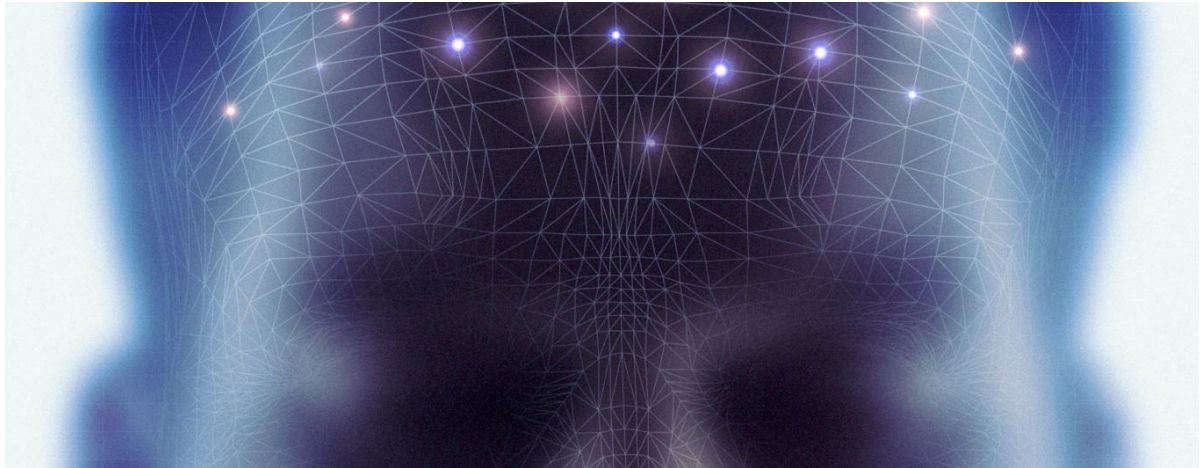




Wasser- und Sedimentanalysen Fliegerschiessplatz Forel März 2021

Auftraggeber	Markus Rüttimann, GS VBS, R+U
Projektleiter	Jörg Mathieu
Autoren	Sandie Pasche, Jörg Mathieu, armasuisse W+T Marc Stauffer, BABS Labor Spiez Rolf Keiser, armasuisse Immo
Status	V0.2

Thun, 23. September 2021

Elektronische Verteilung

Organisationseinheit

Anzahl
Ausdrucke

Auftraggeber	Markus.Ruettimann@gs-vbs.admin.ch	GS-VBS RU	1
---------------------	--	-----------	---

Verteiler	Desiree.Foery@gs-vbs.admin.ch	GS-VBS RU	
	Daniel.Widmer@vtg.admin.ch	LVb G/Rttg/ABC Kdo KAMIR	
	Christoph.Kaeppli@vtg.admin.ch	Luftwaffe	
	Patrick.Folly@armasuisse.ch	ar W+T, Fachbereich WTE	
	Pasche.Sandie@armasuisse.ch	ar W+T, Fachbereich WTE	
	Marc.Stauffer@babs.admin.ch	BABS, Labor Spiez	
	Rolf.Keiser@ar.admin.ch	ar Immo	
	RC, GL W+T, RNA, PLD		

Kontakt	Joerg.mathieu@ar.admin.ch	ar, W+T, Fachbereich WTE	
----------------	--	--------------------------	--

SAP Projekt-ID (PM Tool)	10000207
PSP Elemente	820 100 200 905
Auftraggeber Vorhaben	Dr. Markus Rüttimann, GS-VBS, RU Umwelt- und Risikoabklärungen Munition (GS-VBS)

Änderungsverzeichnis

Version	Datum	Änderung	Referenz Nr. Acta Nova	Name
0.1	30.06.2020	Genehmigt	ar-D-C0633401/982	vgl. Kapitel Freigabe
0.2	23.09.2021	Version ohne Interpretation der Analysenresultate Genehmigt	ar-D-EB643401/1746	vgl. Kapitel Freigabe

Management Summary

Der Fliegerschiessplatz Forel besteht seit 1928 und wird auch aktuell von der Luftwaffe für Schiessübungen genutzt. Gemäss historischer Untersuchung zu den Munitionsablagerungen in Schweizer Seen aus dem Jahr 2004 liegen hier ca. 4'600 bis 5'000 t zumeist inerte Munitionsrückstände. Der Standort ist im VBS-Kataster der belasteten Standorte als weder überwachungs- noch sanierungsbedürftig erfasst. 2015 wurde mittels Magnetometer eine Ortung durchgeführt, um die Hot Spots und die Verteilung der Munitionsrückstände in der Sperrzone sowie im angrenzenden Gebiet zu erfassen. Im gleichen Jahr erfolgte auch eine erste Schwermetall-Analysenkampagne von Wasserproben, um den Einfluss der aktuellen Schiessstätigkeit zu untersuchen. Die Konzentrationen der analysierten Schwermetalle lagen dabei durchwegs im tiefen Spurenbereich und um ein Vielfaches unter den gesetzlichen Grenzwerten. Zudem konnte kein Unterschied zu den vom Schiessplatz unabhängigen Referenzstandorten festgestellt werden.

Mit dem Ziel, das Schadstoffpotential aus den Munitionsrückständen vom Fliegerschiessplatz Forel näher abzuklären, wurden vom 29.-31.03.2021 in Forel und an zwei Referenzstandorten Wasser- und Sedimentproben zur Analyse entnommen. Die Proben wurden anschliessend von der Bachema AG auf deren Totalgehalte an Explosivstoffen sowie vom BABS, Labor Spiez, auf gelöste Anteile und Gesamtgehalte an Schwermetallen analysiert. Zudem hat die Universität Genf Muschelproben zur Analyse auf Schwermetalle entnommen. Das entsprechende Probenahmekonzept wurde mit den betroffenen Kantonen Waadt, Freiburg und Neuenburg, dem BAFU sowie Pro Natura und dem Verein Grande Carrière diskutiert. Zur Ermittlung des Schadstoffpotentials wurde zudem auf Basis aller verfügbaren historischen Angaben und technischen Dokumentationen / Zeichnungen zur eingesetzten Munition eine Schadstoffmatrix mit Mengengerüst erarbeitet.

Bei den Analysen aller Wasser- und Sedimentproben konnten keine Explosivstoffe nachgewiesen werden.

Bei den Analysen der Wasserproben auf Metalle wurden beim Hot Spot, den alten Zielgebieten wie auch bei den Referenzstandorten vergleichbare Werte gemessen. Diese bewegen sich je nach Element (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) zwischen Nachweisgrenze und 0.75 µg/l, respektive zwischen 1 und 9.3 µg/l für Eisen.

Sämtliche im Wasser gemessenen Konzentrationen befinden sich auf dem Niveau der beprobten Referenzstandorte und liegen deutlich unter den anwendbaren Grenzwerten der Gewässerschutzverordnung.

Für die Metalle (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) wurden im Sediment des Hot Spots Konzentrationen im Bereich zwischen Nachweisgrenze und 35 mg/kg gemessen; für Eisen ca. 12 g/kg.

Für die Metalle (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) wurden im Sediment der alten Zielgebiete Konzentrationen im Bereich zwischen Nachweisgrenze und 47 mg/kg gemessen; für Eisen ca. 14 g/kg.

Für die Metalle (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) wurden im Sediment der Referenzstandorte Konzentrationen im Bereich zwischen Nachweisgrenze und 27 mg/kg gemessen; für Eisen ca. 8.8 g/kg.

Die vorliegende Untersuchung stellt eine Ist-Aufnahme der relevanten Schadstoffe in der obersten Sedimentschicht bis max. 50 cm sowie dem darüber liegenden Wasser zum

Zeitpunkt März 2021 dar. Grenzwerte für diese Schadstoffe in Seesedimenten sind nicht vorhanden.

Die Interpretation dieser Analysenresultate und das weitere Vorgehen werden in einem nächsten Schritt mit den betroffenen Kantonen Waadt, Freiburg und Neuenburg, dem BAFU sowie Pro Natura und dem Verein Grand Caricaie besprochen.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	3
Inhaltsverzeichnis.....	5
1 Zielsetzung und Ausgangslage	7
1.1 Zielsetzung.....	7
1.2 Geschichte Fliegerschiessplatz Forel	7
1.3 Bisherige Untersuchungen.....	8
1.4 Konzept Wasser- und Sedimentanalyse Neuenburgersee	9
2 Geologisches Umfeld des Neuenburgersees.....	11
3 Schadstoffmatrix.....	13
3.1 Munitionssorten.....	13
3.2 Spezifikation und Zusammensetzung der Munition	13
3.3 Schusszahlen und Mengengerüst (siehe Anhang 8.4)	14
3.4 Schadstoffbilanz (siehe Anhang 8.5)	14
4 Durchführung Probenahme	15
5 Resultate.....	18
5.1 Vorgehen Analytik.....	18
5.2 Ziel der Analytik / Kontext des Beurteilungsrahmens	19
5.3 Analysenresultate	19
5.3.1 Wasserproben.....	19
5.3.2 Sediment.....	20
6 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen.....	25
7 Freigabe	26
8 Anhang.....	27
8.1 Karte Magnetometeranomalien im Hauptfeld Fliegerschiessplatz Forel.....	27
8.2 Probenahmepositionen Wasser	28
8.3 Probenahmepositionen Sediment.....	30
8.4 Schusszahlen und Massenbilanz.....	32
8.5 Schadstoffbilanz.....	33
8.6 Probenahmepositionen und Geometrie Sedimente	35

8.7	Resultate Explosivstoff-Analytik Wasserproben Bachema	36
8.8	Resultate Explosivstoff-Analytik Sedimentproben Bachema	38
8.9	Resultate Schwermetall-Analytik Wasser- und Sedimentproben Labor Spiez	43
8.10	Analysenparameter und analytische Bestimmungsgrenzen	48
9	Quellenverzeichnis	49

1 Zielsetzung und Ausgangslage

1.1 Zielsetzung

Ziel der Untersuchung ist die Abschätzung des Schadstoffpotentials von möglichen Schadstoffen aus den Munitionsrückständen Fliegerschiessplatz Forel. Dazu sollen an definierten Standorten Wasser- und Sedimentproben entnommen und auf deren Totalgehalte Explosivstoffe sowie gelöste Anteile und Gesamtgehalte Schwermetalle hin analysiert werden. Zur Ermittlung des möglichen Schadstoffpotentials soll auf Basis aller verfügbaren historischen Angaben und technischen Dokumentationen/Zeichnungen zur eingesetzten Munition eine Schadstoffmatrix mit Mengengerüst erarbeitet werden.

