

---

**Bericht Nr. 2319304.1**

---

**Abwasserreinigungsanlage REAL, Emmen**

**Emmen, ARA Buholz, 4. Stufe**

**Geotechnisch-hydrogeologischer Bericht**

Horw, 23. Dezember 2020

GEOTEST AG  
GRISIGENSTRASSE 6  
CH-6048 HORW  
T +41 (0)41 349 24 50  
F +41 (0)41 349 24 51  
[horw@geotest.ch](mailto:horw@geotest.ch)  
[www.geotest.ch](http://www.geotest.ch)

<b>Autor(en)</b>	<b>Bearbeitete Themen / Fachbereiche</b>
Peter Spillmann	Ganzer Text
<b>Supervision</b>	<b>Visierte Inhalte</b>
Daniel Bieri	Ganzer Text
<b>Hinweise</b>	

GEOTEST AG



Daniel Bieri



Peter Spillmann

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	4
1.1	Ausgangslage .....	4
1.2	Auftrag.....	4
1.3	Ausgeführte Arbeiten .....	4
1.4	Verwendete Unterlagen .....	5
2.	Resultate .....	6
2.1	Geologische Übersicht .....	6
2.2	Hydrogeologische Übersicht .....	7
2.3	Sondierungen .....	9
2.4	Geologische Situation im Umfeld der ARA, Schichtaufbau .....	9
2.5	Baugrundwerte .....	12
2.6	Grundwasserverhältnisse .....	12
2.6.1	Grundwasserspiegel .....	12
2.6.2	Eigenschaften des Grundwasserleiters .....	14
2.6.3	Geometrie des Grundwasserleiters .....	15
3.	Bautechnische Folgerungen .....	15
3.1	Setzungen .....	15
3.2	Foundation .....	16
3.3	Baugrube und Wasserhaltung .....	16
3.3.1	Offene Baugrube .....	16
3.3.2	Geschlossene Baugrube.....	17
3.3.3	Bauten im Grundwasser .....	17
3.4	Verwendbarkeit des Aushubmaterials .....	18
3.5	Auswirkungen der Baustelle, Überwachung .....	18
3.5.1	Setzungen .....	18
3.5.2	Erschütterungen.....	19
3.6	Auftrieb im Endzustand .....	19

## Anhang

Situation 1:2'500, Grundwasserkarte .....	1
Profilschnitt 1:2'000/200 .....	2
Baggerschlitz BS1/20 .....	3

## **1. Einleitung**

### **1.1 Ausgangslage**

Der bestehenden Abwasserreinigungsanstalt (ARA) Buholz soll eine vierte Reinigungsstufe zur Elimination von Mikroverunreinigungen nachgeschaltet werden.

Es ist gemäss den uns von der IG Mikropower REAL zur Verfügung gestellten Plänen [1] vorgesehen, eine entsprechende Anlage im Gebiet nordöstlich der bestehenden ARA zu installieren.

Es ist vorgesehen, die Unterkante der Becken, in welchen die Reaktoren installiert werden, im Bereich des mittleren Grundwasserspiegels festzulegen. Zur Festlegung der Massnahmen bezüglich der Baugrube (Wasserhaltung, Baugrubenabschluss, Böschungen), der Auftriebssicherheit des Bauwerks und zur Beurteilung der Beeinflussung des Grundwasserleiters (Durchflusssnachweis), sind die Kenntnisse des mittleren, resp. des maximalen Grundwasserspiegels sowie die Eigenschaften und die Geometrie des Grundwasserleiters von grosser Bedeutung. Ausserdem sind die bautechnischen Eigenschaften (Baugrundwerte) des anstehenden Untergrundes zu eruieren.

Südlich der bestehenden Anlage ist im Vorlauf der ARA die Erstellung von Regenbecken und innerhalb des ARA-Areals ist die Erstellung eines neuen Pumpenschachts vorgesehen. Zu diesen Vorhaben existieren ein geotechnisch-hydrogeologischer Bericht [2] und ein Unbedenklichkeitsnachweis für Bauten im Grundwasser [3].

Die Distanz zwischen den beiden Vorhaben beträgt rund 300 m. Die geologische Situation ist sehr ähnlich und kann zu grossen Teilen übertragen werden.

### **1.2 Auftrag**

Mit der Bestellung vom 18. Dezember 2019 wurden wir auf der Grundlage unserer Offerte vom 4. Dezember 2019 mit der Erarbeitung der geotechnisch-hydrogeologischen Grundlagen beauftragt.

### **1.3 Ausgeführte Arbeiten**

- Definition des Untersuchungsprogramms (Dez. 19).
- Begehung mit dem Geometer. Definition der Grundwasserabstichstellen (7. Januar 2019).

- Besprechung mit Auftraggeber und Planer anlässlich der jährlichen Grundwassersitzung (5. Februar 2020).
- Installation eines Datenloggers zur kontinuierlichen Messung des Grundwasserspiegels in der Messstelle S5 (vgl. Anhang 1, 12. Februar 2020).
- Definition einer zusätzlichen Messstelle (KB2/99, vgl. Anhang 1) für 14-tägliche Handmessungen (durch ARA-Personal).
- Auswertung bestehender Unterlagen ([4] - [11])
- Geologische Aufnahme eines Baggerschlitzes im Gebiet des Vorhabens.
- Auswertung der Resultate, schriftlicher Bericht

#### 1.4 **Verwendete Unterlagen**

- [1] REAL Abwasser. MV-Elimination – ARA Real. Projektwettbewerb. Situation, Grundrisse und Schnitte. IG Mikropower REAL, Juli/August 2019.
- [2] Emmen ARA Buholz. Neubau zentrales Regenbecken. Geologisch-geotechnischer Bericht. Bericht GEOTEST Nr. 2397043.5 vom 6. September 2019.
- [3] Emmen ARA Buholz. Neubau zentrales Regenbecken. Unbedenklichkeitsnachweis Bauten im Grundwasser. Bericht GEOTEST Nr. 2397043.6b; Entwurf vom 16. April 2020.
- [4] Gemeindeverband für Abwasserreinigung Luzern und Umgebung. ARA 2010 Region Luzern. Geotechnisch-hydrogeologischer Grundlagenbericht. BK Grundbauberatung AG, 12.5.99.
- [5] Abwasserreinigung Luzern und Umgebung. Expertise über den Standort der Kläranlage. EAWAG, 12.7.66.
- [6] Kanton Luzern. Amt für Umweltschutz. Grundwasservorkommen im Reusstal und Rontal. Hydrogeologische Verhältnisse, Bewirtschaftung und Schutz des Grundwassers. Schlussbericht der Untersuchungsperiode 1989 – 1997. Dezember 1997.
- [7] Verkehr und Infrastruktur, vif. Hochwasserschutz und Renaturierung Kleine Emme und Reuss. Hydrogeologische Untersuchungen im Schiltwald. Bericht GEOTEST Nr. 2310008.1a, 16.11.11.
- [8] Perlen-Emmen, Fernwärmetransportleitung (FWTPL). Ergänzende Sondierbohrungen aufgrund neuer Linienführung. Aktennotiz GEOTEST Nr. 2316050.3, 25.10.16.
- [9] Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000. Blatt Luzern. Swisstopo 1955.
- [10] Geoportal des Kantons Luzern. Themen Grundwasser, Gewässerschutz; <https://www.geo.lu.ch/map/gewaesserschutz/>
- [11] Archiv GEOTEST AG, Horw (Bohrungen, Berichte).
- [12] Geoportal des Bundes. <https://map.geo.admin.ch/>, Luftbilder.

