

---

**Bericht Nr. 1220028.5**

---

**Energie Wasser Bern, Bern**

**Bern, Sandrain (Gaswerkareal)**

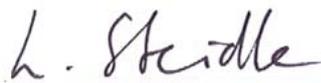
**Technischer Bericht**

Zollikofen, 6. Januar 2021

GEOTEST AG  
BERNSTRASSE 165  
CH-3052 ZOLLIKOFEN  
T +41 (0)31 910 01 01  
F +41 (0)31 910 01 00  
zollikofen@geotest.ch  
www.geotest.ch

<b>Autor(en)</b>	<b>Bearbeitete Themen / Fachbereiche</b>
Laurent Steidle (Geotest)	Gesamter Bericht ausser Kap. 2.1, 2.2, 2.6, 2.7 + 3.3
Raphael Hess (Theiler)	Kapitel 2.1 + 3.3
Roman Bur (WAM)	Kapitel 2.2, 2.6 + 2.7
<b>Supervision</b>	<b>Visierte Inhalte</b>
Daniel Züger (Geotest)	Gesamter Bericht
Daniel Wenger (Theiler)	Kapitel 2.1 + 3.3
Patrick Fahrni (WAM)	Kapitel 2.2, 2.6 + 2.7
<b>Hinweise</b>	

GEOTEST AG



Laurent Steidle



Daniel Züger

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung .....	5
1.1	Ausgangslage .....	5
1.2	Zielsetzung .....	6
1.3	Vorgehen .....	6
1.4	Grundlagenverzeichnis .....	7
2.	Grundlagen und Randbedingungen .....	8
2.1	Übergeordnete Planung .....	8
2.2	Verkehrliche Situation .....	8
2.3	Geologie .....	9
2.4	Hydrogeologie .....	9
2.5	Altlasten .....	10
2.6	Werkleitungen .....	11
2.7	Oberflächengewässer .....	12
3.	Projektbeschrieb / Bauablauf .....	13
3.1	Vorbereitungsarbeiten .....	15
3.2	Altlastensanierung .....	15
3.2.1	Zelt / Einhausung - Emissionsschutz .....	15
3.2.2	Abwasserbehandlungsanlage .....	21
3.2.3	Dekontamination und Auffüllung .....	21
3.2.3.1	Schadstoffe in bestehenden Anlagen .....	21
3.2.3.2	Südwestlicher und zentraler Bereich .....	23
3.2.3.3	Nordöstlicher Bereich (Hotspot) .....	24
3.2.4	Entsorgung Aushubmaterial .....	28
3.3	Geotechnik .....	31
3.3.1	Grundlagen .....	31
3.3.2	Spundwand .....	31
3.3.3	Rückverankerung .....	32
3.3.4	Austauschbohrungen im Bereich Spundwand .....	35
3.3.5	Systemgrenzen Baugrubensicherung .....	35
3.3.6	Überwachung Baugrube und Wasserhaltung .....	36
3.4	Entwässerungskonzept .....	36
3.5	Rückfüllung .....	36
4.	Termine .....	37
4.1	Bauprogramm .....	37
5.	Kosten .....	37
5.1	Kostenvoranschlag .....	37

## **Anhang**

- Anhang 1 Situation 1:400; Sanierungsperimeter Kernzone 1
- Anhang 2 Situation 1:200; Übersicht Austauschbohrungen  
(nordöstlicher Bereich)
- Anhang 3 Siebanalysen Aareschotter TransGeo AG
- Anhang 4 Kostenvoranschlag Stand 23.12.2020

## 1. Einleitung

### 1.1 Ausgangslage

Auf dem Gelände zwischen dem Marzilbad und der Sportanlage Schönau hat die Stadt Bern zwischen 1876 und 1976 ihr Gaswerk betrieben. Das Gas wurde überwiegend aus der Verschwelung von Steinkohle gewonnen. Aus der Gasgewinnung entstanden verschiedene Nebenprodukte, hauptsächlich Koks. Ab dem Jahr 1967 wurde die Gasfabrik sukzessive stillgelegt. Die bisherigen Untersuchungen des Gaswerkareals Marzili (KbS Nr. 03510125 Betriebsstandort ehem. Gaswerk Bern und KbS 03510035 Ablagerungsstandort Sandrain) haben gezeigt, dass Teilbereiche des ehemaligen Gaswerkareals stark belastet sind und im Grundwasser im Abstrombereich die Konzentrationswerte der Altlastenverordnung (AltIV [4]) mehrfach überschritten werden. Der Standort ist somit eine Altlast gemäss AltIV.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts wird die sogenannte Kernzone 1 des Gaswerkareals saniert; ein Bereich, der ein hohes bis sehr hohes Gefährdungspotential aufweist (vgl. Anhang 1). Hauptzielsetzung der Sanierung ist dabei grundsätzlich die Unterbindung einer schädlichen oder lästigen Auswirkung auf die Umwelt. Es gilt das Prinzip des Quellenstopps. Das Schutzgut Grundwasser ist, wie die bisherigen Untersuchungen und die Überwachung des Standortes gezeigt haben, das am meisten betroffene Schutzgut im Gaswerkareal Marzili.

Die Grundalgen für das vorliegende Projekt wurden mit dem Bericht «Sanierungskonzept» vom 30. Juli 2004 [10] und dem Bericht «Ergänzende Standortuntersuchungen, Sanierungsprojekt, Entsorgungskonzept» vom 29. März 2006 [9] hinsichtlich Vorgehen, Wahl der Sanierungsvarianten, Prioritäten und Entsorgungskonzept definiert. Diese Konzepte dienen zusammen mit dem Bericht «Aushub- und Entsorgungskonzept» vom 09.06.2017 [8] als Grundlage für die Eingabe des Baugesuches und sie wurden mit dem Gesamtbauentscheid für die Ausführung der Sanierung vom 20.09.2018 genehmigt [6].

Im Hinblick auf eine weitere Optimierung des Ausführungsprojektes wurde im Herbst 2020 eine systematische Vorfelderkundung im Bereich mit der stärksten Verschmutzung innerhalb des Sanierungssperimeters (sogenannter Hotspot-Bereich) durchgeführt. Dies mit dem Ziel, die laterale und vertikale Ausdehnung der starken Verschmutzung in diesem Bereich abschliessend einzugrenzen. Aus diesen Untersuchungen resultierte der Bericht «Präzisierungen Ausführungsprojekt Sanierung Hotspot» vom 08.12.2020 [3]. **Dieser ergänzt die oben erwähnten Konzepte und ersetzt die in den Berichten [10] und [9] definierten baulichen Massnahmen für die Sanierung des nordöstlichen Bereichs (Hotspot).**

## 1.2 Zielsetzung

Im Rahmen des vorliegenden Projektes muss die sogenannte Kernzone 1 des Gaswerkareals dekontaminiert werden (Anhang 1). Als Sanierungsziel für die Kernzone 1 wurde vom Amt für Wasser und Abfall (AWA) verfügt, dass auf der Baugrubensohle die Konzentrationswerte der Abfallverordnung (VVEA [5]) für Material Typ B für folgende Schadstoffe eingehalten sind:

- PAK (Summe von 16 Einzelsubstanzen nach EPA) < 25 mg/kg
- Benzo(a)pyren < 3.0 mg/kg
- Cyanid (frei) im Eluat < 0.02 mg/l

Im Rahmen des vorliegenden Projektes muss dieses primäre Sanierungsziel im gesamten Baugrubenperimeter auf der Aushubsohle erreicht werden. Erst nach Erreichen des Sanierungszieles darf die Baugrube mit unverschmutztem (Typ A) oder vor Ort angefallenem, schwach verschmutztem Material (Typ T) verfüllt werden. Im Perimeter mit den Austauschbohrungen (nordöstlicher Bereich; Hotspot) wurde dieser Nachweis bereits mit der Vorfelderkundung erbracht. Nach Entfernung des mit den Austauschbohrungen zu sanierenden und vom AWA bewilligten Körpers, gilt der Hotspot als saniert. Hier werden im Laufe der Ausführung keine weiteren Sohlenproben mehr entnommen.

Nach Abschluss verbleibt der Bauperimeter weiterhin im KbS verzeichnet. Als finales Sanierungsziel hat das AWA eine Verbesserung der Qualität des Grundwassers im Abstrom des Standortes definiert. Falls nach erfolgter Teildekontamination der Kernzone 1 weiterhin eine unzulässige Grundwassergefährdung ausgeht, muss der Standort Gaswerk neu beurteilt werden. Das Erreichen des Sanierungszieles Grundwasser ist nicht in der Verantwortung des Unternehmers.

## 1.3 Vorgehen

Für die Sanierung der Kernzone 1 (vorliegendes Projekt) wurde der Baugrubenperimeter in drei Bereiche mit unterschiedlichen, provisorischen Aushub- bzw. Sanierungskoten aufgeteilt:

- Südwestlicher Bereich: bis -1.5 m unter OK Terrain
- Zentraler Bereich: bis -5 m unter OK Terrain
- Nordöstlicher Bereich (Hotspot): bis -11 m unter OK Terrain

Aufgrund der hydrogeologischen Verhältnisse und der Lage der Baustelle im städtischen Bereich, stellt die Sanierung des Hotspot's bis -11 m unter OK Terrain eine

grosse technische Herausforderung dar. Basierend auf der Vorfelderkundung [3] wird der nordöstliche Bereich deshalb in zwei Schritten saniert:

1. Klassischer Aushub in Baugrube bis -7 m unter OK Terrain mit Bermen
2. Austauschbohrungen ab -7 m bis -11 m unter OK Terrain

Im vorliegenden technischen Bericht werden die wichtigsten Massnahmen und Arbeitsschritte zur Erreichung der Sanierungsziele beschrieben.

#### **1.4 Grundlagenverzeichnis**

- [1] GEOTEST AG 1220028.6: Bern, Sandrain (Gaswerkareal); Konzept Rückfüllung; vom 21.12.2020.
- [2] GEOTEST AG 1220028.4: Bern, Sandrain (Gaswerkareal); Entwässerungskonzept; vom 21.12.2020.
- [3] GEOTEST AG 1220028.3: Bern, Sandrain (Gaswerkareal); Präzisierungen Ausführungsprojekt Sanierung Hotspot; vom 08.12.2020.
- [4] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (AltIV) vom 26.08.1998.
- [5] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA) vom 04.12.2015.
- [6] Gesamtbauentscheid bbew 423/2017; BG-Nr. Gde: 2017-0612: Altlastensanierung auf dem ehemaligen Gaswerkareal und Überdachung der Baugrube mit einem Zelt; vom 20.09.2018.
- [7] Amt für Wasser und Abfall (AWA): Gemeinde Bern, Standort-Nr. 0351-0125 (ehemaliges Gaswerk Marzili, Bern): Sanierung des Standortes; Sanierungsverfügung vom 03.02.2017.
- [8] KELLERHALS + HÄFELI AG Sanierung Gaswerkareal Marzili, Aushub- und Entsorgungskonzept; vom 09.06.2017.
- [9] KELLERHALS + HÄFELI AG Gaswerkareal Marzili, Bern: Ergänzende Standortuntersuchungen, Sanierungsprojekt, Entsorgungskonzept; vom 29.03.2006.
- [10] KELLERHALS + HÄFELI AG Gaswerkareal Marzili, Bern: Sanierungskonzept; vom 30.07.2004.
- [11] IG KELLERHALS + HÄFELI AG / Büro für Kies + Abfall AG Gaswerkareal Marzili, Bern – Detailuntersuchungen; Berichtsband vom 30. Juni 1998.
- [12] KELLERHALS + HÄFELI AG GSS - Gaswerkareal Sandrain, Sanierung: Baugrunduntersuchung; vom 25.10.2019.
- [13] Amt für Wasser und Abfall (AWA): Stellungnahme vom 15.12.2020 zum Bericht 1220028.3 der Geotest AG.

## 2. Grundlagen und Randbedingungen

### 2.1 Übergeordnete Planung

Das ehemalige Gaswerkareal liegt zentrumsnah zwischen den Stadtteilen Mattenhof-Weissenbühl und Kirchenfeld-Schosshalde. Es ist Teil der Aare-Schwemmebene und grenzt im Norden ans Marzilbad und im Osten an die Sportanlagen Schönau.

Mit einem Ja-Stimmenanteil von 82,61 Prozent haben die Stimmberechtigten der Stadt Bern am 09. Februar 2020 dem Kredit von 30,76 Millionen Franken für den Erwerb des Gaswerkareals zugestimmt. Mit dem Kauf des ehemaligen Industriegeländes von Energie Wasser Bern eröffnet sich für die Stadt Bern die Chance, in zentrumsnaher Lage neuen Wohn-, Dienstleistungs- und Gewerberaum zu schaffen. Das Gaswerkareal ist neben dem Viererfeld/Mittelfeld eines der bedeutendsten Entwicklungsgebiete der Stadt Bern.

Das Areal enthält Altlasten im Untergrund, die saniert werden müssen. Die Beschwerden zur Altlastensanierung wurden 2019 durch das Verwaltungsgericht abgewiesen. Die Altlastensanierung wird durch ewb durchgeführt.

### 2.2 Verkehrliche Situation

Für das Vorhaben ist mit einer erhöhten Anzahl von Lastwagenfahrten sowohl für den Abtransport von kontaminiertem Material, wie auch für die Wiederauffüllung mit sauberem Material zu rechnen.

Zusammen mit dem Tiefbauamt der Stadt Bern wurden verbindliche Transportrouten und –zeiten definiert. Dabei wird zwischen der intensiven Bauphase (nur für Wiederauffüllung) und der weniger intensiven Bauphase (für Aushub und Wiederauffüllung) unterschieden. Die Phasen unterscheiden sich in den Vorgaben bezüglich Verkehrsaufkommen, Routenwahl und Transportzeiten.