1.2 Geschichte Fliegerschiessplatz Forel

Nach einer ersten Phase von Schiessversuchen und einer Schiessvorführung der Luftwaffe in den Neuenburgersee bei la Creuse (Gemeinde Autavaux) ab 1926 erfolgte hier im Jahr 1928 die Einrichtung eines dauerhaften Schiessplatzes. Ab 1931 wurde der Schiessplatz um 1400 m nach Nordosten zum heutigen Standort "La Vernausa" vor der Gemeinde Forel verschoben. In den Jahren 1939, 1955 und 1963 wurde der Schiessplatz jeweils vergrössert und umfasste auch Zielgebiete auf dem Land, welche bis 1995 genutzt wurden.

Im Jahr 1962 wurde die erste "Convention concernant les exercices de tirs de l'aviation militaire sur le lac de Neuchâtel" unterzeichnet und im Jahr 2000 folgte eine Vereinbarung zum Schutz der Vegetation und der Fauna auf dem Gelände des Fliegerschiessplatzes. 2008 wurde in Zusammenarbeit mit dem Verein "La Grande Cariçaie" das Projekt "Natur, Landschaft, Armee" initialisiert.

Der Standort ist im VBS-Kataster der belasteten Standorte weder als überwachungs- noch als sanierungsbedürftig aufgeführt (siehe www.kbs-vbs.ch).

Bezüglich durchschnittlicher Nutzung konnten von der Luftwaffe folgende Angaben zusammengetragen werden:

1950-1959	Jan - Dez an 147-197 Tagen/Jahr
1960-1969	Jan - Dez an 125 -188 Tagen/Jahr
1970-1979	Jan - Dez (ab 1974 Jan - Jun & Sep - Dez) an 90 -137 Tagen/Jahr
1980-1989	Jan - Jun & Sep - Dez an 63-103 Tagen/Jahr
1990-1999	Jan - Jun & Sep - Dez (ab 1992 Jan - Mai & Okt - Dez) an 10-78 Tagen/Jahr
2000-2009	Jan - Mai & Okt - Dez an 9 -29 Tagen/Jahr
2010-2019	Jan - Mai & Okt - Dez an 7-25 Tagen/Jahr
2020	Jan - Mai & Okt - Dez an 0 Tagen/Jahr

Von 1926 - 1995 wurde diverse Übungsmunition wie Bomben, Raketen sowie 20 und 30 mm Kanonenmunition verschossen, welche grösstenteils keine explosivstoffhaltigen Wirkteile enthielten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass vor 1937 teilweise auch scharfe Munition eingesetzt wurde und in der Folge mit dem Vorliegen von Blindgängern gerechnet werden

muss. Ab 1995 wurden ausschliesslich noch 20 und 30 mm Übungsvollgeschosse eingesetzt.

Gemäss historischer Untersuchung Munitionsablagerungen in Schweizer Seen 2004¹ lagern im Gebiet Fliegerschiessplatz Forel ca. 4'600 bis 5'000 t zumeist inerte Munitionsrückstände.

1.3 Bisherige Untersuchungen

2004 Historische Untersuchung

Im Rahmen der historischen Untersuchung 2004 zu den Munitionsablagerungen in Schweizer Seen¹ erfolgte eine umfassende Recherche über die Art und Menge der Munitionsrückstände beim Fliegerschiessplatz Forel. Zusätzliche historische Angaben bezüglich Art und Anzahl der verwendeten Munition wurden als Basis für die Erstellung der Schadstoffmatrix (siehe Kapitel 3) zusammengetragen.

2013 Beurteilung Gewässergefährdung durch Fliegerschiessen in Forel

Auf Basis der zur Zeit aktuellen Schusszahlen sowie der Stoffmatrix der eingesetzten 20 und 30 mm Kanonenmunition wurde eine Abschätzung der resultierenden Wassergefährdung vorgenommen².

Schlussfolgerung aus dem Bericht:

Auch bei sehr ungünstigen Annahmen (komplette Korrosion, keine Passivierung, keine Überdeckung mit Sediment, hohe Löslichkeit, kein Verdünnen durch Wasseraustausch) resultierten aus den beurteilten Fliegerschiessübungen in "Forel" Massenkonzentrationen, die unter den Grenzwerten der GSchV liegen.

2015 Magnetometer Ortung Munitionsrückstände Fliegerschiessplatz Forel³

Das Hauptziel dieser Untersuchung war die Lokalisierung der Hot Spots in der Sperrzone Forel sowie die Detektion allfälliger Hot Spots oder einzelner Munitionsobjekte im angrenzenden Flachwasserbereich mittels Unterwasser-Magnetometer. Anomalie-Karte siehe Anhang 8.1.

2015 Wasseranalysen

Zur Erfassung eines allfälligen Schwermetall-Eintrags durch die aktuellen Fliegerschiessübungen am Standort Forel wurde 2015 eine erste Wasseranalysen-Kampagne durchgeführt. Das entsprechende Probenahme-Konzept⁴ wurde mit den zuständigen Umweltstellen der Kantone Freiburg, Neuenburg und Bern abgestimmt. Die Analytik der Wasserproben auf Schwermetalle erfolgte durch das BABS, Labor Spiez.

Zusammenfassung der Resultate aus dem Analysenbericht Nr. UA2015-16⁵:

"Die Konzentrationen von Kupfer, Zink, Blei und Bismut wurden mittels ICP Massenspektrometrie im Seewasser bestimmt. Es zeigte sich ein Anstieg der Kupferkonzentration im Seewasser nach dem Schiessen um Faktor 2 bis 2.5. Ein unregelmässiger Anstieg der Zinkkonzentration nach dem Schiessen ist ebenfalls beobachtbar. Diese Unterschiede sind jedoch bei den Referenzstandorten auch nachweisbar. Alle Veränderungen spielen sich im tiefen Spurenbereich ab. Blei und Bismut wurden in keinem Fall nachgewiesen. Die Grenzwerte der Gewässerschutzverordnung für die vier analysierten Metalle werden in jedem Fall eingehalten."

1.4 Konzept Wasser- und Sedimentanalyse Neuenburgersee

Die vorliegende Untersuchung wurde gemäss Probenahmekonzept⁶ vom 24.02.2021 durchgeführt. Das Konzept wurde mit den betroffenen Kantonen Waadt, Freiburg und Neuenburg, dem BAFU sowie Pro Natura und dem Verein Grande Carrière diskutiert.

Vorgaben Probenahme Wasser

Entnahme von sieben Einzelproben Wasser im Sperrgebiet Fliegerschiessplatz Forel sowie je einer Einzelprobe Wasser in den ehemaligen Zielgebieten 1927-1928 und 1928 -1930. Entnahme von je einer Einzelprobe Wasser 6.1 km See-abwärts vom Sperrgebiet vor Portalban sowie 6.6 km See-aufwärts vom Sperrgebiet vor Font. Beide Standorte sind bezüglich Lage und Gestalt (Wassertiefe, Uferdistanz, Strömungsverhältnisse etc.) vergleichbar mit den Beprobungsstandorten in den Zielgebieten.

Probenahmepositionen Wasser siehe Anhang 8.2.

Vorgaben Probenahme Sediment

Entnahme von drei Primärproben als Triplikat des Hot Spot-Bereiches gemäss Magnetometer-Ortung 2014³ – jede Primärprobe besteht aus sechs gleichmässig verteilten Inkrementen aus entsprechenden Entnahmeflächen. Die sechs Inkremente werden gleichmässig aus dem ganzen Sperrbereich entnommen (siehe Abb. 1). Die sechs Inkremente werden vor Ort zusammengefügt, was eine Primärprobe ergibt. Der Startpunkt der Inkremententnahme wird bei jeder Primärprobe zufällig gewählt und darauf für jede Probenahme-Fläche beibehalten. Der Vorgang wird 3-mal durchgeführt, was drei Primärproben und damit ein Triplikat ergibt.

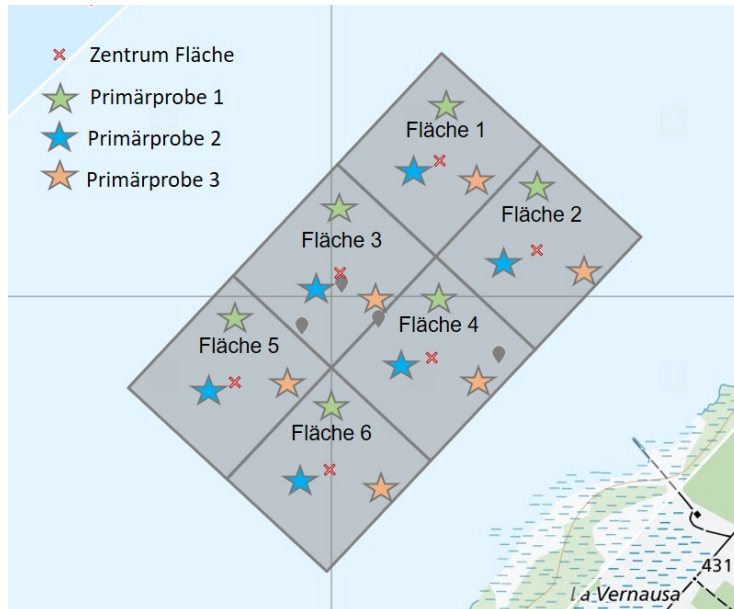


Abbildung 1: Probenahme-Flächenunterteilung Seegrund im Feld Hot Spot

Entnahme von je einer Mischprobe in den ehemaligen Zielgebieten 1927-1928, 1928-1930 und 1930-1931. Jede Mischprobe setzt sich aus einem Sedimentkern im Zentrum, sowie drei Sedimentkernen von den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks um das Zentrum herum zusammen (Eckpunkte Dreieck mit 100 m Radius vom Zentrum).