## 2. Resultate

### 2.1 Geologische Übersicht

Ein Ausschnitt aus der geologischen Karte [9] ist in Fig. 1 dargestellt.

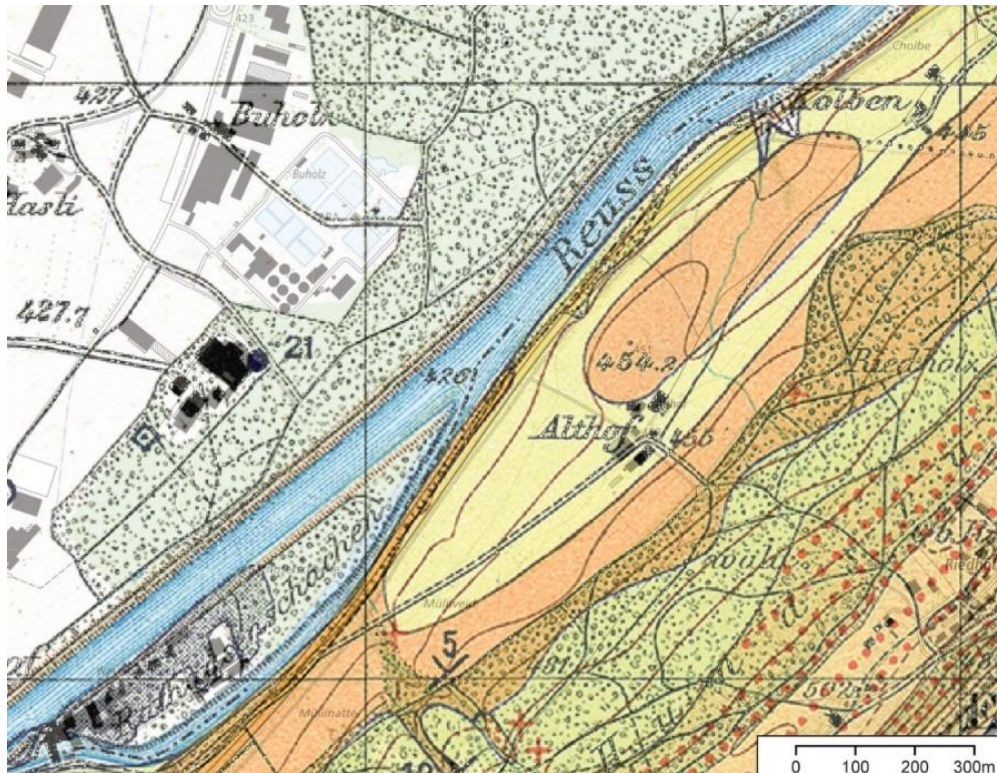


Fig. 1: Ausschnitt aus der geologischen Karte  
Rotbraun: Molassefels; grün: Moränenbedeckung des Molassefelsens  
farblos (nordwestlich der Reuss): Reusschotter

Südwestlich der Reuss, resp. entlang des rechten Ufers, ist Molassefels (Obere Süsswassermolasse) und Moränenmaterial der letzten Eiszeit aufgeschlossen. Gegen Nordwesten tauchen Molassefels und Moränenbedeckung unter die nacheiszeitlichen Schotter der Reuss ab.

Das Areal der ARA Buholz und dessen vorgesehene Erweiterung im Nordosten liegen vollständig über Schottern der Reuss.

## 2.2 Hydrogeologische Übersicht

Die Schotter der Reuss bilden den Leiter eines ausgedehnten und stark genutzten Grundwasservorkommens im Luzerner Reusstal. Das Grundwasser wird zu einem beträchtlichen Teil durch Flusswasserinfiltration gespeist ([6], [7]).

Fig. 2 zeigt einen Ausschnitt aus der Grundwasserkarte des Kantons Luzern [10].

