

# KELLERHALS + HAEFELI AG

GEOLOGEN - 3011 BERN

GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
INGENIEURGEOLOGIE  
UMWELTFRAGEN

armasuisse Immobilien

## Ehemaliges Munitionsdepot Mitholz

### Grundwasserüberwachung 2016/2017

Bern, 2. Juni 2017  
JA/rj 7031

SQS-Zertifikat ISO 9001:2008

Registrierungs-Nr. 15873-02



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1. Ausgangslage</b>	<b>1</b>
1.1. Anlass der Untersuchung	1
1.2. Auftrag	1
1.3. Untersuchungsperimeter	2
<b>2. Zielsetzung</b>	<b>2</b>
<b>3. Verwendete Unterlagen</b>	<b>2</b>
<b>4. Geologie</b>	<b>4</b>
<b>5. Hydrogeologie</b>	<b>4</b>
<b>6. Untersuchungsprogramm</b>	<b>5</b>
<b>7. Probenahme</b>	<b>5</b>
<b>8. Resultate</b>	<b>7</b>
<b>9. Zusammenfassung der Resultate</b>	<b>9</b>
<b>10. Gefährdungsabschätzung</b>	<b>9</b>
<b>11. Empfehlungen</b>	<b>10</b>

## ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1: Probenahmeprotokolle vom 28.11.2016 und 31.03.2017

Anhang 2: Untersuchungsberichte Bachema AG vom 28.11.2016 und 31.03.2017

## BEILAGENVERZEICHNIS

Beilage 1: Übersicht über das Untersuchungsgebiet, Situation 1:10'000

Beilage 2: Situation 1:1'000

**Präambel:**

Dieses Gutachten wurde im Auftrag der armasuisse zum Zweck der Grundwasserüberwachung 2016/2017 erstellt. Die vorgenannten Angaben und Folgerungen beziehen sich somit ausschliesslich auf das vorliegende Projekt. Bedeutende Änderungen des Projekts bedingen eine Neubeurteilung. Wird das Gutachten zudem für andere Zwecke verwendet, wird jede Haftung abgelehnt. Die Haftung wird auch gegenüber anderen Personen als den Auftraggebern vollumfänglich abgelehnt.

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

## **Ehemaliges Munitionsdepot Mitholz**

### **Überwachung der Grundwasserqualität 2016/2017**

---

#### **1. Ausgangslage**

##### **1.1. Anlass der Untersuchung**

Im Jahr 1947 explodierte in Mitholz im Kandertal ein Munitionsdepot der Armee. Zwar hielten die Kammern des Felsmagazins der Explosion stand, durch die Erschütterung der Explosion stürzte jedoch der vorderste Teil der Felswand (Fluh) oberhalb der Anlage ein und verschüttete den Zufahrtstunnel (Bahntunnel) und ein Teil der gelagerten Munitionsbestände. Die gesamthaft ca. 7'000 Tonnen verschiedenster Munitionsarten wurden bei diesem Unglück auf unkontrollierte Art vernichtet oder durch den Felssturz verschüttet. Im Rahmen der Diskussion über die versenkte Munition in Schweizer Seen wurden vom VBS auch potenzielle, externe Schadstoffquellen untersucht, die für Sprengstoffe in diesen Gewässern verantwortlich sein können. Das ehemalige Munitionsdepot in Mitholz stellt aufgrund der grossen Menge, ursprünglich eingelagerter Munition, eine solche mögliche Schadstoffquelle dar. Bisher wurden diesbezüglich noch keine altlastenspezifischen Untersuchungen durchgeführt.

Im Jahr 2010 haben wir im Auftrag der armasuisse Immobilien eine Historische Untersuchung mit Pflichtenheft für die Technische Untersuchung zum ehemaligen Munitionsdepot (Objekt Nr. APO S14) erarbeitet (vgl. Bericht Nr. 7031 vom 22. Dezember 2010 [14]). Im Rahmen der Technischen Untersuchung wurde im Jahr 2011 das Grundwasser im Abstrombereich auf Sprengstoffrückstände und Schwermetalle untersucht. Zur Überwachung wurden nun im Jahr 2016/2017 zwei weitere Beprobungen durchgeführt. Die Grundwasserentnahmen erfolgten im Herbst 2016 und im Frühling 2017 bei unterschiedlichen hydrogeologischen Bedingungen.

##### **1.2. Auftrag**

Die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasserabstrom des ehemaligen Munitionsdepots sollen regelmässig (alle 5 – 10 Jahre) auf Sprengstoffe und Schwermetalle untersucht werden. Die armasuisse Immobilien hat unser Büro damit beauftragt, an zwei unterschiedlichen Zeitpunkten Grundwasserproben aus den im Rahmen der Technischen Untersuchung erstellten Bohrungen zu entnehmen. Die Arbeiten richten sich nach unserer Offerte vom 18. Januar 2016.

### 1.3. Untersuchungsperimeter

Die Anlage des ehemaligen Munitionsdepots Mitholz befindet sich im Kandertal ungefähr 3 km nördlich von Kandersteg und ca. 2.5 km südlich von Inner Kandergrund. Die Schwerpunktkoordinaten lauten 618'460 / 152'670. Unmittelbar nordwestlich des Schuttkegels verläuft die Bahnlinie der BLS in der südlichen Schlaufe der so genannten Nordrampe. Östlich des ehemaligen Munitionsdepots verläuft die Bahn zwischen Kandersteg und der nördlichen Schlaufe der Nordrampe im Fels. Die Bahnlinie selbst war vom Explosionsunglück nur geringfügig betroffen.

Der Stägebach mit Wasser aus dem Einzugsgebiet „Giesene – Breitwang“ fliesst unmittelbar südlich des ehemaligen Munitionsdepots in die Talebene und oberhalb von Blausee in die Kander. Im Bereich des ehemaligen Portals des Bahntunnels führt ein Bach (Bruchgraben) ebenfalls Wasser aus dem Gebiet unmittelbar oberhalb der Fluh und fliesst bei Mitholz in den Stägebach.

## 2. Zielsetzung

Abschätzungen über den Schadstoffaustausch haben ergeben, dass für das Schutzgut Grundwasser zwar nur eine geringe Gefährdung besteht. Weil aber die Menge an dem mit den Munitionsrückständen in Kontakt stehenden Grundwasser (Kluftwasser) und die durch das Grundwasser gelösten Schadstoffkonzentrationen nur grob abgeschätzt werden konnten, besteht diesbezüglich eine grosse Unsicherheit. Deshalb soll mit einer Grundwasserüberwachung überprüft werden, ob und in welchen Mengen Munitionsrückständen mit dem Grundwasser ausgetragen werden.