Entnahme von je drei Sedimentkernen 6.1 km See-abwärts vom Sperrgebiet vor Portalban sowie 6.6 km See-aufwärts vom Sperrgebiet vor Font an den gleichen Positionen wie für die

Referenzproben Wasser.

Pro Referenzstandort Entnahme von drei Sedimentkernen in kleinem Feld (z.B. Dreieck mit 10 m Kantenlänge), welche zu einer Mischprobe vereint werden.

Probenahmepositionen Sediment siehe Anhang 8.3.

Probenahme Muscheln

Im Rahmen einer Masterarbeit der Universität Genf wurden in der vorliegenden Probenahmekampagne an den Sediment-Standorten auch Muscheln zur Bestimmung des Schwermetall-Gehalts in Biota entnommen. Im Hot Spot wurden die Muscheln zumeist direkt von den Munitionsrückständen abgenommen.

2 Geologisches Umfeld des Neuenburgersees

Der Neuenburgersee liegt am Fusse des Juras. An seinen Nordwestufern stehen die teilweise durch Moränen überdeckten Gesteine des Juras (überwiegend Kalke und Mergel) an. Seine Südostufer werden durch die Molasse (überwiegend Sandsteine und Mergel) gebildet, welche teilweise durch Moränen überdeckt sind.

Die direkte Umgebung des heutigen Schiessplatzes Forel wird im Wesentlichen durch Molassesandsteine gebildet, welche teilweise mit wenig Moräne und Schotter überdeckt sind.

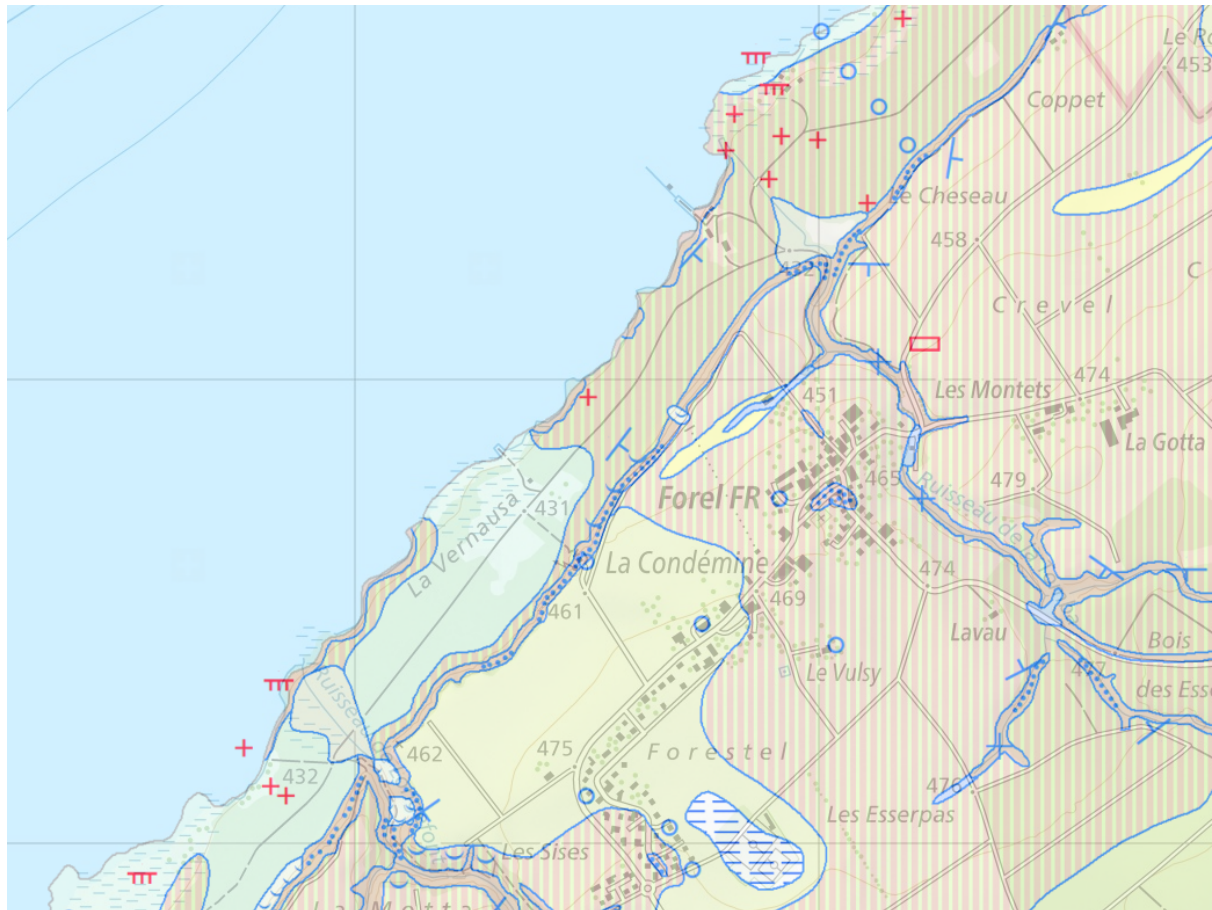


Abbildung 2. Geologische Karte der Umgebung Forel (aus Geologiekarten Geoportal Swisstopo; map.geo.admin.ch)

Die lokalen Bäche haben sich in die Sandsteine der Molasse eingegraben und erodieren diese. Sie tragen den Sand und Mergel in den See wo er einen wesentlichen Teil des Sediments bildet. Insbesondere der Feinanteil des Sediments (Silt, Ton) wird durch Strömungen und Wellen innerhalb des Sees umgelagert. Der Feinanteil im Sediment ändert daher je nach Lage im See und über die Sedimentmächtigkeit erheblich. Zum Eintrag aus der Umgebung kommen im Sediment die Schalen von Seeorganismen (Schnecken, Muscheln ...).

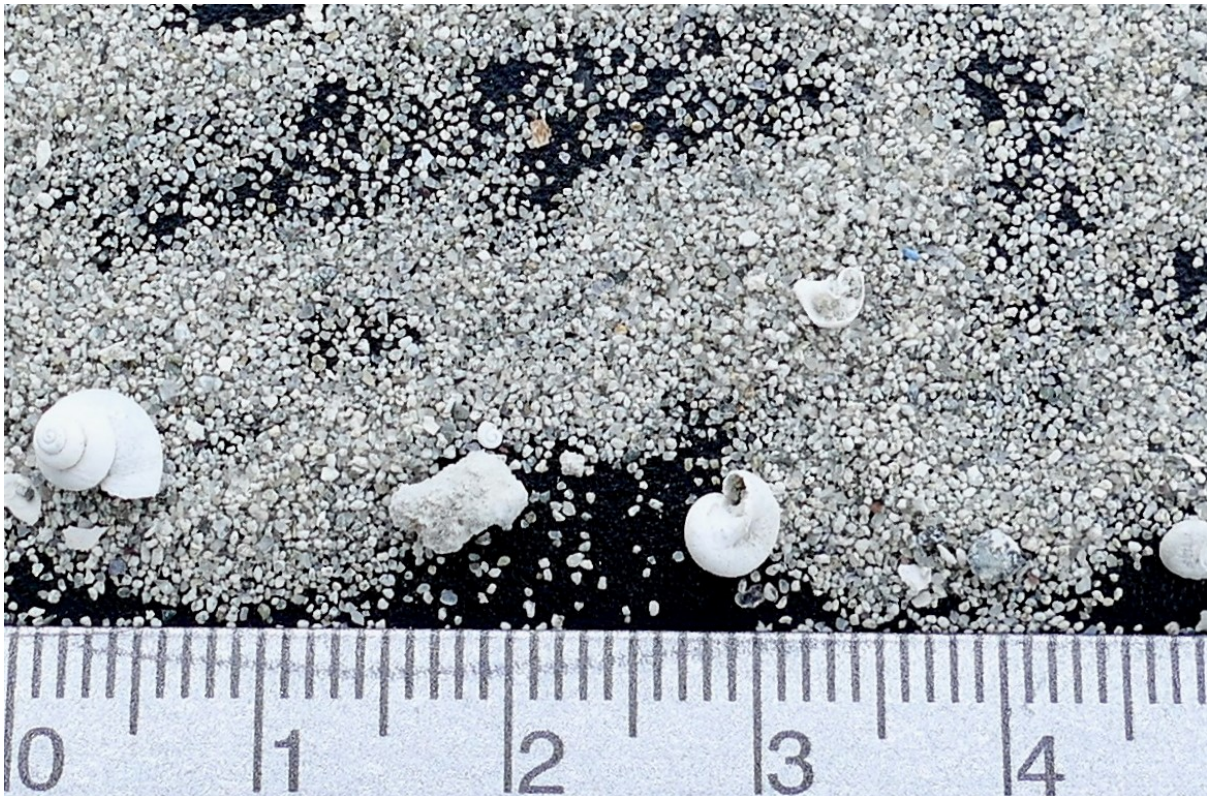


Abbildung 3: Gewaschenes Sediment aus dem heutigen Zielgebiet

Abbildung 3 zeigt eine gewaschene Sedimentprobe (Feinanteil wurde entfernt) aus dem heutigen Zielgebiet. Deutlich sind die Schalen von Schnecken zu sehen. Der Sand weist eine recht homogene Korngrösse von rund 0.5 mm auf. Er besteht aus Quarz und Kalk. Der Quarz stammt dabei aus den Molassesandsteinen der Umgebung, welche durch die Bäche erodiert werden.