Zudem ist vorgesehen, die Fahrten mittels GPS-Trackern aufzuzeichnen und mit entsprechender Software auszuwerten. Dabei soll festgehalten werden, wo sich welches Transportfahrzeug, zu welchem Zeitpunkt befindet. Die Auswertung erfolgt durch eine unabhängige Drittfirma (bauseits).

Detaillierte Angaben zu den Vorgaben bezüglich Transportrouten und erlaubten Transportzeiten sind im Verkehrskonzept und im Monitoring Baustellenverkehr festgehalten.

Gemäss bewilligtem Bauprojekt ist die Zufahrt auf das Baustellenareal unmittelbar südlich der Gasdruck-Station vorgesehen. Die dazu notwendigen baulichen Anpassungen werden im Zuge der Vorbereitungsarbeiten ausgeführt. Zudem ist die Einrichtung einer Wartezone für Lastwagen an der westlichen Seite der Sandrainstrasse vorgesehen.

Momentan wird noch die Verschiebung der Baustellenzufahrt nach Norden, unter die Monbijoubücke, geprüft. Die Verschiebung hätte den Vorteil, dass die Transporte auf der Sandrainstrasse verkürzt werden und zudem die Wartezone für die Lastwagen auf das Baustellenareal verlegt werden könnten. Die Verschiebung bedingt jedoch ein Projektänderungsgesuch, welches öffentlich aufgelegt werden muss. Im Falle von Einsprachen wird das Projektänderungsgesuch zurückgezogen.

Unabhängig der definitiven Lage wird nach Beendigung der Bauarbeiten die Zufahrt voraussichtlich komplett zurückgebaut und der ursprüngliche Zustand wiederhergestellt.

### **2.3 Geologie**

Im Perimeter der geplanten Baugrube bilden künstlichen Auffüllungen mit einer Mächtigkeit von einigen Metern den oberen Abschluss. Die ehemaligen Gaswerkgebäude, welche sich im Perimeter der Baugrube befanden, wurden zu einem früheren Zeitpunkt lediglich bis OK-Terrain rückgebaut. Unterirdisch erstellte Gebäudeteile, Fundamente, Leitungen, Becken etc. sind noch vorhanden. Die Hohlräume wurden teilweise mit Rückbaumaterial (vermischt mit Aushub) verfüllt.

Darunter folgen kiesig-sandige Schotterablagerungen (Aareschotter) und ab einer Tiefe von 6 bis 12 m u.T. eine mächtige Abfolge aus meist feinkörnigen glazialen Ablagerungen (Moräne, glaziale Seeablagerungen, Schlammoräne und fluvioglaziale Schotter). Der Molassefels wurde, wie eine frühere Spülbohrungen südlich der heutigen Gaskessel zeigt, erst in einer Tiefe von ca. 266 m unter Terrain erreicht.

In den diversen geologischen Berichten ist eine Vielzahl an Bohrprofilen enthalten.

### **2.4 Hydrogeologie**

Die Aareschotter bilden den Grundwasserleiter, der eine Mächtigkeit von ca. 6 – 12 m aufweist. Als Grundwasserstauer fungieren die tieferliegenden, feinkörnigen glazialen Ablagerungen. Jedoch zirkuliert in diesen Ablagerungen lokal Grundwasser

(insbesondere in sandigen und kiesigen fluvioglazialen Ablagerungen bzw. Rin-  
nen), welches gespannte Verhältnisse aufweisen kann.

Das Grundwasser in den Aareschottern fliesst in Richtung Osten bis Norden mit ei-  
nem Gefälle von 1 – 2%. Der Flurabstand beträgt ca. 1 – 1.5 m. Gemäss [12] wird  
für die Aareschotter von einer Durchlässigkeit von  $k = 9 \times 10^{-4}$  m/s und für die glazi-  
alen Ablagerungen von  $k = 7 \times 10^{-5}$  m/s ausgegangen, wobei für fluvioglaziale Ab-  
lagerungen (Schotterrinnen) deutlich höhere Durchlässigkeiten (vergleichbar mit je-  
nen der Aareschottern) angenommen werden. Der Druckwasserspiegel des unte-  
ren Grundwasserleiters liegt ca. 1 m u. T., wobei leicht artesische Verhältnisse  
nicht ausgeschlossen werden können.

Gemäss [12] ist von folgenden Grundwasserspiegeln in den Aareschottern auszu-  
gehen:

- Mittlerer Grundwasserspiegel MGW: 501.7 m ü. M
- Hoher Grundwasserspiegel HGW: 502.2 m ü. M.

Detailliertere hydrogeologische Angaben finden sich im Entwässerungskonzept [1].

## **2.5 Altlasten**

In der Kernzone 1 (= vorliegendes Projekt) befanden sich diejenigen Gebäude und  
Anlagen des Gaswerkes, welche ein hohes bis sehr hohes Gefährdungspotential  
besitzen: z.B. Teer- und Ammoniakwasser-Gruben, Ammoniankanlage, Gasreini-  
geranlagen etc.

Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen wurde zusammenfassend festgestellt  
(nicht abschliessend; es wird auf die Berichte [1], [8], [9], [10], [11] verwiesen):

- In vielen Sondierungen wurden Gebäudeteile der alten Anlagen festge-  
stellt. Die ehemaligen Teer- und Ammoniakwassergruben sind ebenfalls  
noch vorhanden und wurden mit Bauabfällen sowie Aushubmaterial ver-  
füllt. Es ist nicht bekannt ob noch Teeröl in Phase vorhanden ist.
- Die alten Werk- und Produkteleitungen des ehem. Gaswerkes sind zumin-  
dest teilweise ebenfalls noch vorhanden.
- In vielen Bereichen wurden künstliche Auffüllungen mit Gaswerkabfällen  
(Schlacke- und Kohlereste, Teeröl, Bauschutt) festgestellt. Dieses Material  
ist chemisch wenig (Typ B) bis sehr stark verschmutzt (Typ S). Die Ver-  
schmutzung ist hauptsächlich auf PAK und KW C10-C40 zurückzuführen.

Lokal wurden aber auch erhöhte Gehalte für Schwermetalle (Arsen, Blei) und aromatische KW (BTEX) festgestellt.

- Im nordöstlichen Teil des Sanierungsperimeters (sog. Hotspot) reicht die sehr starke Verschmutzung (Typ E und grösser) lokal bis rund -11 m u.T. Hier handelt es sich in erster Linie um Teeröl(-Schlämme), welche vertikal durch die durchlässigen Aareschotter bis in den Nahbereich des Grundwasserstauers versickert sind und durch sehr hohe PAK- und B(a)p-Konzentrationen charakterisiert sind.

## 2.6 Werkleitungen

Für das Projekt müssen diverse Werkleitungen umgelegt werden. Gemäss Werkleitungskonzept war vorgesehen, dass diese für eine Betriebsdauer von 5 Jahren ausgelegt werden. Da aber eine allfällige Folgenutzung des Areals und die damit im Zusammenhang stehenden Termine nicht abschliessend geklärt sind, werden die Leitungen gemäss Vorgaben und Normen für «definitive» Leitungen geplant und erstellt. Details zur Leitungsführung, Grabenprofile und Dimensionierungen können den Planbeilagen zur Submission (Dokumente B24) entnommen werden.

Elektroleitungen: Dies betrifft die Versorgung der Gebäude Sandrainstrasse Nr. 17 (ehemalige Direktorenvilla), 19 (Gasdruck-Station) und 25 (Jugendzentrum). Die genaue Leitungsführung auf dem Areal ist nicht bekannt. Um die Versorgungssicherheit der Liegenschaften zu gewährleisten, werden vor den Spundwandaarbeiten alle Liegenschaften neu erschlossen. Die Erschliessung erfolgt pro Liegenschaft mit einem separaten Rohr, jeweils ab der Trafostation TS 3004 Gaswerk.

Wasserversorgung: Betroffen ist einerseits die Löschwasserversorgung, wie auch die Versorgung der beiden Liegenschaften Nr. 17 und 25. Die bestehenden Leitungen werden durch die Spundwandaarbeiten / die Baugrube tangiert und werden vorgängig umgelegt. Die Erschliessung erfolgt ab der bestehenden Wasserleitung beim Arealzugang auf Höhe der Liegenschaften 15 und 17.

Gasversorgung: Hier ist ebenfalls die Versorgung der Liegenschaften 17j und 25 betroffen. Zumindest bei der Liegenschaft Nr. 25 ist bekannt, dass auch zum Kochen Gas gebraucht wird. Die Versorgung ist daher auch in den warmen Monaten sicherzustellen. Analog zum Wasser werden die Leitungen durch die Spundwandaarbeiten / die Baugrube tangiert und werden vorgängig umgelegt. Die Erschliessung erfolgt ab der bestehenden Gasleitung beim Arealzugang auf Höhe der Liegenschaften 15 und 17.

Abwasserentsorgung: Die bestehende Abwasserleitung des Jugendzentrums wird durch die Spundwandarbeiten / die Baugrube tangiert und muss umgelegt werden. Der Anschlusspunkt an die bestehende Leitung wird so gewählt, dass der geschützte Garten der ehemaligen Direktorenvilla nicht tangiert wird. Dies hat zudem den Vorteil, dass der bestehende Pumpenschacht im Garten der ehemaligen Direktorenvilla nicht ersetzt werden muss. Die neue Abwasserleitung des Jugendzentrums wird, wie die bestehende Leitung, das Mindestgefälle von 2% unterschreiten. In Bezug auf das Leitungsgefälle ergibt sich also keine Änderung des heutigen Zustandes.

Bei weiteren durch die Bauarbeiten betroffenen Kanalisationsleitungen (z.B. für die Platzentwässerung) auf dem Areal wird mit örtlichen Massnahmen die Funktionalität aufrechterhalten.

## **2.7 Oberflächengewässer**

Der Projektperimeter liegt in unmittelbarer Nähe zur Aare. Dem Gewässerschutz wird während der Bauphase entsprechend Beachtung geschenkt. Im Speziellen zu beachten sind die Auflagen Fischerei und Gewässerschutz aus dem Gesamtbauentscheid.

### **Auflagen Fischerei**

- 1) Den Ausführungen des Merkblatts «Fischschutz auf Baustellen» ist vor Baubeginn und während der Bauphase Folge zu leisten.
- 2) Sämtliche Bauinstallationen sind nach Abschluss der Sanierungsarbeiten vollumfänglich zurück zu bauen
- 3) Es dürfen keine zusätzlichen Anlagen und/oder Installationen über und an der Aare erstellt werden.
- 4) Die Einleitung von kontaminiertem Baustellenwasser in die Aare ist nicht gestattet
- 5) Das in die Aare eingeleitete Sickerwasser ist betr. Einhaltung der Einleitbedingungen zu überwachen

### **Auflagen Wasserbaupolizei:**

- 1) Die Bauherrschaft muss die Einleitung bei Bedarf mit dem Hochwasserschutzprojekt der Staat Bern absprechen und koordinieren.
- 2) Die Entfernung von Gehölzen hat sich auf das absolut nötige Minimum zu beschränken. Gerodete Gehölze sind zum Abschluss der Bauarbeiten gleichwertig mit einer Artenreichen Garnitur einheimischer, standortgerechter Laubbäume und Sträucher zu ersetzen.

- 3) Der Auslauf in die Aare ist in einem Winkel von ca. 45° zur Fließrichtung zu verlegen und über dem Niedrigwasserspiegel anzuordnen. Der Rohrauslauf ist dem Böschungsprofil anzupassen und mit dem gleichen Material wie der anstehende Böschungsverbau zu sichern. Als Rohrauslauf ist ein Betonrohr zu verwenden. Bei Bedarf ist im Bereich des Auslaufes ein Kolkschutz mit Natursteinblöcken zu erstellen. Die Einleitung in die Aare ist so zu gestalten, dass bei Hochwasser keine Schäden infolge Rückstaus entstehen können.

### **3. Projektbeschreibung / Bauablauf**

Es ist folgender, grobe Bauablauf für die Altlastensanierung vorgesehen. Die Auflistung ist nicht abschliessend und die Reihenfolge einzelner Arbeitsschritte kann nach Absprache zwischen Unternehmer und Bauleitung variieren bzw. angepasst werden:

- 4) Installation Unternehmer
- 5) Pisten für Rodung und Spundwand
- 6) Installation Wasseraufbereitungsanlage und Bau temporäre Ableitungen (Kanalisation, Aare). Die Anlage wird bereits für die Werkleitungsumlegung gebraucht.
- 7) Rodung und parallel dazu Verlegung Werkleitungen
- 8) Installation Bauwand und Zufahrt Baustelle
- 9) Voraushub Spundwand, Rammversuche und Einbringen Spundwandbohlen inkl. Erstellung / Einbringung Fundamente für Zelte
- 10) Ausführung Filterbrunnen für Wasserhaltung oberer Grundwasserleiter und Leitungsführung (grosskalibrige Filterbrunnen)
- 11) Zelt aufstellen und Inbetriebnahme Zelt (Schleusen, Abluftanlage, Radwaschanlage) → parallel dazu Grundwasserabsenkung (etappiert, gem. vorgesehenen Aushubkoten)
- 12) Voraushub und Ausführung Versuchsanker
- 13) In Etappen:
  - a. Vorfelderkundung
  - b. Baugrubenaushub / Einbringen 1. Ankerlage;
  - c. Weiterer Aushub bis auf provisorische Aushub- bzw. Zielkoten:
    - südwestlicher Bereich -1.5 u.T.
    - zentraler Bereich -5.0 m u.T.