## 3. Verwendete Unterlagen

- [1] Amt für Wasser und Abfall AWA (2009): Gewässerschutzkarte, Online-Version
- [2] Amt für Wasser und Abfall AWA (2009): Grundwasserkarte, Online-Version
- [3] Kellerhals + Haefeli AG und Geotest AG (2007): Hydrogeologie Kandertal; Stand 30. November 2007
- [4] Kellerhals + Haefeli AG und Geotest AG (2007): Einwohnergemeinde Kandergrund – Genereller Entwässerungsplan, Zustandsbericht Versickerung, 18. Oktober 2002
- [5] Ingeniurgemeinschaft Lötschberg-Basistunnel, p. A. Emch + Berger AG (1993): Sondierstollen Nordseite und Fensterstollen Mitholz; Bericht zur Umwelt; Fachgutachten Geologie und Grundwasser

- [6] Geologengruppe Lötschberg-Basistunnel, p. A. Kellerhals + Haefeli AG (1991 – 2004): Hydrometrie Nord, Jahresberichte 1991 bis 2004 (Raum Blausee – Mitholz, Kandersteg, Gasteretal)
- [7] GS VBS / RU (2005): Altlastenbearbeitung VBS, Untersuchung der Belastungen auf Schiessplätzen und Schiessanlagen des VBS
- [8] H. Furrer, K. Huber, H. Adrian, A. Baud, W. Flück, C. Preiswerk, P. Schuler, P. Zwahlen (1993): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Atlasblatt 87; 1247 Adelboden Schweizerische geologische Kommission
- [9] Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute (2000): Gewässer- und Bodenschutz bei Schiessanlagen, Tagungsdokumentation vom 7. November 2000
- [10] Dr. Johannes van Stuijvenberg, Schenker Korner & Partner GmbH (2005): Gefährdungsabschätzung zu militärischen Munitionsversenkungen in Schweizer Seen
- [11] Bundesamt für Umwelt (1992): Hydrologischer Atlas der Schweiz
- [12] Bundesamt für Wald und Landschaft BUWAL (2003): Vollzug Umwelt, Praxishilfe Grundwasserprobenahme
- [13] P. Kellerhals, A. Isler (1998): Lötschberg-Basistunnel, Geologische Voruntersuchungen und Prognose
- [14] Kellerhals + Haefeli AG (2010): Historische Untersuchung, Pflichtenheft für eine Technische Untersuchung. Bericht vom 22. Dezember 2010.
- [15] Kellerhals + Haefeli AG (2012): Technische Untersuchung. Bericht vom 23. Januar 2012.
- [16] Bundesamt für Umwelt (2016): Konzentrationswerte für Stoffe, die nicht in Anhang 1 oder 3 AltIV enthalten sind, Stand 21.04.2016

### **Gesetzliche Grundlagen:**

- USG Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (USG), revidiert am 21. Dezember 1995.
- AltIV Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlastenverordnung; AltIV) vom 26. August 1998.

#### 4. Geologie

Das ehemalige Munitionsdepot befindet sich in z. T. zerklüftetem Helvetischem Kieselkalk und dem darunter liegenden Öhrlikalk. An dieser Stelle bildet der Fels eine ca. 100 m hohe und 200 m Breite Fluh. Unterhalb des Öhrlikalks befindet sich Wildflysch (Schiefer und Flyschsandsteine), dessen Horizonte in einem Winkel von 50 - 60° Richtung W einfallen. Wildflysch wurde in den nördlichen Kammern im hinteren Teil ab ca. 125 m angebohrt. Bis zum Bau der unterirdischen Munitionsanlage diente der Bereich unterhalb der Felspartien (Fluhmatte) als Überschwemmungsgebiet des Stägebachs. Beim Bau der Munitionsanlage wurde das Ausbruchmaterial vor der Fluh deponiert und bis zu einer Mächtigkeit von ca. 10 m auf die Überschwemmungsbedimente aufgeschüttet. Mit dem durch das Explosionsunglück verursachten Felssturz stürzte der vordere Teil der Felswand ein, wodurch heute über dem deponierten Ausbruchmaterial ein Schuttkegel von gesamthaft ca. 255'000 m<sup>3</sup> Felssturzmaterial liegt. Im nördlichen Teil liegt der Berührungsrand zwischen Felswand und Geröllhalde mehr als 40 m über der ursprünglichen Terrainhöhe. Im südlichen Teil der Sturzmasse befindet sich eine grössere Felspartie, welche bei der Explosion von der Felswand abgetrennt wurde. Die Felssturzmasse bedeckt eine Fläche von 15'000 m<sup>2</sup> und bewirkte beim Einsturz ein Kippen des Vorgeländes (Überschwemmungsbedimente und Ausbruchdeponie) und eine Verschiebung Richtung Tal. Gemäss einem damaligen geologischen Gutachten (vgl. Zitat in [14]) wurden die vorhandenen und bereits vor dem Explosionsunglück aufgenommenen Klüfte durch das Ereignis nicht weiter geöffnet.

#### 5. Hydrogeologie

Aus dem Bereich der Fluh sind aufgrund der geologischen Verhältnisse, entlang von Schichtgrenzen und an Klüften, geringe Wasseraustritte (ca. 120 l/min) zu vermuten [14]. Den Bereich mit verschütteter Munition (verschütteter Bahntunnel und Schuttkegel) dürfte jedoch nur ein kleiner Teil dieses Kluftwassers durchfliessen (ca. 10 bis 30 l/min, [14]), wobei die Menge stark von den Niederschlagsmengen abhängig ist. Im Bereich der Fluhmatte sind die Überschwemmungsbedimente und das deponierte Ausbruchmaterial in geringem Masse wasserführend. Die Durchlässigkeit im randlichen Talbereich wird gemäss [3] allgemein als mittel bezeichnet ( $k = 2 \times 10^{-3}$  bis  $2 \times 10^{-4}$  m/s). Im Bereich der Fluhmatte ist der Aufbau aufgrund verschiedener Ereignisse jedoch komplexer und sehr inhomogen. Deshalb muss in diesem Bereich von sehr unterschiedlichen Durchlässigkeitkeiten ausgegangen werden. Im Bereich des heutigen Kanderlaufs ist die Durchlässigkeit gross ( $k = > 10^{-3}$  m/s). Das ganze Grundwassergebiet im Bereich des Kandertales zwischen "Underem Büel" und Frutigen befindet sich im Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub> [1, 2].

## 6. Untersuchungsprogramm

In den drei Bohrungen im unmittelbaren Abstrom des ehemaligen Munitionsdepots Mitholz wurden je zwei Grundwasserproben entnommen. Die Probenahme erfolgte mittels Unterwasserpumpe MP1 und wurde gemäss den Vorgaben der Vollzugshilfe Grundwasserprobenahme (BUWAL, 2003) durchgeführt [12]. In RB2 wurde die Bohrung jeweils leergepumpt. Die Grundwasserentnahmen erfolgten nach Wiederanstieg des Grundwasserspiegels (Wartezeit von 10 - 15 min).