Dieser Befund stimmt recht gut mit einer Sedimentanalyse bei Portalban überein, welche im Rahmen einer archäologischen Untersuchung der Universität Basel⁷ gemacht wurde. Diese Analysen ergaben einen Karbonatgehalt von 20-40% und einen Gehalt an organischem Material von max. 5%. Die Korngrössenverteilung war rund, 10% Ton, 30-60% Sand bzw. Silt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass Schadstoffe (geogen, Schwermetalle wie z.B. Chrom und Arsen bzw. anthropogen zusätzlich organische Verbindungen) sich im Ton und im organischen Material anreichern. Dies heisst, dass der Schadstoffgehalt in Sedimentproben stark davon beeinflusst wird, wie gross der Gehalt an Ton und organischem Material ist.

3 Schadstoffmatrix

Das Ziel der Schadstoffmatrix ist die Zusammenstellung aller in Forel verschossenen Munition und Erfassung deren explosiven Komponenten sowie der inerten Werkstoffe. Aufgrund der aufgelisteten oder geschätzten Anzahl Schüsse wird das maximale Schadstoffpotential der Munition bewertet.

3.1 Munitionssorten

In einem ersten Schritt wurden alle in der historischer Untersuchungen¹ aufgeführten und untersuchten Munitionssorten in die Schadstoffmatrix aufgenommen.

Die Liste wurde danach durch die Luftwaffe überarbeitet, korrigiert und mit zusätzlichen Munitionssorten ergänzt: Dies gilt für 20 mm Flz Kan 76 U Pat, 20 mm HS-K. 48 Mi.Br.G. MZ, 20mm Flz Kan 92 U Pat 97, 30 mm Flz Kan 58 UG, 30 mm Flz Kan 58 u 65 UG, 30 mm Flugzeug Kanone 65 UG, 20 mm FI-K. 38 FM-K., 20mm FFK 37, 6.5 kg U FI Bb, 4 kg Flz UBb 81, 35 kg UBb 67, 12 kg U-FI-B. Alu UBb 67, 12 kg U-FI-B. Stahl.

Die Angaben zu folgenden Munitionssorten konnten ohne Anpassungen aus der historischen Untersuchung übernommen werden: 7 kg UBb (Beton), SS 11 Type B1 Exercice, 25 kg UBb 80, 25 kg UBb 66, 8 cm U Rak, 225kg UBb 81, 450 kg U Bb 68, 300 kg UBb 79, FI-B. 50 kg, 50 kg FI-U-B., 50 kg FI-BI-B).

Die Liste wurde auch noch mit Munitionssorten ergänzt, welche KAMIR-Taucher direkt am Standort Forel entdeckt hatten. Zusätzlich zu dieser Munition wurden vom Kdo KAMIR historische Dokumente gefunden, die das Verschiessen weiterer Munition (127 mm 5in MK32 Züni, 300 kg UBb 79) belegen.

3.2 Spezifikation und Zusammensetzung der Munition

Basierend auf der Liste der Munitionssorten wurden die Zusammensetzung (Explosivstoffe, Metalle, Werkstoffe) und die technischen Merkmale der Munition untersucht.

Ein Teil der Munitionssorten ist bereits im Rahmen der Schadstoffmatrix für die übrigen Schweizer Seen untersucht worden. Diese Daten wurden für die Schadstoffmatrix Forel übernommen. Die Zusammensetzung der weiteren Munitionssorten wurde mit verschiedenen Methoden untersucht:

- Dokumente aus der TechDok Datenbank⁸
- Datenbank Kdo KAMIR
- Visuelle Auswertung und Messung einer Probe der betreffenden Munition (300 kg UBb 79)

Auf dem Fliegerschiessplatz Forel muss die Munition, welche sich im See befindet, verschossen worden sein – dies im Gegensatz zu den Munitionsablagerungen in anderen Seen, wo diese versenkt wurde¹. So wurden in der Schadstoffmatrix lediglich die Explosivstoffe im Projektil (Zünder, Wirkteil) berücksichtigt. Die Explosivstoffe in den Treibladungen, den Start- und Marschtriebwerken sowie den Steuerungseinheiten wurden ignoriert, da die Munition ohne diese nicht in den See verschossen werden konnte.

Für das Mengengerüst Forel lässt sich dies wie folgt zusammenfassen:

Bei den Mittelkalibern (20 und 30 mm) wurden einzig die Projektile ohne Hülsen berücksichtigt. Bei den Bomben (hauptsächlich FI-B und UBb) wurde die ganze Bombe berücksichtigt. Bei den Lenkwaffen (127 mm 5in MK32 Züni und SS11 / AS11) wurden die Antriebs- und Steuerungskomponenten ignoriert.

3.3 Schusszahlen und Mengengerüst (siehe Anhang 8.4)

Die Schusszahlen wurden vorab anhand der historischen Untersuchungen¹ erfasst und in einem zweiten Schritt durch die Luftwaffe überprüft und korrigiert. Zusätzlich erfolgten von der Luftwaffe auch Angaben über Schusszahlen zu Sorten, welche von ihnen ergänzend eruiert wurden.

Andererseits wurden die Schusszahlen zu den Sorten anhand der Feststellungen der KAMIR-Taucher vor Ort und den in der Datenbank Kdo KAMIR aufgefundenen Dokumenten abgeschätzt (gilt für folgende Munitionssorten: 127 mm 5in MK32 Züni, 300 kg UBb 79, 450 kg U Bb 68). Einzig die Schusszahlen der FI-B. 50 kg wurde durch armasuisse W+T abgeschätzt (Schätzung bis zum Verbot für den Einsatz von scharfer Munition im Jahr 1937 nach dem versehentlichen Abwurf einer scharfen 50 kg Fliegerbombe auf das Dorf Forel).

Das Mengengerüst der nicht-explosiven Stoffe wurde mittels Auswertungen und Schätzungen der Schusszahlen pro Munitionssorte berechnet. Für die Explosivstoffe im Zünder und im Wirkteil wurde aufgrund von Erfahrungswerten von armasuisse W+T und Kdo KAMIR eine Blindgängerrate von 8 % angenommen. Das Mengengerüst der Explosivstoffe basiert auf dieser Annahme.

3.4 Schadstoffbilanz (siehe Anhang 8.5)

Seit 1937 wird in Forel nur noch mit Übungsmunition geschossen, welche keine oder nur wenig Explosivstoffe enthält. Das ermittelte Mengengerüst stimmt relativ gut mit den Angaben gemäss historischer Untersuchung¹ überein. Aufgrund der verfeinerten Abschätzung der Schusszahlen unter Einbezug zusätzlicher Erfahrungswerte der Luftwaffe und von Tauchern des Kdo KAMIR schätzen wir, dass sich auf dem Seegrund im Gebiet Schiessplatz Forel total noch ca. 4284 t Munitionsrückstände befinden.

Von diesen 4284 t beträgt der Anteil Explosivstoffe 6.2 t, hauptsächlich Schwarzpulver (6081 kg) sowie TNT (142 kg), PETN (12 kg), Hexogen (4 kg), pyrotechnisches Aluminium und Bleiazid (je 2 kg).

Bei den Werkstoffen ergibt die Zusammenstellung der Schwermetalle und ihrer Legierungen folgendes Mengengerüst: Kupfer (7808 kg), Messing (6072 kg), Bronze (5650 kg), Blei (876 kg), Zink (18 kg), Nickel (65kg), Antimon (2.6 kg). Die grössten Anteile entfallen auf Stahl(58 % der Gesamtmasse) sowie der Kategorie Zement / Zement mit Paraffin / Beton (36 % der Gesamtmasse).

4 Durchführung Probenahme



Abbildung 4: Arbeitsboot im Hot Spot Gebiet

Ablauf

<i>Montag 29.03.2021</i>	
Vormittag	Probenahme Wasser, Sediment und Muscheln
Nachmittag	Probenahme Wasser, Sediment und Muscheln
<i>Dienstag 30.03.2021</i>	
Vormittag	Probenahme Sediment und Muscheln mit Besuch beteiligte Stellen (Kantone, BAFU, Naturschutzverbände)
Nachmittag	Probenahme Sediment und Muscheln inkl. Medienanlass während Probenahme
<i>Mittwoch 31.03.2021</i>	
Vormittag	Probenahme Wasser, Sediment und Muscheln

Teilnehmer

LVGR Kdo ABC KAMIR	Taucher/Bootsführer Probenahme unter Wasser
BABS Labor Spiez	Probenbeschriftung und Probenaufbereitung vor Ort
Universität Genf	Probenbeschriftung und Zwischenlagerung Muscheln
armasuisse, W+T	Organisation/Positionierung/ Unterstützung Probenahme

Die Entnahme der Sedimentproben erfolgte durch Taucher an den vordefinierten Stellen wie im Konzept⁶ vorgesehen. Je nach Sedimenthärte wurden die Proben mittels Kunststoffrohr Ø



5.3 cm oder metallischem "Kronenbohrer" aus Eisen mit Ø 10 cm (siehe Abb. 5) entnommen.

Im Hauptfeld lag die praktikable Eindringtiefe der Kunststoffrohre bei 60 cm. Näher zum Ufer hin ist das Bodensubstrat jedoch zunehmend fester und die Proben mussten hier mittels "Kronenbohrer" entnommen werden. Die Art der verwendeten Entnahmegeräte sowie die erreichte Probenhöhe wurden protokolliert (siehe Anhang 8.6).