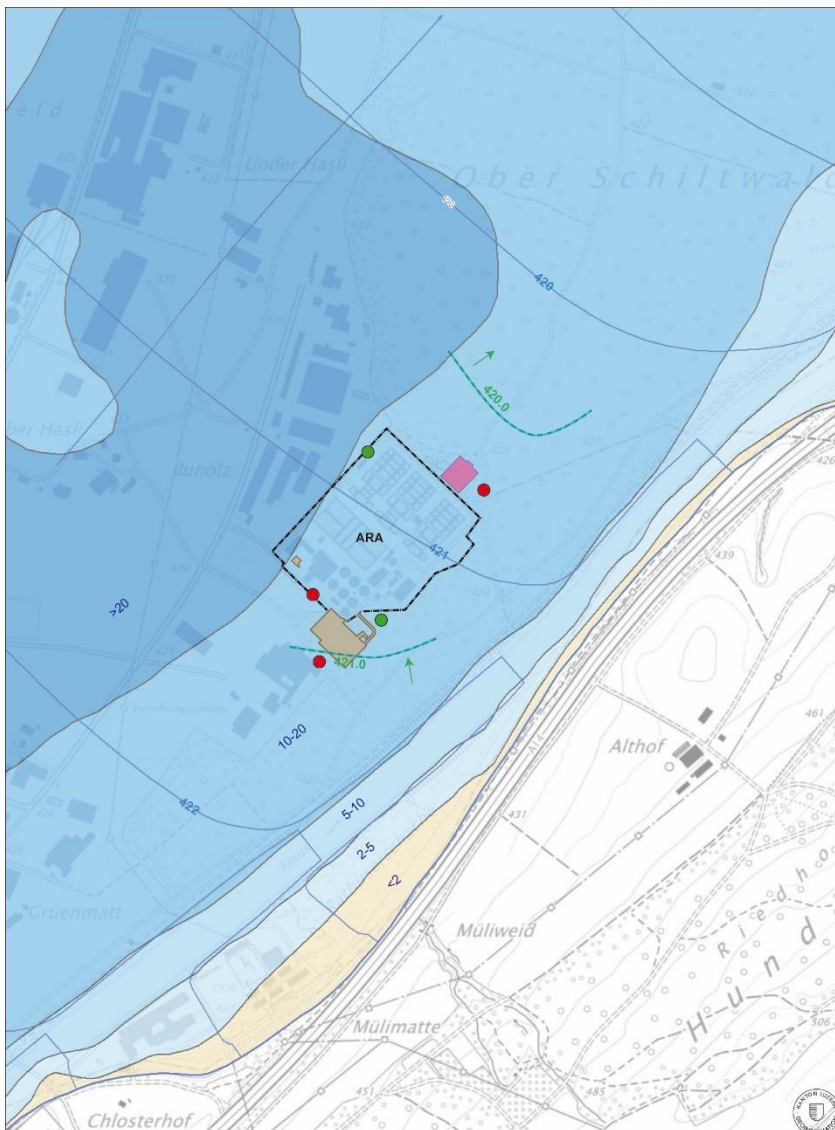


Fig. 2: Ausschnitt aus der Grundwasserkarte (1:10'000). Mit Isohypsen des Grundwasserspiegels (blau) und Grundwassermächtigkeiten. Grundwassermessstellen: rote Punkte: Datenlogger, grüne Punkte: Handmessungen grün gestrichelt: angepasste Isohypsen (vgl. Anhang 1). braune Fläche: Regenbecken; pink: 4. Stufe ARA

Das Areal der ARA Buholz und dessen vorgesehene Erweiterung im Nordosten liegen vollständig innerhalb des Grundwasservorkommens des Reusstals. Die Grundwassermächtigkeit im Gebiet der ARA beträgt 15 – 20 m (Fig. 2).

Das Gebiet befindet sich im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>; östlich und nordöstlich grenzt die ARA an die Schutzzone des Trinkwasserpumpwerks Schiltwald und das gleichnamige Grundwasserschutzareal [10] (Fig. 3).

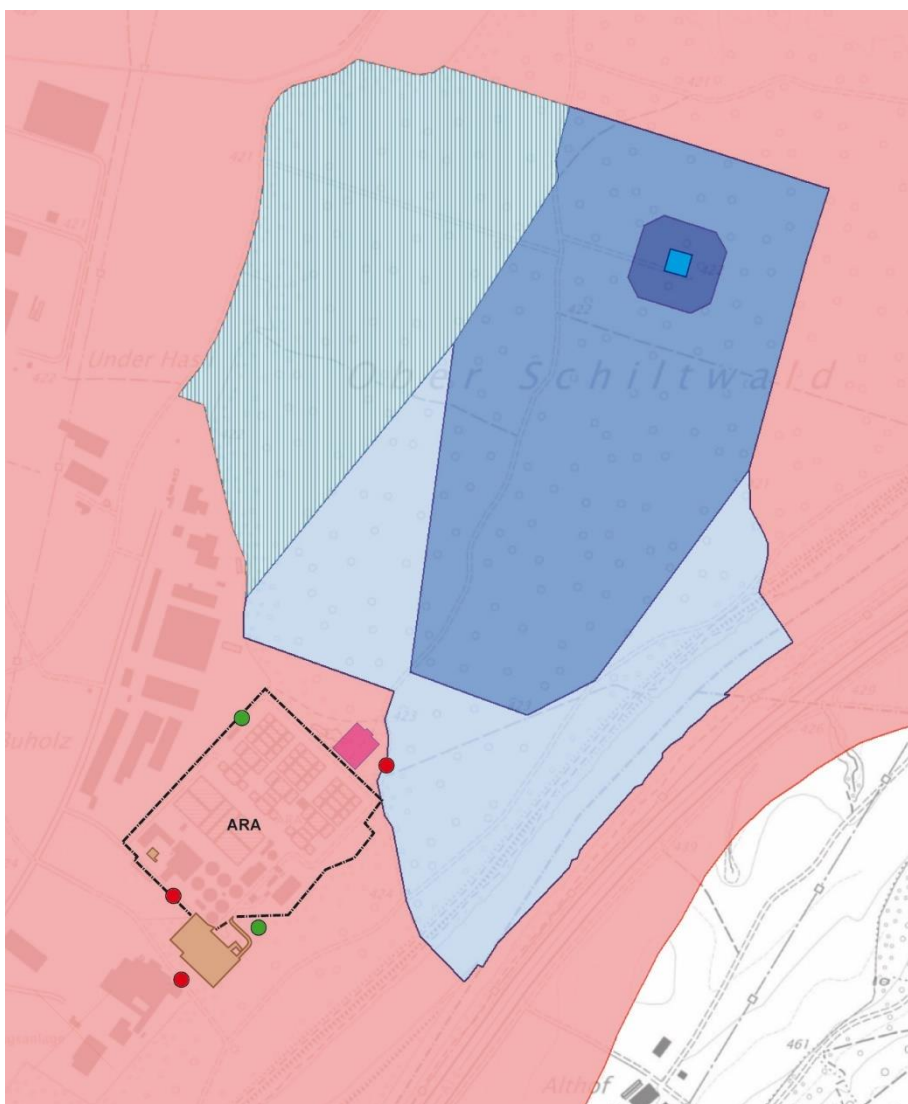


Fig. 3: Ausschnitt aus der Gewässerschutzkarte.  
rot: Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>; weiss: übriger Bereich  
hellblau - dunkelblau: Schutzzone S3 – S1  
vertikal schraffiert: Grundwasserschutzareal

### 2.3 Sondierungen

Ergänzend zu den bereits zahlreichen vorhandenen Baugrundaufschlüssen wurde am 21. Dezember 2020 im Projektgebiet ein Sondierschlitz zur Erkundung des Baugrunds im Aushubbereich ausgeführt. Die Lage der Sondierung ist im Anhang 1 und der angetroffene Schichtaufbau im Anhang 3 aufgezeichnet. Die Sondierung ist auch im Profilschnitt im Anhang 2 dargestellt.

### 2.4 Geologische Situation im Umfeld der ARA, Schichtaufbau

Die geologische Situation im Umfeld der ARA ist in den Anhängen 1 und 2 dargestellt. Die Informationen zum geologischen Schichtaufbau leiten sich aus bestehenden Berichten und den im Rahmen dieser Untersuchungen ausgeführten Sondierungen ab ([2], [4], [11]).

Der Schichtaufbau ist im Folgenden beschrieben:

#### **Schicht A, A1: Deckschicht, künstliche Auffüllung**

Die natürliche Deckschicht der Schotter ist im Gebiet der ARA Buholz zwischen 1 und 3 m mächtig. Sie besteht aus weichen, resp. locker bis mitteldicht gelagerten, schwach siltigen bis siltigen Sanden.

Im Gebiet von Anlagenteilen und Gebäuden wurde die Deckschicht im Zuge von Bautätigkeiten entfernt und wo nötig mit kiesigem Aushubmaterial ersetzt. Teilweise wurde die Deckschicht für Geländeanpassungen oder Hinterfüllungen verwendet.

Das Gebiet des Bauvorhabens wurde beim letzten Ausbau der Kläranlage («ARA 2000») als Installationsplatz genutzt (vgl. Fig. 4).