Ehemaliges Munitionsdepot Mitholz				
Entnahmestandort	Anzahl Wasserproben und Probenahmedatum	Analyseparameter	Messtechnik	Bestimmungsgrenze
Bohrungen RB1/11 RB2/11 RB3/11	2x3 28.11.2016 31.03.2017	Sprengstoffe*	HPLC mit UV-Detektion	je nach Einzelstoff (0.1 µg/l, 0.5 µg/l oder 1 µg/l)
		Blei Kupfer Nickel Antimon	ICPMS	0.5 µg/l 1 µg/l 1 µg/l 1 µg/l

\* TNT, Hexogen, Octogen, Nitropenta + Abbauprodukte, gemäss Bachema AG

**Tabelle 1: Analyseprogramm**

## 7. Probenahme

Alle drei Bohrungen RB1, RB2 und RB3 sind mit einem 4,5"-Piezometerrohr als Probenahmebrunnen eingerichtet. Die Filterstrecken in den drei Bohrungen befinden in unterschiedlichen Tiefen. Eine hydraulische Verbindung zwischen den Bohrungen ist nicht ausgeschlossen.

Bohrung		RB1	RB2	RB3
Terrainhöhe	m ü. M.	977.95	974.32	973.55
Grundwasservorkommen	m ü. M.			965.95 – 966.25
			960.32 – 961.52	960.95 – 962.55
		953.45 – 956.95	955.92 – 956.12	952.85 – 953.35
				948.50 – 952.45
Tiefe der Filterrohre	m ü. M.	952.38 - 956.88	959.51 – 962.51	948.34 - 953.34
Durchlässigkeit des ergiebigsten Grundwasserleiters	m/s	$8.2 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-5}$	$6.8 \times 10^{-6}$

**Tabelle 2: Grundwasservorkommen, Tiefe der Filterrohre und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters in den Bohrungen RB1, RB2 und RB3**

In RB1 wurden die Grundwasserproben bei unterschiedlichen Grundwasserspiegeln entnommen. Der höchste Grundwasserspiegel wurde bei den Probenahmen am

31. März 2017 festgestellt. Der tiefste Grundwasserspiegel konnte bei den ersten Probenahmen am 20. Juni 2011 gemessen werden.

In RB2 liegt Grundwasserspiegel auf relativ konstantem Niveau deutlich höher als in den beiden anderen Bohrungen. die Wassersäule über der sandigen Brunnensohle liegt bei ca. 2.5 m. Grundwasser ist nur wenig vorhanden, so dass bei den Probenahmen die Bohrung jeweils leergepumpt wurde. Das geförderte Wasser am 28. November 2016 weist eine rostrote Farbe auf.

In RB3 wurde der bisher tiefste Grundwasserspiegel am 20. Oktober 2011 gemessen. Ein um drei Meter höherer Grundwasserstand wurde nach einer dreitägigen Regenperiode bei den ersten Probenahmen am 21. Juni 2011 festgestellt. Die Grundwasserspiegel am 28. November 2016 und am 31. März 2017 lagen bis maximal 0.5 m über dem tiefen Grundwasserstand vom Oktober 2011. Das geförderte Wasser wies eine rostrote Farbe auf.

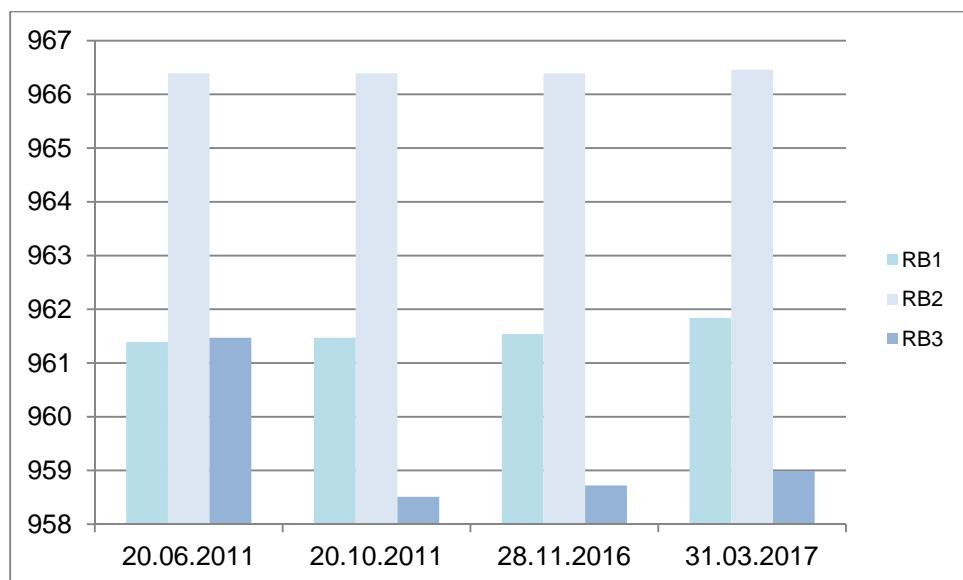
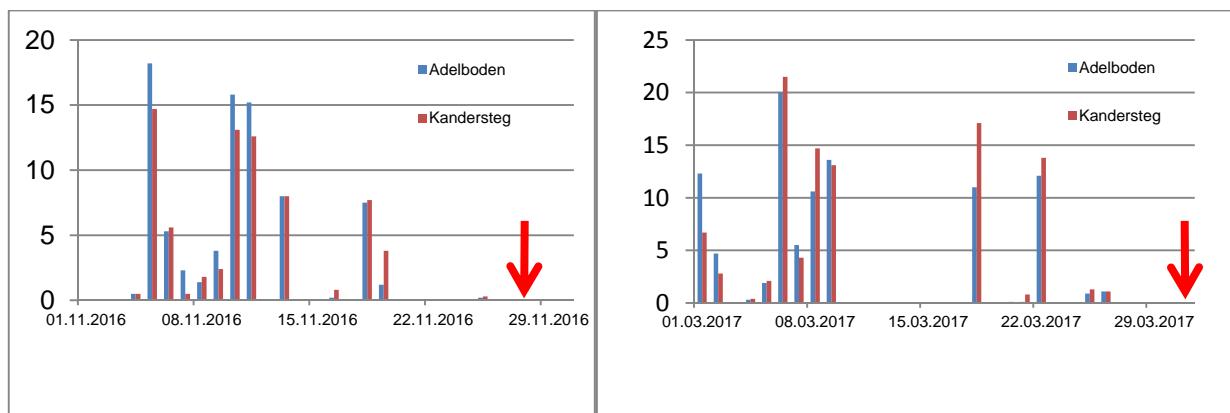