Abbildung 5: Entnahmegeräte für das Stechen der Sedimentproben

Die Wasserproben wurden vor den Sedimenten entnommen, so dass keine Trübung des Wassers durch das Stechen der Sedimente auftreten konnte. Die Entnahme erfolgte gemäss Konzept⁶ mittels Kunststoffflasche ca. 0.2 m über Grund.

Probenahmepositionen und Geometrie der Sedimentkerne

Alle Wasserproben wurden mittels GPS-Navigationsgerät an den im Probenahmekonzept vordefinierten Stellen entnommen (siehe Anhang 8.2). Die effektiven Probenahmepositionen und die Geometrie der Sedimentkerne sind in Anhang 8.6 aufgeführt.

Impressionen Probenahme siehe Abb. 6-9



Abbildung 6: Taucher mit Sedimentprobe



Abbildung 7: Muschelprobe an Munitionsrückstand



Abbildung 8: Sedimentprobe im Kronenbohrer



Abbildung 9: Mobile Probenaufbereitung in Bus Labor Spiez

5 Resultate

Bei den Analysen aller Wasser- und Sedimentproben konnten keine Explosivstoffe nachgewiesen werden.

Bei den Analysen der Wasserproben auf Metalle wurden beim Hot Spot, den alten Zielgebieten wie auch bei den Referenzstandorten vergleichbare Werte gemessen. Diese bewegen sich je nach Element (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) zwischen Nachweisgrenze und 0.75 µg/l, respektive zwischen 1 und 9.3 µg/l für Eisen.

Sämtliche im Wasser gemessenen Konzentrationen befinden sich auf dem Niveau der beprobten Referenzstandorte und liegen deutlich unter den anwendbaren Grenzwerten der Gewässerschutzverordnung.

Für die Metalle (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) wurden im Sediment des Hot Spots Konzentrationen im Bereich zwischen Nachweisgrenze und 35 mg/kg gemessen; für Eisen ca. 12 g/kg.

Für die Metalle (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) wurden im Sediment der alten Zielgebiete Konzentrationen im Bereich zwischen Nachweisgrenze und 47 mg/kg gemessen; für Eisen ca. 14 g/kg.

Für die Metalle (Bi, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, W, Zn, Hg, Cd) wurden im Sediment der Referenzstandorte Konzentrationen im Bereich zwischen Nachweisgrenze und 27 mg/kg gemessen; für Eisen ca. 8.8 g/kg.

Die vorliegende Untersuchung stellt eine Ist-Aufnahme der relevanten Schadstoffe in der obersten Sedimentschicht bis max. 50 cm sowie dem darüber liegenden Wasser zum Zeitpunkt März 2021 dar. Grenzwerte für diese Schadstoffe in Seesedimenten sind nicht vorhanden.

Eine umfassende Zusammenstellung aller Analysenresultate findet sich in den Prüfberichten des Labors Bachema sowie des Labor Spiez, siehe Anhänge 8.7- 8.9.

Die Resultate aus der Analytik der Muscheln der Universität Genf sind in der entsprechende Masterarbeit⁹ ersichtlich.

5.1 Vorgehen Analytik

Die Analysen der Wasser- und Sedimentproben wurden gemäss dem im Probenahmekonzept "Wasser- und Sedimentanalyse Neuenburgersee zur Beurteilung Gefährdungspotential Munitionsrückstände Fliegerschiessplatz 'Forel'"⁶ definierten Spektrum durchgeführt.

Für alle Analyten und Probenarten konnten valide Analysenresultate erzeugt werden. Der Prozess der Probenahme, der Probenbehandlung im Feld (Erfassung, geeignete Gefässe, Stabilisierung) über die Probenvorbereitung (Trocknung, Filtration, Aliquotierung, Zerkleinerung) bis hin zur Analyse erfolgte mit akkreditierten Analysenverfahren und konform mit den anwendbaren Verordnungen im Umwelt-, Abfall- respektive Altlastenbereich.

Folgende Analysenprogramme wurden durchgeführt:

- Totalgehalt relevante Explosivstoffe in den Wasser- und Sedimentproben gemäss Explosivstoffprogramm der **Bachema AG, Schlieren**. Zusätzlich wurde der gesamte organische Kohlenstoff (TOC) in den Sedimentproben bestimmt. Die Bachema AG ist akkreditiert nach ISO/IEC 17025 (STS 0064).
- Totalgehalt Schwermetalle inklusive Quecksilber, Bismut und Wolfram in den Wasser- und Sedimentproben durch das **Labor Spiez**. Das Labor Spiez ist akkreditiert nach ISO/IEC 17025 sowohl für die Analytik als auch für die Probenahme (STS 0028).

5.2 Ziel der Analytik / Kontext des Beurteilungsrahmens

Die Beurteilung des Schadstoffpotentials via Analyse von Sediment- und Wasserproben ist das Ziel der Untersuchung.

Dazu wurden die potentiell vorhandenen Stoffe gesucht, die sich aus der Schadstoffmatrix ergeben (beschrieben im Kapitel 3). Es handelt sich somit um eine gerichtete, sogenannte "targeted" Untersuchung mit analytischem Fokus auf den Expositionsträgern Sediment und Wasser. Die Untersuchung der möglichen Rezeptoren Fauna und Biota waren in dieser Phase der Untersuchung nicht das prioritäre Ziel.

In Absprache mit den zuständigen Vollzugsbehörden wurde untersucht, ob die beschriebenen Stoffe im Sediment/Wasser nachweisbar sind. Die deponierte Munition gehört nicht zu der Entscheide-Einheit. Sämtliche Resultate beziehen sich auf die Kompartimente Sediment (0 bis 50 cm) und Wasser ohne Fremdkörper.

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung sind die anwendbaren Grenz- und Richtwerte aus den oben genannten Verordnungen durch die Vollzugsbehörden noch nicht explizit definiert.

5.3 Analysenresultate

5.3.1 Wasserproben

Sämtliche Konzentrationswerte der Wasserproben befinden sich auf dem Niveau der beprobten Referenzstandorte und liegen deutlich unter den Grenzwerten der Gewässerschutzverordnung GschV.

Explosivstoffe:

- Keine Stoffe des Analysenprogramms für Sprengstoffe (siehe Anhang 8.10) sind in den Wasserproben nachweisbar bei einer Bestimmungsgrenze von 0.1 µg/L.

Metalle:

- Die Elemente Bismut, Cadmium, Kobalt, Antimon und Wolfram sind in keiner Wasserprobe nachweisbar.
- Die Metalle Kupfer, Eisen und Zink würden aufgrund der Schadstoffmatrix unter ungünstigen Bedingungen als Kontaminanten erwartet. Kupfer, Eisen, Nickel und Zink sind in Konzentrationen messbar, die auf dem Niveau der Referenzstandorte liegen und die Grenzwerte nach GschV deutlich unterschreiten.
- Chrom ist in einzelnen Proben nahe an der Bestimmungsgrenze nachweisbar, jedoch deutlich unter dem Grenzwert nach GschV.

- Blei und Quecksilber sind in einzelnen Proben als gelöste Gehalte im sehr tiefen Spurenbereich nachweisbar, jedoch deutlich unter den Grenzwerten der GschV.

5.3.2 Sediment

Explosivstoffe:

Keine Stoffe des Analysenprogramms für Sprengstoffe (siehe Anhang 8.10) sind in den Sedimentproben nachweisbar.

Metalle:

Im Folgenden werden die Resultate der Metallanalytik für die einzelnen Standorte graphisch dargestellt. Zur besseren Übersicht werden die Abbildungen in verschiedene Konzentrationsbereiche aufgeteilt: Eisen (Fe): hoher Konzentrationsbereich, Metalle mit Grenz- bzw. Richtwerten im Bereich von 40-150 mg/kg sowie den Metallen Quecksilber (Hg) und Cadmium (Cd) mit sehr tiefen Konzentrationen.

Hot Spot Bereich des Schiessplatzes:

Bei den dargestellten Punkten handelt es sich um den Mittelwert der Dreifach-Multi-Inkrement-Beprobung (Triplikat). Zusammen mit dem angegebenen Konfidenzintervall (KI) stellt dies einen sogenannten Repräsentationsschluss dar. Der Unsicherheitsbereich der Analytik inklusive der Probenahme liegt bei < 30 % (Ausnahmen: Cadmium und Blei: ca. 50 %). Dies ist für eine Umweltprobenahme in einem relativ grossen Perimeter als sehr guter Wert anzusehen.

Der Wert dokumentiert die Reproduzierbarkeit der Probenahme und lässt eine gesicherte Aussage über die Grenz-, respektive Richtwerte zu.