- Erstellung Kleinfiterbrunnen und Absenkung unterer Grundwasser-Leiter.
- nordöstlicher Bereich (Hotspot) -7.0 m u.T. (inkl. Einbringen 2. Ankerlage).
- 14) Austauschbohrungen im nordöstlichen Bereich (-7.0 m bis -11.0 m u.T.)
- 15) Rückfüllung mit oder ohne Option Dükerbau (die Rückfüllung kann dem Bauablauf angepasst bereits früher beginnen). Details zur Rückfüllung siehe Dokument B19, Konzept Rückfüllung.
- 16) Während der Rückfüllung die Wasserhaltung herunterfahren und die Anker entspannen (Ausbau freie Ankerlänge)
- 17) Auffüllen bis OK Terrain inkl. Erstellung Pisten
- 18) Rückbau Zelt
- 19) Rückzug Spundbohlen + Rückfüllung Brunnen
- 20) Entfernung und Rückbau sämtlicher temporärer Installationen
- 21) Instandstellung

**Es wird hier explizit darauf hingewiesen, dass die Mehrzahl der Baumassnahmen unter einer Einhausung (z.B. Zelt) ausgeführt werden müssen.** Es muss davon ausgegangen werden, dass auch die Rückfüllung zumindest teilweise unter der Einhausung ausgeführt werden muss. **Die entsprechenden Einschränkungen bezüglich Arbeitssicherheit, Arbeitshöhe, Fundamente Einhausung etc. sind einzuplanen und einzurechnen.**

Die einzigen Arbeiten, die nach heutigem Kenntnisstand ohne Einhausung ausgeführt werden dürfen, sind:

- Installations- und Vorbereitungsarbeiten
- Rodung
- Verlegung Werkleitungen
- Vorsondierung und Einbringen Spundwandbohlen
- Ausführung Brunnen für Grundwasserabsenkung
- Verlegung Leitungen für Ableitung Pumpwasser
- Rückzug Spundwandbohlen
- Instandstellung

### **3.1 Vorbereitungsarbeiten**

In der Vorbereitungsphase werden die Baustelleinstallationen vorgenommen, Rondungen durchgeführt, Zäune und Tore rückgebaut sowie Bohrungen für Piezometer erstellt bzw. bestehende Bohrungen geschützt. Sämtliche Grundwassermessstellen im und um den Sanierungsperimeter sind durch den Unternehmer in geeigneter Form zu schützen und müssen für die Fachbauleitung zu jedem Zeitpunkt zugänglich sein.

Auf der Nordseite des Sanierungsperimeters wird der Zwischendepot- und Installationsplatz (Fläche von rund 4'000 m<sup>2</sup>) vorbereitet.

### **3.2 Altlastensanierung**

Wie einleitend erwähnt, ist das finale Ziel der Altlastensanierung eine Verbesserung der Grundwasserqualität im Abstrom des Gaswerkareals. Dies soll durch einen Quellenstopp respektive die Dekontamination der Kernzone 1 erreicht werden.

Zur Erarbeitung des Sanierungsprojektes wurden umfassende Untersuchungen durchgeführt (Berichte [1], [8], [9], [10], [11]). Vor dem Aushubbeginn werden der Baugrubenabschluss mit rückverankerten Spundwänden erstellt (vgl. Kap. 3.2.4) und Filterbrunnen mit dem Grossbohrgerät gebaut. Die grosskalibrigen Filterbrunnen dienen der Baugrubenentwässerung. Die kleinkalibrigen Filterbrunnen dienen insbesondere der Entwässerung der glazialen Ablagerungen und der Verhinderung eines hydraulischen Grundbruchs (vgl. Kap. 3.4).

#### **3.2.1 Zelt / Einhausung - Emissionsschutz**

Durch den offenen Aushub kommt es zu starken Geruch- bzw. Staubemissionen. Ausgasungen und die Verfrachtung von PAK-haltigem Material können für das Wohngebiet und für das viel genutzte Freizeitgebiet eine starke Belästigung darstellen. Die Umgebung wird deshalb mit einer Einhausung der Baugrube und des Zwischenlagerplatzes vor Geruchsbelästigungen geschützt. Die Luft aus dem Schwarzbereich (Sanierungsperimeter) wird zusätzlich abgesaugt (Unterdruck) und über einen Staub- und Aktivkohlefilter gereinigt. Der Zugang der Maschinen und Lastwagen sowie für Personen erfolgt über eine Schleuse. Innerhalb des Zeltes ist ein erhöhter Arbeitsschutz erforderlich. Dies kann zwar zu gelegentlichen Verzögerungen und Einschränkungen während der Aushubphase führen (z.B. Arbeitshöhe). Mit einer Einhausung der Baugrube werden die Emissionen aus der

Baugrube so gering wie möglich gehalten. Zudem kann auch bei schlechten Witterungsverhältnissen (Regen) eine kontinuierliche Aushubarbeit ohne Unterbruch gewährleistet werden.

Die Zelte sollen so angeordnet werden, dass sowohl der Sanierungsperimeter (Baugrube) wie auch der Zwischendepot- und Installationsplatz gemeinsam überdacht sind (mögliche Anordnung der Zelte vgl. Plan B24 Nr.301, Baustelleninstallation). Dies hat den Vorteil, dass sämtliche Zwischentransporte innerhalb des eingehausten Bereiches stattfinden. Die Einhausung ist zeitlich so einzuplanen, dass sämtliche notwendigen Arbeitsschritte gemäss Kap. 3 unter Zelt ausgeführt werden können. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass der Zugang und die Ausführung für die Austauschbohrungen im nordöstlichen Bereich gewährleistet ist (Arbeitshöhe; vgl. Kap. 3.2.3.3).

**Weitere Spezifikationen und Anforderungen an die Einhausung:**

- Die Einhausung darf zu keiner Zeit mit Werbung in irgendeiner Form versehen werden. Dies schliesst Eigenwerbung für den Baumeister oder einer seiner Subunternehmer mit ein.
- Die Dachform ist grundsätzlich frei wählbar, es ist aber einzuhalten:
  - o die maximale Traufhöhe von 7 m
  - o die maximale Firsthöhe von 15 m
- Die Abmessungen der Einhausungen sind dem Unternehmer freigestellt. Sie müssen aber folgende Bedingungen erfüllen:
  - o Der Hotspot-Bereich (ab -7 m unter OK-Terrain) wird mit verrohrten Austauschbohrungen saniert (siehe Kap. 3.2.3.3 und Anhang 2). Die Abmessung des Zeltes (der Zelte) ist so zu wählen, dass dies möglich ist und der Unternehmer in der Höhe und aufgrund von Zeltfundationen nicht behindert wird.
  - o Die Fundationen und Verankerungen der Zelte müssen so ausgestaltet sein, dass sie dem Sanierungsvorhaben Rechnung tragen. Insbesondere ist auf die Lage der Austauschbohrungen zu achten und die geplante Aushubkote von -7 m und anschliessende Austauschbohrungen bis -11 m. Nach Abschluss der Arbeiten müssen die Fundationen wieder entfernt werden.

- Sämtliche Aushub und Sanierungsarbeiten müssen in einem Zelt mit Unterdruck und Abluftreinigung durchgeführt werden (Schwarzbereich).
- Stand heute muss auch die Rückfüllung unter Zelt erfolgen. Das Zelt darf erst nach Freigabe durch die Bauleitung entfernt werden.
- Verschmutztes Material, welches für die Rückfüllung verwendet werden darf (Grenzwerte gem. VVEA Anhang 3 Ziffer 2 eingehalten), muss in einem Zelt zwischengelagert werden und vor Winderosion geschützt werden.
- Verschmutztes Material (Grenzwerte gem. VVEA Anhang 3 Ziffer 2 überschritten) darf nicht im Zwischenlager abgelagert werden (sofern der Unternehmer dieses nicht im Unterdruck betreibt).
- Stark verschmutztes Material (Typ E und Typ S gem. VVEA) darf den Schwarzbereich nur in luftdichten Containern (in Bezug auf Geruch) verlassen.
- Der Übergang von Schwarz- zu Weissbereich (Personen, Material und Fahrzeuge) hat via eine Schleuse zu erfolgen.
- Für Personen sind zwei separate Schleusen einzurichten (Männer und Frauen getrennt).
- Die Einhausungen müssen die statischen Anforderungen nach den SIA Normen erfüllen (insb. auch SIA 261 und 263). Dies gilt insbesondere für allfällige Schnee-, Wind- und Anpralllasten.
- Abdeckungen (Dach und Wände) sind luft- und wasserdicht auszubilden (Unterdruck).
- Das Niederschlagswasser ist oberirdisch mit geeigneten Mitteln zu fassen und in die Aare zu leiten (siehe auch Entwässerungskonzept, Dokument Nr. B18). Bei Starkniederschlägen ist mit grossen Wassermengen zu rechnen.
- Es sind Wintermassnahmen vorzusehen (z.B. Heizung gegen Schneelasten).

## **Abluft**

- Die Dichtigkeit der Einhausungen hat derart ausgebildet zu sein, dass die Abluftventilatoren einen Unterdruck erzeugen können, so dass die stau-bige Luft und Gerüche abgesaugt werden können und nicht seitlich oder oben austreten. Diese Dichtigkeitsanforderung gilt selbstredend auch zwi-schen den einzelnen Einhausungen.
- Durch natürliche oder künstliche Lüftung ist dafür zu sorgen, dass die Zu-sammensetzung der Raumluft nicht gesundheitsgefährdend ist und dass keine Brand- oder Explosionsgefahr besteht. Siehe SECO-Wegleitung zu Art. 16ArGV 3.
- Die Abluft aus der Einhausung ist über einen Staub- und Aktivkohlefilter zu reinigen.
- Ferner muss die Lüftungsanlage folgende Eigenschaften aufweisen:
  - o Konstante Belüftung während des Aushubs, um diffuse Emissio-nen zu vermeiden (Unterdruck im Hauptraum und Schleuse).
  - o Es ist ein Betrieb der Abluftanlage von 24 h pro Tag, 7 Tage die Woche während der gesamten Sanierung vorgesehen (ausser Wartungsarbeiten).
  - o Die Filteranlage muss für Schadstoffe staubgebunden, dampf- und gasförmig ausgelegt sein. Es werden folgende Schadstoffe erwar-tet: PAK, BTEX, KW, CN, Schwermetalle.
  - o Der Unternehmer ist selber für die Kontrolle und Überwachung sei-ner Filter zuständig (Überladung, Durchbruch, Verstopfung etc.). Inkl. der dafür notwendigen Messungen, Überwachungs- und Alar-mierungssysteme.
  - o Die Unterdruckanlage muss so ausgelegt sein, dass im Schwarz-bereich ein Luftwechsel von mindestens 1 x pro Stunde stattfindet und dass im Zelt ein Unterdruck herrscht. Auch muss mit der An-lage der gesamte Schwarzbereich effizient entlüftet werden (Kurz-schluss, Gasseen etc.). Zusätzlich soll ein gezieltes Absaugen im direkten Arbeitsbereich (z.B. mit Lutten) möglich sein.

- Feste Zu- und Abluftkanäle mit der Möglichkeit, die Luftwechselraten in sensiblen Arbeitsbereichen (Schleuse) und bei Orten mit höheren Emissionen anzupassen.
- Technische Massnahmen zur Überwachung und Regulierung des Durchflusses von Abgasen resp. des Unterdruckes gemäss den Bedingungen mit Alarmsystem im Falle einer Störung.
- Liegt der Nachweis vor, dass die Werte der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) bzw. die Grenzwerte gemäss Luftreinhalteverordnung (LRV) überschritten werden, ist mit verstärktem Absaugen von Luft - mit Reinigung über Aktivkohlefilter – zu korrigieren. Bei Bedarf sind zusätzlich Benebelungsanlagen einzurichten.

### **Beleuchtung**

Im Zelt müssen ausreichende Sichtverhältnisse einerseits durch Tageslicht und andererseits durch entsprechende künstliche Beleuchtung gewährleistet sein. Bei Stromausfall muss die Beleuchtung der Fluchtwege und Türen durch ein Sicherheitsbeleuchtungssystem gewährleistet sein.

### **Schleuse**

Die Einteilung in eine schwarze Zone und eine weisse Zone des Baugrubenzeltes ist aus baulicher Sicht, aber auch in Bezug auf das Luftmanagement von wesentlicher Bedeutung. Das Ein- und Schleusen in und aus der schwarzen Zone soll nur über eine Schwarz-Weiss-Zonenübergangsanlage erfolgen, die für diese Zwecke ausgelegt ist:

- Weiss-Zone: Anwesenheit und Arbeiten ohne Atemschutz möglich (Büros, Garderoben, sanitäre Einrichtungen, etc.). Das Wechseln und Aufbewahren der Zivil-Kleidung hat in der Weiss-Zone zu erfolgen.
- Schwarze-Zone: Schadstoffe aus dem Material, aus Fahrzeugen und generell Partikel können in Konzentrationen vorhanden sein, die besondere Schutzmassnahmen erfordern. Der Kreis der Personen, die Zugang zur Schwarz-Zone haben, ist auf eine Anzahl von Personen mit bestimmten Funktionen zu beschränken (insbesondere das Betriebspersonal) und so klein wie möglich zu halten. Diese Personen müssen unterwiesen und adäquat geschützt sein.

- Die Personenschleusen (mind. 2 Stk, getrennt für Mann und Frau) erfüllen mindestens folgende Anforderungen;
  - o 2 Kammern: Kammer 1 (von Weiss-Bereich kommend) = ablegen Strassenkleidung. Kammer 2 = Anziehen Baustellenkleidung und PSA. Die Baustellenkleidung muss vor Betreten der Kammer 1 abgezogen werden
  - o Dusch- und Waschgelegenheit.
  - o Gute Durchlüftung
  - o beheizt
  - o Regelmässige Reinigung durch Unternehmer
  
- Die Fahrzeugschleusen müssen mindestens folgende Anforderungen erfüllen:
  - o Gewährleistung Unterdruck im Schwarzbereich (z.B. 2-Door-System).
  - o Verhinderung Freisetzung / Verschleppung kontaminiertes Material
  - o Falls notwendig Reinigungsmöglichkeit für Geräte, Fahrzeuge und Mulden. Geräte, Fahrzeuge und Mulden, die den Schwarzbereich verlassen müssen oberflächlich sauber sein.
  - o Genügend dimensioniert für die vom Unternehmer vorgesehenen Geräte (z.B. Bagger, Bohrgeräte, Transportgeräte etc.).
  - o Sämtliches belastete Material aus dem Schwarzbereich muss den Schwarzbereich via die Schleuse verlassen.