Diagramm 1: Grundwasserspiegel in RB1, RB2 und RB3 während den Probenahmen

	20.06.2011	20.10.2011	28.11.2016	31.03.2017
RB1	961.39	961.47	961.54	961.84
RB2	966.39	966.39	966.39	966.46
RB3	961.47	958.51	958.72	958.99

Tabelle 3: Grundwasserspiegel in RB1, RB2 und RB3 während den Probenahmen



**Diagramm 2: Regenmengen in Adelboden und Kandersteg im November 2016 und März 2017, mit Zeitpunkt der Probenahme (roter Pfeil)**

Die Feldparameter zeigen mit einer Ausnahme keine Auffälligkeiten. Eine Ausnahme ist die Leitfähigkeit in RB2 am 21. Juni 2011, welche gegenüber den Werten bei den darauffolgenden Probenahmen und den Werten von RB1 und RB3 deutlich höher ist.

Probenahme-standort	Datum	Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	$\text{O}_2$	T (°C)
RB1	21.06.2011	555	7.17	3.88	9.9
	20.10.2011	549	7.21	4.50	9.5
	28.11.2016	503	7.38	4.86	9.3
	31.03.2017	505	7.45	4.28	9.2
RB2	20.06.2011	842	6.75	0.52	10.0
	20.10.2011	590	7.04	1.41	9.4
	28.11.2016	602	7.11	4.38	8.3
	31.03.2017	569	7.26	1.72	9.2
RB3	21.06.2011	556	7.25	0.71	9.6
	20.10.2011	553	7.60	1.37	9.1
	28.11.2016	517	7.35	1.94	8.9
	31.03.2017	519	7.34	1.36	8.9

**Tabelle 4: Feldparameter der Grundwasserbeprobung**

## 8. Resultate

In den Grundwasseranalysen aus den Bohrungen RB1/11, RB2/11 und RB3/11 konnten weder im November 2016 noch Ende März 2017 Sprengstoffrückstände nachgewiesen werden. Jedoch wurde wie schon bei den Beprobungen im Jahr 2011 eine Beeinträchtigung des Grundwassers durch Schwermetalle festgestellt (Blei, Kupfer, Nickel, Antimon). Die Konzentrationen sind nur gering. Sie zeigen jedoch, dass eine Auswaschung von Schadstoffen stattfindet, welche mit grösster Wahrscheinlichkeit aus dem verschütteten Bereich des ehemaligen Munitionsdepots stammen.

	RB1				AltIV-Konz.-wert	Konz.-wert gemäss [16]
	21.06. 2011	20.10. 2011	28.11. 2016	31.03. 2017	[mg/l]	[mg/l]
TNT	-	-	-	-	<b>*0.010</b>	<b>0.01</b>
Dinitrobenzol	-	-	-	-		<b>0.004</b>
Hexogen	-	-	-	-		<b>0.003</b>
Nitropenta	-	-	-	-		<b>0.007</b>
Perchlorat	-	-	-	-		<b>0.02</b>
Zink	-	-	-	-	<b>5</b>	
Blei	-	-	-	-	<b>0.05</b>	
Kupfer		0.002	-	-	<b>1.5</b>	
Nickel		0.001	-	-	<b>0.7</b>	
Antimon	-	-	-	-	<b>0.01</b>	

AltIV = Altlastenverordnung

**Tabelle 5: Konzentrations- und Grenzwerte im Grundwasser in RB1**

	RB2				AltIV-Konz.-wert	Konz.-wert gemäss [16]
	20.06. 2011	20.10. 2011	28.11. 2016	31.03. 2017	[mg/l]	[mg/l]
TNT	-	-	-	-		<b>0.01</b>
Dinitrobenzol	-	-	-	-		<b>0.004</b>
Hexogen	-	-	-	-		<b>0.003</b>
Nitropenta	-	-	-	-		<b>0.007</b>
Perchlorat	-	-	-	-		<b>0.02</b>
Zink	-	-	-	-	<b>5</b>	
Blei	0.0018	-	-	-	<b>0.05</b>	
Kupfer	0.006	-	0.002	-	<b>1.5</b>	
Nickel	0.012	0.004	0.004	0.002	<b>0.7</b>	
Antimon	0.001	-	-	-	<b>0.01</b>	

AltIV = Altlastenverordnung

**Tabelle 6: Konzentrations- und Grenzwerte im Grundwasser in RB2**

	RB3				AltIV-Konz.-wert	Konz.-wert gemäss [16]
	21.06. 2011	20.10. 2011	28.11. 2016	31.03. 2017	[mg/l]	[mg/l]
TNT	-	-	-	-		<b>0.01</b>
Dinitrobenzol	-	-	-	-		<b>0.004</b>
Hexogen	-	-	-	-		<b>0.003</b>
Nitropenta	-	-	-	-		<b>0.007</b>
Perchlorat	-	-	-	-		<b>0.02</b>
Zink	-	-	-	-	<b>5</b>	
Blei		0.0005	-	-	<b>0.05</b>	
Kupfer		0.001	-	-	<b>1.5</b>	
Nickel		0.001	0.002	0.001	<b>0.7</b>	
Antimon		-	-	-	<b>0.01</b>	

AltIV = Altlastenverordnung

**Tabelle 7: Konzentrations- und Grenzwerte im Grundwasser in RB3**

## 9. Zusammenfassung der Resultate

Aus den Aufnahmen der Bohrungen und den Resultaten der Grundwasseranalysen können folgende Erkenntnisse festgehalten werden:

- Im Grundwasser in den Bohrungen RB1 – RB3 konnten keine Sprengstoffe nachgewiesen werden.
- Im Grundwasser konnten in allen drei Bohrungen geringe Schwermetallgehalte nachgewiesen werden. Die Schadstoffkonzentrationen liegen nur geringfügig über der Nachweisgrenze.
- Die bisher höchsten Gehalte an Schwermetallen wurden im Frühsommer 2011 unmittelbar nach einer kurzen Regenperiode und tendenziell tiefem Grundwasserstand in RB2 gemessen. Es darf vermutet werden, dass diese Schadstoffkonzentrationen auf eine erhöhte Auswaschung mit Meteorwasser zurückzuführen sind. Dafür spricht auch die erhöhte Leitfähigkeit zum Zeitpunkt der ersten Probenahme.
- In RB3 konnten die bisher höchsten Gehalte an Schwermetallen bei tiefem Grundwasserstand im Herbst 2011 gemessen werden. Ein Zusammenhang des Grundwasserstands mit den Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser darf vermutet werden.

