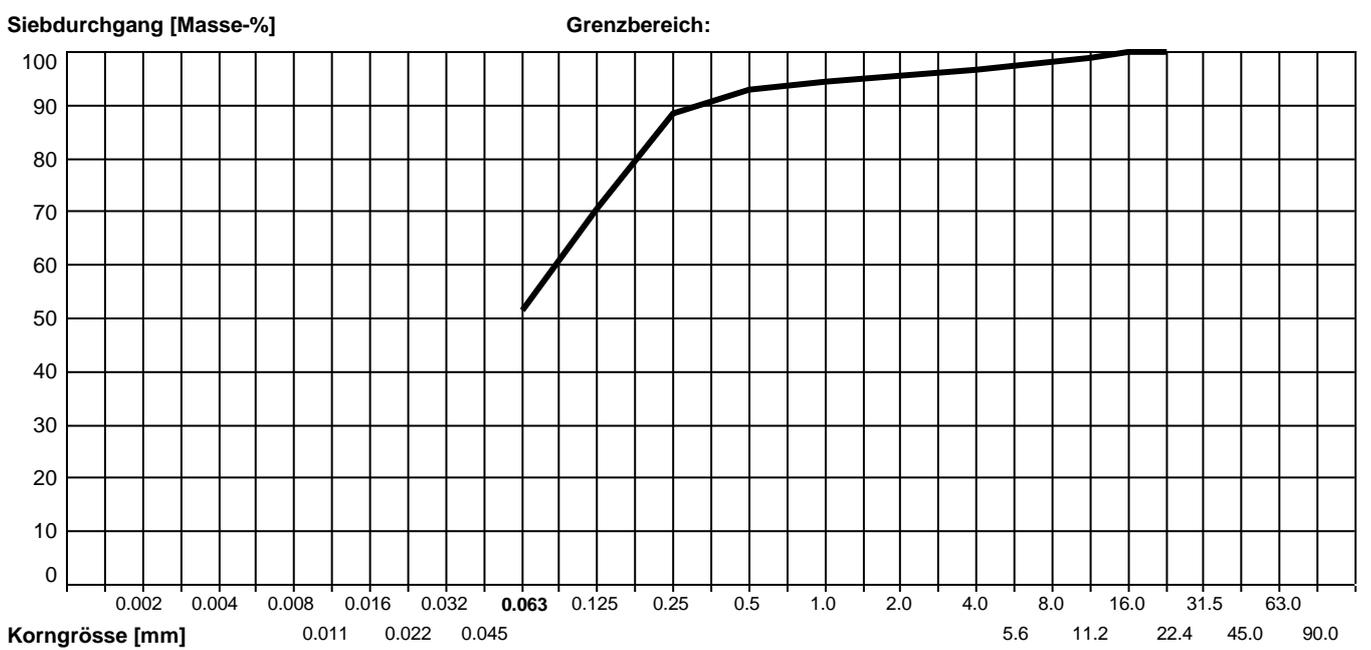
Schlämmanalyse SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)

Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	Ton (≤ 0.002 mm)	Ton + Silt (≤ 0.02 mm)
Durchgang [M.-%]											

Siebanalyse SN EN 933-1 **Grösstkorn [mm]** 32 mm

Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90	200
Durchgang [M.-%]	51.6	70.5	88.4	92.9	94.5	95.5	96.6	97.3	98.2	98.9	100.0	100.0					
Grenzbereich																	
Oben [M.-%]																	
Unten [M.-%]																	

Wassergehalt SN EN 1097-5	Konsistenzgrenzen SN 670 345	Fliessgrenze Ausrollgrenze Plastizitätsindex
-------------------------------------	--	---



Berichtsdatum 27.08.2020
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe. Elektronisch versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

Auftraggeber	Kellerhals + Haefeli AG Kapellenstr. 22 3011 Bern	Probennummer	M.20.0813
		Auftragsnummer	20.01308
		Berichtausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Bodenmaterial	Probeneingang	18.08.2020
Probenherkunft		Entnahmedatum	
Entnahmeort		Entnahme durch	Auftraggeber
Objekt	Längsvernetzung Zulg	Unternehmung	
Bemerkungen	RB3 1.7 - 2.0 m		

