

Wasserbauplan
Beilage C.4.7

Gemeinde	Bern	Dossier-Datum	22.05.2018	
Erfüllungspflichtige	Stadt Bern	Revidiert		
Gewässernummer	37	Projekt-Nr.		
Gewässer	Aare			
		Format	A4	
Datum	Rev.	22.05.2018	Freigabe	LAG

Hochwasserschutz Aare Bern Gebietsschutz Quartiere an der Aare

Unterlage

Aushub- und Entsorgungskonzept
Gaswerk Areal

Projektverfassende

KELLERHALS
+ HAEFELI AG
GEOLOGEN | BERN
 | STANS

Wasserbauplangenehmigung:

INHALTSVERZEICHNIS	Seite
1. Einleitung	1
1.1. Ausgangslage und Auftrag	1
1.2. Projektperimeter	1
1.3. Verwendete Unterlagen	2
1.4. Gesetzliche Grundlagen und andere behördliche Dokumente	2
2. Ausgeführte Arbeiten	2
3. Beschreibung des Bauvorhabens	3
4. Zusammenfassung vorhergehender Untersuchungen	3
5. Technische Untersuchung	4
5.1. Zielsetzung	4
5.2. Untersuchungsprogramm	5
5.3. Ergebnisse	5
5.3.1. Sondierbohrungen	5
5.3.2. Baggersondierungen	7
5.4. Zusammenfassung	8
6. Aushub- und Entsorgungskonzept	8
6.1. Vorgehen Bereich Uferzone	8
6.2. Vorgehen Bereich Damm	9
6.3. Triage	9
6.4. Untersuchungsparameter	10
6.5. Entsorgungswege und -mengen	10
7. Schlussbemerkung	11

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1: Profile Bohrsondierungen

Anhang 2: Profile Baggersondierungen

Anhang 3: Laborbericht Chemische Analysen, Feststoffe/Eluate

Anhang 4: Auswertung Chemische Analysen, Feststoffe/Eluate

BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage 1: Situation, 1:500

Präambel:

Dieses Gutachten wurde im Auftrag des Tiefbauamtes der Stadt Bern zum Zweck der Technischen Untersuchung des Ablagerungsstandortes Sandrain und des ehemaligen Gaswerk Bern erstellt. Die vorgenannten Angaben und Folgerungen beziehen sich somit ausschliesslich auf das vorliegende Projekt. Bedeutende Änderungen des Projekts bedingen eine Neu beurteilung. Wird das Gutachten zudem für andere Zwecke verwendet, wird jede Haftung abgelehnt. Die Haftung wird auch gegenüber anderen Personen als den Auftraggebern vollumfänglich abgelehnt.

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

Hochwasserschutz Stadt Bern

Aushub- und Entsorgungskonzept

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage und Auftrag

Entlang der Aare in der Stadt Bern zwischen Schönau und dem Marzilbad sind verschiedene Hochwasserschutzmassnahmen vorgesehen. Im Bereich des Aareufers sind eine Aufweitung der Aare und Abflachung der Uferböschung sowie vorgelagerte Inseln geplant. Im rückwärtigen Raum soll ein Damm erstellt werden. Die Massnahmen kommen in Bereichen zu liegen, welche aufgrund von Belastungen des Untergrundes im Kataster der belasteten Standorte (KbS) des Kantons Bern eingetragen sind. Es handelt sich um den Ablagerungsstandort „Sandrain“ (KbS-Nr. 03510035) und den Betriebsstandort „ehemaliges Gaswerk Bern“ (KbS-Nr. 03510125). Von letzterem ist aufgrund zahlreicher altlastenspezifischer Untersuchungen bekannt, dass der Untergrund mit verschiedenen Schadstoffen belastet ist. Das im Rahmen der Hochwasserschutzmassnahmen anfallende Aushubmaterial muss dem Belastungsgrad entsprechend fachgerecht entsorgt werden.

Mit einer technischen Untersuchung wurde die Belastungssituation in den betroffenen Bereichen aufgezeigt. Mit den erlangten Kenntnissen zur Belastungssituation konnten einerseits vorgängig Projektoptimierungen zur Einsparung von Entsorgungskosten vorgenommen werden. Die Untersuchung dient andererseits als Grundlage für ein Aushub- und Entsorgungskonzept, welches vom Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (AWA) für Bauvorhaben auf belasteten Standorten verlangt wird. Weil das Ausführungsprojekt ausstehend ist, können bezüglich Lage von Zwischendepotplätzen für die Beprobung von Aushubmaterial noch keine näheren Aussagen gemacht werden.

Unsere Arbeiten richten sich nach unserer Offerte vom 4. August 2016. Den Auftrag für die Durchführung der Technischen Untersuchung haben wir per Mail vom 13. Oktober 2016 erhalten.

1.2. Projektperimeter

Die Untersuchungen wurden innerhalb des Projektperimeters durchgeführt. Die von den Hochwasserschutzmassnahmen betroffenen Parzellen sind Nr. 3348 (3988 BR), 3929 und 645 in der Gemeinde Bern. Die Untersuchungsperimeter sind in Beilage 1 aufgezeigt.

Nicht in die Untersuchungsperimeter miteinbezogen wurde der Sanierungsperimeter einer Teilsanierung der ehemaligen Teerdestillationsanlage (Teerbecken) im Jahr 2001 (vgl. Beilage 1 & [4]). Weil die Bauwerke noch im Untergrund belassen wurden und mit Restbelastungen im Erdreich gerechnet werden muss, wird hier auf eine Aufweitung der Aare verzichtet.

1.3. Verwendete Unterlagen

- [1] Generalplanerteam HWS Aarebogen, Hochwasserschutz Aare Bern Gebietsschutz Quartiere an der Aare, Situation 2, Massstab 1:500, 30.06.2017, Blatt-Nr. 14.50521.33.502
- [2] Geoportal des Kantons Bern (2016): Geodaten, Vektordaten, abgerufen auf www.apps.be.ch/geo am 19.10.2016
- [3] Ingenieurgesellschaft Kellerhals + Haefeli AG & Büro für Kies + Abfall AG (1998): Gaswerkareal Marzili, Bern, - Detailuntersuchungen, Tabellen- und Beilagenband
- [4] Kellerhals + Haefeli AG (2001): Teilsanierung, Teer-Destillationsanlage Gaswerk Marzili, Bern, Sanierungsbericht, Bericht Nr. 3769B4340 vom 26. September 2001
- [5] Kellerhals + Haefeli AG (2006): Altlast Gaswerk Marzili, Bern, Ergänzende Standortuntersuchungen, Sanierungsprojekt, Entsorgungskonzept, Bericht Nr. 4909B667 vom 29. März 2006

1.4. Gesetzliche Grundlagen und andere behördliche Dokumente

Verordnungen und Richtlinien			
Abkürzung	Bezeichnung	Stand	SR-Nummer
AltIV	Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten	01.05.2017	SR814.860
GSchV	Gewässerschutzverordnung	02.02.2016	SR814.201
Handbuch Gefährdungsabschätzung	Handbuch Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden, Bundesamt für Umwelt BAFU ehem. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL	2005	-
Handbuch Probenahme	Handbuch Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden, Bundesamt für Umwelt BAFU	2003	-
VBBo	Verordnung über die Belastung des Bodens	01.01.2016	SR814.12
VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen	01.01.2016	SR814.610
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen	19.07.2016	SR814.600

2. Ausgeführte Arbeiten

Gutachter (Kellerhals + Haefeli AG)

- Leitungsabklärungen
- Aufarbeitung bestehende Unterlagen, Vorbesprechungen
- Festlegung der Sondierstandorte
- Aufnahme der Sondierungen, Probenentnahme und –versand
- Auswertung der Resultate
- Berichterstattung
- Besprechungen

Bohrunternehmung (Stundersond AG, Höfen)

- Ausführen von 11 Dreh-Rammkernsondierungen am 31.10 – 02.11.2016

Baggerunternehmung (H. Ringgenberg Belp AG)

- Erstellen von 10 Baggerschlitzten am 10.11.2016

Labor (Bachema AG, Schlieren)

- Probenaufbereitung und Durchführung von chemischen Analysen (Feststoffproben).

3. Beschreibung des Bauvorhabens

Im Bereich der **Aufweitung der Aare mit Abflachung der Uferböschung sowie vorgelagerten Inseln** ist eine Aushubtiefe von bis zu 3.5 m ab bestehendem Terrain vorgesehen (Projektangaben IUB Engineering AG). Daraus ergibt sich ein Aushubvolumen von 15'500 m³ fest.

Im Bereich des geplanten **Damms** im rückwärtigen Raum sollen die obersten 30 cm abgezogen werden. Dies führt zu Aushubmengen von gesamthaft rund 2000 m³.

4. Zusammenfassung bisheriger Untersuchungen

Im Rahmen von vorhergehenden altlastenspezifischen Untersuchungen zum ehemaligen Gaswerk Bern wurden im Bereich der Untersuchungsperimeter bereits zahlreiche Sondierbohrungen abgeteuft (vgl. [3]&[5]). Neben der geologischen Beschreibung wurden aus einigen dieser Bohrungen zudem Feststoffproben entnommen und auf die Parameter der Summe der PAK, Benzo[a]pyren und Cyanide analysiert. Die Lage dieser Bohrungen ist in Beilage 1 dargestellt. Die relevanten Erkenntnisse ausgewählter Bohrungen sind nachfolgend stichwortartig festgehalten.

- **KB20:** Auffüllung bis 0.9 m Tiefe; Humus, siltiger Sand, sandiger Silt mit viel Kies, Fremdbestandteile: Ziegelbruchstücke.

Feststoffprobe 20.1 von 0.1 m – 0.9 m Tiefe (vgl. Tabelle 1).

- **KB16:** Auffüllung bis 1.2 m Tiefe; Humus, siltiger Sand (z.T. mit viel Kies), Fremdbestandteile: Kohle- und Ziegelbruchstücke.

Feststoffprobe 16.1 von 0.3 m – 1.6 m Tiefe (vgl. Tabelle 1).

- **RB 8:** Auffüllung bis 1.05 m Tiefe; siltiger Kies mit Sand, Fremdbestandteile: Vereinzelt Ziegelbruchstücke in Tiefe 0.6 bis 1.05 m Tiefe.

Keine Analyse v. Feststoffproben

- **KB14:** Auffüllung bis 1.2 m Tiefe; Humus, sandiger Kies mit viel Silt, Beton, Steine. Feststoffprobe 14.1 von 0.5 m – 0.7 m Tiefe (vgl. Tabelle 1).
- **RB 9:** Auffüllung bis 2.4 m Tiefe; humoses, grobkörniges Material (v.a. Kies), Fremdbestandteile: Ziegelbruchstücke, Glas.
Keine Analyse v. Feststoffproben

Sondierbohrung (bestehend)							KB20	KB16	KB14
Feststoffprobe							20.1 21.04.2005 0.10-0.90 m	16.1* 21.04.2005 0.30-1.60 m	14.1 21.04.2005 0.50-0.70 m
		Richtwerte							
		VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B (schwach verschm.)	VVEA Typ B	VVEA Typ E	>VVEA Typ E			
Parameter	Einheit						Resultat	Resultat	Resultat
Cyanid	mg/kg TS	0.5					0.7	0.15	-
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.3	1.5	3	10		5.49	0.14	1.84
Summe PAK	mg/kg TS	3	12.5	25	250		83.3	1.72	20.9
							-	24h-Eluat aus 16.1	-
								Resultat	
Cyanid	mg/l			0.02	0.3			<0.01	

Tabelle 1: Zusammenstellung von Analyseresultaten von Feststoffproben aus bestehenden Sondierbohrungen. *Klassierung aufgrund Hinweise auf schwache Schwermetall (Blei) –Verschmutzung.

5. Technische Untersuchung

5.1. Zielsetzung

Die vorliegende Technische Untersuchung hat zum Ziel, die Belastungssituation in den von Hochwasserschutzmassnahmen betroffenen Bereichen aufzuzeigen. Anhand der Belastungssituation sollen die Entsorgungskosten abgeschätzt werden. Das Vorgehen wird in Kapitel 5.2 erläutert.