Fig. 4: Luftaufnahme 2004 [12] mit Lage der Sondierung BS1/20.

Die Topographiedaten zeigen, dass dabei dieses Gebiet nordwestlich der ARA um etwa zwei Meter aufgeschüttet wurde (ca. 425 m ü. M.). Die künstliche Auffüllung wurde mit der Sondierung BS1/20 erkundet.

Die Oberfläche der Auffüllung wurde in BS1/20 mit rund 0.6 m mächtigem humushaltigem Bodenmaterial, welches auf ein Vlies geschüttet wurde, rekultiviert. Darunter folgte bis in rund 2.4 m Tiefe sandig-kiesig-steiniges künstliches Auffüllmaterial, welches abgesehen von einem grösseren Betonblock in 1.1 m Tiefe frei von Fremdstoffen war. Darunter folgte mit nicht eindeutigem Übergang der gewachsene Boden: zunächst rund 0.5 m sandig-siltige Deckschicht, dann kiesig-steinige Reusssschotter.

Der Grundwasserspiegel wurde nicht erreicht. Der Schlitz war trocken und standfest.

### **Schicht B: Reussschotter**

Die Reussschotter bestehen aus sandigen Kiesen mit einem hohen Anteil an Steinen und meist geringem Feinanteil. Lagenweise treten leicht siltige Partien auf. sandreiche Schichten sind selten. Gemäss den im bestehenden Areal ausgeführten Rammsondierungen [4] ist die Lagerungsdichte der Schotter mittel bis hoch, unmittelbar über dem grundwassergesättigten Bereich lokal auch sehr hoch (verkitete Partien).

### **Schicht B1: Sandige Deltaablagerungen**

Diese Schicht tritt in einer Rinne in Reussnähe auf (vgl. Profilschnitt im Anhang 2). Im Gebiet des Bauvorhabens ist sie nicht vorhanden.

### **Schicht C: Feinkörnige Seeablagerungen**

Nordwestlich der oben beschriebenen, durch eine Felshochzone begrenzten Rinne folgen unterhalb der Reussschotter geschichtete Sande mit wechselndem Siltgehalt und lagenweise auftretende tonig-feinsandige Silte. Der Feinanteil nimmt mit zunehmender Tiefe zu. Die als Seeablagerungen gedeuteten Sedimente weisen eine mittlere Lagerungsdichte auf. Die Mächtigkeit nimmt von Südosten gegen Nordwesten zu (vgl. Profilschnitt in Anhang 2).

### **Schicht D: Grundmoräne**

Über dem Fels wurde in einem Teil der Bohrungen, welche diesen erreichten, eine wenig mächtige Moränenschicht erkannt. Es handelt sich um leicht tonige, stark feinsandige Silte mit viel Kies und Steinen mit hoher Lagerungsdichte.

### **Schicht E: Molassefels**

Der Felsuntergrund wurde in den Bohrungen am rechten Reussufer sowie in den Sondierungen 102/66, EM803, EM804, 101/66 und KB2/99 aufgeschlossen. In KB08/16 weisen moränenartige Ablagerungen darauf hin, dass die Bohrung den Fels beinahe erreichte.

Beim aufgeschlossenen Fels handelt es sich um geschichtete Sandsteine und Mergel der Oberen Süsswassermolasse.

Die Auswertung der neueren Bohrungen ergab, dass der Fels nicht regelmässig gegen Nordwesten abfällt, sondern eine ausgeprägte topographische Gliederung ausweist (Profilschnitt im Anhang 2). Die erkannte Struktur kann als eine in Fliessrichtung des eiszeitlichen Gletschers gelängte Felsschwelle, resp. als Rundhöcker

gedeutet werden. Mit der jungen Auffüllung des Tales wurde die Felsschwelle überschüttet. Vergleichbare Strukturen, die z.T. noch knapp über die Talfüllung hinausragen, sind in der Umgebung bekannt (Felsaufschlüsse bei Ausserschachen oder Burgstelle Alt Eschenbach im Unterlauf des Rotbachs).

## 2.5 Baugrundwerte

Aufgrund der vorhandenen Unterlagen (insb. [4]) sowie unserer Erfahrungen **schätzen** wir die folgenden charakteristischen Baugrundwerte (Tab. 1):

Tab. 1: Geschätzte Baugrundwerte (Erwartungswert, Streuung in Klammern).)

Schicht	Materialbeschreibung	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_{E1}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$M_{E2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>A</b>	Sande, siltige Sande	<b>19.0</b> (18.5 – 19.5)	<b>29</b> (27 – 31)	<b>0</b> (0 - 5)	<b>7</b> (5 – 15)	<b>20</b>
<b>B</b>	Kiessand mit Steinen	<b>20</b> (19.5 – 20.5)	<b>37</b> (35 – 39)	<b>0</b> (0)	<b>35</b> (30 – 40)	<b>&gt;100</b>
<b>C</b>	Tonig-sandige Silte	<b>20.0</b> (19.0 – 20.0)	<b>28</b> (26 – 30)	<b>4</b> (2 - 10)	<b>12</b> (9 – 15)	<b>35</b>

Legende: <b>fett</b>	geschätzter Erwartungswert $X_m$	( )	geschätzte Extremwerte bzw. charakteristische Werte $X_k$
$\gamma$	Feuchtraumgewicht	$c'$	effektive Kohäsion
$\phi'$	innerer Reibungswinkel	$M_{E1}$	Zusammendrückungsmodul bei Erstbelastung
A	Deckschicht	$M_{E2}$	Zusammendrückungsmodul bei Wiederbelastung
B	Reusschotter		
C	Seeablagerungen		

## 2.6 Grundwasserverhältnisse

### 2.6.1 Grundwasserspiegel

Im Anhang 1 sind für das Projektgebiet Grundwasserisohypsen für einen mittleren Grundwasserstand (Stand am 25.5.20) dargestellt. Die Grundwasserfliessrichtung ist im Gebiet des Bauvorhabens gegen NE gerichtet mit einem Gefälle von rund 0.2 ‰, parallel zur Längsachse des Bauwerks.

Im Gebiet des Regenbeckens, südwestlich der ARA wird seit Frühling 2018 der Grundwasserspiegel in drei Messstellen (Pm1/18, S13 und Pm409, vgl. Anhang 1) regelmässig eingemessen. Seit Februar 2020 wird im Gebiet des Bauvorhabens

zusätzlich in den Messstellen S5 und KB2/99 gemessen. In Pm1/18, S13 und S5 sind Datenlogger zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Messresultate installiert; in Pm409 und KB2/99 werden die Grundwasserstände periodisch durch Personal der ARA eingemessen. Die automatischen Messstellen Pm1/18 und S5 werden durch die GEOTEST AG, die Messstelle S13 durch die ARA betrieben. Ergänzend werden Daten der Messstelle EM040 (bis 13.3.20) und der kantonalen Messstelle EM6539 verwendet.