## 10. Gefährdungsabschätzung

Die Grundwasserproben haben gezeigt, dass lediglich geringe Konzentrationen an Schwermetallen ausgewaschen werden, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit aus dem Bereich des ehemaligen Munitionsdepots stammen. Sprengstoffe wurden im Grundwasser nicht nachgewiesen. Die Beeinträchtigung des Grundwassers kann demzufolge als unbedeutend bezeichnet werden.

Der Standort des ehemaligen Munitionsdepots Mitholz weist gemäss den Daten aus der historischen Untersuchung [14] ein ausserordentlich hohes Schadstoffpotenzial auf. Plausible Begründungen für die fehlende Nachweisbarkeit von Sprengstoffen im Grundwasser sind z. B. andere Ausbreitungspfade, bestehender Schutz durch die Verpackung (Metallgehäuse) und als Hauptsache die fehlende oder geringe Auswaschung durch Kluft- und Grundwasser [15].

Diese fehlende Auswaschung als Begründung wird durch die Resultate der Grundwasseranalysen gestützt: Nach einem mehrtägigen Regenereignis und tendenziell tiefen Grundwasserspiegeln sind in RB2 am 20. Juni 2011 erhöhte Gehalte an Schwermetallen im Grundwasser nachweisbar. In RB3 konnten bei tiefem Grundwasserstand am 20. Oktober 2011 ebenfalls ein höheres Spektrum an Schwermetallen nachgewiesen werden. Bei längeren Regenereignissen erhöht sich die Kluft- und Meteorwassermenge, welche mit den Munitionsrückständen in Kontakt kommt. Bei generell tiefen Grundwasserspiegeln ist die Verdünnung der Schadstoff - Konzentrationen im Grundwasser

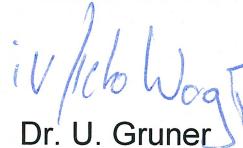
zudem geringer, so dass unter diesen Bedingungen die höchsten Schadstoffkonzentrationen zu erwarten sind. Die aktuellen Werte stellen für das Grundwasser jedoch keine Gefährdung dar.

## 11. Empfehlungen

Beim ehemaligen Munitionsdepot Mitholz ist ein hohes Schadstoffpotenzial vorhanden. Eine intensive Auswaschung durch Kluft oder Meteorwasser ist jedoch unter den heutigen geologischen und hydrogeologischen Verhältnissen nicht zu erwarten. Deshalb drängen sich zurzeit keine weiteren Massnahmen auf. Die Menge an dem mit Sprengstoffrückständen in Kontakt tretende Kluft- und Meteorwasser dürfte allenfalls dann zunehmen, wenn exogene Prozesse wie Hangmuren, Hangrutsche, Felsstürze oder Kluftöffnungen im Fels zu Veränderungen der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse führen.

Wir empfehlen die Schadstoffkonzentrationen im Grundwasser regelmässig (alle 5 Jahre) auf Sprengstoffe und Schwermetalle zu überprüfen.

KELLERHALS + HAEFELI AG

   
Dr. U. Gruner J. Jakob

Projektbearbeiter: Jürg Jakob, dipl. Geologe

Bern, 2. Juni 2017  
JA/rj 7031

**Anhang 1**

**Probenahmeprotokolle vom 28.11.2016 und 31.03.2017**

28.11.2016		Zeit	Abstich (m ab OK- Rohr)	Pumpmenge (l/min)	Leitfähigkeit (µS/cm)		pH	O <sub>2</sub>		T (°C)	Pumpe		Bohrung/Brunnen		Bemerkungen
Wetter:					(20°C)	x		(mg/l)	x						
RB1	Anfang	10.40 h	12.58	16.0	503		8.14	6.04		8.8	Pumpmenge:	320	Durchmesser:		
	10'	10.50 h	13.08	16.0	502		7.39	4.87		9.3	Pumpdauer Total:	20	Filterrohr:		
											Einbautiefe Pumpe:	22	Vollrohr:		
	Probenahme	11.00 h	13.10	16.0	503		7.38	4.86		9.3					
RB2	Anfang	09.55 h	11.40	8.0	637		8.19	3.27		7.8	Pumpmenge:	80	Durchmesser:		rostrottes Wasser
	10'	10.05 h	13.68	8.0	604		7	1.46		9.2	Pumpdauer Total:	10	Filterrohr:		
		10.06 h	leer								Einbautiefe Pumpe:	14	Vollrohr:		
	Probenahme	10.18 h		8.0	602		7.11	4.38		8.3					
RB3	Anfang	09.08 h	14.58	8.0	550		8.65	7.24		7.6	Pumpmenge:	200	Durchmesser:		rostrottes Wasser
	10'	09.18 h	17.12	8.0	520		7.41	2.32		8.5	Pumpdauer Total:	25	Filterrohr:		
		09.28 h	17.22	8.0	516		7.33	2.21		8.8	Einbautiefe Pumpe:	22	Vollrohr:		
	Probenahme	09.33 h	17.52	8.0	517		7.35	1.94		8.9					

31.03.2017		Zeit	Abstich (m ab OK- Rohr)	Pumpmenge (l/min)	Leitfähigkeit (µS/cm)		pH	O <sub>2</sub>		T (°C)	Pumpe		Bohrung/Brunnen		Bemerkungen
Wetter:					(20°C)	x		(mg/l)	x						
RB1	Anfang	09.55 h	12.28	9.0	507		9.01	5.02		8.8	Pumpmenge:	320	Durchmesser:		
	10'	10.05 h	12.47	9.0	504		7.57	4.27		9.2	Pumpdauer Total:	20	Filterrohr:		
		10.15 h	12.48	9.0	504		7.46	4.27		9.2	Einbautiefe Pumpe:	22	Vollrohr:		
	Probenahme	10.20 h	12.48	9.0	505		7.45	4.28		9.2					
RB2	Anfang	09.05 h	11.33	8.0	575		9.15	2.43		8.4	Pumpmenge:	80	Durchmesser:		
	10'	09.15 h	13.61	8.0	576		7.27	0.51		9	Pumpdauer Total:	11	Filterrohr:		
		09.16 h	leer		576		7.27			9.2	Einbautiefe Pumpe:	14	Vollrohr:		
	Probenahme	09.26 h		8.0	569		7.26	1.72		9.2					
RB3	Anfang	08.20 h	14.31	8.0	518		7.99	3.17		8.6	Pumpmenge:	200	Durchmesser:		rostrottes Wasser
	10'	08.30 h	17.79	8.0	516		7.45	2.26		8.8	Pumpdauer Total:	25	Filterrohr:		
		08.40 h	18.37	8.0	518		7.34	1.68		8.8	Einbautiefe Pumpe:	22	Vollrohr:		
	Probenahme	09.45 h	18.43	8.0	519		7.34	1.36		8.9					