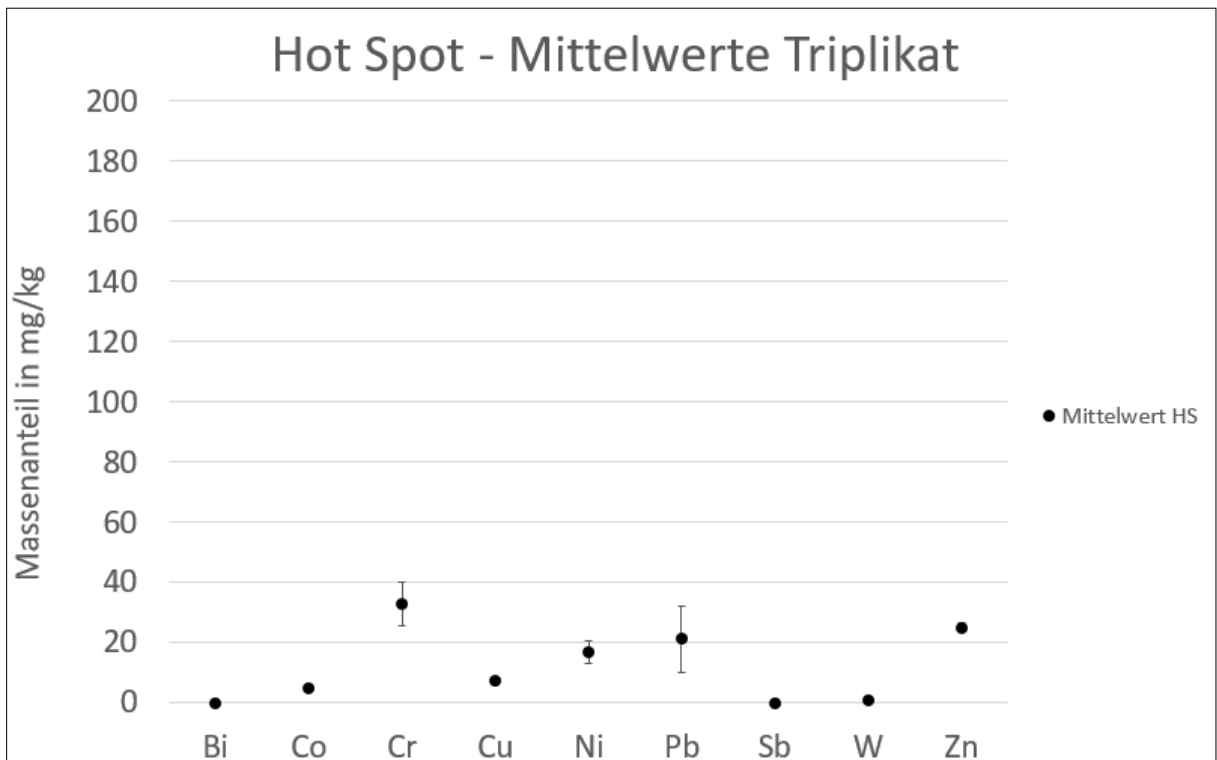


Abbildung 10: Resultate Hot Spot (HS)-Bereich für Elemente Bi – Zn.

Leleseispiel: Der Mittelwert von drei unabhängigen Multi-Inkrement Beprobungen für Nickel beträgt 17 mg/kg bei einem Richtwert (VBBo) von 50 mg/kg. Das Konfidenzintervall (KI) beträgt mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 68 % (1 s) (17 ± 4) mg/kg; mit ca. 95 % (2s) (17 ± 8) usw. Idealisiert heisst das: Würde die Probenahme 100mal wiederholt, würden 68mal ein Wert zwischen 13 und 21 mg/kg gefunden, 16mal ein Wert < 13 und 16mal ein Wert > 21

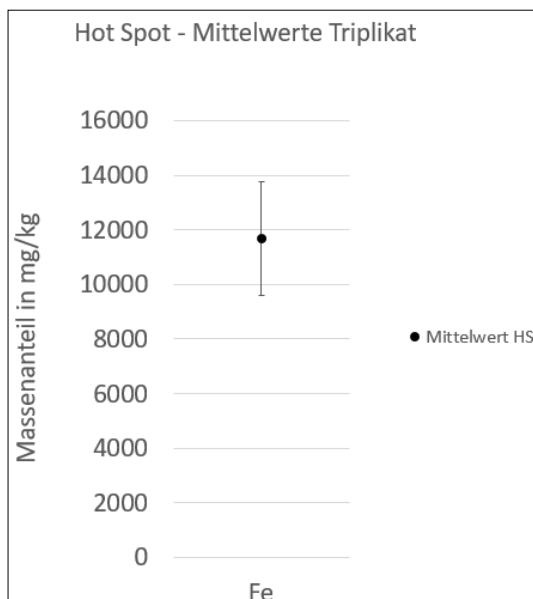


Abbildung 11: Resultate Hot Spot (HS)-Bereich für Eisen

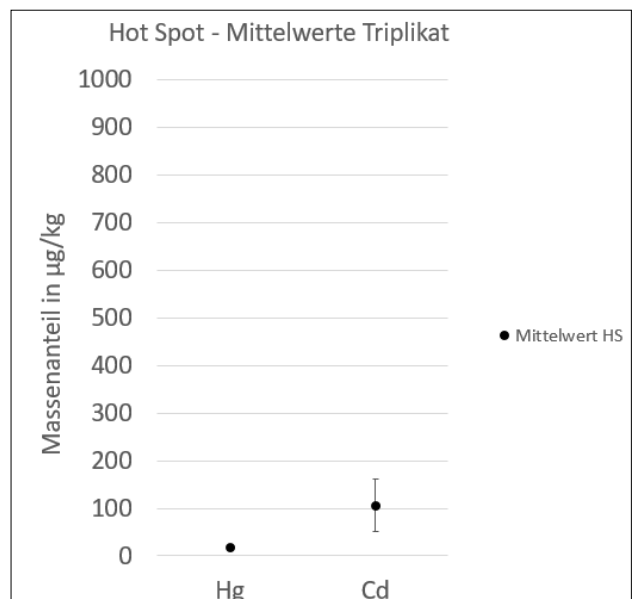


Abbildung 12: Resultate Hot Spot (HS)-Bereich für Quecksilber und Cadmium

Hot Spot-Bereich im Vergleich zu den Referenzstandorten

Die folgenden Grafiken zeigen die Mittelwerte der Triplikate im Hot Spot-Bereich im Vergleich zu den dreifach erhobenen Referenzproben aus zwei Standorten. Die Referenzproben wurden so erhoben, dass sie keinem Einfluss der potentiellen Schadstoffe aus dem untersuchten Sediment ausgesetzt sein konnten und möglichst eine ähnliche Beschaffenheit und Distanz zum Ufer wie der Hot Spot-Bereich aufweisen.

Zur besseren Vergleichbarkeit mehrerer Metalle wurden die Werte verbunden, um eine Kennlinie zu erzeugen. Die Kennlinie zeigt keinen Zusammenhang zwischen den Metallen auf.

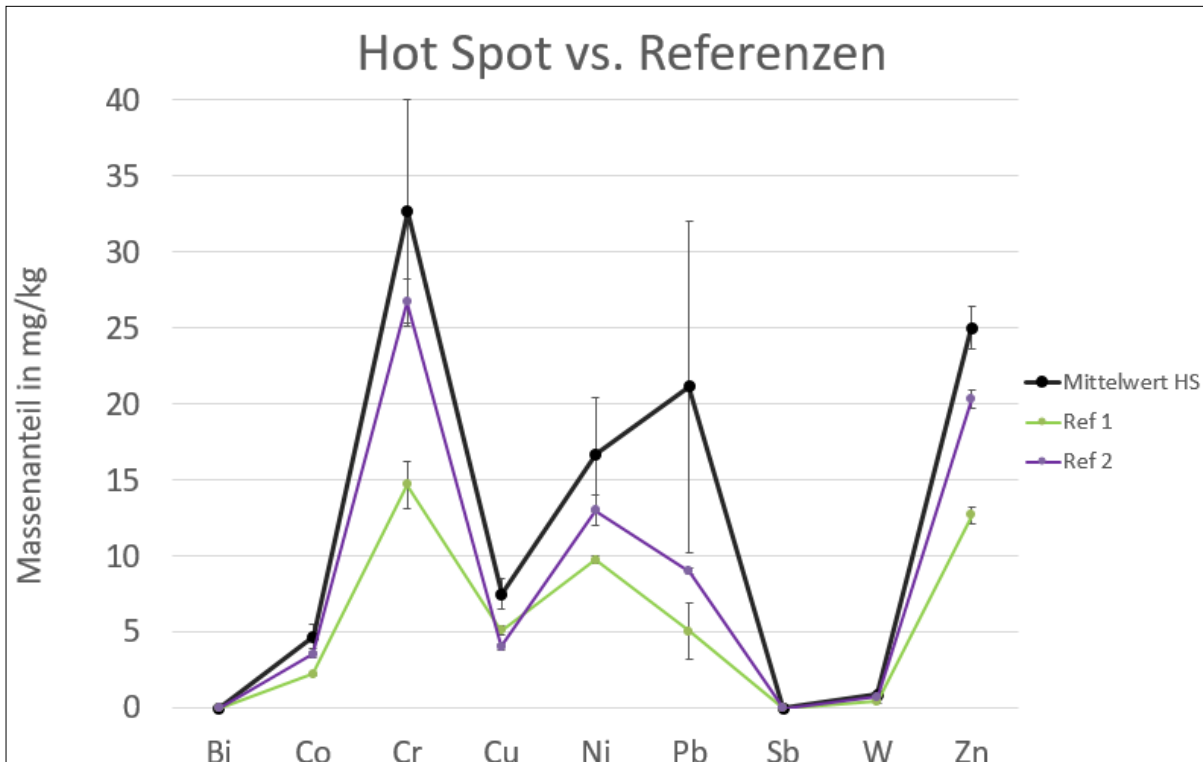


Abbildung 13: Vergleich der Mittelwerte des Hot Spot Triplikats mit den Referenzstandorten für die Elemente Bi - Zn

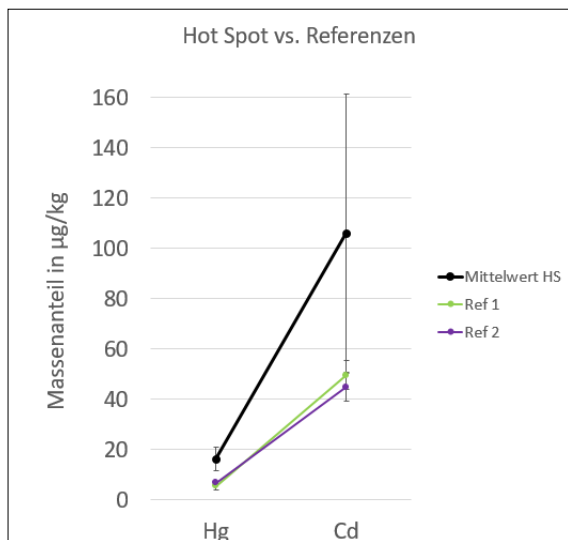


Abbildung 14: Vergleich der Mittelwerte des Hot Spot Triplikats mit den Referenzstandorten für die Elemente Quecksilber und Cadmium