Weitere Anforderungen an die Einhausungen sind im Dokument Emissions- und Immissionsprognose (Beilage B2) festgehalten.

### 3.2.2 Abwasserbehandlungsanlage

Sämtliches Pumpwasser aus der temporären Grundwasserabsenkung muss vor der Entsorgung auf den Schadstoffgehalt überprüft werden. Vom zuständigen AWA wurden die numerischen Qualitätsanforderungen an die abgeleiteten Baustellenabwässer nach Anhang 3.2 der Gewässerschutzverordnung (GSchV) vom 28. Oktober 1998, Ziff. 1 Abs. 6 wie folgt als Grenzwerte festgelegt:

#### Einleitung in die Aare

- Benzol	0.01 mg/l
- BTEX ges.	10 mg/l
- Benzo(a)pyren	0.05 µg/l
- PAK (Σ16 EPA)	0.1 mg/l

#### Einleitung in die Schmutzabwasserkanalisation (ARA)

- Benzol	0.1 mg/l
- BTEX ges.	20 mg/l
- Benzo(a)pyren	5 µ/l
- PAK (Σ16 EPA)	1 mg/l

Des Weiteren gelten die numerischen Qualitätsanforderungen nach Anhang 3.2 der GSchV als Grenzwerte. Die Qualitätsanforderungen dürfen nicht durch Verdünnen oder Vermischen mit anderem Abwasser erreicht werden.

Sämtliches Pumpwasser aus der temporären Grundwasserabsenkung soll zumindest in der Anfangsphase über eine Abwasserbehandlungsanlage geführt werden. Das gereinigte Pumpwasser ist bis zur Freigabe durch das AWA in die Schmutzabwasserkanalisation abzuleiten. Nach Freigabe durch das AWA kann das Pumpwasser allenfalls direkt in die Aare geleitet werden (mit oder ohne Vorbehandlung).

Für weitere Details zur Abwasserbehandlungsanlage wird auf das Entwässerungskonzept [1] verwiesen.

### 3.2.3 Dekontamination und Auffüllung

#### 3.2.3.1 Schadstoffe in bestehenden Anlagen

Wie bereits erwähnt, wurden die bestehenden Gebäude bis OK-Terrain rückgebaut. Unterirdische Gebäudeteile (Keller, Becken, Leitungen etc.) sind noch vorhanden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass noch Schadstoffe in Form

von Gaswerkabfällen (z.B. mit Teeröl gefüllte Becken / Leitungen) oder Gebäudeschadstoffen (Asbest, PAK-Haltige Isolationen) vorhanden sind. Auch ist nicht gesichert, ob es auf dem Areal noch gefüllte Tanks hat (z.B. Öltanks).

Bezüglich Leistungsverzeichnis, Ausmass, Rückbau, Triage und Ausführung im Bereich der unterirdischen Gebäudeteile ist folgendes Vorgehen vorgesehen:

- Aushub Leitungsgräben / Spundwandvoraushub: Der Rückbau (Betonmauern Fundamente etc.) ist gesondert auszumessen; Vergütung nach effektivem Ausmass. Transport und Entsorgung nach Waagschein.
- Aushub Baugrube 0 bis ca. 3.0 m Tiefe: Die Leistungen für den Triageaushub, den Triagerückbau der Bauteile des ehem. Gaswerkes und sämtliche Zwischentransporte sind in den Einheitspreis für die Triageleistung einzurechnen (Pos 216.412.131). Die Verrechnung erfolgt nach m<sup>3</sup> fest. Das Ausmass wird folgendermassen bestimmt: Vermessung Ausgangszustand (OK Terrain) und Baugrubensohle nach Entfernung Fundamente (Vermessung in Etappen) = Aushubvolumen. Transport und Entsorgung nach Waagschein.
- Aushub Baugrube ab ca. 3.0 m Tiefe: Die Leistungen für den Triageaushub und sämtliche Zwischentransporte sind in den Einheitspreis für die Triageleistung einzurechnen (Pos 216.412.132). Die Verrechnung erfolgt nach m<sup>3</sup> fest. Das Ausmass wird folgendermassen bestimmt: Vermessung Ausgangszustand (UK Fundamente) und Baugrubensohle nach Erreichung Sanierungsziel resp. Freigabe Sohle durch GEOTEST AG (Vermessung in Etappen) = Aushubvolumen. Transport und Entsorgung nach Waagschein.
- Über den genauen Aufbau und Zustand der noch im Boden verbliebenen Bauteile des alten Gaswerkes liegen keine vollständigen Angaben vor. Es ist aber bekannt, dass die ehemaligen Gebäude nur oberflächlich rückgebaut und die Keller mit Bauschutt und Abfällen verfüllt wurden. Sämtliche vorliegenden Informationen sind in den Submissionsunterlagen vorhanden. Für das Leistungsverzeichnis wurde von einer durchschnittlichen Tiefe der UK Gebäude (Bodenplatten, Fundamente, Leitungen) von 3 m ausgegangen. Wesentliche Abweichungen in der Tiefe nach Unten oder Oben können nicht ausgeschlossen werden. Der Unternehmer ist verpflichtet, die Bauleitung aufzubieten, sobald die UK Bodenplatte / Fundament erreicht wird, damit die entsprechende Kote ausgemessen werden kann. Zudem ist die Bauleitung aufzubieten, sobald sich abzeichnet, dass Bauteile wider Erwarten deutlich tiefer reichen als angenommen.

In den Submissionsunterlagen sind Positionen vorgesehen, für das Abpumpen von flüssigen Gaswerkabfällen aus Absetzbecken und dergleichen. Flüssiges Teeröl ist durch den Unternehmer auf geeignete Weise zu konditionieren, dass es «stichfest» ist, bevor es entfernt wird.

Beim Antreffen von Tanks ist die Bauleitung aufzubieten und durch diese den Inhalt der Tanks untersuchen zu lassen. Allfällige Massnahmen werden auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse eingeleitet.

Eine Untersuchung der unterirdischen Gebäudeteile auf Gebäudeschadstoffe ist nicht vorgesehen. Es wird davon ausgegangen, dass die vorgesehenen Schutzmassnahmen in Bezug auf die Altlastensanierung (Zelt im Unterdruck, PSA) ausreichend sind, um allfällig vorhandene, asbesthaltige Fliesen, Verputze etc. mit dem Bagger Rückbauen zu können. Sieht der Unternehmer diesbezüglich Erschwernisse, Mehraufwände oder zusätzliche PSA, sind diese in die Position für Erschwernisse beim Aushub einzurechnen (Erschwernisse aufgrund von unterirdischen Bauteilen). Sollte im Hinblick auf die Entsorgung eine Untersuchung einzelner Bauteile auf Gebäudeschadstoffe sinnvoll sein, werden die entsprechenden Untersuchungen und Massnahmen durch die Bauleitung veranlasst.

Zurzeit wird davon ausgegangen, dass die noch vorhandene Bausubstanz (Wände, Bodenplatten und Kellerfüllungen) verschmutzt ist (Gaswerkbetrieb). Analysen liegen aber keine vor. Das Material wird nach organoleptischen Kriterien triagiert und im Zuge der Ausführung beprobt. Die Entsorgung erfolgt auf Grundlage der Analyseresultate.

### **3.2.3.2 Südwestlicher und zentraler Bereich**

Massgebend für die Dekontamination dieser Bereiche bzw. Flächen ist der Bericht «Aushub- und Entsorgungskonzept» vom 09.06.2017 [8]. Das darin enthaltene Entsorgungskonzept wurde mit dem Gesamtbauentscheid [6] bewilligt.

Bezüglich Ablauf und Etappierung der Arbeiten werden von der Bauherrschaft keine zwingenden Vorgaben gemacht. Der Unternehmer ist grundsätzlich frei in der Planung der einzelnen Aushub- und Auffüllungsetappen, solange das Bau- und Terminprogramm eingehalten wird und die einzelnen Etappen der Wasserhaltung angepasst werden (Ziel: gepumpte Wassermenge möglichst tief halten). Das definitive Vorgehenskonzept muss aber frühzeitig mit der Bauleitung abgesprochen und von dieser genehmigt werden.

Folgende aktuellen Aushub- bzw. Zielkoten sind geplant (vgl. Anhang 1):

**Südwestlicher Bereich: -1.5 m u.T**

**Zentraler Bereich: -5.0 m u.T.**

Jeweils spätestens 14 Tage im Voraus ist im geplanten Aushubbereich eine Vorfelderkundung mittels Baggerschlitzten und/oder Kurzkernbohrungen zu planen und durchzuführen. Für die Vorfelderkundung wird ein Baustellenraster über den Aushubbereich gelegt (Maschengrösse 20 m x 20 m). Die Absteckung der Sondierpunkte erfolgt durch den Unternehmer nach Vorgaben der Bauleitung. Die Vorfelderkundung erfolgt unter Anleitung der Altlasten-Fachperson der GEOTEST AG. Aus jeder Sondierung werden durch die GEOTEST AG schichtbezogene Proben für chemische Analysen entnommen. Nach Eintreffen der Analysenresultate (rund 7 Arbeitstage) werden die Daten ausgewertet und Aushubpläne zu Händen des Unternehmers erstellt. Ziel ist es, das Aushubmaterial anschliessend möglichst direkt auf Transportmittel zu laden und direkt dem korrekten Entsorgungsweg zuzuführen. Nur unverschmutztes (Typ A) und schwach verschmutztes Material (Typ T) soll, sofern geeignet, vor Ort zwischengelagert werden.

Nach Entfernung des belasteten Materials werden durch die GEOTEST AG Flächenmischproben zum Nachweis der erfolgten Dekontamination entnommen. Nach Eintreffen der Analysenresultate (rund 7 Arbeitstage) werden die Daten ausgewertet und die entsprechenden Flächen entweder für die Rückfüllung freigegeben (= Sanierungsziel erreicht) oder aber es muss ein zusätzlicher Materialabtrag nach Vorgaben der GEOTEST AG erfolgen (= Sanierungsziel nicht erreicht). Dieser Vorgang wird wiederholt, bis das Sanierungsziel auf der Sohle erreicht ist (= Typ B). Dies bedeutet, dass die definitive Aushubkote für den südwestlichen und den zentralen Bereich während der Ausführung von obiger Prognose abweichen können.

### **3.2.3.3 Nordöstlicher Bereich (Hotspot)**

#### **Etappe 1: Aushub auf -7.0 m u.T.**

Für die Etappe 1, den flächigen Aushub bis auf -7.0 m u.T., gelten dieselben Rahmenbedingungen und dasselbe generelle Vorgehen wie für den südwestlichen und den zentralen Bereich (vgl. Kap. 3.2.3.1), mit der Ausnahme, dass der Bereich nach Abschluss der Etappe 1 noch nicht verfüllt werden kann.

## **Etappe 2: Austauschbohrungen ab -7.0 m bis -11 m u.T.**

Im Rahmen der Vorfelderkundung [1] wurde festgestellt, dass Teeröl(-Schlamm) in diesem Bereich lokal bis auf -11.0 m Tiefe abgesunken ist. Dank der umfangreichen Vorfelderkundung konnten zwei lateral begrenzte Felder ausgeschieden werden: Felder «Nord» und «Süd», mit folgenden belasteten Flächen bzw. Volumen, die ab einer Tiefe -7 m unter OK Terrain noch vorhanden sind.

<b>Feld Nord:</b>	164 m <sup>2</sup>	258 m <sup>3</sup> Material
<b>Feld Süd:</b>	532 m <sup>2</sup>	1'791 m <sup>3</sup> Material

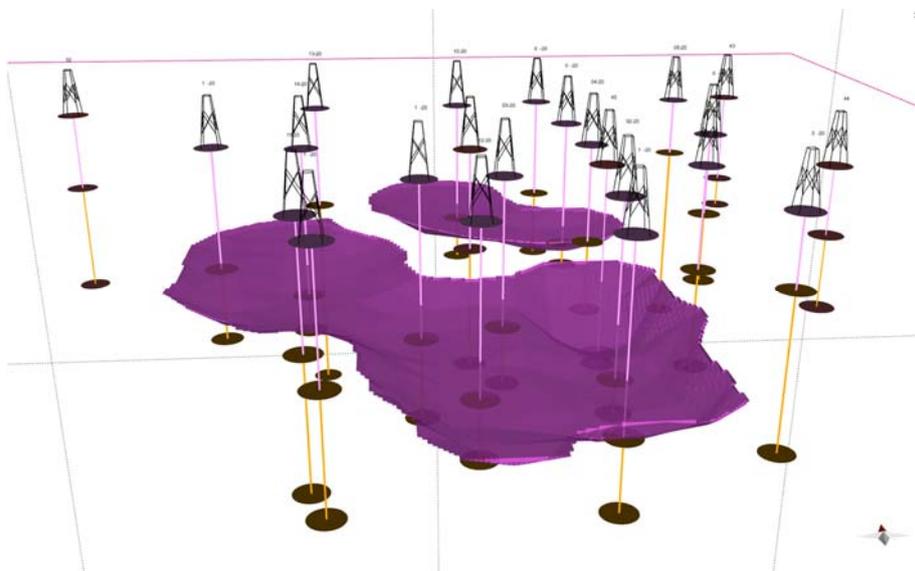


Abb. 1: Feld Nord (164 m<sup>2</sup> / 258 m<sup>3</sup>) und Feld Süd (532 m<sup>2</sup> / 1'791 m<sup>3</sup>).