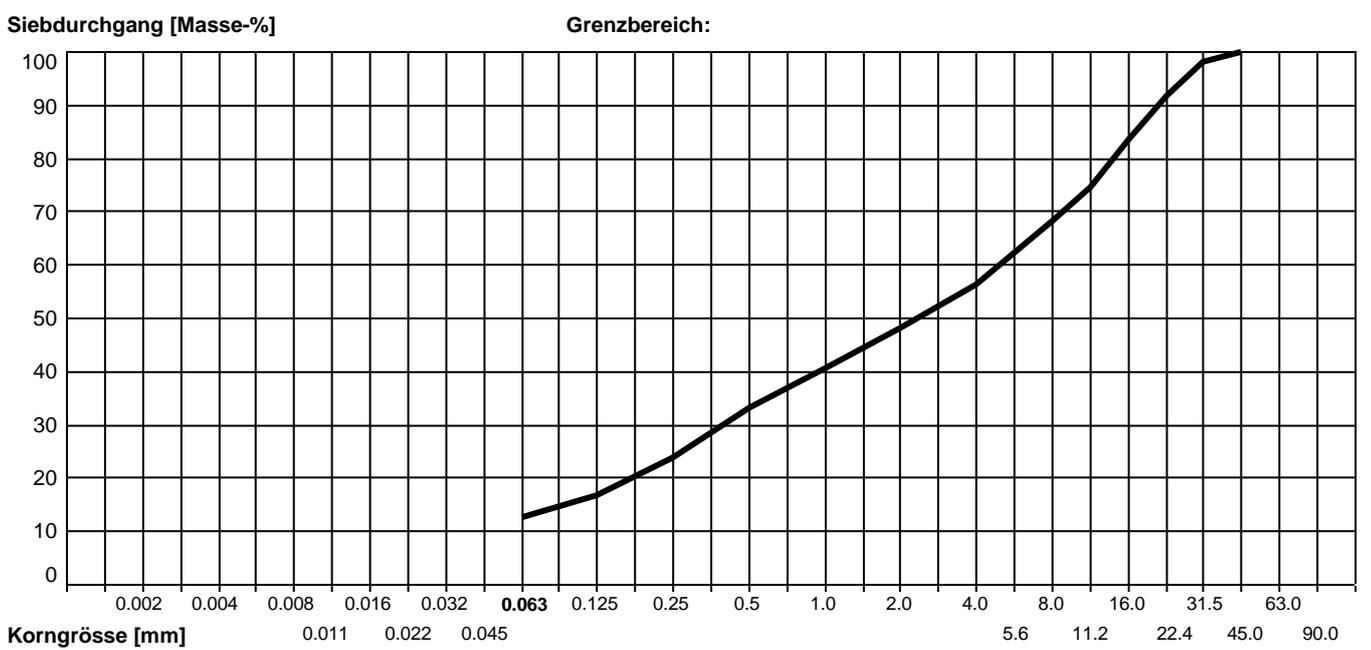
Schlammanalyse SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)

Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	Ton (≤ 0.002 mm)	Ton + Silt (≤ 0.02 mm)
Durchgang [M.-%]											

Siebanalyse SN EN 933-1 **Grösstkorn [mm]** 41 mm

Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90	200
Durchgang [M.-%]	12.7	16.8	23.9	33.3	40.8	48.0	56.5	62.3	68.2	74.5	83.6	91.7	98.0	100.0			
Grenzbereich																	
Oben [M.-%]																	
Unten [M.-%]																	

Wassergehalt SN EN 1097-5	Konsistenzgrenzen SN 670 345	Fliessgrenze Ausrollgrenze Plastizitätsindex
-------------------------------------	--	---



Berichtsdatum 27.08.2020
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe. Elektronisch versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

Auftraggeber	Kellerhals + Haefeli AG Kapellenstr. 22 3011 Bern	Probennummer	M.20.0814
		Auftragsnummer	20.01308
		Berichtausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Bodenmaterial	Probeneingang	18.08.2020
Probenherkunft		Entnahmedatum	
Entnahmeort		Entnahme durch	Auftraggeber
Objekt	Längsvernetzung Zulg	Unternehmung	
Bemerkungen	RB3 2.0 - 2.3 m		