**KELLERHALS  
+HAEFELI AG**  
GEOLOGEN - 3011 BERN

**Anhang 2**

**Untersuchungsberichte Bachema AG  
vom 28.11.2016 und 31.03.2017**

Schlieren, 30. November 2016  
CI

armasuisse Immobilien  
Blumenbergstrasse 39  
3003 Bern

# Untersuchungsbericht

Objekt: Nr. 7031, ehem. Munitionsdepot Mitholz

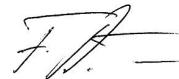
Bachema AG  
Rütistrasse 22  
Postfach  
CH-8952 Schlieren  
  
Telefon  
+41 44 738 39 00  
Telefax  
+41 44 738 39 90  
info@bachema.ch  
www.bachema.ch

Chemisches und  
mikrobiologisches  
Labor für  
die Prüfung von  
Umweltproben  
(Wasser,  
Boden, Abfall)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025/STS  
Nr.064

<b>Auftrags-Nr. Bachema</b>	201610666
<b>Proben-Nr. Bachema</b>	50463-50465
<b>Tag der Probenahme</b>	28. November 2016
<b>Eingang Bachema</b>	29. November 2016
<b>Probenahmeort</b>	Mitholz
<b>Entnommen durch</b>	F. Klingenfuss, Kellerhals + Haefeli AG

Auftraggeber	armasuisse Immobilien, Blumenbergstrasse 39, 3003 Bern
Rechnungsadresse	armasuisse Immobilien, Blumenbergstrasse 39, 3003 Bern
Rechnung zur Visierung	Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, 3011 Bern
Bericht an	Kellerhals + Haefeli AG, Geologen, J. Jakob, 3011 Bern
Bericht per e-mail an	Kellerhals + Haefeli AG, J. Jakob, juerg.jakob@k-h.ch

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AG



Felix Bühler  
Dr. sc. nat. / Dipl. chem. ETH

**Objekt:**

Auftraggeber:

Auftrags-Nr. Bachema:

**Nr. 7031, ehem. Munitionsdepot Mitholz**

armasuisse Immobilien

201610666

**Probenübersicht**

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
50463 W	<b>RB1/11</b> (Erhöhte Bestimmungsgrenze für EGDN aufgrund eines Geräteproblems.)	28.11.16 / 29.11.16
50464 W	<b>RB2/11</b> (Erhöhte Bestimmungsgrenze für EGDN aufgrund eines Geräteproblems.)	28.11.16 / 29.11.16
50465 W	<b>RB3/11</b> (Erhöhte Bestimmungsgrenze für EGDN aufgrund eines Geräteproblems.)	28.11.16 / 29.11.16

**Legende zu den Referenzwerten**

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
Postfach  
CH-8952 Schlieren  
  
Telefon  
+41 44 738 39 00  
Telefax  
+41 44 738 39 90  
info@bachema.ch  
www.bachema.ch

Chemisches und  
mikrobiologisches  
Labor für  
die Prüfung von  
Umweltproben  
(Wasser,  
Boden, Abfall)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025/STS  
Nr.064

AltIV Konz.-Wert	Konzentrationswert für Eluate aus Altlasten, Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten, Altlastenverordnung (AltIV).
Indikatorwert GW unbeeinfl. BAFU	Indikatorwert für anthropogen nicht beeinflusstes Grundwasser nach der Wegleitung für Grundwasserschutz (BUWAL, heute BAFU). Werte nach dem Plus- Zeichen (+) bedeuten höchstens den Zahlenwert höher als der naturnahe Zustand.

**Abkürzungen**

W	Wasserprobe
F	Feststoffprobe
TS	Trockensubstanz
<	Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode.
*	Die mit * bezeichneten Analysen fallen nicht in den akkreditierten Bereich der Bachema AG oder sind Fremdmessungen.

**Akkreditierung**

 	Auszugsweise Vervielfältigung der Analysenresultate sind nur mit Genehmigung der Bachema AG gestattet. Detailinformationen zu Messmethode, Messunsicherheiten und Prüfdaten sind auf Anfrage erhältlich (s. auch Dienstleistungsverzeichnis oder <a href="http://www.bachema.ch">www.bachema.ch</a> ).
---	---

**Objekt:**  
Auftraggeber:  
Auftrags-Nr. Bachema:

**Nr. 7031, ehem. Munitionsdepot Mitholz**  
armasuisse Immobilien  
201610666

Probenbezeichnung	RB1/11	RB2/11	RB3/11		Indikatorwert GW unbeeinfl. BAFU	AltIV Konz.-Wert
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme	50463 28.11.16	50464 28.11.16	50465 28.11.16			

**Feldparameter**

Abstich Oberkante Rohr	m OKR	<b>12.58</b>	<b>11.40</b>	<b>14.58</b>		
Entnahmetiefe	m	<b>22.00</b>	<b>14.00</b>	<b>22.00</b>		
Vorpumpmenge / Vorlauf	L	<b>320</b>	<b>80</b>	<b>200</b>		
Temperatur (Feld)*	°C	<b>9.3</b>	<b>8.3</b>	<b>8.9</b>		
Leitfähigkeit (Feld 25°C)*	µS/cm	<b>503</b>	<b>602</b>	<b>517</b>		
pH-Wert *	pH	<b>7.38</b>	<b>7.11</b>	<b>7.35</b>		+/- 0.5
Sauerstoff *	mg/L	<b>4.86</b>	<b>4.38</b>	<b>1.94</b>		
Sauerstoffsättigung *	%	<b>42</b>	<b>37</b>	<b>17</b>		>20%

**Elemente und Schwermetalle**

Antimon (gelöst) ICP-MS	mg/L Sb	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>		<b>0.001</b>	<b>0.01</b>
Blei (gelöst) ICP-MS	mg/L Pb	<b>&lt;0.0005</b>	<b>&lt;0.0005</b>	<b>&lt;0.0005</b>		<b>0.002</b>	<b>0.05</b>
Kupfer (gelöst) ICP-MS	mg/L Cu	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.002</b>	<b>&lt;0.001</b>		<b>0.002</b>	<b>1.5</b>
Nickel (gelöst) ICP-MS	mg/L Ni	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.004</b>	<b>0.002</b>		<b>0.005</b>	<b>0.7</b>

**Sprengstoffe**

1,3-Dinitrobenzol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	
1,3,5-Trinitrobenzol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	
2,4-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	<b>0.5 S DNT</b>
2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	<b>0.5 S DNT</b>
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	<b>10 BAFU</b>
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	
Tetryl	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		<b>0.5 (Summe)</b>	
Hexogen (RDX)	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
Octogen (HMX)	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
PETN	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
Nitroglycerin	µg/L	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>			
EGDN	µg/L	<b>&lt;20</b>	<b>&lt;20</b>	<b>&lt;20</b>			
Diphenylamin	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
N-Nitrosodiphenylamin	µg/L	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>			