Die erhobenen Daten im Zeitraum zwischen Frühling 2018 bis Herbst 2020 sind in Fig. 4 aufgezeichnet. Ebenfalls dargestellt ist die Schwankung des Abflusses der Reuss.

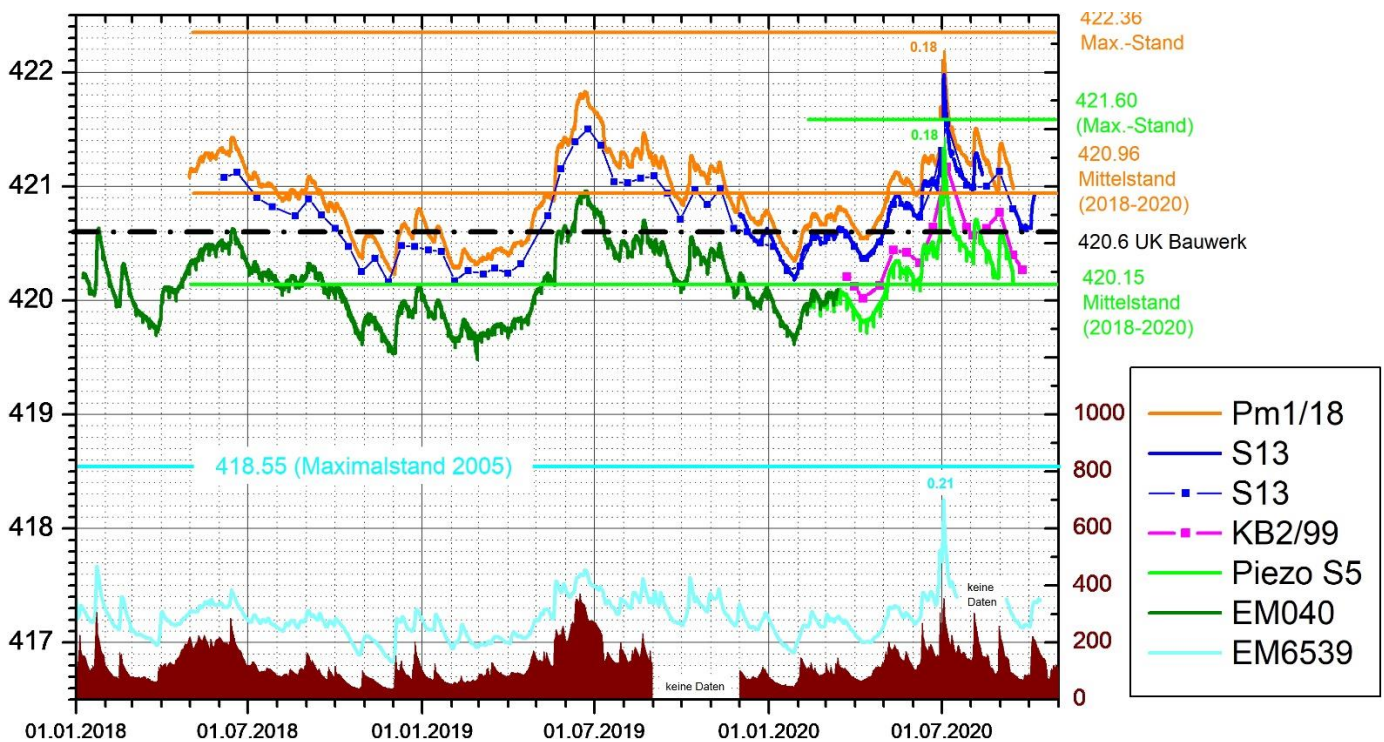


Fig. 4: Ganglinien 2018 – 2020, Grundwasserspiegel und Reussabfluss (Messstelle Mühlau).

Bei der Messstelle Pm1/18 wurde aus dem Vergleich mit langjährigen Messreihen ein mittlerer Grundwasserspiegel bei 420.96 m ü. M. und ein maximaler Grundwasserspiegel bei 422.36 m ü. M. definiert ([2], [3]). Im Jahr 2020 wurde im Rahmen eines kräftigen Hochwassers am 3. Juli 2020 ( $370 \text{ m}^3/\text{s}$ , ca.  $HQ_1$ ) dieser Maximalstand nicht erreicht. Die Differenz betrug 0.18 m.

Für das Piezometer S5 wurde, unter Berücksichtigung der Messstelle EM040 in der Beobachtungsperiode 2018 -2020 ein mittlerer Grundwasserspiegel bei 420.15

m ü. M. ermittelt. Der Maximalstand lag am 3. Juli 2020 bei 421.42 m ü. M., also 1.27 m höher. Werden zu diesem beobachteten Maximalstand in Analogie zur Messstelle Pm1/18 0.18 m addiert, resultiert ein Maximalstand bei 421.60 m ü. M..

**Für den Bereich der Anlage (4. Stufe) wird in der Folge ein mittlerer Grundwasserspiegel bei 420.15 m ü. M. und ein maximaler Grundwasserspiegel bei 421.60 m definiert.**

In der Grundwasserkarte des Kantons Luzern ist ein mittlerer Grundwasserspiegel angegeben, der ca. 0.5 – 0.6 m höher liegt. Für die bautechnischen Folgerungen wird jedoch von den im Rahmen dieser Untersuchung im Umfeld der Baustelle ausgeführten Messungen ausgegangen.

Der Schwankungsbereich zwischen minimalem und maximalem Grundwasserspiegel beträgt ca. 2 m.

Langjährige Messreihen zeigen, dass insbesondere in flussnahen Messstellen die Höhe des Grundwasserspiegels in hohem Masse mit dem Reussabfluss korreliert (Fig. 4). Unterdurchschnittliche Grundwasserspiegel sind demzufolge in den trockenen Wintermonaten vom November bis in den Februar zu erwarten.

Die Ganglinie in Fig. 4 zeigt, dass zwischen September 2018 bis Mai 2019 und zwischen November 2019 und Juni 2020 keine überdurchschnittlichen Grundwasserstände zu verzeichnen waren.

Im Falle eines seltenen Winterhochwassers (z.B. Januar 2018, Fig. 4) kann jedoch ein kurzfristiges Ansteigen des Grundwasserspiegels auf überdurchschnittliche Werte nicht ausgeschlossen werden. Die Reaktion des Grundwassers auf ein Reusshochwasser erfolgt jeweils umgehend, d.h. ohne zeitliche Verzögerung.

## **2.6.2 Eigenschaften des Grundwasserleiters**

Die Schotter der Reuss bilden einen Grundwasserleiter mit einer sehr grossen durchschnittlichen Durchlässigkeit ( $k_f = 0.01 - 0.015$  m/s [6]). Mittels Pumpversuchen, Markerversuchen und Berechnungen mit Grundwassermodellen (zusammengefasst in [7]) wurde nachgewiesen, dass lokal sehr hoch durchlässige Rinnen innerhalb des Grundwasserleiters vorhanden sind. Es wird im Gebiet zwischen ARA Buholz und Trinkwasserpumpwerk Schiltwald entlang von diskreten Fliesswegen von k-Werten bis 0.05 m/s ausgegangen.