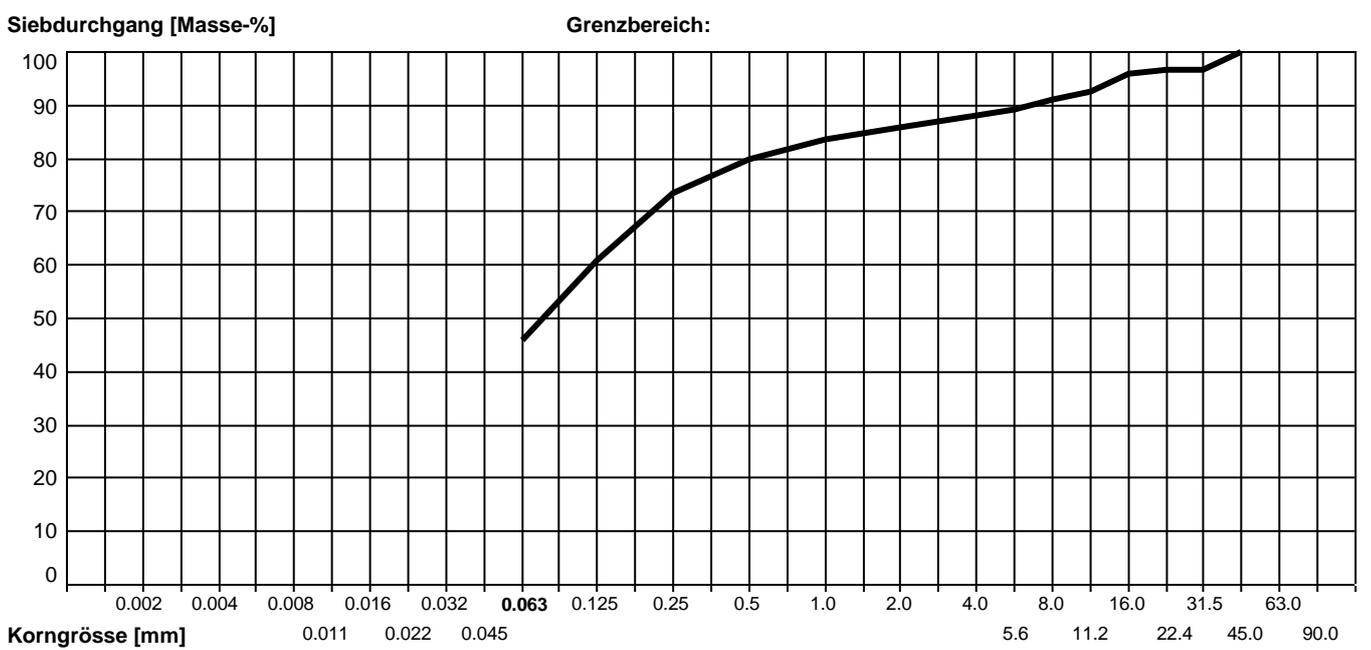
Schlammanalyse SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)

Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	Ton (≤ 0.002 mm)	Ton + Silt (≤ 0.02 mm)
Durchgang [M.-%]											

Siebanalyse SN EN 933-1 **Grösstkorn [mm]** 44 mm

Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90	200
Durchgang [M.-%]	45.7	60.7	73.4	79.8	83.5	86.0	88.1	89.4	91.1	92.4	95.8	96.7	96.7	100.0			
Grenzbereich																	
Oben [M.-%]																	
Unten [M.-%]																	

Wassergehalt SN EN 1097-5	Konsistenzgrenzen SN 670 345	Fliessgrenze Ausrollgrenze Plastizitätsindex
-------------------------------------	--	---



Berichtsdatum 27.08.2020
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe. Elektronisch versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

Auftraggeber	Kellerhals + Haefeli AG Kapellenstr. 22 3011 Bern	Probennummer	M.20.0815
		Auftragsnummer	20.01308
		Berichtausgabe	Nr. 1
Probenbezeichnung	Bodenmaterial	Probeneingang	18.08.2020
Probenherkunft		Entnahmedatum	
Entnahmeort		Entnahme durch	Auftraggeber
Objekt	Längsvernetzung Zulg	Unternehmung	
Bemerkungen	RB4 3.2 - 3.6 m		