Die Untersuchungsergebnisse sollen auch als Grundlage für ein Aushub- und Entsorgungskonzept dienen, welches vom Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern (A-WA) für Bauvorhaben auf belasteten Standorten verlangt wird.

5.2. Untersuchungsprogramm

Im Bereich der Aufweitung der Aare mit Abflachung der Uferböschung (vgl. Beilage 1) wurde der Untergrund mit insgesamt 11 Bohrungen (DRKS01/16 – DRKS11/16) untersucht. Die Bohrungen wurden bis in eine Tiefe von 4 m abgeteuft.

Im Bereich des geplanten Dammes im rückwärtigen Raum (vgl. Beilage 1) wurde der Untergrund anhand von insgesamt 10 Baggersondierungen (BS01/16 – BS10/16) untersucht. Mit den Baggersondierungen wurde eine Tiefe zwischen 1 und 2 m erreicht. Aufgrund der hohen Belastung nördlich des Zaffaraya-Hügels und der Lage im Sanierungsfläche Priorität 2 des Betriebsstandort „ehemaliges Gaswerk Bern“ (KbS-Nr. 03510125) wurde nachträglich eine Projektänderung vorgenommen. Der Damm wird nun östlich des Zaffaraya-Hügels erstellt.

Sämtliche Sondierungen wurden geologisch aufgenommen sowie im Hinblick auf eine mögliche Belastung organoleptisch beurteilt. Aus jeder Sondierung wurde mindestens eine Feststoffprobe vom Material entnommen. Organoleptisch auffällige Proben wurden im Labor auf die relevanten Schadstoffe untersucht. Gemäss [3] und [5] ist am Standort mit folgenden relevanten Schadstoffen zu rechnen:

- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK),
- Aliphatische Kohlenwasserstoffe,
- Schwermetalle und
- Cyanide (leicht freisetzbar) im 24h-Eluat.

5.3. Ergebnisse

5.3.1. Sondierbohrungen

Der Untergrund entlang des Uferweges (DRKS 1/3/4/6/8/10/11) besteht zusammenfassend überwiegend aus sandigen, siltigen Kiesen, wobei stellenweise feinkörnigere Schichten (d.h. Sande & Silte) aufgeschlossen wurden. Grundwasser ist in einer Tiefe von rund 3 m vorhanden (Stand: 31.10 – 02.11.2016). Organoleptische Hinweise auf das Vorhandensein von Auffüllmaterial wurden meistens bis in einer Tiefe von rund 1 m, stellenweise bis rund 2.2 m verzeichnet. Bei den Fremdbestandteilen im Auffüllmaterial handelt es sich überwiegend um mineralische Materialien (Tonbruch, Backsteine) zwischen < 1 und 3 Vol.-% sowie um vermutlich naturbelassenes Schnittholz zwischen 3 und 10 Vol.-%. Die chemische Belastung des beprobten Materials ist gering. Die Materialqualität entspricht unverschmutztem bis wenig verschmutztem Aushubmaterial (nach VeVA).

Der Untergrund der weiter vom Uferweg entfernten Bereiche (DRKS 2/5/7/9) ist deutlich heterogener aufgebaut als jener entlang des Uferwegs. Die Auffüllung reicht in grössere Tiefen und weist zudem stärkere chemische Belastungen und grössere Anteile an Fremdbestandteilen auf. An dieser Stelle wird auf die Profilaufnahmen in Anhang 1

verwiesen. Der Grundwasserspiegel liegt in einer Tiefe von rund 3 m (Stand: 31.10 – 02.11.2016). Auffüllmaterial ist bis in Tiefen zwischen 2 und 3 m vorhanden. Bei den Fremdbestandteilen im Auffüllmaterial handelt es sich überwiegend um mineralische Materialien (Tonbruch, Backsteine) zwischen 3 und 50 %. Stellenweise wurde auch Kohle und Schnittholz vorgefunden. Die chemische Belastung des beprobten Materials ist gering bis erhöht. Die Materialqualität entspricht schwach bis stark verschmutztem Aushubmaterial.

Die Materialqualität von analysierten Feststoffproben der Sondierbohrungen DRKS 01/16 bis 11/16 ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Aus der Abbildung lassen sich ausser der oben genannten Unterteilung keine weiteren räumlichen Tendenzen hinsichtlich der Materialqualität des Auffüllmaterials ausmachen.

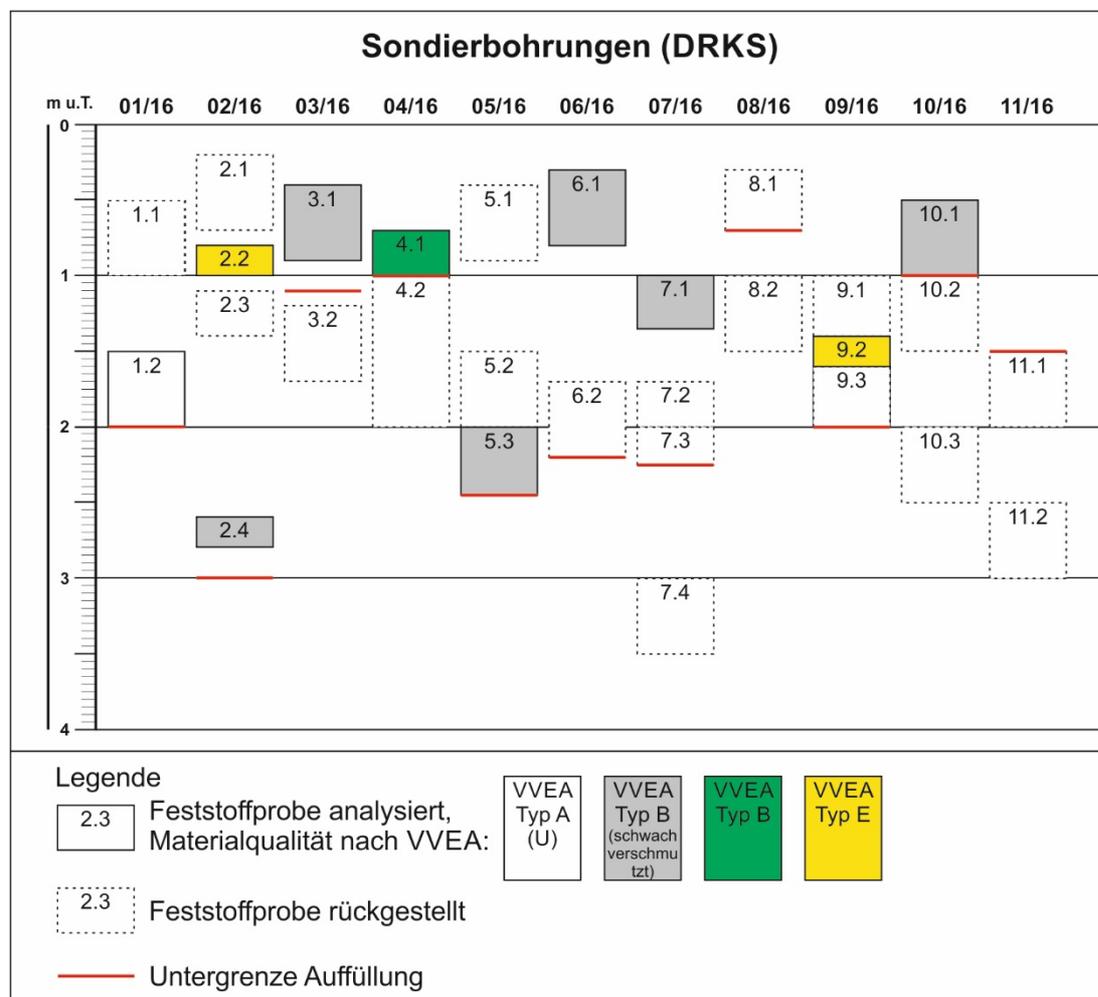


Abbildung 1: Entnahmebereiche (schematisch) von analysierten und rückgestellten Feststoffproben der Sondierbohrungen.

5.3.2. Baggersondierungen

Im rückwärtigen Raum besteht der Untergrund unter einem humosen Oberboden aus Auffüllmaterial von unterschiedlicher Zusammensetzung (vgl. Anhang 2). Die Sohle der Auffüllung wurde in keiner der Sondierungen erreicht. Sie liegt somit tiefer als 1.25 bis 1.75 m unter Terrain. Neben mineralischen Fremdbestandteilen (Tonbruch, Backsteine, Beton etc.) wurden auch Holz, Textilien, Schlacke und Asphalt vorgefunden. Die Anteile an Fremdbestandteilen variieren stark sowohl zwischen einzelnen Schichten als auch den Sondierungen. Die chemische Belastung der beprobten Schichten ist mässig. Die Materialqualität entspricht unverschmutztem bis überwiegend wenig verschmutzten Aushubmaterial. Grundwasser ist nur in BS 03/16 in einer Tiefe von 1.45 m vorhanden.

Die Materialqualität von analysierten Feststoffproben der Baggersondierungen BS 01/16 bis 10/16 sowie der Sondierbohrungen KB20, KB16 und KB14 aus [5] ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Aus der Abbildung lassen sich keine räumlichen Tendenzen hinsichtlich der Materialqualität des Auffüllmaterials ausmachen.

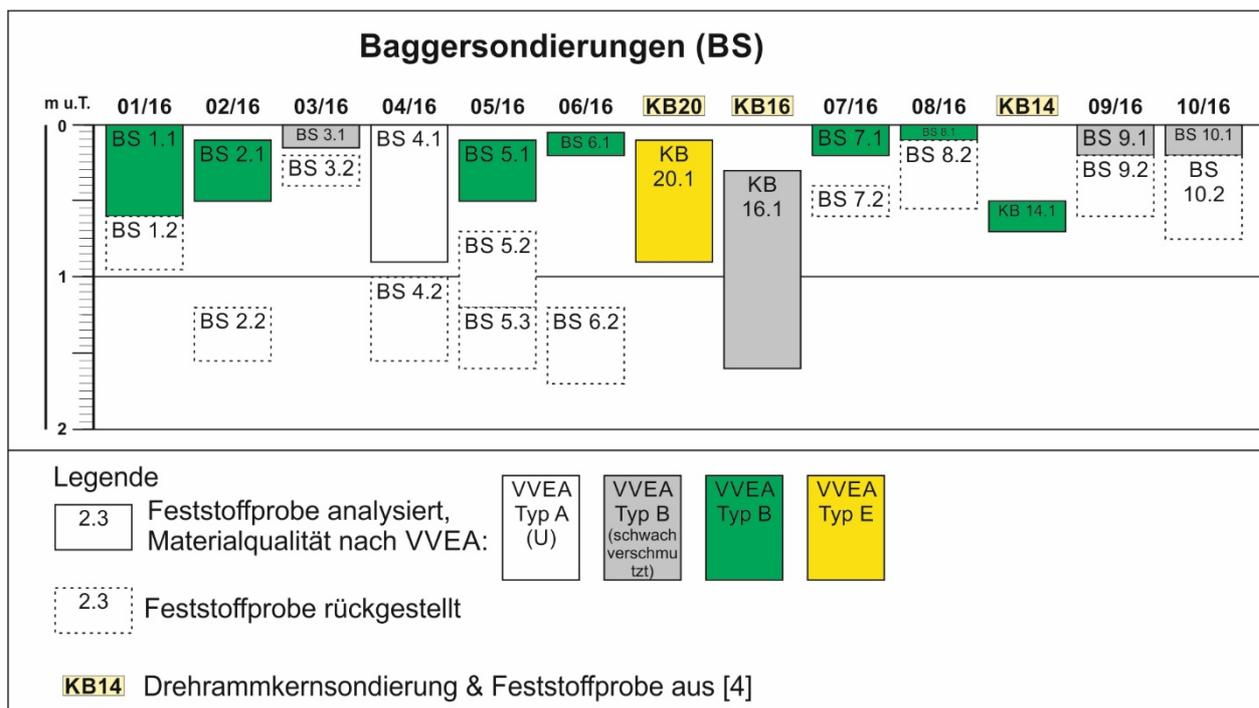


Abbildung 2: Entnahmebereiche (schematisch) von analysierten und rückgestellten Feststoffproben der Baggersondierungen sowie analysierter Feststoffproben aus [4].