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
Postfach  
CH-8952 Schlieren  
  
Telefon +41 44 738 39 00  
Telefax +41 44 738 39 90  
info@bachema.ch  
www.bachema.ch  
  
Chemisches und  
mikrobiologisches  
Labor für  
die Prüfung von  
Umweltproben  
(Wasser,  
Boden, Abfall)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025/STS  
Nr.064

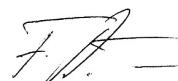
Schlieren, 05. April 2017  
DTarmasuisse Immobilien  
Blumenbergstrasse 39  
3003 Bern

# Untersuchungsbericht

**Objekt: Nr. 7031, ehem. Munitionsdepot Mitholz**Bachema AG  
Rütistrasse 22  
CH-8952 SchlierenTelefon  
+41 44 738 39 00  
Telefax  
+41 44 738 39 90  
info@bachema.ch  
www.bachema.chChemisches und  
mikrobiologisches  
Labor für die Prüfung  
von Umweltproben  
(Wasser, Boden, Abfall,  
Recyclingmaterial)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064

<b>Auftrags-Nr. Bachema</b>	201702906
<b>Proben-Nr. Bachema</b>	12077-12079
<b>Tag der Probenahme</b>	31. März 2017
<b>Eingang Bachema</b>	01. April 2017
<b>Probenahmeort</b>	Mitholz
<b>Entnommen durch</b>	F. Klingenfuss, Kellerhals + Haefeli AG

Auftraggeber	armasuisse Immobilien, Blumenbergstrasse 39, 3003 Bern
Rechnungsadresse	armasuisse Immobilien, c/o Kreditoren VBS, 3003 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

Freundliche Grüsse  
BACHEMA AGFelix Bühler  
Dr. sc. nat. / Dipl. chem. ETH

**Objekt:**Auftraggeber:  
Auftrags-Nr. Bachema:**Nr. 7031, ehem. Munitionsdepot Mitholz**armasuisse Immobilien  
201702906**Probenübersicht**

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
12077 W	RB1/11	31.03.17 / 01.04.17
12078 W	RB2/11	31.03.17 / 01.04.17
12079 W	RB3/11	31.03.17 / 01.04.17

**Legende zu den Referenzwerten**

AltIV	Konzentrationswert für Eluate aus Altlasten, Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten, Altlastenverordnung (AltIV).
Konz.-Wert	
Indikatorwert	
GW	Indikatorwert für anthropogen nicht beeinflusstes Grundwasser nach der Wegleitung für Grundwasserschutz (BUWAL, heute BAFU). Werte nach dem Plus- Zeichen (+) bedeuten höchstens den Zahlenwert höher als der naturnahe Zustand.
unbeeinfl.	
BAFU	

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
CH-8952 SchlierenTelefon  
+41 44 738 39 00  
Telefax  
+41 44 738 39 90  
info@bachema.ch  
www.bachema.chChemisches und  
mikrobiologisches  
Labor für die Prüfung  
von Umweltproben  
(Wasser, Boden, Abfall,  
Recyclingmaterial)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064**Abkürzungen**

W	Wasserprobe
F	Feststoffprobe
TS	Trockensubstanz
<	Bei den Messresultaten ist der Wert nach dem Zeichen < (kleiner als) die Bestimmungsgrenze der entsprechenden Methode.
*	Die mit * bezeichneten Analysen fallen nicht in den akkreditierten Bereich der Bachema AG oder sind Fremdmessungen.

**Akkreditierung**

		Auszugsweise Vervielfältigung der Analysenresultate sind nur mit Genehmigung der Bachema AG gestattet. Detailinformationen zu Messmethode, Messunsicherheiten und Prüfdaten sind auf Anfrage erhältlich (s. auch Dienstleistungsverzeichnis oder <a href="http://www.bachema.ch">www.bachema.ch</a> ).
---	---	---

**Objekt:**  
Auftraggeber:  
Auftrags-Nr. Bachema:

**Nr. 7031, ehem. Munitionsdepot Mitholz**  
armasuisse Immobilien  
201702906

Probenbezeichnung	RB1/11	RB2/11	RB3/11		Indikatorwert GW unbeeinfl. BAFU	AltIV Konz.-Wert
Proben-Nr. Bachema Tag der Probenahme	12077 31.03.17	12078 31.03.17	12079 31.03.17			

**Feldparameter**

Abstich Oberkante Rohr	m OKR	<b>12.28</b>	<b>11.33</b>	<b>14.31</b>		
Entnahmetiefe	m	<b>22.00</b>	<b>14.00</b>	<b>22.00</b>		
Vorpumpmenge / Vorlauf	L	<b>250</b>	<b>90</b>	<b>200</b>		
Temperatur (Feld)*	°C	<b>9.2</b>	<b>9.2</b>	<b>8.9</b>		
Leitfähigkeit (Feld 25°C)*	µS/cm	<b>505</b>	<b>569</b>	<b>519</b>		
pH-Wert *	pH	<b>7.45</b>	<b>7.26</b>	<b>7.34</b>		+/- 0.5
Sauerstoff *	mg/L	<b>4.28</b>	<b>1.72</b>	<b>1.36</b>		
Sauerstoffsättigung *	%	<b>37</b>	<b>15</b>	<b>12</b>		>20%

**Elemente und Schwermetalle**

Antimon (gelöst) ICP-MS	mg/L Sb	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>		0.001	0.01
Blei (gelöst) ICP-MS	mg/L Pb	<b>&lt;0.0005</b>	<b>&lt;0.0005</b>	<b>&lt;0.0005</b>		0.001	0.05
Kupfer (gelöst) ICP-MS	mg/L Cu	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>&lt;0.001</b>		0.002	1.5
Nickel (gelöst) ICP-MS	mg/L Ni	<b>&lt;0.001</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>		0.005	0.7