Im Rahmen der Untersuchungen zur ARA 2010 [4] wurden die Resultate von zahlreichen Pumpversuchen ausgewertet und es wurden Flowmeter-Messungen in verschiedenen Messstellen (KB1/99, KB2/99, S2 und S5) durchgeführt.

Die Analyse bestätigte die in [6] angegebene durchschnittliche Wasserdurchlässigkeit im Bereich zwischen 0.01 und 0.02 m/s. Die Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers wird mit  $v_a = 20 - 35$  m/Tag veranschlagt.

### **2.6.3 Geometrie des Grundwasserleiters**

Der Flurabstand zum mittleren Grundwasserspiegel beträgt rund 3 m. Wegen der geringen Mächtigkeit der Deckschicht ist der Grundwasserspiegel frei. Es liegen keine gespannten Grundwasserverhältnisse vor, zumal auch die Deckschicht eine vergleichsweise hohe Durchlässigkeit aufweist.

Im Gebiet der vorgesehenen Anlage bilden die feinkörnigen Seeablagerungen (Schicht C) den Stauer des Grundwasservorkommens. Gemäss den Bohrungen KB1/99, KB2/99 und 101/66 liegt die Oberkante der Seeablagerungen auf einer Kote zwischen 406 und 409 m ü. M.

## **3. Bautechnische Folgerungen**

### **3.1 Setzungen**

Die Setzungseigenschaften der Schicht A (Deckschicht und Auffüllungen) sind stark variabel. Die natürliche Deckschicht ist als stark setzungsempfindlich einzustufen. Kiesige Auffüllungen werden als deutlich unproblematischer beurteilt.

Mehrbelastungen durch Beckenerhöhungen oder Erhöhung der Aufschüttungen können zu Konsolidationssetzungen in den Deckschichten führen und darin verlegte Leitungen beeinflussen.

Die Reusssschotter (Schicht B), die Deltaablagerungen (Schicht B1), die Moräne (Schicht D) und der Molassefels (Schicht E) sind kaum setzungsempfindlich.

Die Seeablagerungen (Schicht C) sind hingegen mässig setzungsempfindlich, sie treten aber erst in rund 15 m Tiefe ab OK-Terrain auf. Massgebliche Setzungen sind nicht zu erwarten.

## **3.2 Foundation**

Die Deckschichten und die künstlichen Auffüllungen (Schicht A) sind nicht geeignet, Lasten aufzunehmen.

Mit den unterhalb der Deckschicht anstehenden Reusssschottern (Schicht B) steht hingegen eine Tragschicht zur Verfügung, welche zur Aufnahme von anfallenden Lasten geeignet ist.

Aufgrund unserer Kenntnisse des Projektes [1] gehen wir davon aus, dass die vorgesehenen Bauten vollumfänglich innerhalb der anstehenden Reusssschotter fundiert werden.

Eine Flachfundation ist folglich möglich, wobei die folgenden ausführungstechnischen Hinweise zu berücksichtigen sind:

- Die Bodenplatte muss möglichst steif ausgebildet werden, um Unterschiede im Setzungsverhalten überwinden zu können.
- Aushub zunächst bis ca. 30 cm über UK Bodenplatte. Anschliessend Restaushub mit Einbringen von Sickerkies / Sickerbölli als flächige Drainageschicht über einem durchlässigen Geotextil (Funktion Trennen).

## **3.3 Baugrube und Wasserhaltung**

### **3.3.1 Offene Baugrube**

Oberhalb des Grundwasserspiegels können die Baugrubenabschlüsse frei geböscht werden, falls dies die Platzverhältnisse zulassen. Im anstehenden Material sind freie Böschungen mit einer Neigung von 1:1 machbar.

Die Baugrubensohle, resp. die Unterkante des Bauwerks (420.60 m ü. M.) liegt 0.45 m über dem mittleren Grundwasserspiegel (420.15 m ü. M.). Das bedeutet, dass ausserhalb der Sommermonate die Baugrube weitgehend ohne massgebliche Massnahmen zur Wasserhaltung realisiert werden kann.

Bei einem Anstieg des Grundwasserspiegels über das Niveau der Baugrubensohle (420.4 m ü. M.) sind jedoch auch für geringfügige Absenkungen grosse Pumpmen erforderlich und entsprechende Pumpreserven sind bereitzuhalten oder die Baugrube ist temporär zu fluten und die Arbeiten sind zu unterbrechen.

### **3.3.2 Geschlossene Baugrube**

Falls die Arbeiten nicht für den Winter terminiert werden können und generell für Aushubkoten unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels (ca. 420.15 m ü. M.), ist die Ausführung einer Wasserhaltung erforderlich. Kleinere und lokale Absenkungen können mit Pumpensäugern bewerkstelligt werden, bei grösseren Wasserhaltungen ist eine dichte Spundwand erforderlich.

Aufgrund der über die ganze Mächtigkeit der Reusschotter hohen hydraulischen Durchlässigkeit müsste eine Spundwand ausreichend tief eingebracht werden (Unterbindung einer Sickerströmung) oder noch besser in die wenig durchlässigen Seeablagerungen eingebunden werden kann. Dieses Vorgehen wurde im Rahmen der Bauarbeiten für die ARA 2010 erfolgreich angewendet. Die Restwasserhaltung konnte damals mittels offenen Pumpenschächten realisiert werden.

Die Ableitung des Baugrubenabwassers kann nach Behandlung (Absetzbecken, bei Bedarf Neutralisation) bei Einhaltung der Einleitbedingungen in Oberflächengewässer über den ARA-Kanal in die Reuss erfolgen.

### **3.3.3 Bauten im Grundwasser**

Wir gehen von einer Flachfundation der Bauten aus. Das bedeutet, dass keine Fundamenteile in den gesättigten Grundwasserleiter unterhalb des mittleren Grundwasserspiegels eintauchen.

Zwischen dem Neubau der Stufe 4 und der bestehenden ARA ist gemäss den uns zur Verfügung gestellten Plänen eine Unterdükerung eines Verbindungsganges vorgesehen (Anhang 1, Anhang 2). Über eine Distanz von rund 12 m taucht dabei eine Rohrleitung (Durchmesser 120 cm) 1.6 m unter die Unterkante des Bauwerks (420.6 m ü. M.) hinunter.

Die Unterkante des Rohrs liegt somit auf 419.0 m ü. M., 1.15 m unter dem mittleren Grundwasserspiegel. Die Oberkante liegt auf 420.2 m ü.M. knapp über dem mittleren Grundwasserspiegel.