5.4. Zusammenfassung

Aufgrund der Ergebnisse (Kapitel 5.3) können unter Berücksichtigung der vorhergehenden Untersuchungen (Kapitel 3) nachfolgende projektspezifischen Schlussfolgerungen getroffen werden:

- Im Bereich, wo eine Abflachung der Böschung des Aareufers sowie vorgelagerte Inseln vorgesehen sind, sind keine wesentlichen räumlichen Tendenzen hinsichtlich der Materialqualität des Auffüllmaterials auszumachen. Insofern sind keine Projektänderungen notwendig, mit denen stark belastete Bereiche nicht tangiert und so Entsorgungskosten von belastetem Aushubmaterial verringert werden können.
- Die Qualität des Auffüllmaterials wurde mit zahlreichen Sondierungen punktuell untersucht. Gemäss den Ergebnissen liegt im Wesentlichen sauberes bis wenig verschmutztes Aushubmaterial vor; nur lokal wurde stark verschmutztes Material nach VVEA festgestellt. Es ist allerdings bekannt, dass beim Rückbau des Gaswerks weitaus problematischeres Material weiträumig auf dem ganzen Gelände verstossen wurde. Aufgrund dieser Ausgangslage ist es denkbar, dass derartiges Material auch lokal, zwischen den Sondierungen, vorliegt bzw. bei den Aushubarbeiten zum Vorschein kommen kann. Eine erhöhte diesbezügliche Sicherheit kann lediglich mit weiteren Sondierungen erreicht werden, was unseres Erachtens allerdings zu unverhältnismässig hohen Untersuchungskosten führen würde.
- Aufgrund der Untersuchungsergebnisse und der obigen Aussage bezüglich der Geschichte beim Rückbau des Gaswerks ist bei den Aushubarbeiten eine Fachbegleitung zur Triage des anfallenden Aushubmaterials erforderlich.

6. Aushub- und Entsorgungskonzept

6.1. Vorgehen Bereich Uferzone

Im Bereich des Aareufers ist für die Aufweitung der Aare und die Abflachung der Böschung sowie die vorgelagerten Inseln ein Materialabtrag bis in eine Tiefe von bis zu 3.5 m geplant. Bei den vorgelagerten Inseln wird das belastete Material abgetragen und durch neues, unverschmutztes Material zur Erstellung der Inseln ersetzt. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Untergrund der weiter vom Uferweg entfernten Bereiche deutlich heterogener aufgebaut ist, als jener entlang des heutigen Uferwegs. Auffüllmaterial ist unmittelbar entlang der Aare bis in 1 – 2 m Tiefe und wenige Meter vom Ufer entfernt bis in Tiefen zwischen 2 und 3 m vorhanden. Die Materialqualität des Auffüllmaterials entspricht schwach bis stark verschmutztem Aushubmaterial. Unter den Auffüllungen liegen die Aareschotter, welche grösstenteils unbelastet sein dürften.

Die Zusammensetzung und die Belastung der Auffüllung sind mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen bereits gut bekannt. Für die Triage und Begleitung der Aushubarbeiten sollen die vorhandenen Rückstellproben aus den Sondierungs-Bohrungen, welche hauptsächlich vom Auffüllmaterial aus den obersten 2 m stammen, zusätzlich analysiert werden (vgl. Abbildung 1). Damit wird zumindest für das Material entlang des

heutigen Ufers, wo eine hohe Dichte an Sondierbohrungen besteht, eine Beurteilung der Qualität des Aushubmaterials ohne weitere Untersuchung vor Ort möglich.

Material aus dem Bereich der neuen Uferböschung, wo nur einzelne Bohrungen bestehen sowie Material, welches nicht anhand der Voruntersuchungen beurteilt werden kann, wird vor Ort in Kompartimenten von maximal 200 m³ zwischengelagert und im Labor auf den Gehalt an PAK, Cyanide und Schwermetalle analysiert. Die Lage des Zwischendepotplatzes wird im Rahmen des Ausführungsprojekts bestimmt. Im Aushubmaterial sollen Blöcke und grössere Steine als unbelastetes Material aussortiert werden.

Um ein Wegschwemmen von belastetem Material bei einem Hochwasser zu vermeiden, müssen die Uferbereiche nach den Aushubarbeiten ausreichend abgedichtet und vor Erosion geschützt werden.

6.2. Vorgehen Bereich Damm

Innerhalb des Gaswerkareals soll als Hochwasserschutzmassnahme ein Damm mit einer leeseitigen Drainageleitung erstellt werden (vgl. Beilage 1). Der ursprünglich gedachte Verlauf dieses Dammes führte durch die Sanierungszone des ehemaligen Gaswerkareals mit Priorität 2b. Deshalb wurde mit einer Projektänderung der geplante Dammverlauf östlich um den Zaffaraya-Hügel verlegt. Für den Bau des Damms ist ein Aushub der obersten 30 cm (Oberboden, Auffüllung) erforderlich. In Bezug auf die Drainageleitung müssen die Einleitbedingungen gemäss Anhang 3 GSchV eingehalten werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Zusammensetzung und die Belastung des Oberbodens und die darunter liegenden Auffüllung im südlichen Teil (BS1/16-BS5/16 bis Zaffaraya- Hügel, vgl. Beilage 1) lediglich eine geringe Belastung aufweisen. Damit wird zumindest teilweise eine Beurteilung der Qualität des Aushubmaterials ohne weitere Untersuchung vor Ort möglich. Kommt Material zum Vorschein, welches nicht anhand der bisherigen Untersuchungen beurteilt werden kann, wird dieses vor Ort zwischengelagert und chemisch analysiert (vgl. Kapitel 6.4). Die Lage des Zwischendepotplatzes wird im Rahmen des Ausführungsprojekts bestimmt.

Im nördlichen Abschnitt (ab Zaffaraya-Hügel) sind die Verhältnisse bisher weniger gut bekannt. Das Aushubmaterial wird hier deshalb ausgehoben und vor Ort auf einem Zwischendepotplatz in Kompartimenten von maximal 200m² zwischengelagert. Anschliessend wird eine Feststoffprobe entnommen und im Labor auf den Gehalt an PAK, Cyanide und Schwermetalle analysiert (vgl. Kapitel 6.4).

6.3. Triage

Der Aushub des kontaminierten Materials ist von einem Altlastenspezialisten zu begleiten. Dieser beurteilt das ausgehobene Material vorerst mittels einer organoleptischer Begutachtung und den Kenntnissen aus der technischen Untersuchung. Er nimmt auf Grund seiner Beurteilung eine Triage des ausgehobenen Materials vor.

Eine sorgfältige Triage bedingt eine gute Organisation der Baustelle. Zwischendepotplätze, Ladeplätze und Fahrspuren müssen klar definiert sein. Fahrzeuge und Maschinen, welche innerhalb des Sanierungsperimeters verwendet werden, müssen bei Verlassen des Perimeters gründlich gereinigt werden.

6.4. Untersuchungsparameter

Als Schlüsselparameter gelten PAK-Gesamtgehalt, der Gehalt an Schwermetallen und die freien Cyanide (im Eluat). Pro 200 m³ (lose) ist eine chemische Analyse erforderlich. Für die chemischen Analysen sind zu Beginn der Arbeiten folgende unten aufgeführte Parameter zu untersuchen. Das Analyseprogramm, insbesondere für die Schwermetalle, kann nach Rücksprache mit dem AWA im Verlaufe der Sanierung angepasst werden.

- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Summe PAK)
- Cyanide (frei) im Eluat
- Schwermetalle:
 - Arsen (As)
 - Chrom (Cr)
 - Kupfer (Cu)
 - Nickel (Ni)
 - Blei (Pb)
 - Zink (Zn)

6.5. Entsorgungswege und -mengen

Für die Hochwasserschutzmassnahmen im Uferbereich und Damm ist mit folgenden Aushubmengen gemäss Tabelle 2 zu rechnen. Diese Kenntnisse werden mit der Analyse der Rückstellproben im Rahmen des Ausführungsprojekts nachträglich noch präzisiert und dem AWA mitgeteilt. Die Lage der Zwischendepotplätze für die Triage und Beprobung des belasteten Materials sind ebenfalls im Rahmen des Ausführungsprojekts zu definieren.

Material	Entsorgungsweg	VEVA-Code		Damm	Uferbereich	Total
Unbelastetes Aushubmaterial	Deponie Typ A / Wiederverwertung	17 05 06	m ³ (lose)		9750	9750
wenig belasteter Oberboden	Deponie Typ B	17 05 96 [ak]	m ³ (lose)	1950	650	2600
Wenig verschmutztes Aushubmaterial	Deponie Typ B	17 05 97 [ak]	m ³ (lose)	390	9100	9490
Stark belasteter abgetragener Oberboden	Deponie Typ E	17 05 90 [akb]	m ³ (lose)	260		260
Stark verschmutztes Aushubmaterial	Deponie Typ E	17 05 91 [akb]	m ³ (lose)	0	650	650
	Total		m ³ (lose)	2600	20150	22750

Tabelle 2: Aushub- bzw. Entsorgungsmengen

Der Transport des belasteten Materials erfolgt auf der Strasse. Die definitiven Entsorgungswege werden im Rahmen der Submission und unter Einbezug der Vorgaben des AWA festgelegt.

Für kiesiges Material sämtlicher Qualitätsklassen soll eine Aufbereitung / Rückgewinnung von Kies im Sinne der Verwertungspflicht (Art. 12 gemäss VVEA) vor dem Deponieren wirtschaftlich geprüft werden.

Für den Standort wird eine eigene Betriebsnummer gelöst. Die Genehmigung für die Entsorgung von belastetem Aushubmaterial wird beim AWA mittels Internet-Applikation EGI (Entsorgungsgenehmigung via Internet: <https://www.apps.be.ch>) eingeholt. Für die Übergabe von verschmutztem Material, welches als andere kontrollpflichtige Abfälle mit Begleitschein [akb] bzw. Sonderabfall [S] klassiert ist, ist ein Begleitschein auszustellen. Darauf ist beim Abgeber die VeVA-Betriebsnummer zu referenzieren.

Ein Entscheid zur Wahl der Deponien ist noch nicht gefällt. Vor Baubeginn ist der Baupolizeibehörde eine Deklaration der Entsorgungswege mit den jeweiligen Angaben der Entsorgungsunternehmen zur Genehmigung vorzulegen.

7. Schlussbemerkung

Die Aushubarbeiten müssen durch ein auf Altlasten spezialisiertes Geologiebüro vor Ort begleitet werden, damit die Entsorgung des belasteten Materials (Aktivitäten, Mengen und Entsorgungswege) laufend koordiniert, überwacht und dokumentiert wird. Im Untergrund verbleibendes belastetes Material muss ausreichend vor Erosion geschützt werden.

Die präzisierten Entsorgungsmengen und die Lage der Zwischendepotplätze für die Triage und Beprobung des belasteten Materials sind im Rahmen des Ausführungsprojekts zu definieren und dem AWA mitzuteilen.

Der vorliegende Bericht ist dem AWA zur Stellungnahme vorzulegen.