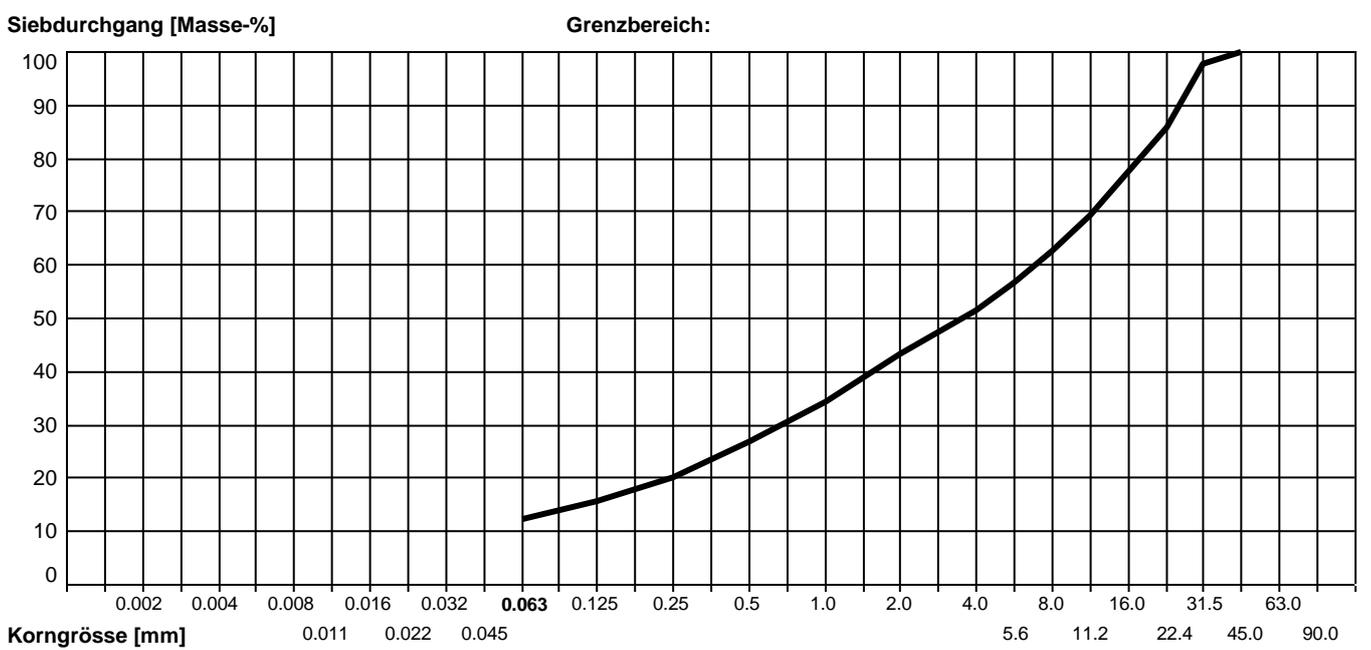
Schlämmanalyse SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)

Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	Ton (≤ 0.002 mm)	Ton + Silt (≤ 0.02 mm)
Durchgang [M.-%]											

Siebanalyse SN EN 933-1 **Grösstkorn [mm]** 44 mm

Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90	200
Durchgang [M.-%]	12.5	15.6	20.1	26.8	34.4	43.2	51.4	56.8	62.8	69.4	77.6	85.8	97.7	100.0			
Grenzbereich																	
Oben [M.-%]																	
Unten [M.-%]																	

Wassergehalt SN EN 1097-5	Konsistenzgrenzen SN 670 345	Fließgrenze Ausrollgrenze Plastizitätsindex
-------------------------------------	--	--



Berichtsdatum 27.08.2020
Laborant ef

Durch das Baustofflabor bereitgestellte Daten: Prüfergebnisse. Die übrigen Daten entsprechen den Angaben des Auftraggebers. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die oben erwähnte Probe. Elektronisch versendete Prüfberichte sind auch ohne Unterschrift gültig. Im Streitfall gilt das unterzeichnete Laborexemplar.