Diese Restbelastung zwischen -7.0 m u.T. bis maximal -11.0 m u.T. ist nicht mittels klassischem Aushubverfahren, sondern mittels Austauschbohrungen zu entfernen (vgl. Anhang 2). Diese Vorgabe ist zwingend umzusetzen. Es ist dem Unternehmer aber grundsätzlich freigestellt, mit welcher Bohrrgerät resp. -verfahren und -durchmesser der Materialersatz von -7m u.T. bis -11 m u.T. erfolgt.

Folgende Rahmenbedingungen sind aber für jede Methode zwingend einzuhalten:

- Die Flächen der Felder «Nord» und «Süd» und das Volumen (Bohrtiefe), das jeweils ausgebohrt werden muss, wurden mit dem zuständigen Amt für Wasser und Abfall (AWA) vereinbart. Diese Vorgaben zu Fläche und Bohrtiefen müssen somit zwingend eingehalten werden und gelten als Nachweis für die Dekontamination dieser Bereiche.

- Die Austauschbohrungen müssen zwingend unter Zelt erfolgen. Bei der Planung ist die beschränkte Arbeitshöhe zwingend zu beachten. Weiter ist sicherzustellen, dass auch weitere Bauteile (z.B. Filterbrunnen und Ableitungen für Grundwasserabsenkung) so geplant bzw. ausgeführt werden, dass sie den Zugang und die Ausführung der Austauschbohrungen nicht verhindern oder allzu sehr erschweren.
- Das Grundwasser muss vorgängig an die Austauschbohrungen unter die maximale Tiefe der Austauschbohrungen abgesenkt werden. Dies betrifft sowohl den Hauptgrundwasserleiter in den Aareschottern wie auch das Grundwasservorkommen in der unterliegenden Moräne. Einerseits ist so das Bohrgut trockener und andererseits wird das Grundbruchrisiko minimiert.
- Die Bohrungen müssen zwingend verrohrt ausgeführt werden. Vorgesehen sind Bohrungen mit 120 cm Durchmesser. Für jede einzelne der 772 Austauschbohrungen wurden die Koordinaten und die Bohrtiefe bestimmt. Die Bohrungen wurden so angeordnet, dass eine Überschneidung von 15 - 20 % garantiert ist (vgl. Anhang 2). Vom vorgegebenen Bohrdurchmesser kann abgewichen werden, solange garantiert wird, dass die Flächen- und Volumenvorgaben eingehalten werden (siehe Abb. 2). Bei abweichendem Bohrdurchmesser ist die Anzahl und die Lage der Bohrungen durch den Unternehmer festzulegen.

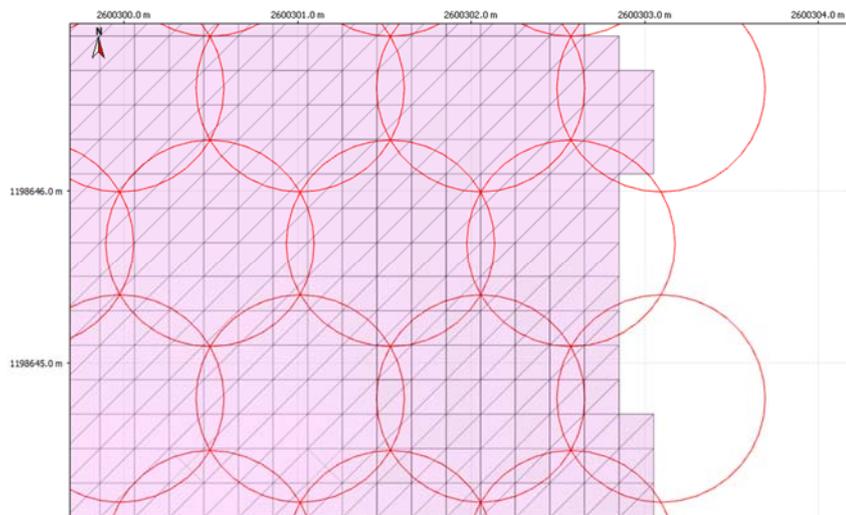


Abb. 2: Prinzip Bohrraster (minimale Überschneidung); Beispiel mit  $\varnothing$  1.2 m.

- Eine Triage des Bohrgutes ist nicht möglich. Es ist vorgesehen, das Bohrgut mehrerer Austauschbohrungen mit ähnlicher Belastung gemäss Vorfeldderkundung nach Vorgaben der Bauleitung im Schwarzbereich in gedeckten Mulden oder im gedeckten Zwischenlager in Luftdichten Mulden mit Beprobungsmöglichkeit zwischenzulagern.  
Der Entsorgungsweg wird anhand der chemischen Analysen der Vorfeldderkundung oder bei Bedarf aufgrund zusätzlicher Analysen festgelegt.
- Jede Bohrung wird nach Erreichen der Endtiefe direkt mit unverschmutztem Auffüllmaterial verfüllt. Anschliessend wird das Futterrohr entfernt und auf die nächste Bohrung umgestellt. Vor jedem Umstellen der Bohrung wird das Mantelrohr auf sichtbare Verschmutzungen geprüft und bei Bedarf gereinigt.
- Der Bereich gilt als dekontaminiert, wenn die geforderten Flächen / Volumen ausgebohrt wurden.

Es gelten folgende Kennzahlen für die Felder Nord und Süd (vgl. Anhang 2):

**Feld Nord**

Anzahl Bohrungen (Ø 1.20m)	180 Stk.
Bohrtiefe	1.50 m
Gesamtbohrvolumen	306 m <sup>3</sup>
Flächenvolumen	258 m <sup>3</sup>
Mehrmenge Aushubvolumen Bohrungen in %	18.6%

**Feld Süd, Teil West**

Anzahl Bohrungen (Ø 1.20m)	390 Stk.
Bohrtiefe	2.50 m
Gesamtbohrvolumen	1'104 m <sup>3</sup>
Flächenvolumen	927 m <sup>3</sup>
Mehrmenge Aushubvolumen Bohrungen in %	19.1%

### **Feld Süd, Teil Ost**

Anzahl Bohrungen (Ø 1.20m)	201 Stk.
Bohrtiefe	4.50 m
Gesamtbohrvolumen	1'023 m <sup>3</sup>
Flächenvolumen	864 m <sup>3</sup>
Mehrmenge Aushubvolumen Bohrungen in %	18.4%

### **3.2.4 Entsorgung Aushubmaterial**

Der Aushub wird erfahrungsgemäss aus im Untergrund verbliebener Bausubstanz und im Allgemeinen aus Gaswerkabfällen bzw. aus mit gaswerktypischen Schadstoffen verschmutztem Aushubmaterial bestehen. Die Gaswerkabfälle setzen sich aus Kohle- und Schlackeresten sowie Bauschutt (Ziegel-, Beton-, Belagsbruchstücke, Metall etc.) zusammen. Zudem muss lokal mit sehr stark verschmutzten Bereichen mit sehr hohen Belastungen sowie mit teilweise mit Wasser oder evtl. sogar Teeröl(-Schlämmen) gefüllten Hohlräumen oder Becken gerechnet werden. Die anfallenden Rückbau- und Aushubmaterialien sowie Anlagenteile etc. müssen je nach Verschmutzungsgrad gemäss den Vorgaben der VVEA und der kantonalen Behörde AWA in verschiedene Deponien oder Bodenannahmezentren / Behandlungsanlagen geführt werden.

Aktuell wird zusammenfassend von folgenden Aushub- und Bohrvolumen in der Kernzone 1 ausgegangen (vgl. Anhang 1 und 2;).

Tabelle 1: Aushub- und Bohrvolumen Kernzone 1 (alle Masse in m3 fest)

<b>Bereich</b>	<b>Tiefe [m]</b>	<b>Volumen [m3 fest]</b>
Südwestlicher Bereich	1.5	2'143
Zentraler Bereich	5.0	12'976
Nordöstlicher Bereich	7.0	17'836
Leitungsumlegung und Voraushub Spundwand	-	2'860
<b>TOTAL Volumen Aushub</b>		<b>35'815</b>
Bohrungen Feld Nord	1.5	306
Bohrungen Feld Süd West	2.5	1'104
Bohrungen Feld Süd Ost	4.5	1'023
<b>TOTAL Volumen Austauschbohrungen</b>		<b>2'433</b>
<b>Total Volumen Kernzone 1</b>		<b>38'248</b>

In der nachfolgenden Tabelle sind die erwarteten Mengen pro Materialqualität mit den entsprechenden Abfallcodes und den Entsorgungswegen ersichtlich.

Tabelle 2: Materialmengen und Entsorgungswege Kernzone 1 (alle Masse in m3 fest)

Qualität	Menge	VeVA-Code	Entsorgungsweg	Relevante Schad-
Beton / Mischabbruch	2'730	17 01 01	Betonrecycling / Zementwerk	PAK, KW C10-C40, BTEX, CN f, SM (As, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)
Typ T	3'657	15 05 94	Verfüllung vor Ort	
Typ B	5'854	17 05 97 [ak]	Aufbereitung / Deponie Typ B	
Typ E	21'121	17 05 91 [akb]	Aufbereitung / Deponie Typ E	
Typ S	3'347	17 05 05 [S]	Aufbereitung / Bodenwäsche	
Gaswerkteer Phase	1'539	17 05 03 [S]	Hochtemperaturofen	

Das anfallende Material wird über die Strasse zu den verschiedenen Entsorgungs- und Verwertungsanlagen transportiert. Im Kanton Bern gilt keine generelle Verwertungspflicht. Das AWA entscheidet Fallweise ob belastetes Material der Kategorie Typ B oder Typ E verwertet werden muss oder aber ob es direkt in einer Deponie des Typs B oder E entsorgt werden kann. In erster Linie ist dieser Entscheid von der technischen Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit abhängig (Kosten Entsorgung vs. Kosten Verwertung). Im LV sind deshalb für Materialien des Typs B und E Preise respektive Positionen sowohl für direkte Deponierung wie auch für Verwertung vorgesehen.

### Siebanalysen

Der Grossteil des zu entsorgenden Materials wird aus Aareschottern bestehen. Im Zuge der Vorfelduntersuchung wurden aus den Bohrungen zwei Materialproben des Schotters für Siebanalysen entnommen. Die Siebanalysen finden sich in Anhang 3. Es sei darauf hingewiesen, dass die Proben aus Bohrungen entnommen wurden, Abweichungen in der Kornzusammensetzung sind aufgrund mangelnder Repräsentativität möglich.

### 3.3 Geotechnik

#### 3.3.1 Grundlagen

Grundlage für die Bemessung der Baugrubensicherung bildet der Bericht «Baugrunduntersuchung» Stand 25. Oktober 2019 der Kellerhals + Haefeli AG Bern.

Tabelle 3: Bodenkennwerte (wahrscheinliche Mittelwerte  $X_m$ ) Bericht K+H

	Raumgewicht $\gamma_m$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel $\varphi'_m$ [°]	Kohäsion $c'_m$ [kN/m <sup>2</sup> ]	ME-Wert [MN/m <sup>2</sup> ]
Künstliche Auffüllungen	21	33	0	2 - 5
Aareschotter	23	35	0	35
(Schlamm-)Moräne	sandig	20	33	0 - 5
	siltig	19	30	5 - 10
Fluvioglaziale Schotter	22	35	0	30

#### 3.3.2 Spundwand

Für den Einbau der Spundbohlen in den Baugrund muss für das Einbaugerät ein Planum mit mindestens einem ME-Wert von  $\geq 50 \text{ MN/m}^2$  zur Verfügung stehen. Sollte das vorhandene Terrain diese Anforderung nicht erfüllen, muss ein entsprechendes Planum mit den definierten Eigenschaften im Voraus erstellt werden.

Da es sich beim Areal um das ehemalige Gaswerkareal handelt und damals die Bestandsbauten nur bis und mit Decke über UG zurückgebaut wurden, sind die Untergeschosse heute noch im Untergrund vorhanden. Grundsätzlich wurde der Standort der Spundwand so gewählt, dass sich die Spundwand ausserhalb der Bestandsbauten befinden sollte. Damit jedoch ausgeschlossen werden kann, dass sich unter den Spundbohlen ein Betonbauteil befindet, ist entlang der geplanten Spundwand ein Voraushub bis max. -1.50m geplant. So können allfällige unbekannte Bauteile im Boden erkannt und entsprechende Massnahmen getroffen werden.

Da in der nordöstlichen Ecke und auf der Westseite die Spundwand bis in 20 m Tiefe in den Baugrund eingebunden werden muss, kann es auf Grund des dichten Untergrundes notwendig sein, diesen im Voraus durch Lockerungsbohrungen aufzulockern, damit die Spundbohlen auf die gewünschte Einbindetiefe eingebaut werden können.

Um die Notwendigkeit der Lockerungsbohrungen zu prüfen, werden im Vorfeld Einbauversuche mit maximaler Spundbohlenlänge an Standorten geringerer Einbindetiefen durchgeführt. Auf diese Art kann das Ausmass allfälliger Lockerungsbohrungen eingegrenzt werden.

Die Spundwand wird aus vorgefertigten abgedichteten Doppelbohlen erstellt. Die Doppelbohlen werden nach erfolgtem Voraushub in den Baugrund vibriert. Dabei werden fortlaufend die Schlösser der auf Platz zusammengesetzten Spundbohlen vor dem Einbau abgedichtet, damit am Ende ein wasserdichter Baugrubenabschluss garantiert werden kann.

Die benötigte Einbindetiefe der Spundbohlen hängt von insgesamt drei Faktoren ab. Grundsätzlich wurde die Einbindetiefe anhand 1. der Stabilität und 2. der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch berechnet. 3. Anschliessend wurden die Einbindetiefen mit der sondierten Rinnenstruktur des Grundwasserleiters abgeglichen und wo nötig erhöht. So dass sichergestellt ist, dass bei der Wasserhaltung nicht unnötig viel Wasser gefördert wird.