KELLERHALS + HAEFELI AG


J. Jakob


R. Wagner

Sachbearbeiter: Florian Klingenfuss, MSc Umweltnaturwissenschaften
Jürg Jakob, dipl. Geologe

Bern, 26. Juli 2016
JA/rj 9732

Anhang 1
Profile Bohrsondierungen

DRKS 01/16

Ausführungsdatum: 01.11.2016

Koordinaten: 2600415 / 1198376

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Bohrfirma/Maschinist: Studersond AG, P. Zurbuchen

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Asphalt		Versiegelung		
0.10 – 1.05	Kies, stark sandig, siltig, beige	Tonbruch: < 1 %	Auffüllung		1.1: 0.50 – 1.00
1.05 – 1.45	Sand, siltig, kiesig, braun	Schnittholz (naturbelassen): 10 %			
1.45 – 2.00	Kies, stark sandig, siltig, braun	Tonbruch: 1 – 3 %		1.2: 1.50 – 2.00	
2.00 – 2.65	Kies, stark sandig, leicht siltig, dunkelbeige		Aareschotter		
2.65 – 3.00	Kies, stark sandig, leicht siltig, steinig (?), Bohrstaub, beige				

DRKS 02/16					
Ausführungsdatum:		02.11.2016			
Koordinaten:		2600404 / 1198383			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Bohrfirma/Maschinist:		Studersond AG, P. Zurbuchen			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.80	Sand, stark kiesig, dunkelbraun	Kunststoff, mineralische Bestandteile: 3 – 5 %	Auffüllung		2.1: 0.20 – 0.70
0.80 – 1.00	Sand, kiesig, dunkelgrau, schwacher Bitumengeruch			2.2: 0.80 – 1.00	
1.00 – 1.40	Kies, stark sandig, siltig, ocker	Tonbruch: 5 – 10 %		2.3: 1.10 – 1.40	
1.40 – 2.15	Sand, siltig, leicht kiesig, hellbraun	Tonbruch, Kohlereste: 5 %			
2.15 – 2.60	Sand, hellbeige, braunrote Einschlüsse (?)				
2.60 – 2.80	Feinsand, siltig, dunkelgrau, schwacher Dieselgeruch			2.4: 2.60 – 2.80	
2.80 – 3.00	Feinsand, hellgrau, schwacher Dieselgeruch				
3.00 – 3.60	Kies, stark sandig, leicht siltig, hellgrau		Aareschotter		
3.60 – 4.00	Kies, sandig, leicht siltig, dunkelbeige				

DRKS 03/16

Ausführungsdatum: 01.11.2016

Koordinaten: 2600411 / 1198405

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Bohrfirma/Maschinist: Studersond AG, P. Zurbuchen

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Asphalt		Versiegelung		
0.10 – 0.40	Kies, sandig, siltig, steinig (?), Bohrstaub, beige		Auffüllung		
0.40 – 1.10	Silt, sandig, kiesig, dunkelbraun	Tonbruch: 1 – 3 %		3.1: 0.40 – 0.90	
1.10 – 1.70	Sand, siltig, kiesig, braun		Aareschotter		3.2: 1.20 – 1.70
1.70 – 3.00	Kies, stark sandig, dunkelbeige				
3.00 – 4.00	Kies, sandig, grau, nass				

DRKS 04/16

Ausführungsdatum: 01.11.2016

Koordinaten: 2600410 / 1198430

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Bohrfirma/Maschinist: Studersond AG, P. Zurbuchen

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Asphalt		Versiegelung		
0.10 – 0.70	Kies, sandig, siltig, steinig (?), Bohrstaub, beige		Auffüllung		
0.70 – 1.00	Silt, sandig, humos, dunkelbraun	Schnittholz: 3 - 5 %		4.1: 0.70 – 1.00	
1.00 – 2.00	Kies, sandig, grau		Aareschotter		4.2: 1.00 – 2.00
2.00 – 4.00	Kies, sandig, leicht siltig, steinig (?), grau, ab 3.00 nass				

DRKS 05/16

Ausführungsdatum: 02.11.2016

Koordinaten: 2600400 / 1198453

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Bohrfirma/Maschinist: Studersond AG, P. Zurbuchen

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.35	Kies, stark sandig, schwach siltig, humos, dunkelbraun		Auffüllung		
0.35 – 1.00	Sand, siltig, leicht kiesig, braun bis dunkelbraun/grau	Tonbruch; 1 %		5.1: 0.40 – 0.90	
1.00 – 1.15	Sand, braunrot	Tonbruch: 35 – 50 %			
1.15 – 2.00	Sand, siltig, kiesig, braun bis ocker			5.2: 1.50 – 2.00	
2.00 – 2.45	Sand, dunkelgrau bis schwarz	vermischt mit Kohle (?)		5.3: 2.00 – 2.45	
2.45 – 3.00	Silt, tonig, sandig, kiesig, dunkelbeige		Überschwemmungs-sedimente		
3.00 – 4.00	Kies, sandig, dunkelgeige bis grau		Aareschotter		

DRKS 06/16

Ausführungsdatum: 01.11.2016

Koordinaten: 2600408 / 1198461

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Bohrfirma/Maschinist: Studersond AG, P. Zurbuchen

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Asphalt		Versiegelung		
0.10 – 2.20	Kies, stark sandig, siltig, steinig (?), Bohrstaub, dunkelbeige		Auffüllung	6.1: 0.30 – 0.80	6.2: 1.70 – 2.20
2.20 – 3.20	Sand, stark kiesig, grau		Aareschotter		
3.20 – 4.00	Kies, sandig, grau, nass				

DRKS 07/16					
Ausführungsdatum:		02.11.2016			
Koordinaten:		2600401 / 1198481			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Bohrfirma/Maschinist:		Studersond AG, P. Zurbuchen			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.45	Sand, kiesig, siltig, humos, dunkelbraun	Backstein (?): < 1 %	Auffüllung		
0.45 – 1.00	Kies, stark sandig, dunkelbeige				
1.00 – 1.35	Sand, kiesig, leicht siltig, dunkelgrau, moderiger Geruch			7.1: 1.00 – 1.35	
1.35 – 1.70	Sand, kiesig, leicht siltig, grau, leicht moderiger Geruch				
1.70 – 2.00	Sand, kiesig, leicht siltig, grau				7.2: 1.70 – 2.00
2.00 – 2.25	Sand, siltig, hellbraun	Tonbruch, Schnittholz, Kohle: 10 – 15 %			7.3: 2.00 – 2.25
2.25 – 2.55	Silt, sandig, leicht kiesig, dunkelbeige		Überschwemmungs-sedimente		
2.55 – 4.00	Kies, sandig, grau, nass		Aareschotter		7.4: 3.00 – 3.50

DRKS 08/16

Ausführungsdatum: 31.10.2016

Koordinaten: 2600407 / 1198500

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Bohrfirma/Maschinist: Studersond AG, P. Zurbuchen

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Asphalt		Versiegelung		
0.10 – 0.70	Kies, stark sandig, siltig, steinig (?), Bohrstaub, dunkelbeige		Auffüllung		8.1: 0.30 – 0.70
0.70 – 4.00	Kies, sandig, steinig bis Ø 7 cm, grau, ab 3.3 m nass		Aareschotter		8.2: 1.00 – 1.50

DRKS 09/16					
Ausführungsdatum:		02.11.2016			
Koordinaten:		2600399 / 1198529			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Bohrfirma/Maschinist:		Studersond AG, P. Zurbuchen			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.20	Sand, kiesig, siltig, humos, dunkelbraun		Auffüllung		
0.20 – 0.80	Kies, stark sandig, dunkelbeige				
0.80 – 1.40	Sand, kiesig, leicht siltig, grau	Tonbruch: 3 – 5 %		9.1: 1.00 – 1.40	
1.40 – 1.60	Kies, stark sandig, siltig, dunkelgrau			9.2: 1.40 – 1.60	
1.60 – 2.00	Sand, siltig, leicht kiesig, ocker			9.3: 1.60 – 2.00	
2.00 – 4.00	Kies, sandig, dunkelbeige, ab 3.00 m nass		Aareschotter		

DRKS 10/16

Ausführungsdatum: 31.10.2016

Koordinaten: 2600408 / 1198529

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Bohrfirma/Maschinist: Studersond AG, P. Zurbuchen

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Asphalt		Versiegelung		
0.10 – 1.00	Kies, sandig, leicht siltig, dunkelbeige		Auffüllung	10.1: 0.50 – 1.00	
1.00 – 1.50	Kies, stark sandig, leicht siltig, beige		Aareschotter		10.2: 1.00 1.50
1.50 – 4.00	Kies, sandig, leicht siltig, dunkelbeige, ab 3.2 m nass				10.3: 2.00 – 2.50

DRKS 11/16					
Ausführungsdatum:		31.10.2016			
Koordinaten:		2600409 / 1198551			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Bohrfirma/Maschinist:		Studersond AG, P. Zurbuchen			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.45	Sand, siltig, kiesig, humos, durchwurzelt, dunkelbraun		Auffüllung		
0.45 – 1.50	Kies, sandig, leicht siltig, hellbraun		Auffüllung		
1.50 – 2.00	Kies, stark sandig, siltig, dunkelbeige		Aareschotter		11.1: 1.50 – 2.00
2.00 – 2.70	Kies, sandig, steinig (?), Borhstaub, hellgrau				
2.70 – 4.00	Kies, sandig, leicht siltig, dunkelbeige, bis 3.0 m feucht, ab 3.0 m nass				11.2: 2.50 – 3.00

Anhang 2
Profile Baggersondierungen

BS 01/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600345/ 1198352			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.20	Sand, siltig, humos, braun, durchwurzelt		Auffüllung	BS 1.1: 0.00 – 0.60	
0.20 – 0.60	Sand, siltig, leicht kiesig, hellbraun				
0.60 – 1.05	Kies, stark sandig, bis Sand stark kiesig, siltig, dunkelbeige	Beton: 1 – 3 %, Schlacke von 0.95 – 1.05			BS 1.2: 0.60 – 0.95
1.05 – 1.25	Sand, siltig, graubraun				



BS 02/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600343/ 1198384			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Sand, kiesig, humos, dunkelbraun		Auffüllung		
0.10 – 1.20	Kies, sandig, braun, grau, rotbraun	Tonbruch, Backstein: 3 – 5 % Asphalt (stellenweise): 100 % von 0.25 – 0.75		BS 2.1: 0.10 – 0.50	
1.20 – 1.55	Silt, sandig, grau, moderiger Geruch				BS 2.2: 1.20 – 1.55



BS 03/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600339/ 1198424			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.15	Sand, siltig, humos, braun		Auffüllung	BS 3.1: 0.00 – 0.15	
0.15 – 0.45	Sand, siltig, hellbraun			BS 3.1: 0.20 – 0.40	
0.45 – 1.15	Kies, stark sandig, grau				
1.15 – 1.50	Kies, sandig, stark siltig, dunkelbeige, rotbraune Verfärbungen Wasser bei 1.45	Tonbruch, Asphalt, Beton, Schlacke: 10 – 15 %			



BS 04/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600337/ 1198472			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 1.00	Sand, stark kiesig, siltig, hellbraun	Glas: < 1 %	Auffüllung	BS 4.1: 0.00 – 0.90	
1.00 – 1.55	Feinkies, sandig, dunkelgrau				BS 4.2: 1.00 – 1.55
1.55 – 1.75	Kies, sandig, leicht siltig, hellbraun	Tonbruch: 3 %			



BS 05/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600330/ 1198511			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.10	Kies, stark sandig, humos, dunkelbraun		Auffüllung		
0.10 – 0.50	Kies, leicht sandig, dunkelbraun			BS 5.1: 0.10 – 0.50	
0.50 – 0.70	Kies, steinig, dunkelgrau				
0.70 – 1.20	Sand, siltig, hellbraun				BS 5.2: 0.70 – 1.20
1.20 – 1.60	Silt, tonig, grau, schwarze Wurzeleinschlüsse, Geruch nach Diesel/Heizöl				BS 5.3: 1.20 – 1.60



BS 06/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600341/ 1198558			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.05	Sand, siltig, dunkelbraun		Auffüllung		
0.05 – 0.20	Kies, steinig Ø bis 16 cm, sandig, stark siltig, braun			BS 6.1: 0.05 – 0.20	
0.20 – 1.20	Kies, sandig, hellbraun mit Lagen von Sand, dunkelbeige, Wassereintritt ca. in 0.4	Asphalt: 100 % von 0.40 – 0.45 Tonbruch: Bis 0.90 5 – 10 %, ab 0.90 35 %			
1.20 – 1.70	Sand, siltig, schwarz, sehr starker, beissender Teergeruch				BS 6.2: 1.20 – 1.70



BS 07/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600380 / 1198585			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.20	Sand, siltig, leicht kiesig, humos, braun	Asphalt: 1 – 3 %	Auffüllung	BS 7.1: 0.00 – 0.20	
0.20 – 0.40	Kies, stark sandig, siltig, graubraun	Asphalt: 5 %			
0.40 – 0.60	Kies, sandig, leicht siltig, dunkelbeige	Tonbruch: 1 – 3 %			BS 7.2: 0.40 – 0.60
0.60 – 1.50	Kies, stark sandig, dunkelbraun	Backstein, Asphalt, Tonbruch, Abbruchmaterial, Holz, Schlacke: 10 – 20 %			



BS 08/16

Ausführungsdatum: 10.11.2016

Koordinaten: 2600413 / 1198636

Aufnahme: Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler

Aushubfirma: H. Ringgenberg Belp AG

Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.05	Sand, leicht kiesig, humos, dunkelbraun	Tonbruch: 1 – 3 %	Auffüllung	BS 8.1: 0.00 – 0.10	
0.05 – 0.10	Sand, kiesig, humos, dunkelbraun	Tonbruch: 1 – 3 %			
0.10 – 0.55	Kies, stark sandig, siltig, hellbraun	Asphalt, Tonbruch: 1 – 3 %			BS 8.2: 0.10 – 0.55
0.55 – 0.65		Betonplatte			
0.65 – 0.85	Sand, siltig, leicht kiesig, hellbraun bis ocker				
0.85 – 1.05	Kies, mittelsandig, grau				
1.05 – 1.40	Sand, stark kiesig, siltig, dunkelbeige				
1.40 – 1.60	Kies, sandig, grau	Tonbruch: 5 – 10 %			



BS 9/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600412 / 1198679			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.20	Kies, stark sandig, leicht siltig, humos, dunkelbraun		Auffüllung	BS 9.1: 0.00 – 0.20	
0.20 – 0.60	Kies, stark sandig, leicht siltig, steinig, Blöcke Ø bis 35 cm, hellbraun	Textil, Tonbruch: 1 – 3 %			BS 9.2: 0.20 – 0.60
0.60 – 1.10	Kies, stark sandig, leicht siltig, steinig, braun		Auffüllung (?)		
1.10 – 1.60	Kies, steinig, sandig, stark siltig, hellbraun		Auffüllung (?)		