Untersuchung von Ungebundenen Gemischen und Böden

Auftraggeber Kellerhals + Haefeli AG
Kapellenstr. 22
3011 Bern

Probennummer M.20.0816
Auftragsnummer 20.01308
Berichtausgabe Nr. 1

Probenbezeichnung Bodenmaterial
Probenherkunft
Entnahmeort

Probeneingang 18.08.2020
Entnahmedatum
Entnahme durch Auftraggeber

Objekt Längsvernetzung Zulg

Unternehmung

Bemerkungen RB4 7.0 - 7.4 m

Schlämmanalyse SN 670 816 (Durchgänge bezogen auf Gesamtmasse der Probe)

Korngrösse [mm]	0.002	0.004	0.008	0.011	0.016	0.022	0.032	0.045	0.060	Ton (≤ 0.002 mm)	Ton + Silt (≤ 0.02 mm)
Durchgang [M.-%]											

Siebanalyse SN EN 933-1 **Grösstkorn [mm]** 55 mm

Siebgrösse [mm]	.063	.125	.25	.5	1	2	4	5.6	8	11.2	16	22.4	31.5	45	63	90	200
Durchgang [M.-%]	5.7	7.1	9.6	18.3	29.1	35.6	41.8	46.1	52.3	59.4	66.9	76.8	86.0	92.5	100.0		

Grenzbereich

Oben [M.-%]																	
Unten [M.-%]																	

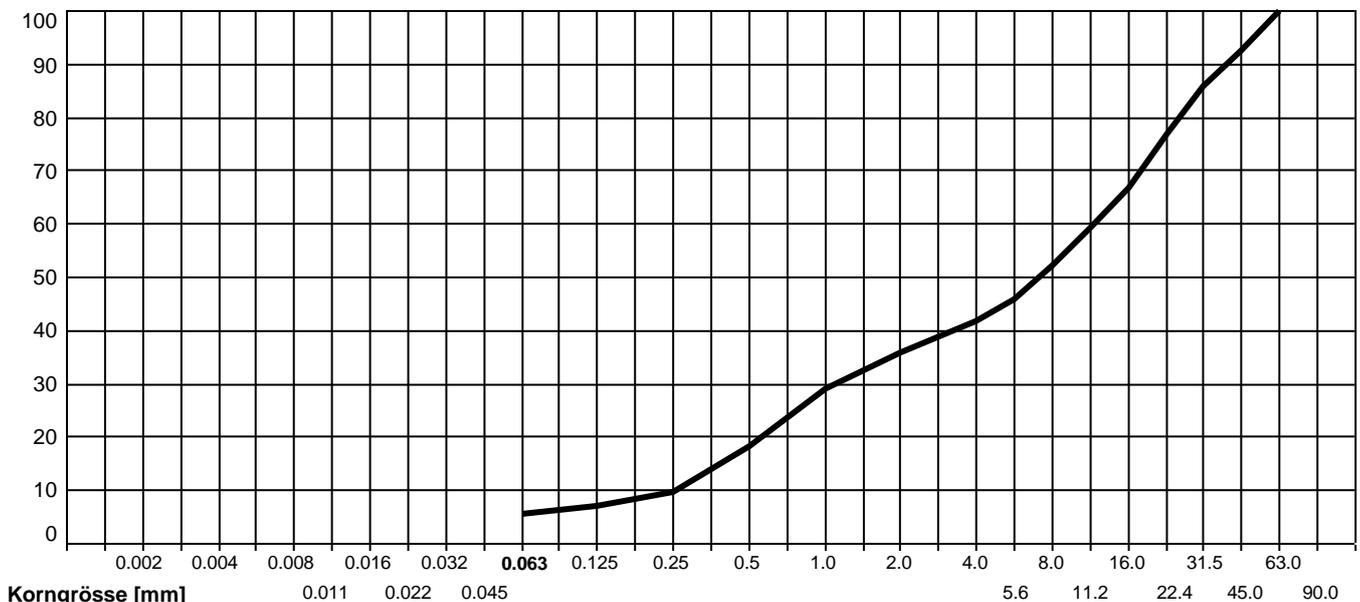
Wassergehalt
SN EN 1097-5

Konsistenzgrenzen
SN 670 345

Fließgrenze
Ausrollgrenze
Plastizitätsindex

Siebdurchgang [Masse-%]

Grenzbereich:



Berichtsdatum 27.08.2020
Laborant ef

Anhang 4

Zusammenstellung Grundwasserwärmepumpen

Gemeinde Heimberg

Längsvernetzung Zulg

Zusammenstellung Grundwasserwärmepumpen, Aug. 2020

WAWIS-Nr.	Parzelle	Adresse	Eigentümer / Kontakt	Kontakt	Unterlagen	Tiefe messbar	Abstich	GW-Pegel [m ü. M.]		Wassersäule [m] (gerundet)		Bemerkungen	OKT [m ü. M.] (nicht nivelliert)
								04.08.2020	07.08.2020	04.08.2020	07.08.2020		
612/180.84	165	Fichtenweg 20	Dino Zwahlen	Geschäft: 033 335 86 86	-	14.15 m ab OKT	4.8.20: 5.64 m ab OKT	547.96	-	8.5		GWP	553.6
612/180.85	165	Fichtenweg 20	Dino Zwahlen	Geschäft: 033 335 86 86	-	-	-	-	-			Schacht / Sodbrunnen im Haus Nicht bekannt (auch schon gesucht, nichts gefunden)	-
612/180.87	1065	Fichtenweg 18	Andrea Frattini	033 437 94 03	-	12.70 m ab OKR	4.8.20: 5.80 m ab OKR	547.89	-	6.9		OKR = OKT - ca. 31 cm möchte einen Bericht erhalten	554
612/180.86	1120	Fichtenweg 16	Werner u. Ursula Kunz	033 437 59 88	-	-	-	-	-			nicht messbar (Rohr zu)	553.6
612/180.90	1066	Fichtenweg 14	Urs u. Renate v. Felten	033 437 84 61 renate.vonfelten@bluewin.ch	-	12.10 m ab OKR	4.8.20: 5.80 m ab OKR	547.98	-	6.3		OKR = OKT - ca. 72 cm)	554.5
612/180.89	1121	Fichtenweg 12	Hans-Peter Hyffenegger	033 437 47 45 079 277 24 89	-	13.75 m ab OKT	7.8.20: 6.74 ab OKT	-	547.56		7		554.3
612/180.83	1067	Fichtenweg 10	Verena Dähler	033 437 44 20	-	-	-	-	-			Schachtdeckel nicht zu öffnen (Schraube kaput)	554.5
612/180.70	1076	Fichtenweg 1	Margareta Künzi	033 438 27 15	-	-	-	-	-			nicht messbar (Rohr zu)	554.3
612/180.80	1069	Fichtenweg 6	Spendi Kenja	079 362 09 19	-	15.65 ab OKT	4.8.20: 6.54 m ab OKT	547.66	-	9.1			554.2
612/180.88	1071	Fichtenweg 2	Peter Messerli	033 437 23 62	-	12.10 m ab OKT	4.8.20: 6.43 ab OKT	548.07	-	5.7			554.5
612/180.97	890	Lerchenweg 14 / Fichtenweg 8	Ursula u. Toni Reichen (Abwart Kirchgemeinde)	033 437 85 06 U.: 076 341 68 11 T.: 076 402 68 11 M. Bärtschi: 079 277 87 78	-	21.50 m ab OKT	4.8.20: 7.25 m ab OKT	547.95	-	14.3			555.2
613/180.72	1778	Aarestr. 37	Theres u. Paul Schmitter	033 437 59 81	Bohrprofil Pumpversuch	18.75 m ab OKR	4.8.20: 9.15 m ab OKR	548.4	-	9.6		OKR = OKT - ca. 0.55 m möchte einen Bericht erhalten	558.1
613/180.94	293	Aarestr. 4	Heinz Christen	033 438 09 27	Bohrprofil Pumpversuch	23 m ab OKT	7.8.20: 10.76 ab OKT	-	548.04		12.2		558.8
613/180.87	433	Birkenweg 12	Pero u. Andja Brajinovic Darko u. Anthonela Fincek Antonio Brajinovic (Gewerbestr. 6, Thun)	078 661 04 40	Bohrprofil Pumpversuch	17.30 m ab OKT	4.8.20: 10.90 m ab OKT	548.9	-	6.4			559.8

Anhang 5

Situation Deponie 1:1'000

Situation Deponie