Die Mächtigkeit des Grundwasserleiters beträgt gemäss dem Profilschnitt im Anhang 2 rund 12.4 m. Die Einengung des gesättigten Grundwasserleiters beträgt folglich im Bereich des eintauchenden Bauteils rund 9.3% (1.15 m/ 12.4 m). Die Voraussetzung für eine Ausnahmegewilligung gemäss Anhang 4, Ziffer 211 Absatz 2 GschV ist somit gegeben.

Voraussetzung ist, dass die Leitung in gut durchlässiges Material eingebettet wird.

Bei einer Länge des Dükers von 12.5 m, beträgt das unter den mittleren Grundwasserspiegel eintauchende Volumen rund 14 m<sup>3</sup>. Die Reduktion des Porenvolumens unter dem Bauwerk kann somit vernachlässigt werden.

### **3.4 Verwendbarkeit des Aushubmaterials**

Der Aushub umfasst ein grösseres Volumen an künstlichem Auffüllmaterial. Gemäss dem Aufschluss in der Sondierung BS1/20 handelt es sich um sandig-kiesiges Material, welches Fremdmaterial enthalten kann. Lokale Belastungen durch Abfälle (Fremdmaterial) können nicht ganz ausgeschlossen werden.

Falls das Aushubmaterial keine Fremdstoffe enthält, oder falls diese aussortiert werden können (z.B. im Falle von Betonblöcken), kann es für Hinterfüllungen oder Geländeanpassungen auf der Baustelle verwendet werden.

Wir empfehlen, die Aushubarbeiten zur Definition der Verwertungs- und Entsorgungswege von einer abfallrechtlichen Fachperson begleiten zu lassen.

### **3.5 Auswirkungen der Baustelle, Überwachung**

#### **3.5.1 Setzungen**

Die normalen Tiefbauarbeiten ohne Wasserhaltung führen in diesem Untergrund bei fachgerechter Ausführung nicht zu namhaften Setzungen in der Umgebung.

Sollten Spundwände ausgeführt werden, so sind beim Einbringen und vor allem beim Ziehen der Spundbohlen Setzungen in deren Umgebung zu erwarten.

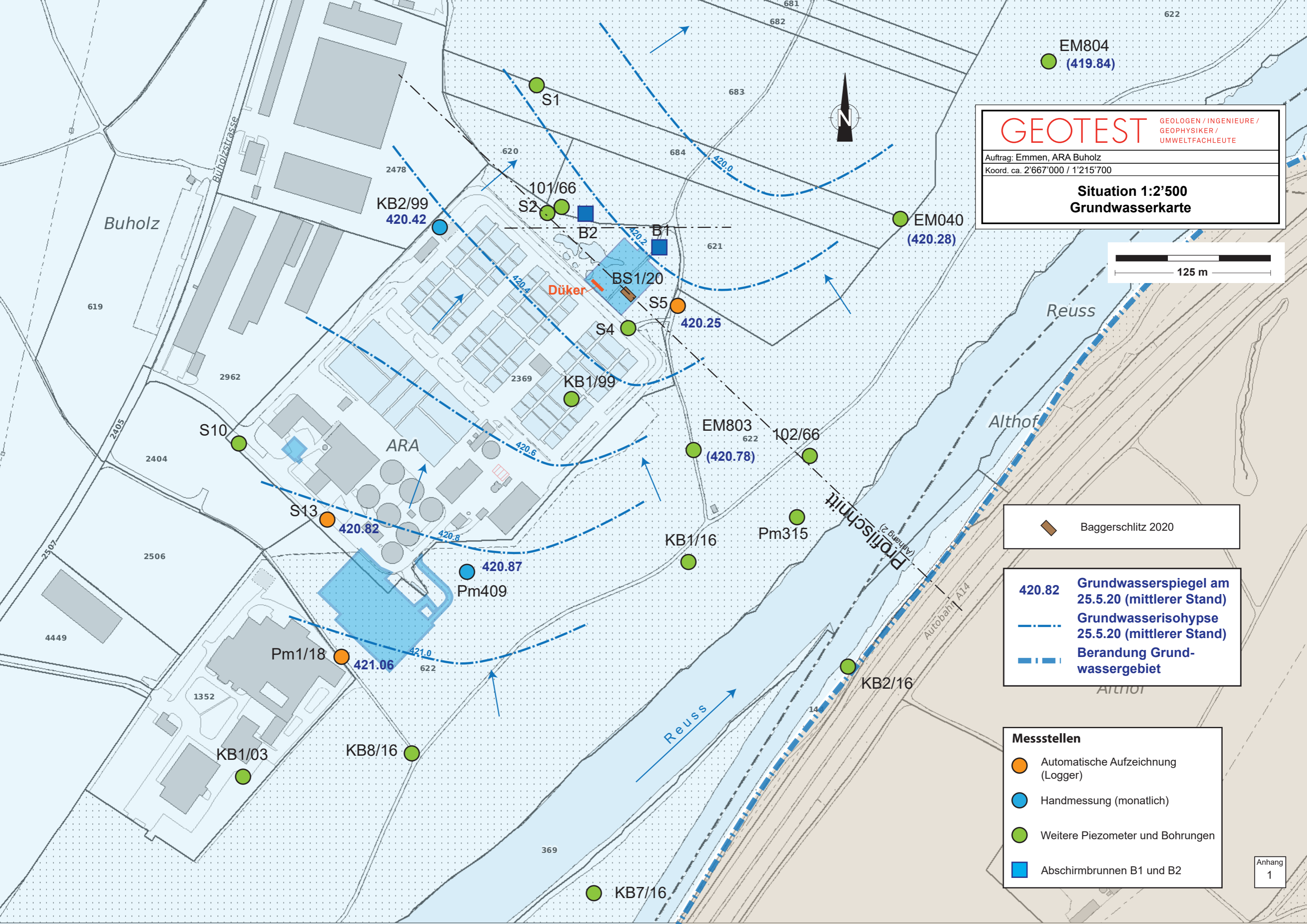
Wir empfehlen, die direkt benachbarten Klärbecken sowie allfällig weitere besonders empfindliche technische Infrastrukturen im Einflussbereich der Baustelle mit Höhenfixpunkten zu versehen und hinsichtlich allfälliger Setzungen zu überwachen (Nullmessungen vor Baubeginn).

### **3.5.2 Erschütterungen**

Aufgrund der eher schlechten Rammbarkeit des kiesig-steinigen Untergrundes (Schicht B) wäre das Einbringen allfälliger Spundwände mit Erschütterungen verbunden. Aufgrund der wenig empfindlichen Bauten in der Umgebung kann jedoch auf Erschütterungsüberwachungen verzichtet werden.