BS 10/16					
Ausführungsdatum:		10.11.2016			
Koordinaten:		2600416 / 1198700			
Aufnahme:		Florian Klingenfuss, MSc. Umweltnaturwissenschaftler			
Aushubfirma:		H. Ringgenberg Belp AG			
Tiefe [m u.T.]	Beschreibung	Fremdstoffanteile [Vol.-% geschätzt]	Geologische Interpretation	Proben analysiert [Bez.: Entnahmebereich]	Proben rückgestellt [Bez.: Entnahmebereich]
0.00 – 0.20	Sand, siltig, leicht kiesig, braun		Auffüllung	BS 10.1: 0.00 – 0.20	
0.20 – 0.75	Kies, steinig Ø bis 13 cm, stark sandig, leicht siltig, hellbraun	Tonbruch: 1 %		BS 10.2: 0.20 – 0.75	
0.75 – 1.45	Kies, stark sandig, stark siltig, hart, grau	Schnittholz: 1 %			



Anhang 3

Laborbericht chemische Analysen, Feststoffe/Eluate

email-Bericht (z. Hd.: Herr Klingenfuss, florian.klingenfuss@k-h.ch)**Objekt****Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftrags-Nr. Bachema

201609844

Auftraggeber

Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, 3011 Bern

Rechnungsadresse

Stadt Bern, Tiefbauamt, 3001 Bern

Rechnung zur Visierung

Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, 3011 Bern

Bericht an

Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, F. Klingenfuss, 3011 Bern

Bericht per e-mail an

Kellerhals + Haefeli AG, F. Klingenfuss, florian.klingenfuss@k-h.ch

Excel-File

Kellerhals + Haefeli AG, F. Klingenfuss, florian.klingenfuss@k-h.ch

Probenübersicht

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
46442 F	1.2, 1.50-2.00 m	01.11.16 / 04.11.16
46443 F	2.2, 0.80-1.00 m	02.11.16 / 04.11.16
46444 F	2.4, 2.60-2.80 m	02.11.16 / 04.11.16
46445 F	3.1, 0.40-0.90 m	01.11.16 / 04.11.16
46446 F	4.1, 0.70-1.00 m	01.11.16 / 04.11.16
46447 F	5.3, 2.00-2.45 m	02.11.16 / 04.11.16
46448 F	6.1, 0.30-0.80 m	01.11.16 / 04.11.16
46449 F	7.1, 1.00-1.35 m	02.11.16 / 04.11.16
46450 F	9.2, 1.40-1.60 m	02.11.16 / 04.11.16
46451 F	10.1, 0.50-1.00 m	31.10.16 / 04.11.16
46506 W	24h-Eluat aus 1.2	31.10.16 / 04.11.16
46507 W	24h-Eluat aus 2.2	31.10.16 / 04.11.16
46508 W	24h-Eluat aus 2.4	31.10.16 / 04.11.16
46509 W	24h-Eluat aus 3.1	31.10.16 / 04.11.16
46510 W	24h-Eluat aus 4.1	31.10.16 / 04.11.16
46511 W	24h-Eluat aus 5.3	31.10.16 / 04.11.16
46512 W	24h-Eluat aus 6.1	31.10.16 / 04.11.16
46513 W	24h-Eluat aus 7.1	31.10.16 / 04.11.16
46514 W	24h-Eluat aus 9.2	31.10.16 / 04.11.16
46515 W	24h-Eluat aus 10.1	31.10.16 / 04.11.16

Freundliche Grüsse
BACHEMA AG


S. Ruckstuhl, Dr. sc. nat. / Dipl. Umwelt-Natw. ETH


E. Altay, Administration
Tel.: 044 738 39 00

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung	1.2	2.2	2.4	3.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Proben-Nr. Bachema	46442	46443	46444	46445		
Tag der Probenahme	01.11.16	02.11.16	02.11.16	01.11.16		
Entnahmetiefe [m]	1.50-2.00	0.80-1.00	2.60-2.80	0.40-0.90		

Probenparameter

Angelieferte Probemenge	kg	1.9	1.1	0.9	3.4		
Trockensubstanz (105°C)	%	96.2	92.7	79.8	92.2		

Allgemeine und anorganische Parameter

Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	0.30	1.49	0.67	0.48		2
------------------------	-----------	------	------	------	------	--	---

Schwermetalle aus Schwermetall-Fingerprint (XRF, vollständig s. Anhang)

Antimon	mg/kg TS Sb	2	11	<2	2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	<2	4	3	<2	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	12	162	37	57	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	18	21	25	22	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	<10	15	26	<10		
Kupfer	mg/kg TS Cu	6	103	90	14	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	12	16	39	17	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	<0.1	3.0	0.2	0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	30	90	404	44	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	8	46	5	14		

Organische Summenparameter

KW-Index (C10-C40)	mg/kg TS	<10	320	18	25	50	500
Anteil KW > C40	%	--	<20	<20	<20		

PAK

Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0.05	0.05	<0.05	0.22	0.3	3
Summe PAK	mg/kg TS	<0.50	4.23	<0.50	2.08	3	25

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung	4.1	5.3	6.1	7.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Proben-Nr. Bachema	46446	46447	46448	46449		
Tag der Probenahme	01.11.16	02.11.16	01.11.16	02.11.16		
Entnahmetiefe [m]	0.70-1.00	2.00-2.45	0.30-0.80	1.00-1.35		

Probenparameter

Angelieferte Probemenge	kg	1.9	2.6	3.6	1.3		
Trockensubstanz (105°C)	%	91.1	85.9	97.7	92.7		

Allgemeine und anorganische Parameter

Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	1.46	0.53	0.43	0.47		2
------------------------	-----------	------	------	------	------	--	---

Schwermetalle aus Schwermetall-Fingerprint (XRF, vollständig s. Anhang)

Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2	<2	2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	3	<2	2	<2	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	31	52	16	24	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	27	24	18	21	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	23	13	18	<10		
Kupfer	mg/kg TS Cu	19	18	8	15	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	21	18	11	18	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	53	43	31	44	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	4	6	<2	7		

Organische Summenparameter

KW-Index (C10-C40)	mg/kg TS	27	37	97	122	50	500
Anteil KW > C40	%	<20	<20	>20	<20		

PAK

Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.07	0.16	0.33	<0.05	0.3	3
Summe PAK	mg/kg TS	0.57	2.61	3.93	<0.50	3	25

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung	9.2	10.1			VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Proben-Nr. Bachema	46450	46451				
Tag der Probenahme	02.11.16	31.10.16				
Entnahmetiefe [m]	1.40-1.60	0.50-1.00				

Probenparameter

Angelieferte Probemenge	kg	0.6	1.1			
Trockensubstanz (105°C)	%	91.3	98.0			

Allgemeine und anorganische Parameter

Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	1.88	0.72			2
------------------------	-----------	------	------	--	--	---

Schwermetalle aus Schwermetall-Fingerprint (XRF, vollständig s. Anhang)

Antimon	mg/kg TS Sb	2	<2			3	30
Arsen	mg/kg TS As	4	<2			15	30
Blei	mg/kg TS Pb	68	21			50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5			1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	23	19			50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	<10	<10				
Kupfer	mg/kg TS Cu	44	11			40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2				
Nickel	mg/kg TS Ni	24	14			50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	2.6	<0.1			0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2				
Zink	mg/kg TS Zn	89	33			150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	12	7				

Organische Summenparameter

KW-Index (C10-C40)	mg/kg TS	<10	199			50	500
Anteil KW > C40	%	--	>20				

PAK

Benzo(a)pyren	mg/kg TS	<0.05	0.25			0.3	3
Summe PAK	mg/kg TS	0.55	2.07			3	25

Probenbezeichnung	24h-Eluat aus 1.2	24h-Eluat aus 2.2	24h-Eluat aus 2.4	24h-Eluat aus 3.1	VVEA-E. Typ B	VVEA-E. Typ C
Proben-Nr. Bachema	46506	46507	46508	46509		
Tag der Probenahme	31.10.16	31.10.16	31.10.16	31.10.16		

Physikalisch-chemische Parameter

Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	94	97	2'090	86	
pH-Wert (Test 2)	pH	8.38	8.50	7.55	8.93	6-12

Cyanide und Sulfide

Cyanid (frei)	mg/L CN	<0.005	0.061	0.008	<0.005	0.02	0.1
---------------	---------	--------	-------	-------	--------	------	-----

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung		24h-Eluat aus 4.1	24h-Eluat aus 5.3	24h-Eluat aus 6.1	24h-Eluat aus 7.1	<i>VVEA-E. Typ B</i>	<i>VVEA-E. Typ C</i>
Proben-Nr. Bachema		46510	46511	46512	46513		
Tag der Probenahme		31.10.16	31.10.16	31.10.16	31.10.16		
Physikalisch-chemische Parameter							
Leitfähigkeit (25°C)	μS/cm	227	117	86	162		
pH-Wert (Test 2)	pH	8.21	8.07	9.02	8.15		<i>6-12</i>
Cyanide und Sulfide							
Cyanid (frei)	mg/L CN	<0.005	<0.015	<0.005	<0.005	<i>0.02</i>	<i>0.1</i>

Probenbezeichnung		24h-Eluat aus 9.2	24h-Eluat aus 10.1			<i>VVEA-E. Typ B</i>	<i>VVEA-E. Typ C</i>
Proben-Nr. Bachema		46514	46515				
Tag der Probenahme		31.10.16	31.10.16				
Physikalisch-chemische Parameter							
Leitfähigkeit (25°C)	μS/cm	82	63				
pH-Wert (Test 2)	pH	8.42	9.18				<i>6-12</i>
Cyanide und Sulfide							
Cyanid (frei)	mg/L CN	<0.005	<0.005			<i>0.02</i>	<i>0.1</i>

Objekt **Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema 201609844

Anhang: Element-Übersichtsanalyse XRF

Probenbezeichnung	1.2	2.2	2.4	3.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Entnahmetiefe [m]	46442 1.50-2.00	46443 0.80-1.00	46444 2.60-2.80	46445 0.40-0.90		

Schwermetalle

Element	Einheit	1.2	2.2	2.4	3.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Antimon	mg/kg TS Sb	2	11	<2	2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	<2	4	3	<2	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	12	162	37	57	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	18	21	25	22	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	<10	15	26	<10		
Kupfer	mg/kg TS Cu	6	103	90	14	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	12	16	39	17	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	<0.1	3.0	0.2	0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	30	90	404	44	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	8	46	5	14		