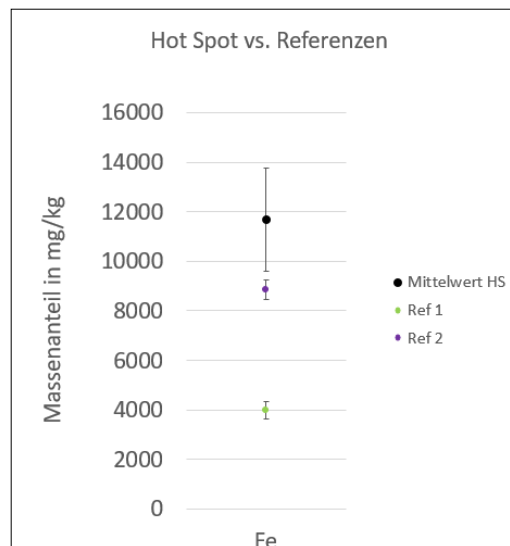


Abbildung 15: Vergleich der Mittelwerte des Hot Spot Triplikats mit den Referenzstandorten für Eisen

Ehemalige Zielgebiete (S1 – S3):

Bei den dargestellten Punkten handelt es sich um einmalig erhobene Multi-Inkrement Proben. Diese Standorte weisen viel weniger Munition auf als der Hot Spot-Bereich. Darum lässt sich aus Analogieüberlegungen sagen, dass die Unsicherheit inklusive Probenahme dieser Werte maximal so gross ist wie bei der beobachteten Unsicherheit beim Triplikat des Hot Spots, also < 30 % respektive < 50 % für Cadmium und Blei.

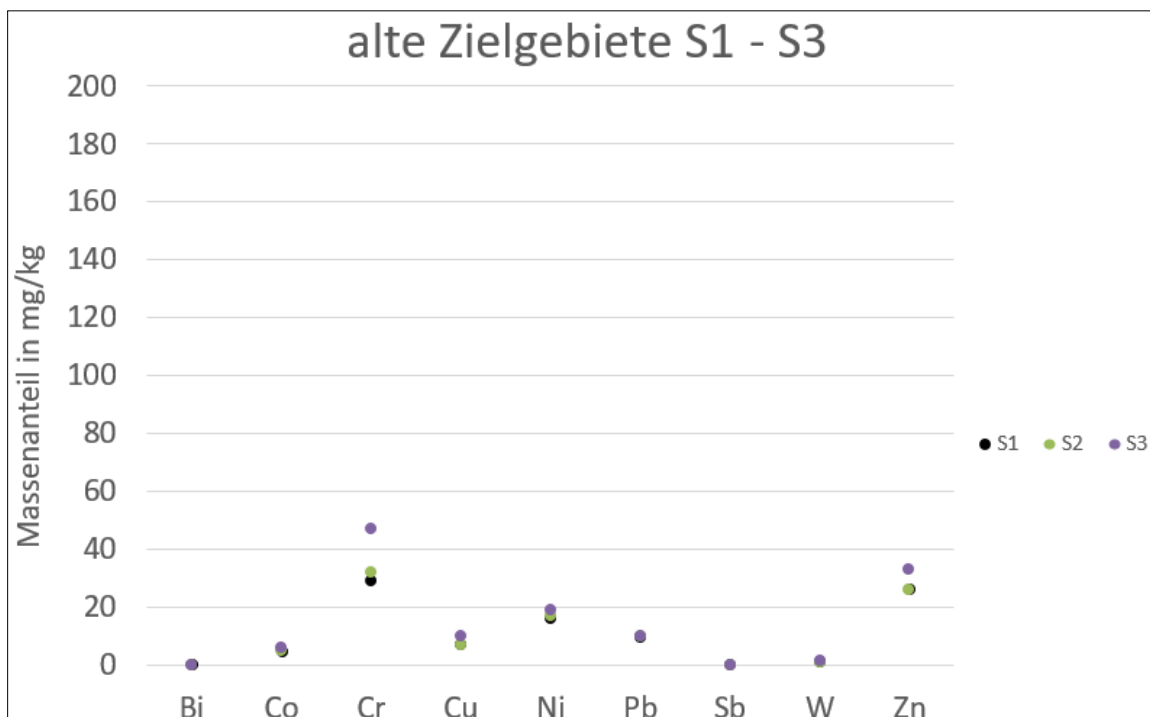


Abbildung 16: : Resultate alte Zielgebiete S1 – S3 für Elemente Bi – Zn.

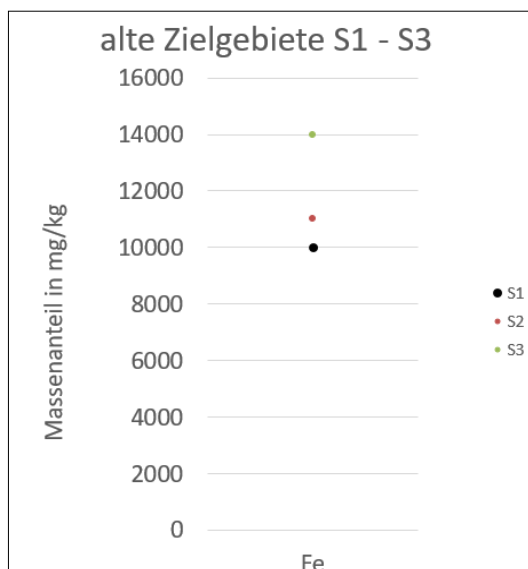


Abbildung 17: Resultate S1 – S3 für Eisen

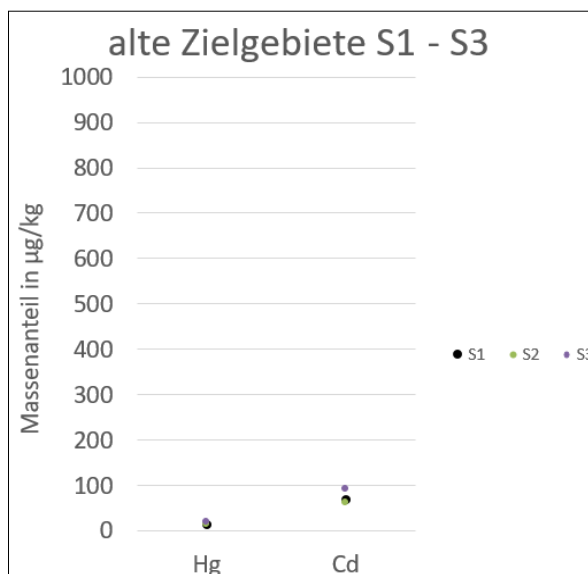


Abbildung 18: Resultate S1 – S3 für Quecksilber und Cadmium

6 Schlussfolgerungen und weiteres Vorgehen

Durch die gewählte Probenametechnik mittels Multi-Inkrement-Beprobung konnte eine hohe Reproduzierbarkeit der Probenahme erreicht werden.

Bei den Analysen aller Wasser- und Sedimentproben konnten keine Explosivstoffe nachgewiesen werden.

Sämtliche im Wasser gemessenen Konzentrationen befinden sich auf dem Niveau der beprobten Referenzstandorte und liegen deutlich unter den anwendbaren Grenzwerten der Gewässerschutzverordnung.

Die Interpretation dieser Analysenresultate und das weitere Vorgehen werden in einem nächsten Schritt mit den betroffenen Kantonen Waadt, Freiburg und Neuenburg, dem BAFU sowie Pro Natura und dem Verein Grand Caricaie besprochen.