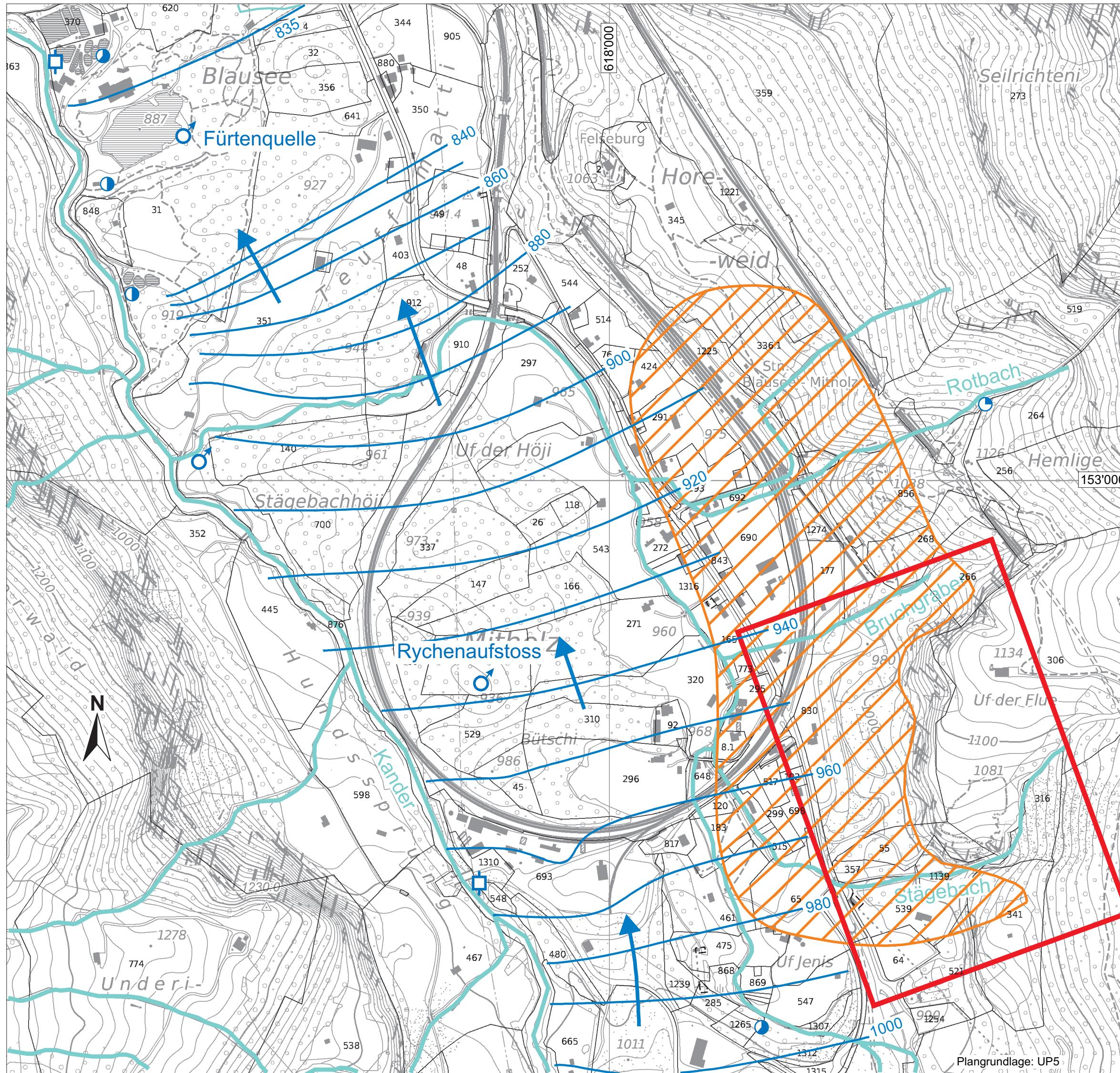
**Sprengstoffe**

1,3-Dinitrobenzol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	
1,3,5-Trinitrobenzol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	
2,4-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	0.5 S DNT
2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	0.5 S DNT
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	10 BAFU
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	
Tetryl	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>		0.5 (Summe)	
Hexogen (RDX)	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
Octogen (HMX)	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
PETN	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
Nitroglycerin	µg/L	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>			
EGDN	µg/L	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>			
Diphenylamin	µg/L	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>	<b>&lt;0.1</b>			
N-Nitrosodiphenylamin	µg/L	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>	<b>&lt;1</b>			

Bachema AG  
Rütistrasse 22  
CH-8952 Schlieren

Telefon  
+41 44 738 39 00  
Telefax  
+41 44 738 39 90  
info@bachema.ch  
www.bachema.ch

Chemisches und  
mikrobiologisches  
Labor für die Prüfung  
von Umweltproben  
(Wasser, Boden, Abfall,  
Recyclingmaterial)  
Akkreditiert nach  
ISO 17025  
STS-Nr. 0064



armasuisse Immobilien

## Ehemaliges Munitionsdepot Mitholz

### Technische Untersuchung

### Situation 1:5'000

#### Legende

- Untersuchungsperimeter
- ▨ Hauptsächliche Auswurffläche bei der Explosion
- Parzellengrenzen mit Nr.
- Grundwasserfassung
- gefasste Quelle (Schüttung 1'000 - 5'000 l/min)
- gefasste Quelle (Schüttung 250 - 1'000 l/min)
- gefasste Quelle (Schüttung 25 - 100 l/min)
- ♂ ungefasste Quelle (ohne Angabe zur Schüttung)
- Oberflächengewässer
- Isohypsen des Grundwasserspiegels mit Höhenangabe in m ü.M. (Mittelwasserstand) gemäss [3]
- Grundwasserfließrichtung

**KELLERHALS  
+HAEFELI AG**  
GEOLOGEN - 3011 BERN

Auftrags-Nr.: 7031

Beilage-Nr.: 1

Datum 19. Jan. 2012

Gez.: ad/ja Kontrol.: ba

Datei: W:\7031 Munitionsdepot Mitholz\Situation\_5000.cdr



armasuisse Immobilien  
**Ehemaliges Munitionsdepot Mitholz**  
**Technische Untersuchung**  
**Situation 1:1'000**

Legende

- RB1/11 Sondierbohrung mit Nr./Jahr
- hauptsächlich betroffenes Gebiet mit verschütteter Munition
- ← Grundwasserfließrichtung (Hauptgrundwasserleiter)
- ← Fließrichtung (Kluft-/ Meteor- und Hangwasser)
- Felsrand

Klüfte:

Plangrundlage Klüfte:  
 Prof. W. Nabholz, Dr. R. Herb (1966), Geologisches Gutachten (Nr. 38 in [14])

- offene im Stollen festgestellt
- geschlossene } im Stollen festgestellt
- offene an der Oberfläche festgestellt
- geschlossene } an der Oberfläche festgestellt
- vermutete Verbindung der Klüfte

Plangrundlage Situation: Dr. Hans Fehlmann (1967); Anlage B58M, Situationsplan (Nr. 40 in [14])

KELLERHALS +HAEFELI AG	Auftrags-Nr.: 7031	Beilage-Nr.: 2
GEOLOGEN	Datum 19. Jan. 2012	Gez.: ad/ja
		Kontrol.: ba

Datei: W:\7031 Munitionsdepot Mitholz\Core\TU Situation1\_1000\_neu.cdr