Seltene Erden und übrige Elemente

Element	Einheit	1.2	2.2	2.4	3.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Barium	mg/kg TS Ba	193	240	194	156		
Cäsium	mg/kg TS Cs	<10	<10	<10	<10		
Cer	mg/kg TS Ce	43	20	33	35		
Gallium	mg/kg TS Ga	3	6	10	4		
Germanium	mg/kg TS Ge	<5	<5	<5	<5		
Lanthan	mg/kg TS La	26	13	17	20		
Neodym	mg/kg TS Nd	37	<20	<20	<20		
Niob	mg/kg TS Nb	<10	<10	<10	<10		
Rubidium	mg/kg TS Rb	44	32	56	41		
Selen	mg/kg TS Se	<2	<2	<2	<2		
Silber	mg/kg TS Ag	<2	9	<2	<2		
Strontium	mg/kg TS Sr	462	476	363	453		
Uran	mg/kg TS U	<10	<10	<10	<10		
Vanadium	mg/kg TS V	34	17	36	37		
Wolfram	mg/kg TS W	<10	<10	<10	<10		
Zirconium	mg/kg TS Zr	91	71	172	88		

Halogenide / Schwefel

Element	Einheit	1.2	2.2	2.4	3.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Brom	mg/kg TS Br	<2	<2	<2	<2		
Chlor	mg/kg TS Cl	<100	<100	114	<100		
Jod	mg/kg TS I	<10	<10	<10	<10		
Schwefel	mg/kg TS S	188	747	5'960	295		

Matrizelemente

Element	Einheit	1.2	2.2	2.4	3.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Aluminium (als Oxid)	% v. TS Al ₂ O ₃	5.8	3.6	6.7	6.1		
Calcium (als Oxid)	% v. TS CaO	24	24	19	23		
Eisen (als Oxid)	% v. TS Fe ₂ O ₃	1.7	2.0	2.7	2.0		
Kalium (als Oxid)	% v. TS K ₂ O	1.1	0.81	1.3	0.95		
Magnesium (als Oxid)	% v. TS MgO	1.2	0.97	1.4	1.3		
Mangan (als Oxid)	% v. TS MnO	0.05	0.05	0.06	0.07		
Phosphor (als Oxid)	% v. TS P ₂ O ₅	0.18	0.21	0.16	0.23		
Silizium (als Oxid)	% v. TS SiO ₂	43	48	53	43		
Titan (als Oxid)	% v. TS TiO ₂	0.19	0.15	0.27	0.20		

Der Chrom- und Arsengehalt wurde auf Säureaufschluss nach TVA umgerechnet (f: Cr 0.5, As 0.8)
Quecksilberbestimmung mit AAS-Amalgammethode.
Bestimmungsgrenze von Kobalt ist matrixabhängig.
Die häufigste petrografische Bindungsform von Brom, Chlor, Iod und Schwefel sind Bromide, Chloride, Iodide und Sulfate.

Objekt **Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema 201609844

Anhang: Element-Übersichtsanalyse XRF

Probenbezeichnung	4.1	5.3	6.1	7.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Entnahmetiefe [m]	46446 0.70-1.00	46447 2.00-2.45	46448 0.30-0.80	46449 1.00-1.35		

Schwermetalle

		4.1	5.3	6.1	7.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2	<2	2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	3	<2	2	<2	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	31	52	16	24	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	27	24	18	21	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	23	13	18	<10		
Kupfer	mg/kg TS Cu	19	18	8	15	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	21	18	11	18	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	53	43	31	44	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	4	6	<2	7		

Seltene Erden und übrige Elemente

		4.1	5.3	6.1	7.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Barium	mg/kg TS Ba	181	187	169	235		
Cäsium	mg/kg TS Cs	<10	<10	<10	<10		
Cer	mg/kg TS Ce	28	29	18	40		
Gallium	mg/kg TS Ga	9	8	7	5		
Germanium	mg/kg TS Ge	<5	<5	<5	<5		
Lanthan	mg/kg TS La	13	16	11	24		
Neodym	mg/kg TS Nd	<20	<20	<20	21		
Niob	mg/kg TS Nb	<10	<10	<10	<10		
Rubidium	mg/kg TS Rb	45	46	35	49		
Selen	mg/kg TS Se	<2	<2	<2	<2		
Silber	mg/kg TS Ag	<2	<2	<2	<2		
Strontium	mg/kg TS Sr	364	365	473	378		
Uran	mg/kg TS U	<10	<10	<10	<10		
Vanadium	mg/kg TS V	33	27	18	36		
Wolfram	mg/kg TS W	<10	<10	<10	<10		
Zirconium	mg/kg TS Zr	130	118	132	186		

Halogenide / Schwefel

		4.1	5.3	6.1	7.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Brom	mg/kg TS Br	<2	<2	<2	<2		
Chlor	mg/kg TS Cl	475	103	147	<100		
Jod	mg/kg TS I	<10	<10	<10	<10		
Schwefel	mg/kg TS S	469	1'300	394	539		

Matrixelemente

		4.1	5.3	6.1	7.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Aluminium (als Oxid)	% v. TS Al ₂ O ₃	6.1	5.8	3.8	6.2		
Calcium (als Oxid)	% v. TS CaO	19	20	24	20		
Eisen (als Oxid)	% v. TS Fe ₂ O ₃	2.4	2.1	1.6	2.2		
Kalium (als Oxid)	% v. TS K ₂ O	1.1	1.1	0.91	1.2		
Magnesium (als Oxid)	% v. TS MgO	1.4	1.2	0.99	1.0		
Mangan (als Oxid)	% v. TS MnO	0.06	0.05	0.05	0.07		
Phosphor (als Oxid)	% v. TS P ₂ O ₅	0.22	0.21	0.19	0.20		
Silizium (als Oxid)	% v. TS SiO ₂	52	51	49	51		
Titan (als Oxid)	% v. TS TiO ₂	0.27	0.24	0.16	0.21		

Der Chrom- und Arsengehalt wurde auf Säureaufschluss nach TVA umgerechnet (f: Cr 0.5, As 0.8)
Quecksilberbestimmung mit AAS-Amalgammethode.
Bestimmungsgrenze von Kobalt ist matrixabhängig.
Die häufigste petrografische Bindungsform von Brom, Chlor, Iod und Schwefel sind Bromide, Chloride, Iodide und Sulfate.

Objekt **Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters. Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**
Auftraggeber Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema 201609844

Anhang: Element-Übersichtsanalyse XRF

Probenbezeichnung	9.2	10.1			VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Entnahmetiefe [m]	46450 1.40-1.60	46451 0.50-1.00				

Schwermetalle

Antimon	mg/kg TS Sb	2	<2			3	30
Arsen	mg/kg TS As	4	<2			15	30
Blei	mg/kg TS Pb	68	21			50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5			1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	23	19			50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	<10	<10				
Kupfer	mg/kg TS Cu	44	11			40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2				
Nickel	mg/kg TS Ni	24	14			50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	2.6	<0.1			0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2				
Zink	mg/kg TS Zn	89	33			150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	12	7				

Seltene Erden und übrige Elemente

Barium	mg/kg TS Ba	215	164				
Cäsium	mg/kg TS Cs	<10	<10				
Cer	mg/kg TS Ce	40	31				
Gallium	mg/kg TS Ga	6	<2				
Germanium	mg/kg TS Ge	<5	<5				
Lanthan	mg/kg TS La	24	19				
Neodym	mg/kg TS Nd	24	23				
Niob	mg/kg TS Nb	<10	<10				
Rubidium	mg/kg TS Rb	48	30				
Selen	mg/kg TS Se	<2	<2				
Silber	mg/kg TS Ag	<2	<2				
Strontium	mg/kg TS Sr	361	451				
Uran	mg/kg TS U	<10	<10				
Vanadium	mg/kg TS V	41	32				
Wolfram	mg/kg TS W	<10	<10				
Zirconium	mg/kg TS Zr	112	66				

Halogenide / Schwefel

Brom	mg/kg TS Br	<2	<2				
Chlor	mg/kg TS Cl	<100	<100				
Jod	mg/kg TS I	<10	<10				
Schwefel	mg/kg TS S	411	450				

Matrixelemente

Aluminium (als Oxid)	% v. TS Al ₂ O ₃	6.8	4.5				
Calcium (als Oxid)	% v. TS CaO	20	27				
Eisen (als Oxid)	% v. TS Fe ₂ O ₃	2.5	1.8				
Kalium (als Oxid)	% v. TS K ₂ O	1.1	0.73				
Magnesium (als Oxid)	% v. TS MgO	1.3	0.98				
Mangan (als Oxid)	% v. TS MnO	0.08	0.08				
Phosphor (als Oxid)	% v. TS P ₂ O ₅	0.20	0.17				
Silizium (als Oxid)	% v. TS SiO ₂	45	37				
Titan (als Oxid)	% v. TS TiO ₂	0.23	0.13				

Der Chrom- und Arsengehalt wurde auf Säureaufschluss nach TVA umgerechnet (f: Cr 0.5, As 0.8)
 Quecksilberbestimmung mit AAS-Amalgammethode.
 Bestimmungsgrenze von Kobalt ist matrixabhängig.
 Die häufigste petrografische Bindungsform von Brom, Chlor, Iod und Schwefel sind Bromide, Chloride, Iodide und Sulfate.

email-Bericht (z. Hd.: Herr Klingenfuss, florian.klingenfuss@k-h.ch)

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftrags-Nr. Bachema

201609844

Auftraggeber
Rechnungsadresse
Rechnung zur Visierung
Bericht an
Bericht per e-mail an
Excel-File

Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, 3011 Bern
Stadt Bern, Tiefbauamt, 3001 Bern
Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, 3011 Bern
Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, F. Klingenfuss, 3011 Bern
Kellerhals + Haefeli AG, F. Klingenfuss, florian.klingenfuss@k-h.ch
Kellerhals + Haefeli AG, F. Klingenfuss, florian.klingenfuss@k-h.ch

Probenübersicht

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
48312	F BS 1.1, 0.00-0.60 m	10.11.16 / 16.11.16
48313	F BS 2.1, 0.10-0.50 m	10.11.16 / 16.11.16
48314	F BS 3.1, 0.00-0.15 m	10.11.16 / 16.11.16
48315	F BS 4.1, 0.00-0.90 m	10.11.16 / 16.11.16
48316	F BS 5.1, 0.10-0.50 m	10.11.16 / 16.11.16
48317	F BS 6.1, 0.05-0.20 m	10.11.16 / 16.11.16
48318	F BS 7.1, 0.00-0.20 m	10.11.16 / 16.11.16
48319	F BS 8.1, 0.00-0.10 m	10.11.16 / 16.11.16
48320	F BS 9.1, 0.00-0.20 m	10.11.16 / 16.11.16
48321	F BS 10.1, 0.00-0.20 m	10.11.16 / 16.11.16
48322	W 24h-Eluat aus BS 1.1	10.11.16 / 16.11.16
48323	W 24h-Eluat aus BS 2.1	10.11.16 / 16.11.16
48324	W 24h-Eluat aus BS 3.1	10.11.16 / 16.11.16
48325	W 24h-Eluat aus BS 4.1	10.11.16 / 16.11.16
48326	W 24h-Eluat aus BS 5.1	10.11.16 / 16.11.16
48327	W 24h-Eluat aus BS 6.1	10.11.16 / 16.11.16
48328	W 24h-Eluat aus BS 7.1	10.11.16 / 16.11.16
48329	W 24h-Eluat aus BS 8.1	10.11.16 / 16.11.16
48330	W 24h-Eluat aus BS 9.1	10.11.16 / 16.11.16
48331	W 24h-Eluat aus BS 10.1	10.11.16 / 16.11.16

Freundliche Grüsse
BACHEMA AG



S. Ruckstuhl, Dr. sc. nat. / Dipl. Umwelt-Natw. ETH



E. Altay, Administration
Tel.: 044 738 39 00

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung	BS 1.1	BS 2.1			VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Proben-Nr. Bachema	48312	48313				
Tag der Probenahme	10.11.16	10.11.16				
Entnahmetiefe [m]	0.00-0.60	0.10-0.50				