Nach erfolgter Widerverfüllung der Baugrube muss für den Rückzug der Spundbohlen, ähnlich wie bei Einbau, ein entsprechendes Planum bereitgestellt werden, da sich das Rückzugsgerät dreiseitig der Baugrube nur im Auffüllungsbereich bewegen kann.

Ab 80 cm unterhalb der Fertigstellungskote der Baugrubenverfüllung muss folgender Aufbau eingehalten werden:

- 20 cm Kiesgemisch 0/45
- 1 Lage Geogewebe (z.B. SYTEC SG 5000)
- 60 cm Kiesgemisch 0/45

Auf der Oberfläche des Planums muss wiederum ein ME-Wert von  $\geq 50\text{MN/m}^2$  sichergestellt sein.

### 3.3.3 Rückverankerung

Die Altlastensanierung erfolgt auf dem Projektperimeter bis in unterschiedliche Tiefen. Somit ergeben sich bei den Erdarbeiten auch unterschiedliche Aushubniveaus. Je nach Aushubtiefe sind folgende Rückverankerungen geplant

- Aushubniveau bis -1.5 m ab OKT: keine Rückverankerung
- Aushubniveau bis -5.0 m ab OKT: eine Ankerlage
- Aushubniveau bis -7.0 m ab OKT: zwei Ankerlagen

Die Rückverankerung der Spundwand ist mit verrohrt gebohrten, in einem Gewebestrumpf ausgeführten, vorgespannten Litzenankern vorgesehen. Gestützt auf die Geometrie der Spundprofile PU 32 wurden die Anker in einem horizontalen Raster von 2.40 m geplant. Sofern ein Anker einen ungenügenden Tragwiderstand aufweisen würde, besteht die Möglichkeit zwischen jedem Anker nachträglich einen Ersatzanker zu erstellen.

Die erste Ankerlage wird auf -2.00 m resp. -2.50 m ab OKT ausgeführt. Die Anker werden mit einer Neigung von 20° bis 28° gebohrt und eingebaut. Die zweite Ankerlage folgt dann, sofern benötigt, auf einer Tiefe von -5.50 m ab OKT. Je nach geplanter Aushubtiefe und Belastung der Baugrubensicherung werden die Anker mit entsprechenden freien Anker- und Verankerungslängen erstellt. Die bemessenen Ankerkräfte, Verankerungslängen und angenommenen äusseren Tragwiderstände sind in nachfolgender Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 4: Zusammenfassung Einwirkungen / Widerstände Anker

<b>Ankerlage</b>	<b>Ankerkräfte</b>	<b>Verankerungslänge</b>	<b>Mittlerer äusserer Tragwiderstand</b>
1.Ankerlage	500 – 770 kN	8 – 12 m	65 kN/m
2.Ankerlage	770 kN	12 m	65 kN/m

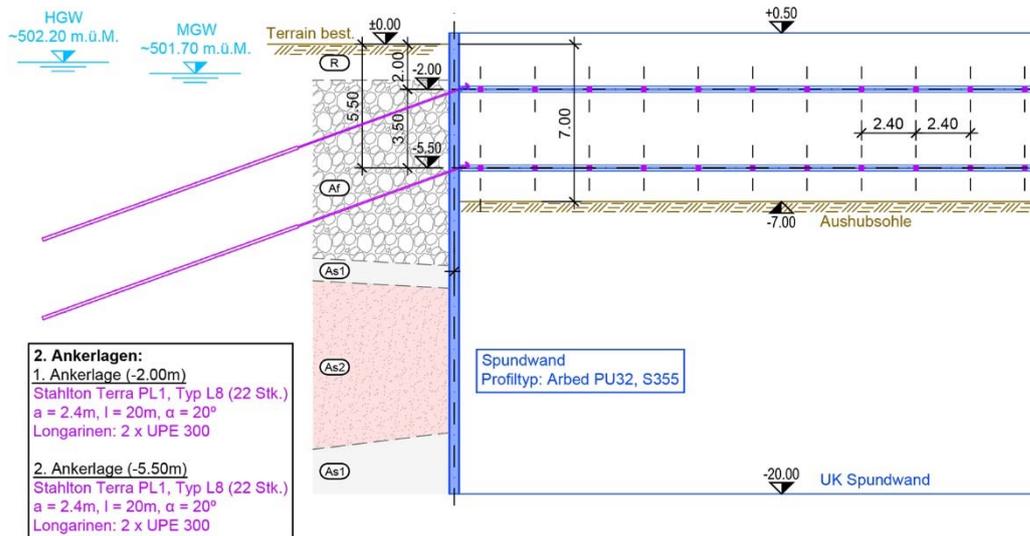


Abb. 3: Querschnitt Baugrubensicherung Aushubniveau -7m ab OKT

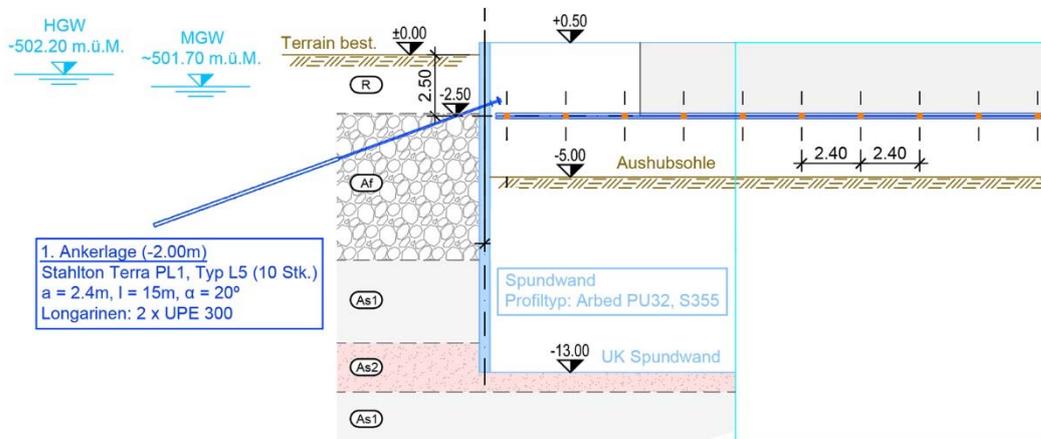


Abb. 4: Querschnitt Baugrubensicherung Aushubniveau -5m ab OKT

Damit die effektiven äusseren Tragwiderstände der Anker je Bodenschicht ermittelt werden können, müssen vor dem Erstellen sämtlicher Anker gem. SIA 267/1 Versuchsanker ausgebildet und geprüft werden. Je nach Resultaten der Versuchsanker müssen allenfalls die Verankerungslängen und somit auch die Bohrtiefen der Anker entsprechend angepasst werden, so dass die Tragsicherheit der Rückverankerung garantiert werden kann.

Bei der Bemessung der Verankerungslängen der Anker wurde durch eine Sicherheitsüberlegung ein oberer Grenzwert für die zulässigen Ankerkräfte definiert. Dieser Grenzwert definiert sich jeweils durch den Überlagerungsdruck und den dazugehörigen Verankerungsbereich des betrachteten Ankers. Durch diesen Grenzwert wird sichergestellt, dass trotz des engen Ankerraster von 2.40 m das darüber liegende Schichtpaket (Erdkörper) nicht mobilisiert wird und es nicht zu einem Versagen der Baugrubensicherung kommen kann.

Nach erfolgter Altlastensanierung werden parallel zu den Wiederverfüllungsarbeiten die vorgespannten Anker fortlaufend entspannt. Zudem werden bei allen Ankern die freien Ankerlängen ausgebaut, so dass nur noch die Verankerungskörper im Untergrund verbleiben.

### **3.3.4 Austauschbohrungen im Bereich Spundwand**

Da es trotz der Vorfelderkundung und der damit verbundenen Eingrenzung des Hotspots weitere belastete Bereiche geben kann, welche erst nach erfolgtem Aushub auf der Sohle erkennbar werden, wurde bei der Bemessung der Spundwand im Bereich des Aushubniveaus -7 m ab OKT ein reduzierter passiver Erdwiderstand infolge zusätzlicher nötiger Austauschbohrungen berücksichtigt. Die Austauschbohrungen im Bereich der Spundwand dürfen eine max. Tiefe von -8.5m ab OKT haben, damit die Stabilität und Tragsicherheit der Baugrubensicherung noch gewährleistet werden kann. Ein konventioneller Materialaustausch mittels Bagger ist vor der Spundwand nicht zulässig, da der passive Erdwiderstand in diesem Fall erst ab -8.50 m zu tragen kommen würde, was bei der Bemessung so nicht berücksichtigt wurde.

### **3.3.5 Systemgrenzen Baugrubensicherung**

Die Baugrubensicherung ist auf den Projektstand Dezember 2020 nach erfolgter Vorfelderkundung ausgelegt. Grundsätzlich sind die definierten Aushubhorizonte und die jeweiligen Einbindetiefen der Spundbohlen darauf ausgelegt. Nach Ausführung der Baugrubensicherung kann nicht beliebig auf eine sich verändernde Situation bezüglich Altlastensanierung reagiert werden. In welchem Rahmen und unter welchen Bedingungen ein zusätzlicher Materialaustausch möglich ist, muss jeweils im Voraus individuell geprüft werden.

### **3.3.6 Überwachung Baugrube und Wasserhaltung**

Damit die Stabilität und die Tragsicherheit der Baugrubensicherung zu jedem Zeitpunkt gewährleistet werden kann, ist eine entsprechende Überwachung zwingend notwendig.

Die Grundwasserstände sind während der ganzen Ausführungsphase innerhalb und ausserhalb der Baugrubensicherung mittels Piezometer oder anhand der Filterbrunnen zu überwachen und zu protokollieren.

Die Deformationen im Bereich der Spundwand sind während der ganzen Ausführungsphase mittels Inklinometermessungen zu überwachen und zu protokollieren. Während den Aushubarbeiten soll jeweils vor jeder weiteren Aushubetappe und nach Erreichen der Baugrubensohle Messungen durchgeführt werden. Anschliessend sollen monatlich oder nach ausserordentlichen Ereignissen Messungen durchgeführt werden.

Die Ankerkräfte sind während der ganzen Ausführungsphase an fix definierten und ausgebildeten Messankern zu überwachen und zu protokollieren. Während den Aushubarbeiten soll jeweils nach jeder weiteren Aushubetappe und nach Erreichen der Baugrubensohle Messungen durchgeführt werden. Anschliessend sollen monatlich oder nach ausserordentlichen Ereignissen Messungen durchgeführt werden.

Die geförderten und abgeleiteten Grundwassermengen werden z.B. mittels Messkanal gemessen und protokolliert.

### **3.4 Entwässerungskonzept**

Für sämtliche Details zur Wasserhaltung, Grundwasserabsenkung und zur Entsorgung des Pumpwassers wird auf das Entwässerungskonzept verwiesen (Beilage B18; [2]).

### **3.5 Rückfüllung**

Für sämtliche Details zur Rückfüllung wird auf das Rückfüllungskonzept verwiesen (Beilage B19; [1]).

## **4. Termine**

### **4.1 Bauprogramm**

Das Rahmenterminprogramm findet sich in der Beilage B15.

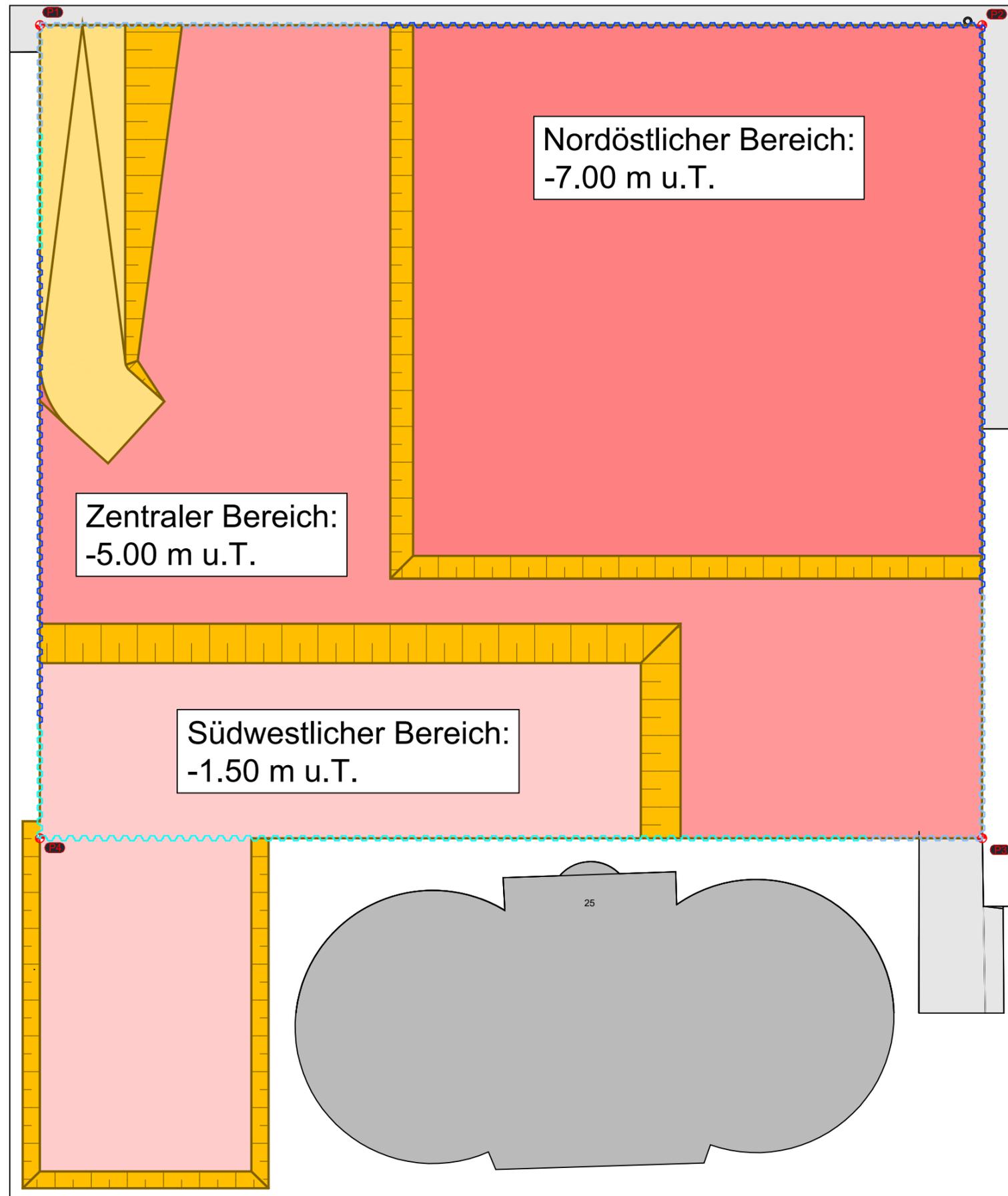
## **5. Kosten**

### **5.1 Kostenvoranschlag**

Der Kostenvoranschlag für das vorliegende Projekt findet sich in der Tabelle in Anhang 4.