### **3.6 Auftrieb im Endzustand**

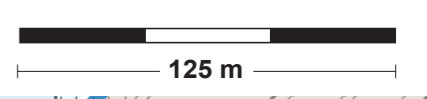
Die Bodenplatte des Regenbeckens liegt bei 420.60 m ü. M., also unterhalb des maximalen Grundwasserspiegels. Für den Endzustand ist der Nachweis der Auftriebssicherheit zu erbringen. Als Bemessungsgrösse ist von einem maximalen Grundwasserspiegel auf einer Kote von 421.6 m ü. M. auszugehen (vgl. Kap. 2.6.1; berechneter Maximalstand in der Messstelle S5). Es sind Vorkehrungen für den Überlastfall (extreme Grundwasserhochstände) zu treffen.



**GEOTEST** GEOLOGEN / INGENIEURE /  
GEOPHYSIKER /  
UMWELTFACHLEUTE

Auftrag: Emmen, ARA Buholz  
Koord. ca. 2'667'000 / 1'215'700

**Situation 1:2'500  
Grundwasserkarte**

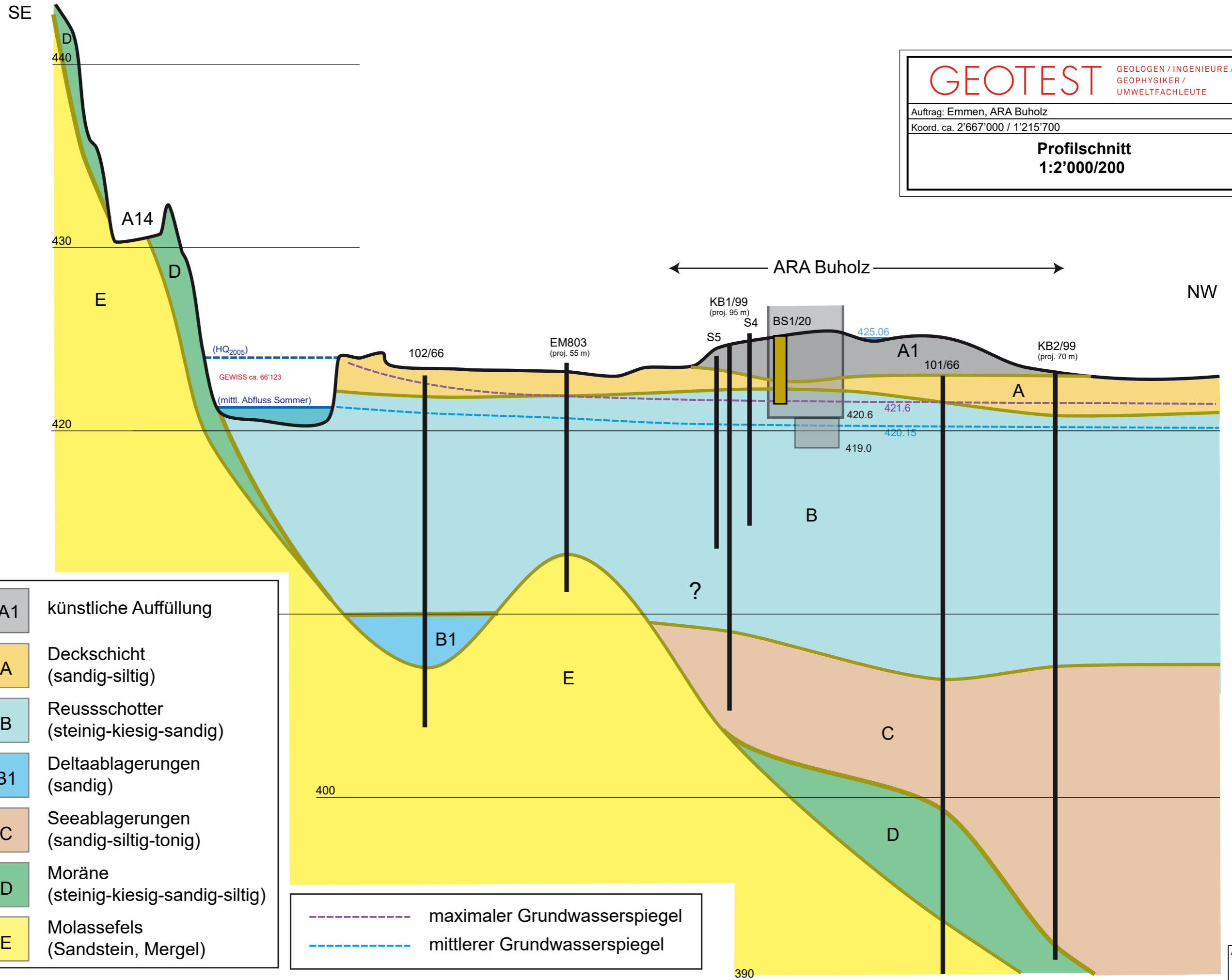


Baggerschlitz 2020

**420.82** Grundwasserspiegel am 25.5.20 (mittlerer Stand)  
 Grundwasserisohypse 25.5.20 (mittlerer Stand)  
 Berandung Grundwassergebiet

**Messstellen**

- Automatische Aufzeichnung (Logger)
- Handmessung (monatlich)
- Weitere Piezometer und Bohrungen
- Abschirmbrunnen B1 und B2



A1	künstliche Auffüllung
A	Deckschicht (sandig-siltig)
B	Reusssschotter (steinig-kiesig-sandig)
B1	Deltaablagerungen (sandig)
C	Seeablagerungen (sandig-siltig-tonig)
D	Moräne (steinig-kiesig-sandig-siltig)
E	Molassefels (Sandstein, Mergel)

	maximaler Grundwasserspiegel
	mittlerer Grundwasserspiegel

Datum : 21.12.2020

Unternehmung : Anliker AG

Gerät : Radbagger

Aufgenommen durch : R. Burkhard

**Baggerschlitz 1:50**

Pm. Wsp.	Tiefe	Profil	Proben	Materialbeschreibung	Versuche / Geologische Interpretation
----------	-------	--------	--------	----------------------	---------------------------------------

**Bs 01/20**

Koord.: 2'667'044 / 1'215'822

Terrainkote: 425.06 m ü.M.

	Sand, siltig, schwach kiesig, erdfeucht, braun (humos) Kies, sandig, stark siltig, erdfeucht, dunkelgrau. Auf Vlies eingebracht. Sand, kiesig, siltig, erdfeucht, beige	Oberboden
	Fein- bis Mittelsand, schwach mittel- bis grobkiesig, schwach siltig, mit wenig Steinen, erdfeucht, grau. Beton-Block 1.1 m u. T.	Aufschüttung, Auffüllung
	Fein- bis Mittelsand, schwach siltig, schwach tonig, erdfeucht, dunkelgrau	Deckschicht
	Kies, stark sandig, mit Steinen (ø bis 15 cm), gerundet bis gut gerundet, trocken, beige. Polymikte Zusammensetzung (Kalkstein, Gneis, Granit).	Reuss-Schotter - Schlitz standfest - trocken