Probenparameter

Angelieferte Probemenge	kg	1.8	4.9			
Trockensubstanz (105°C)	%	84.0	94.8			

Allgemeine und anorganische Parameter

Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	1.78	2.42			2
------------------------	-----------	-------------	-------------	--	--	----------

Schwermetalle aus Schwermetall-Fingerprint (XRF, vollständig s. Anhang)

Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2			3	30
Arsen	mg/kg TS As	4	3			15	30
Blei	mg/kg TS Pb	44	75			50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5			1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	33	23			50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	29	16				
Kupfer	mg/kg TS Cu	25	22			40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2				
Nickel	mg/kg TS Ni	26	19			50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	0.1	0.3			0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2				
Zink	mg/kg TS Zn	99	120			150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	5	<2				

Organische Summenparameter

KW-Index (C10-C40)	mg/kg TS	43	235			50	500
Anteil KW > C40	%	<20	>20				

PAK

Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1.54	2.37			0.3	3
Summe PAK	mg/kg TS	19.6	23.8			3	25

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung

	BS 3.1	BS 4.1	BS 5.1	BS 6.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Proben-Nr. Bachema	48314	48315	48316	48317		
Tag der Probenahme	10.11.16	10.11.16	10.11.16	10.11.16		
Entnahmetiefe [m]	0.00-0.15	0.00-0.90	0.10-0.50	0.05-0.20		

Probenparameter

Parameter	Einheit	BS 3.1	BS 4.1	BS 5.1	BS 6.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Angelieferte Probemenge	kg	1.8	3.2	4.1	3.3		
Trockensubstanz (105°C)	%	72.2	88.2	91.9	89.8		

Allgemeine und anorganische Parameter

Parameter	Einheit	BS 3.1	BS 4.1	BS 5.1	BS 6.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	3.11	0.75	8.30	2.39		2

Schwermetalle aus Schwermetall-Fingerprint (XRF, vollständig s. Anhang)

Element	Einheit	BS 3.1	BS 4.1	BS 5.1	BS 6.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2	<2	2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	4	4	4	6	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	53	26	73	199	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5	0.6	0.5	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	27	32	15	21	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	23	23	<10	12		
Kupfer	mg/kg TS Cu	24	15	23	263	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	23	19	17	25	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	90	53	233	194	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	9	<2	6	14		

Organische Summenparameter

Parameter	Einheit	BS 3.1	BS 4.1	BS 5.1	BS 6.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
KW-Index (C10-C40)	mg/kg TS	30	22	231	49	50	500
Anteil KW > C40	%	<20	<20	<20	<20		

PAK

Parameter	Einheit	BS 3.1	BS 4.1	BS 5.1	BS 6.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.35	0.15	0.62	0.87	0.3	3
Summe PAK	mg/kg TS	3.63	1.59	15.3	8.49	3	25

Objekt**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**Auftraggeber
Auftrags-Nr. BachemaKellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung	BS 7.1	BS 8.1	BS 9.1	BS 10.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Proben-Nr. Bachema	48318	48319	48320	48321		
Tag der Probenahme	10.11.16	10.11.16	10.11.16	10.11.16		
Entnahmetiefe [m]	0.00-0.20	0.00-0.10	0.00-0.20	0.00-0.20		

Probenparameter

Angelieferte Probemenge	kg	2.1	2.0	3.0	3.3		
Trockensubstanz (105°C)	%	81.9	86.6	84.3	84.2		

Allgemeine und anorganische Parameter

Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	3.02	2.26	2.30	1.84		2
------------------------	-----------	------	------	------	------	--	---

Schwermetalle aus Schwermetall-Fingerprint (XRF, vollständig s. Anhang)

Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2	2	<2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	6	4	2	4	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	58	53	57	54	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	0.6	0.6	<0.5	<0.5	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	27	31	22	27	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	<10	<10	<10	21		
Kupfer	mg/kg TS Cu	28	22	17	23	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	27	20	17	23	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	109	108	78	110	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	20	10	8	4		

Organische Summenparameter

KW-Index (C10-C40)	mg/kg TS	43	42	38	29	50	500
Anteil KW > C40	%	<20	<20	<20	<20		

PAK

Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1.73	1.22	0.25	0.24	0.3	3
Summe PAK	mg/kg TS	19.5	13.0	2.50	2.50	3	25

Probenbezeichnung	24h-Eluat aus BS 1.1	24h-Eluat aus BS 2.1			VVEA-E. Typ B	VVEA-E. Typ C
Proben-Nr. Bachema	48322	48323				
Tag der Probenahme	10.11.16	10.11.16				

Physikalisch-chemische Parameter

Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	107	72			
pH-Wert (Test 2)	pH	7.75	8.46			6-12

Cyanide und Sulfide

Cyanid (frei)	mg/L CN	<0.005	<0.005			0.02	0.1
---------------	---------	--------	--------	--	--	------	-----

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Probenbezeichnung		24h-Eluat aus BS 3.1	24h-Eluat aus BS 4.1	24h-Eluat aus BS 5.1	24h-Eluat aus BS 6.1	VVEA-E. Typ B	VVEA-E. Typ C
Proben-Nr. Bachema		48324	48325	48326	48327		
Tag der Probenahme		10.11.16	10.11.16	10.11.16	10.11.16		
Physikalisch-chemische Parameter							
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	151	84	117	93		
pH-Wert (Test 2)	pH	7.93	8.00	8.09	7.80		6-12
Cyanide und Sulfide							
Cyanid (frei)	mg/L CN	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.02	0.1

Probenbezeichnung		24h-Eluat aus BS 7.1	24h-Eluat aus BS 8.1	24h-Eluat aus BS 9.1	24h-Eluat aus BS 10.1	VVEA-E. Typ B	VVEA-E. Typ C
Proben-Nr. Bachema		48328	48329	48330	48331		
Tag der Probenahme		10.11.16	10.11.16	10.11.16	10.11.16		
Physikalisch-chemische Parameter							
Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	139	108	116	122		
pH-Wert (Test 2)	pH	7.89	7.92	7.94	7.86		6-12
Cyanide und Sulfide							
Cyanid (frei)	mg/L CN	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.02	0.1

Objekt **Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema 201609844

Anhang: Element-Übersichtsanalyse XRF

Probenbezeichnung	BS 1.1	BS 2.1			VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Entnahmetiefe [m]	48312 0.00-0.60	48313 0.10-0.50				

Schwermetalle

Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2			3	30
Arsen	mg/kg TS As	4	3			15	30
Blei	mg/kg TS Pb	44	75			50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5			1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	33	23			50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	29	16				
Kupfer	mg/kg TS Cu	25	22			40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2				
Nickel	mg/kg TS Ni	26	19			50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	0.1	0.3			0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2				
Zink	mg/kg TS Zn	99	120			150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	5	<2				

Seltene Erden und übrige Elemente

Barium	mg/kg TS Ba	333	196				
Cäsium	mg/kg TS Cs	<10	<10				
Cer	mg/kg TS Ce	36	24				
Gallium	mg/kg TS Ga	16	7				
Germanium	mg/kg TS Ge	<5	<5				
Lanthan	mg/kg TS La	18	13				
Neodym	mg/kg TS Nd	<20	<20				
Niob	mg/kg TS Nb	<10	<10				
Rubidium	mg/kg TS Rb	78	35				
Selen	mg/kg TS Se	<2	<2				
Silber	mg/kg TS Ag	<2	<2				
Strontium	mg/kg TS Sr	166	437				
Uran	mg/kg TS U	<10	<10				
Vanadium	mg/kg TS V	51	40				
Wolfram	mg/kg TS W	<10	<10				
Zirconium	mg/kg TS Zr	156	87				

Halogenide / Schwefel

Brom	mg/kg TS Br	4	<2				
Chlor	mg/kg TS Cl	<100	<100				
Jod	mg/kg TS I	<10	<10				
Schwefel	mg/kg TS S	599	1'250				

Matrizelemente

Aluminium (als Oxid)	% v. TS Al ₂ O ₃	9.4	4.3				
Calcium (als Oxid)	% v. TS CaO	5.5	24				
Eisen (als Oxid)	% v. TS Fe ₂ O ₃	3.2	2.1				
Kalium (als Oxid)	% v. TS K ₂ O	1.7	0.86				
Magnesium (als Oxid)	% v. TS MgO	1.3	1.2				
Mangan (als Oxid)	% v. TS MnO	0.09	0.06				
Phosphor (als Oxid)	% v. TS P ₂ O ₅	0.35	0.16				
Silizium (als Oxid)	% v. TS SiO ₂	68	41				
Titan (als Oxid)	% v. TS TiO ₂	0.40	0.20				

Der Chrom- und Arsengehalt wurde auf Säureaufschluss nach TVA umgerechnet (f: Cr 0.5, As 0.8)
Quecksilberbestimmung mit AAS-Amalgammethode.
Bestimmungsgrenze von Kobalt ist matrixabhängig.
Die häufigste petrografische Bindungsform von Brom, Chlor, Iod und Schwefel sind Bromide, Chloride, Iodide und Sulfate.

Objekt

**Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Kellerhals + Haefeli AG
201609844

Anhang: Element-Übersichtsanalyse XRF

Probenbezeichnung	BS 3.1	BS 4.1	BS 5.1	BS 6.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Entnahmetiefe [m]	48314 0.00-0.15	48315 0.00-0.90	48316 0.10-0.50	48317 0.05-0.20		

Schwermetalle

Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2	<2	2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	4	4	4	6	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	53	26	73	199	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	<0.5	<0.5	0.6	0.5	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	27	32	15	21	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	23	23	<10	12		
Kupfer	mg/kg TS Cu	24	15	23	263	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	23	19	17	25	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	90	53	233	194	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	9	<2	6	14		

Seltene Erden und übrige Elemente

Barium	mg/kg TS Ba	238	208	168	257		
Cäsium	mg/kg TS Cs	<10	<10	<10	<10		
Cer	mg/kg TS Ce	40	39	20	45		
Gallium	mg/kg TS Ga	10	10	4	4		
Germanium	mg/kg TS Ge	<5	<5	<5	<5		
Lanthan	mg/kg TS La	21	21	<10	27		
Neodym	mg/kg TS Nd	21	26	<20	37		
Niob	mg/kg TS Nb	<10	<10	<10	<10		
Rubidium	mg/kg TS Rb	61	53	27	48		
Selen	mg/kg TS Se	<2	<2	<2	<2		
Silber	mg/kg TS Ag	<2	<2	<2	<2		
Strontium	mg/kg TS Sr	215	342	418	361		
Uran	mg/kg TS U	<10	<10	<10	<10		
Vanadium	mg/kg TS V	36	35	34	41		
Wolfram	mg/kg TS W	<10	<10	<10	<10		
Zirconium	mg/kg TS Zr	306	138	65	112		

Halogenide / Schwefel

Brom	mg/kg TS Br	4	<2	<2	<2		
Chlor	mg/kg TS Cl	<100	<100	134	<100		
Jod	mg/kg TS I	<10	<10	<10	<10		
Schwefel	mg/kg TS S	761	354	1'400	663		

Matrixelemente

Aluminium (als Oxid)	% v. TS Al ₂ O ₃	7.0	6.8	4.1	6.5		
Calcium (als Oxid)	% v. TS CaO	9.5	18	21	20		
Eisen (als Oxid)	% v. TS Fe ₂ O ₃	2.6	2.3	2.0	2.4		
Kalium (als Oxid)	% v. TS K ₂ O	1.3	1.2	0.66	1.1		
Magnesium (als Oxid)	% v. TS MgO	0.96	1.3	0.71	1.3		
Mangan (als Oxid)	% v. TS MnO	0.08	0.06	0.06	0.06		
Phosphor (als Oxid)	% v. TS P ₂ O ₅	0.32	0.21	0.15	0.21		
Silizium (als Oxid)	% v. TS SiO ₂	62	53	36	44		
Titan (als Oxid)	% v. TS TiO ₂	0.29	0.27	0.14	0.23		

Der Chrom- und Arsengehalt wurde auf Säureaufschluss nach TVA umgerechnet (f: Cr 0.5, As 0.8)
Quecksilberbestimmung mit AAS-Amalgammethode.
Bestimmungsgrenze von Kobalt ist matrixabhängig.
Die häufigste petrografische Bindungsform von Brom, Chlor, Iod und Schwefel sind Bromide, Chloride, Iodide und Sulfate.