**Anhang 1    Situation 1:400; Sanierungsperimeter Kernzone 1**

# Sanierungsperimeter Kernzone 1 1:400



Aarestrasse 36, CH-3600 Thun  
Tel. 033 225 40 00  
www.theilering.ch  
admin@theilering.ch

## Anhang 1

Datum: 16.12.2020  
Gez. al  
Gepr. rh  
Format: A3

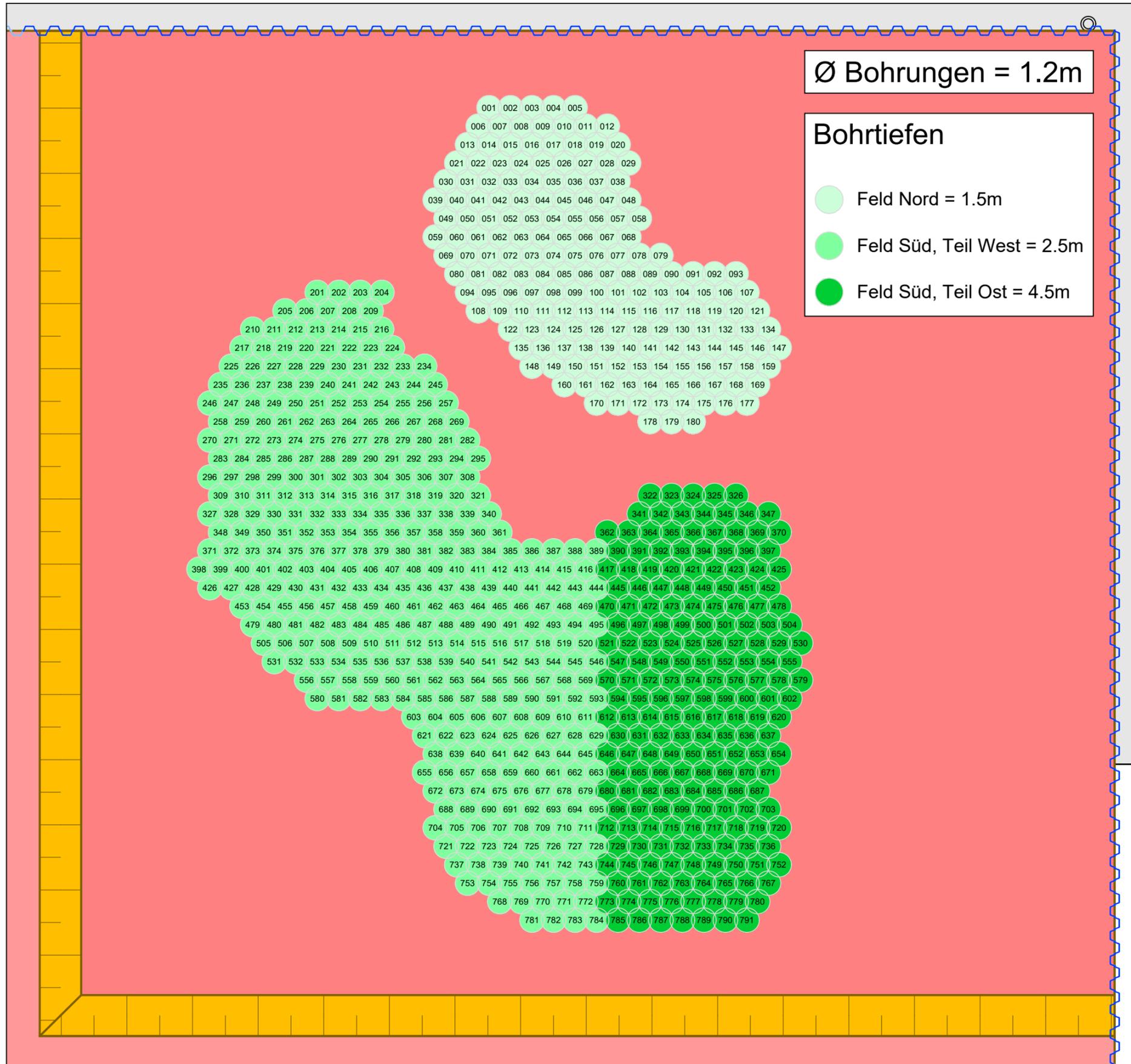
## Aushubvolumen (fest)

Nordöstlicher Bereich:	17'836 m <sup>3</sup>
Zentraler Bereich:	12'976 m <sup>3</sup>
Südwestlicher Bereich:	2'143 m <sup>3</sup>
Gesamtvolumen:	32'955 m <sup>3</sup>

**Anhang 2 Situation 1:200; Übersicht Austauschbohrungen  
(nordöstlicher Bereich)**

# Übersicht Austauschbohrungen 1:200 (Nordöstlicher Bereich)

Aushubsole -7.00m = OK Bohrungen



Ø Bohrungen = 1.2m

**Bohrtiefen**

- Feld Nord = 1.5m
- Feld Süd, Teil West = 2.5m
- Feld Süd, Teil Ost = 4.5m



Theiler  
Ingenieure AG  
dipl. Bauingenieure  
ETH SIA USIC  
Aarestrasse 36, CH-3600 Thun  
Tel. 033 225 40 00  
www.theiling.ch  
admin@theiling.ch

## Anhang 2

Datum: 16.12.2020  
Gez. al  
Gepr. rh  
Format: A3

Volumen Austauschbohrungen gesamt (fest)	
<span style="color: lightgreen;">●</span> Feld Nord:	180 Stk. x 1.70 m <sup>3</sup> /Stk = 306 m <sup>3</sup>
<span style="color: green;">●</span> Feld Süd, Teil West:	390 Stk. x 2.83 m <sup>3</sup> /Stk = 1'104 m <sup>3</sup>
<span style="color: darkgreen;">●</span> Feld Süd, Teil Ost:	201 Stk. x 5.09 m <sup>3</sup> /Stk = 1'023 m <sup>3</sup>
<b>Gesamtvolumen:</b>	<b>2'433 m<sup>3</sup></b>

### **Anhang 3 Siebanalysen Aareschotter TransGeo AG**



## Untersuchungsbericht

### Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische

für Ingenieur - und Strassenbau

Projekt: 1220028 Bern, Sandrain

Auftrag: Geotest AG, CH-3052 Zollikofen

**Auftraggeber:**

Geotest AG  
Kasimir Rüegg  
Bernstrasse 165  
CH-3052 Zollikofen

**Prüflabor:**

Bericht Nr.: 08.211-204  
Auftrag Nr. 08.211  
Datum: 26.11.2020  
Verfasser: dr  
Verteiler: Auftraggeber

### Probenmaterial / Prüfablauf

**Angaben Auftraggeber**

Proben Serie Nr.: 1220028 Bern, Sandrain  
Bezeichnung: SK 1 bis SK 3  
Bau Los: -  
Herkunft: Bern, Sandrain  
Entnahme Ort:  
Ausbruchart: -  
Entnahme Datum: 6.11.2020 & 10.11.2020  
Entnahme durch: Auftraggeber  
Bemerkungen:

**Angaben Prüflabor**

Projektleiter: fog Visum: wy  
Datum Probenanlieferung : 18.11.2020  
Datum Untersuchungsbeginn: 18.11.2020  
Resultatübermittlung: pdf an Auftraggeber  
Probenkonditionierung: siehe Blatt Resultate  
Korngruppe Labor Nr.: O/X 1: 20.8753  
O/X 2: 20.8754  
O/X 3: 20.8755  
Bemerkungen:

### Prüfprogramm Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische

Untersuchungen		Korngruppe [mm]			
		0/16	0/22.4	0/45	0/X
Siebanalyse	G	-	-	-	3x
Wassergehalt	w	-	-	-	-
Feinanteile, Sauberkeit	f	-	-	-	3x
Plattigkeits-Index	FI	-	-	-	-
Anteile gebrochene Körner	C	-	-	-	-
Rohdichte und Wasseraufnahme	$P_{rd} / WA_{24}$	-	-	-	-
Los Angeles-Test	LA	-	-	-	-
Klassifizierung der Bestandteile		-	-	-	-
Photo-Dokumentation		-	-	-	-
Chemische Prüfungen	AS/ S/ SS	-	-	-	-
Proctorversuch	$w_{opt}$	-	-	-	-
CBR Versuche	CBR, CBR <sub>2</sub> , CBR <sub>F</sub>	-	-	-	-
Durchlässigkeitsbeiwert	k	-	-	-	-
Schlämmanalyse		-	-	-	3x
Konsistenzgrenzen nach Atterberg	Ip	-	-	-	3x
Klassifikation USCS		-	-	-	3x
Andere Untersuchungen					
Bemerkungen, Zusatzuntersuchungen:					

*Folco Giacomin*

Folco Giacomin, dr. rer nat., Geologe  
Bereichsleiter Labor

Dieser Untersuchungsbericht umfasst : 4 Seiten und 0 Anhänge

Die nach ISO/IEC 17025 akkreditierten Untersuchungen sind auf den Prüfberichten mit unserem STS Logo gekennzeichnet



Ohne Genehmigung der TransGeo AG dürfen Prüfberichte nicht auszugsweise vervielfältigt werden. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchten Proben.

## Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische / Böden

SN VSS 670 119-NA zu SN EN 13242; 13285 / SN VSS 670 008a

### Probenmaterial

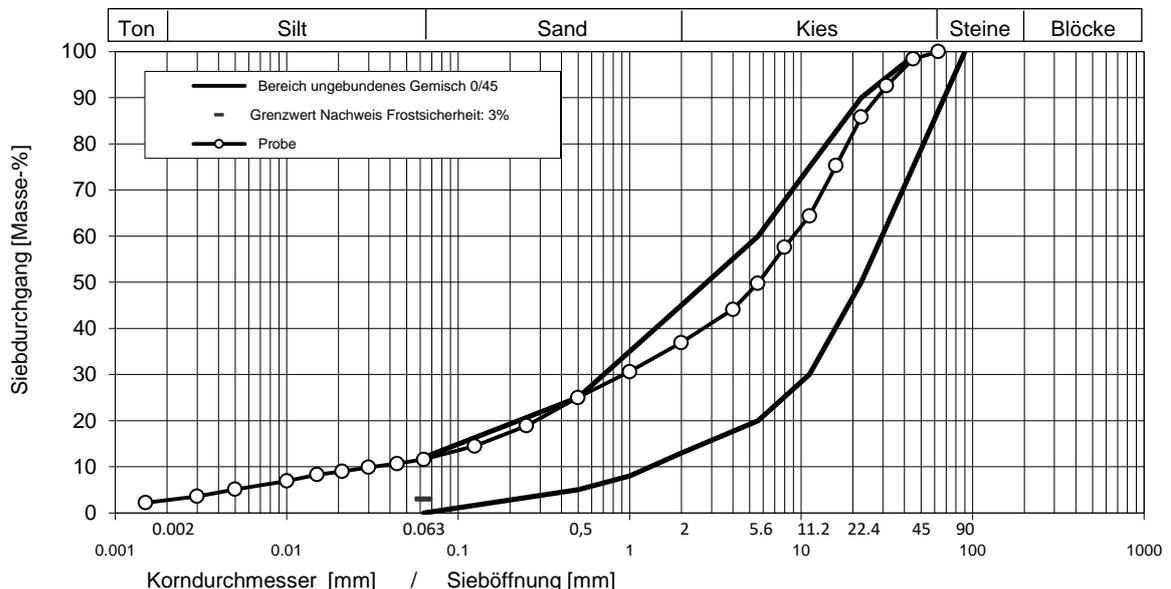
#### Angaben Auftraggeber

Proben Serie Nr.: **1220028 Bern, Sandrain**  
 Bezeichnung: **SK 1**  
 Bau Los: -  
 Herkunft: Bern, Sandrain  
 Entnahme Ort:  
 Ausbruchart: -  
 Entnahme Datum: 6.11.2020 & 10.11.2020  
 Entnahme durch: Auftraggeber  
 Bemerkungen:

#### Angaben Prüflabor

Bearbeiter: ta Visum: wy  
 Datum Probenanlieferung: 18.11.2020  
 Datum Untersuchungsbeginn: 18.11.2020  
 Resultatübermittlung: pdf an Auftraggeber  
 Probenkonditionierung: gemäss Norm  
 Korngruppe Labor Nr.: 0/X 1: 20.8753  
 Bemerkungen:

Sieb / Kd* [mm]	Durchgang [M-%]	Kornverteilung & Schlämmanalyse (SN EN 17892-4)									
500		<b>Kies</b> [M-% > 2mm]: <b>63.1</b>	<b>Steine + Blöcke</b> [M-% > 63 mm]:								
400			<b>Kies</b> [M-% > 2mm - < 63 mm]: <b>63.1</b>								
300		<b>Sand</b> [M-% > 0.063mm - < 2mm]: <b>25.3</b>	<b>Ton°</b> [M-% < 0.002 mm]: <b>2.7</b>								
200											
125		<b>Feinanteile f</b> (SN EN 933-1) [M-% < 0.063mm]: <b>11.6</b>									
90											
↔ 63	100.0	<b>Zusatzuntersuchungen w, FI</b>									
↔ 45	98.4										
↔ 31.5	92.6	<b>Wassergehalt w</b> (SN EN 1097-5) [M-%]: <b>5.5</b>	<b>Gewicht Probe trocken</b> [kg]: <b>35.209</b>								
↔ 22.4	85.8	Korngruppe [mm]									
↔ 16	75.3	4/8	8/16	16/32	32/100	gesamt					
↔ 11.2	64.4	<b>Plattigkeits-Index FI</b> (SN EN 933-3):		-	-	-	-	-			
↔ 8	57.6	Konsistenzgrenzen (SN VSS 670 345b) und Klassifikation USCS (SN VSS 670 008a)		Bemerkungen:							
↔ 5.6	49.8	Flie遡grenze WL [%]:	16.8	<table border="1"> <tr> <td><b>Plastizitätsindex Ip</b> [%]:</td> <td><b>2.7</b></td> </tr> <tr> <td><b>Klassifikation (USCS):</b></td> <td><b>GW-GM</b></td> </tr> </table>				<b>Plastizitätsindex Ip</b> [%]:	<b>2.7</b>	<b>Klassifikation (USCS):</b>	<b>GW-GM</b>
<b>Plastizitätsindex Ip</b> [%]:	<b>2.7</b>										
<b>Klassifikation (USCS):</b>	<b>GW-GM</b>										
↔ 4	44.1	Ausrollgrenze Wp [%]:	14.1								
↔ 2	36.9	Legende: ↔ 2 Massgebliches Sieb GK UG    Sieb / Kd*: Sieb / Korndurchmesser    Ton°: Tonanteil berechnet									
↔ 1	30.6										
↔ 0.5	25.0										
↔ 0.25	18.9										
↔ 0.125	14.5										
↔ 0.063	11.6										
0.044	10.7										
0.030	9.9										
0.021	9.0										
0.015	8.3										
0.010	6.9										
0.005	5.1										
0.0030	3.6										
0.0015	2.2										



## Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische / Böden

SN VSS 670 119-NA zu SN EN 13242; 13285 / SN VSS 670 008a

### Probenmaterial

#### Angaben Auftraggeber

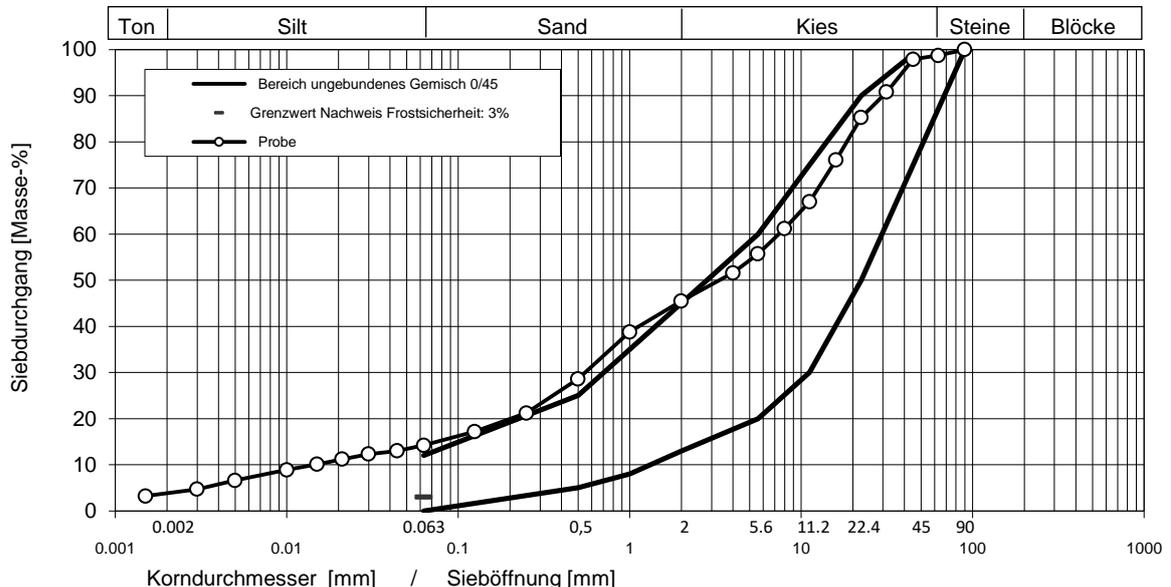
Proben Serie Nr.: **1220028 Bern, Sandrain**  
 Bezeichnung: **SK 2**  
 Bau Los: -  
 Herkunft: Bern, Sandrain  
 Entnahme Ort:  
 Ausbruchart: -  
 Entnahme Datum: 6.11.2020 & 10.11.2020  
 Entnahme durch: Auftraggeber  
 Bemerkungen:

#### Angaben Prüflabor

Bearbeiter: ta Visum: wy  
 Datum Probenanlieferung : 18.11.2020  
 Datum Untersuchungsbeginn: 18.11.2020  
 Resultatübermittlung: pdf an Auftraggeber  
 Probenkonditionierung: gemäss Norm  
 Korngruppe Labor Nr.: 0/X 1: 20.8754  
 Bemerkungen:

Sieb / Kd* [mm]	Durchgang [M-%]	Kornverteilung & Schlämmanalyse (SN EN 17892-4)						
500		<b>Kies</b> [M-% > 2mm]: <b>54.5</b>	<b>Steine + Blöcke</b> [M-% > 63 mm]: <b>1.3</b>					
400			<b>Kies</b> [M-% > 2mm - < 63 mm]: <b>53.2</b>					
300		<b>Sand</b> [M-% > 0.063mm - < 2mm]: <b>31.3</b>	<b>Ton<sup>o</sup></b> [M-% < 0.002 mm]: <b>3.7</b>					
200								
125		<b>Feinanteile f</b> (SN EN 933-1) [M-% < 0.063mm]: <b>14.2</b>						
90	100.0							
↔ 63	98.7	<b>Zusatzuntersuchungen w, FI</b>						
↔ 45	97.9							
↔ 31.5	90.8	<b>Wassergehalt w</b> (SN EN 1097-5) [M-%]: <b>6.1</b>	<b>Gewicht Probe trocken</b> [kg]: <b>34.854</b>					
↔ 22.4	85.3	Korngruppe [mm]						
↔ 16	76.1	4/8	8/16	16/32	32/100	gesamt		
↔ 11.2	67.0	<b>Plattigkeits-Index FI</b> (SN EN 933-3):		-	-	-	-	-
↔ 8	61.2	Konsistenzgrenzen (SN VSS 670 345b) und Klassifikation USCS (SN VSS 670 008a)						
↔ 5.6	55.7	Flie遡grenze WL [%]: 17.7		<b>Bemerkungen:</b>				
↔ 4	51.6	Ausrollgrenze Wp [%]: 13.9						
↔ 2	45.5	<b>Plastizitätsindex Ip</b> [%]: <b>3.7</b>		<b>Klassifikation (USCS):</b> <b>GM</b>				
↔ 1	38.8							
↔ 0.5	28.6							
↔ 0.25	21.2							
↔ 0.125	17.2							
↔ 0.063	14.2							
↔ 0.044	13.0							
↔ 0.030	12.3							
↔ 0.021	11.2							
↔ 0.015	10.1							
↔ 0.010	8.9							
↔ 0.005	6.6							
↔ 0.0030	4.7							
↔ 0.0015	3.2							

Legende: ↔ 2 Massgebliches Sieb GK UG Sieb / Kd\*: Sieb / Korndurchmesser Ton<sup>o</sup>: Tonanteil berechnet



## Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische / Böden

SN VSS 670 119-NA zu SN EN 13242; 13285 / SN VSS 670 008a

### Probenmaterial

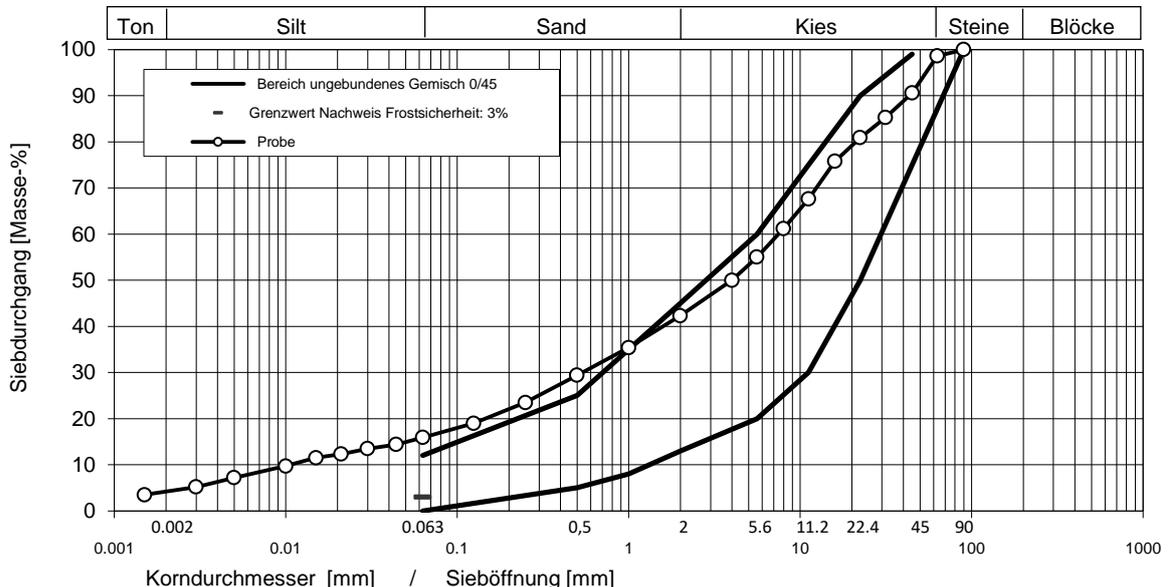
#### Angaben Auftraggeber

Proben Serie Nr.: **1220028 Bern, Sandrain**  
 Bezeichnung: **SK 3**  
 Bau Los: -  
 Herkunft: Bern, Sandrain  
 Entnahme Ort:  
 Ausbruchart: -  
 Entnahme Datum: 6.11.2020 & 10.11.2020  
 Entnahme durch: Auftraggeber  
 Bemerkungen:

#### Angaben Prüflabor

Bearbeiter: ta Visum: wy  
 Datum Probenanlieferung : 18.11.2020  
 Datum Untersuchungsbeginn: 18.11.2020  
 Resultatübermittlung: pdf an Auftraggeber  
 Probenkonditionierung: gemäss Norm  
 Korngruppe Labor Nr.: 0/X 1: 20.8755  
 Bemerkungen:

Sieb / Kd* [mm]	Durchgang [M-%]	Kornverteilung & Schlämmanalyse (SN EN 17892-4)									
500		<b>Kies</b> [M-% > 2mm]: <b>57.7</b>	<b>Steine + Blöcke</b> [M-% > 63 mm]: <b>1.4</b>								
400			<b>Kies</b> [M-% > 2mm - < 63 mm]: <b>56.3</b>								
300		<b>Sand</b> [M-% > 0.063mm - < 2mm]: <b>26.4</b>	<b>Ton<sup>o</sup></b> [M-% < 0.002 mm]: <b>4.1</b>								
200											
125		<b>Feinanteile f</b> (SN EN 933-1) [M-% < 0.063mm]: <b>15.9</b>									
90	100.0										
↔ 63	98.6	<b>Zusatzuntersuchungen w, FI</b>									
↔ 45	90.6										
↔ 31.5	85.3	<b>Wassergehalt w</b> (SN EN 1097-5) [M-%]: <b>6.9</b>	<b>Gewicht Probe trocken</b> [kg]: <b>37.428</b>								
↔ 22.4	80.9	Korngruppe [mm]									
↔ 16	75.8	4/8	8/16	16/32	32/100	gesamt					
↔ 11.2	67.6	<b>Plattigkeits-Index FI</b> (SN EN 933-3):		-	-	-	-	-			
↔ 8	61.2	Konsistenzgrenzen (SN VSS 670 345b) und Klassifikation USCS (SN VSS 670 008a)		Bemerkungen:							
↔ 5.6	55.0	Flie遡grenze WL [%]:	16.5	<table border="1"> <tr> <td><b>Plastizitätsindex Ip</b> [%]:</td> <td><b>3.0</b></td> </tr> <tr> <td><b>Klassifikation (USCS):</b></td> <td><b>GM</b></td> </tr> </table>				<b>Plastizitätsindex Ip</b> [%]:	<b>3.0</b>	<b>Klassifikation (USCS):</b>	<b>GM</b>
<b>Plastizitätsindex Ip</b> [%]:	<b>3.0</b>										
<b>Klassifikation (USCS):</b>	<b>GM</b>										
↔ 4	50.0	Ausrollgrenze Wp [%]:	13.5								
↔ 2	42.3	Legende: ↔ 2 Massgebliches Sieb GK UG    Sieb / Kd*: Sieb / Korndurchmesser    Ton <sup>o</sup> : Tonanteil berechnet									
↔ 1	35.4										
↔ 0.5	29.4										
↔ 0.25	23.5										
↔ 0.125	19.0										
↔ 0.063	15.9										
↔ 0.044	14.4										
↔ 0.030	13.5										
↔ 0.021	12.3										
↔ 0.015	11.5										
↔ 0.010	9.7										
↔ 0.005	7.2										
↔ 0.0030	5.2										
↔ 0.0015	3.5										



1220028.5  
Bern, Sandrain (Gaswerkareal)

**Anhang 4 Kostenvoranschlag Stand 23.12.2020**