Objekt **Nr. 9911, Hochwassers. Stadt Bern, Techn. Unters.
Ablagerungsstandort Sandrain + ehem. Gaswerk Bern**

Auftraggeber Kellerhals + Haefeli AG
Auftrags-Nr. Bachema 201609844

Anhang: Element-Übersichtsanalyse XRF

Probenbezeichnung	BS 7.1	BS 8.1	BS 9.1	BS 10.1	VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B
Entnahmetiefe [m]	48318 0.00-0.20	48319 0.00-0.10	48320 0.00-0.20	48321 0.00-0.20		

Schwermetalle

Antimon	mg/kg TS Sb	<2	<2	2	<2	3	30
Arsen	mg/kg TS As	6	4	2	4	15	30
Blei	mg/kg TS Pb	58	53	57	54	50	500
Cadmium	mg/kg TS Cd	0.6	0.6	<0.5	<0.5	1	10
Chrom	mg/kg TS Cr	27	31	22	27	50	500
Kobalt	mg/kg TS Co	<10	<10	<10	21		
Kupfer	mg/kg TS Cu	28	22	17	23	40	500
Molybdän	mg/kg TS Mo	<2	<2	<2	<2		
Nickel	mg/kg TS Ni	27	20	17	23	50	500
Quecksilber	mg/kg TS Hg	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.5	2
Thallium	mg/kg TS Tl	<2	<2	<2	<2		
Zink	mg/kg TS Zn	109	108	78	110	150	1'000
Zinn	mg/kg TS Sn	20	10	8	4		

Seltene Erden und übrige Elemente

Barium	mg/kg TS Ba	267	171	198	219		
Cäsium	mg/kg TS Cs	<10	<10	<10	<10		
Cer	mg/kg TS Ce	43	28	39	39		
Gallium	mg/kg TS Ga	10	6	4	10		
Germanium	mg/kg TS Ge	<5	<5	<5	<5		
Lanthan	mg/kg TS La	21	15	26	23		
Neodym	mg/kg TS Nd	<20	<20	24	26		
Niob	mg/kg TS Nb	<10	<10	<10	<10		
Rubidium	mg/kg TS Rb	62	42	42	60		
Selen	mg/kg TS Se	<2	<2	<2	<2		
Silber	mg/kg TS Ag	<2	<2	<2	<2		
Strontium	mg/kg TS Sr	219	339	354	202		
Uran	mg/kg TS U	<10	<10	<10	<10		
Vanadium	mg/kg TS V	48	37	33	40		
Wolfram	mg/kg TS W	<10	<10	<10	<10		
Zirconium	mg/kg TS Zr	147	80	92	132		

Halogenide / Schwefel

Brom	mg/kg TS Br	2	<2	<2	3		
Chlor	mg/kg TS Cl	122	101	<100	<100		
Jod	mg/kg TS I	<10	<10	<10	<10		
Schwefel	mg/kg TS S	784	638	684	600		

Matrixelemente

Aluminium (als Oxid)	% v. TS Al ₂ O ₃	8.6	5.5	5.4	7.8		
Calcium (als Oxid)	% v. TS CaO	10	21	21	11		
Eisen (als Oxid)	% v. TS Fe ₂ O ₃	2.6	1.9	1.9	2.7		
Kalium (als Oxid)	% v. TS K ₂ O	1.3	0.94	0.92	1.4		
Magnesium (als Oxid)	% v. TS MgO	1.1	0.99	0.87	1.2		
Mangan (als Oxid)	% v. TS MnO	0.08	0.06	0.06	0.09		
Phosphor (als Oxid)	% v. TS P ₂ O ₅	0.26	0.23	0.31	0.29		
Silizium (als Oxid)	% v. TS SiO ₂	57	42	43	63		
Titan (als Oxid)	% v. TS TiO ₂	0.34	0.18	0.19	0.33		

Der Chrom- und Arsengehalt wurde auf Säureaufschluss nach TVA umgerechnet (f: Cr 0.5, As 0.8)
Quecksilberbestimmung mit AAS-Amalgammethode.
Bestimmungsgrenze von Kobalt ist matrixabhängig.
Die häufigste petrografische Bindungsform von Brom, Chlor, Iod und Schwefel sind Bromide, Chloride, Iodide und Sulfate.

Anhang 4

Auswertung chemische Analysen, Feststoffe/Eluate

Sondierbohrung							DRKS 01/16	DRKS 02/16	DRKS 02/16	DRKS 03/16	DRKS 04/16	DRKS 05/16	DRKS 06/16	DRKS 07/16	DRKS 09/16	DRKS 10/16					
Feststoffprobe							1.2 01.11.2016 1.50-2.00 m	2.2 02.11.2016 0.80-1.00 m	2.4 02.11.2016 2.60-2.80 m	3.1 01.11.2016 0.40-0.90 m	4.1 01.11.2016 0.70-1.00 m	5.3 02.11.2016 2.00-2.45 m	6.1 01.11.2016 0.30-0.80 m	7.1 02.11.2016 1.00-1.35 m	9.2 02.11.2016 1.40-1.60 m	10.1 31.10.2016 0.50-1.00 m					
							Richtwerte														
							VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B (schwach verschm.)	VVEA Typ B	VVEA Typ E	>VVEA Typ E										
Parameter	Einheit						Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat					
angelieferte Probenmenge	kg						1.9	1.1	0.9	3.4	1.9	2.6	3.6	1.3	0.6	1.1					
Trockensubstanz	%						96.2	92.7	79.8	92.2	91.1	85.9	97.7	92.7	91.3	98					
Kohlenstoff org.	% v. TS		1	2*	5		0.3	1.49	0.67	0.48	1.46	0.53	0.43	0.47	1.88	0.72					
Antimon	mg/kg TS	3	15	30	50		2	11	<2	2	<2	<2	<2	2	2	<2					
Arsen	mg/kg TS	15	15	30	50		<2	4	3	<2	3	<2	2	<2	4	<2					
Blei	mg/kg TS	50	250	500	2000		12	162	37	57	31	52	16	24	68	21					
Cadmium	mg/kg TS	1	5	10	10		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5					
Chrom	mg/kg TS	50	250	500	1000		18	21	25	22	27	24	18	21	23	19					
Kobalt	mg/kg TS						<10	15	26	<10	23	13	18	<10	<10	<10					
Kupfer	mg/kg TS	40	250	500	5000		6	103	90	14	19	18	8	15	44	11					
Molybdän	mg/kg TS						<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2					
Nickel	mg/kg TS	50	250	500	1000		12	16	39	17	21	18	11	18	24	14					
Quecksilber	mg/kg TS	0.5	1	2	5		<0.1	3	0.2	0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	2.6	<0.1					
Thallium	mg/kg TS						<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2					
Zink	mg/kg TS	150	500	1000	5000		30	90	404	44	53	43	31	44	89	33					
Kohlenwasserstoff Index	mg/kg TS	50	250	500	5000		<10	320	18	25	27	37	97	122	<10	199					
Anteil KW > C40	%						--	<20	<20	<20	<20	<20	>20	<20	--	>20					
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.3	1.5	3	10		<0.05	0.05	<0.05	0.22	0.07	0.16	0.33	<0.05	<0.05	0.25					
Summe PAK	mg/kg TS	3	12.5	25	250		<0.50	4.23	<0.50	2.08	0.57	2.61	3.93	<0.50	0.55	2.07					
							24h-Eluat aus 1.2 31.10.2016	24h-Eluat aus 2.2 31.10.2016	24h-Eluat aus 2.4 31.10.2016	24h-Eluat aus 3.1 31.10.2016	24h-Eluat aus 4.1 31.10.2016	24h-Eluat aus 5.3 31.10.2016	24h-Eluat aus 6.1 31.10.2016	24h-Eluat aus 7.1 31.10.2016	24h-Eluat aus 9.2 31.10.2016	24h-Eluat aus 10.1 31.10.2016					
							Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat	Resultat					
Leitfähigkeit	µS/cm						94	97	2090	86	227	117	86	162	82	63					
pH-Wert	pH			6-12			8.38	8.5	7.55	8.93	8.21	8.07	9.02	8.15	8.42	9.18					
Cyanid	mg/l			0.02	0.3		<0.005	0.061	0.008	<0.005	<0.005	<0.015	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005					

*Gilt nicht für abgetragenen Ober- und Unterboden (VVEA Anhang 5, Abs. 2.4)

Baggersondierung		BS 01/16	BS 02/16	BS 03/17	BS 04/18	BS 05/19	BS 06/20	BS 07/21	BS 08/22	BS 09/23	BS 10/24					
Feststoffprobe		BS 1.1 10.11.2016 0.00-0.60 m	BS 2.1 10.11.2016 0.10-0.50 m	BS 3.1 10.11.2016 0.00-0.15 m	BS 4.1 10.11.2016 0.00-0.90 m	BS 5.1 10.11.2016 0.10-0.50 m	BS 6.1 10.11.2016 0.05-0.20 m	BS 7.1 10.11.2016 0.00-0.20 m	BS 8.1 10.11.2016 0.00-0.10 m	BS 9.1 10.11.2016 0.00-0.20 m	BS 10.1 10.11.2016 0.00-0.20 m					
		Richtwerte														
		VVEA Typ A (U)	VVEA Typ B (schwach verschm.)	VVEA Typ B	VVEA Typ E	>VVEA Typ E										
Parameter	Einheit						Resultat									
angelieferte Probenmenge	kg						1.8	4.9	1.8	3.2	4.1	3.3	2.1	2	3	3.3
Trockensubstanz	%						84	94.8	72.2	88.2	91.9	89.8	81.9	86.6	84.3	84.2
Kohlenstoff org.	% v. TS		1	2*	5		1.78	2.42	3.11	0.75	8.3	2.39	3.02	2.26	2.3	1.84
Antimon	mg/kg TS	3	15	30	50		<2	<2	<2	<2	<2	2	<2	<2	2	<2
Arsen	mg/kg TS	15	15	30	50		4	3	4	4	4	6	6	4	2	4
Blei	mg/kg TS	50	250	500	2000		44	75	53	26	73	199	58	53	57	54
Cadmium	mg/kg TS	1	5	10	10		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	<0.5	<0.5
Chrom	mg/kg TS	50	250	500	1000		33	23	27	32	15	21	27	31	22	27
Kobalt	mg/kg TS						29	16	23	23	<10	12	<10	<10	<10	21
Kupfer	mg/kg TS	40	250	500	5000		25	22	24	15	23	263	28	22	17	23
Molybdän	mg/kg TS						<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Nickel	mg/kg TS	50	250	500	1000		26	19	23	19	17	25	27	20	17	23
Quecksilber	mg/kg TS	0.5	1	2	5		0.1	0.3	0.2	<0.1	<0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.1
Thallium	mg/kg TS						<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Zink	mg/kg TS	150	500	1000	5000		99	120	90	53	233	194	109	108	78	110
Kohlenwasserstoff Index	mg/kg TS	50	250	500	5000		43	235	30	22	231	49	43	42	38	29
Anteil KW > C40	%						<20	>20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.3	1.5	3	10		1.54	2.37	0.35	0.15	0.62	0.87	1.73	1.22	0.25	0.24
Summe PAK	mg/kg TS	3	12.5	25	250		19.6	23.8	3.63	1.59	15.3	8.49	19.5	13	2.5	2.5
							24h-Eluat aus BS 1.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 2.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 3.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 4.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 5.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 6.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 7.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 8.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 9.1 10.11.2016	24h-Eluat aus BS 10.1 10.11.2016
							Resultat									
angelieferte Probenmenge	kg															
Trockensubstanz	%															
Leitfähigkeit	µS/cm						107	72	151	84	117	93	139	108	116	122
pH-Wert	pH			6-12			7.75	8.46	7.93	8	8.09	7.8	7.89	7.92	7.94	7.86
Kohlenstoff org.	% v. TS			2	5											
Cyanid	mg/l			0.02	0.3		<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

*Gilt nicht für abgetragenen Ober- und Unterboden (VVEA Anhang 5, Abs. 2.4)