7 Freigabe

Thun, 23. September 2021

armasuisse
Wissenschaft und Technologie



Patrick Folly
Leiter FB Munitionsüberwachung und
Explosivstoffe

armasuisse
Wissenschaft und Technologie



Jörg Mathieu

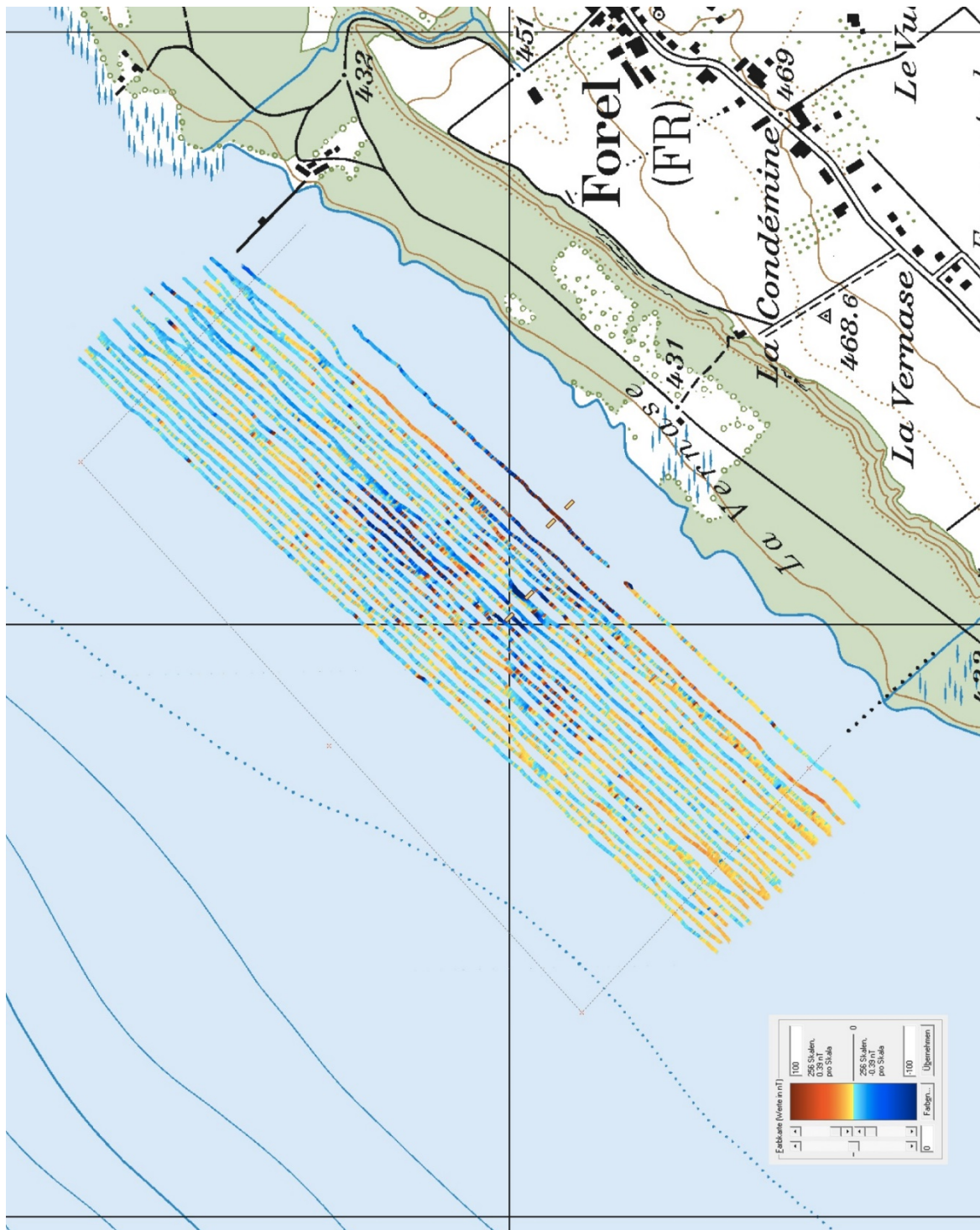


Sandie Pasche

FB Munitionsüberwachung und
Explosivstoffe

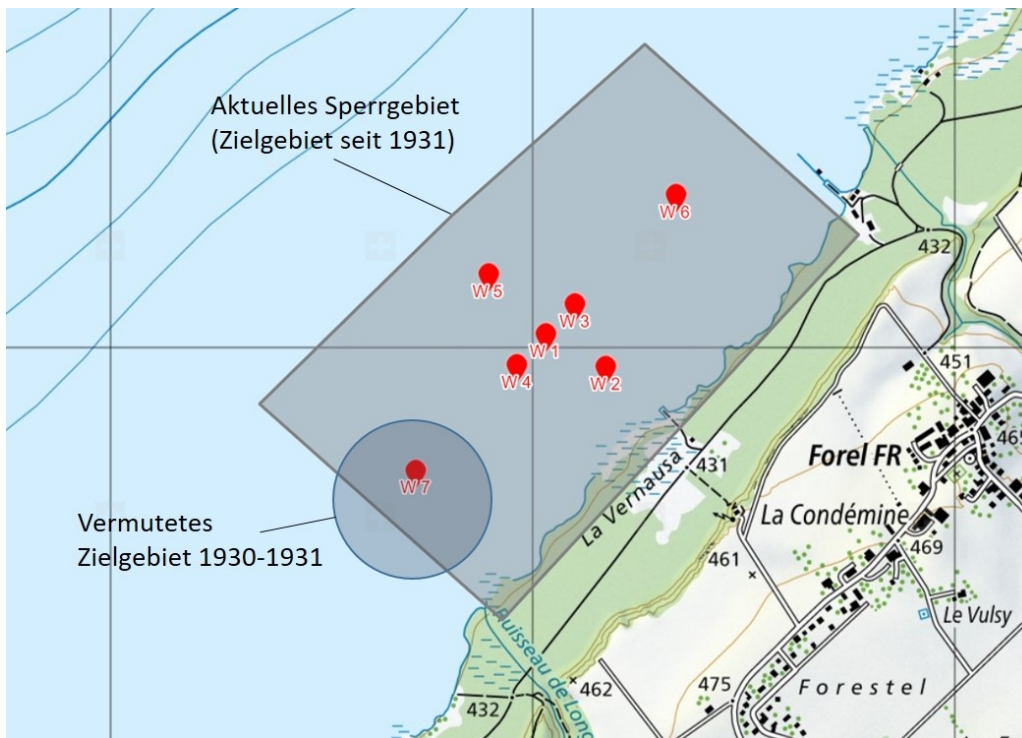
8 Anhang

8.1 Karte Magnetometeranomalien im Hauptfeld Fliegerschiessplatz Forel

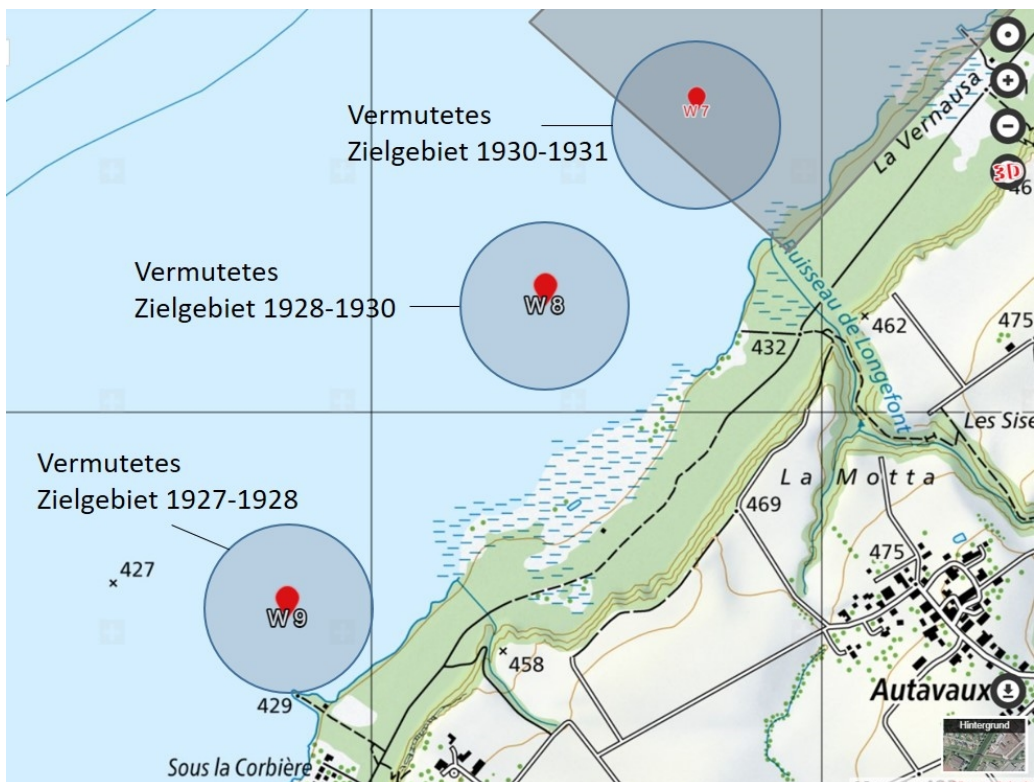


Raster Massstab entspricht 1 km. Quelle der Hintergrundkarte: Bundesamt für Landestopografie

8.2 Probenahmepositionen Wasser

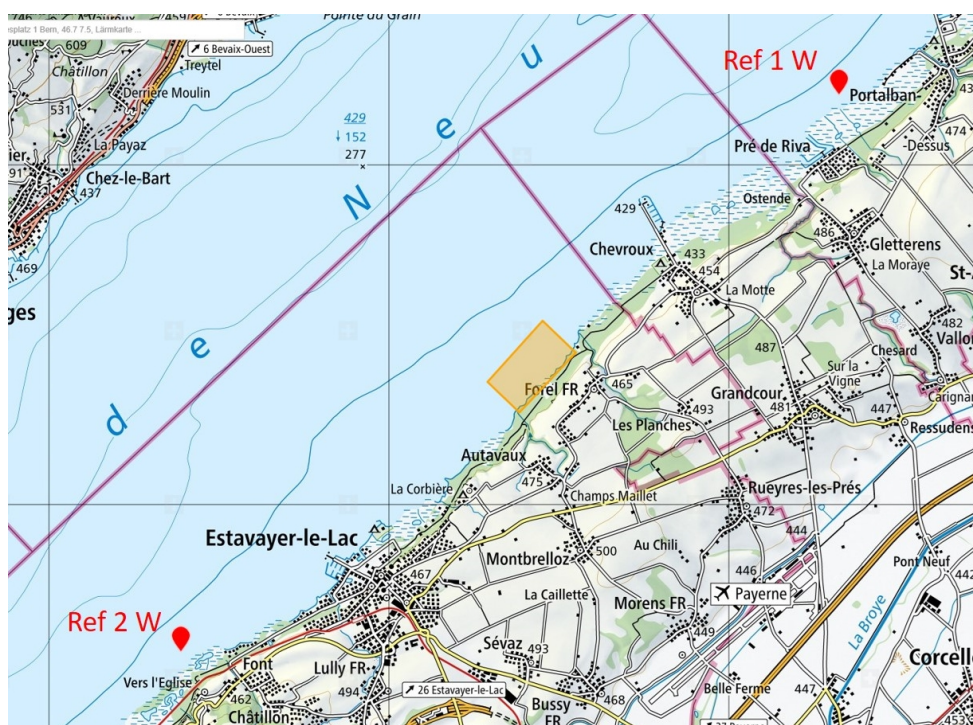


Probenahmepositionen Wasser im Sperrgebiet



Probenahmepositionen Wasser in den ehemaligen Zielgebieten 1927-1928 und 1928-1930

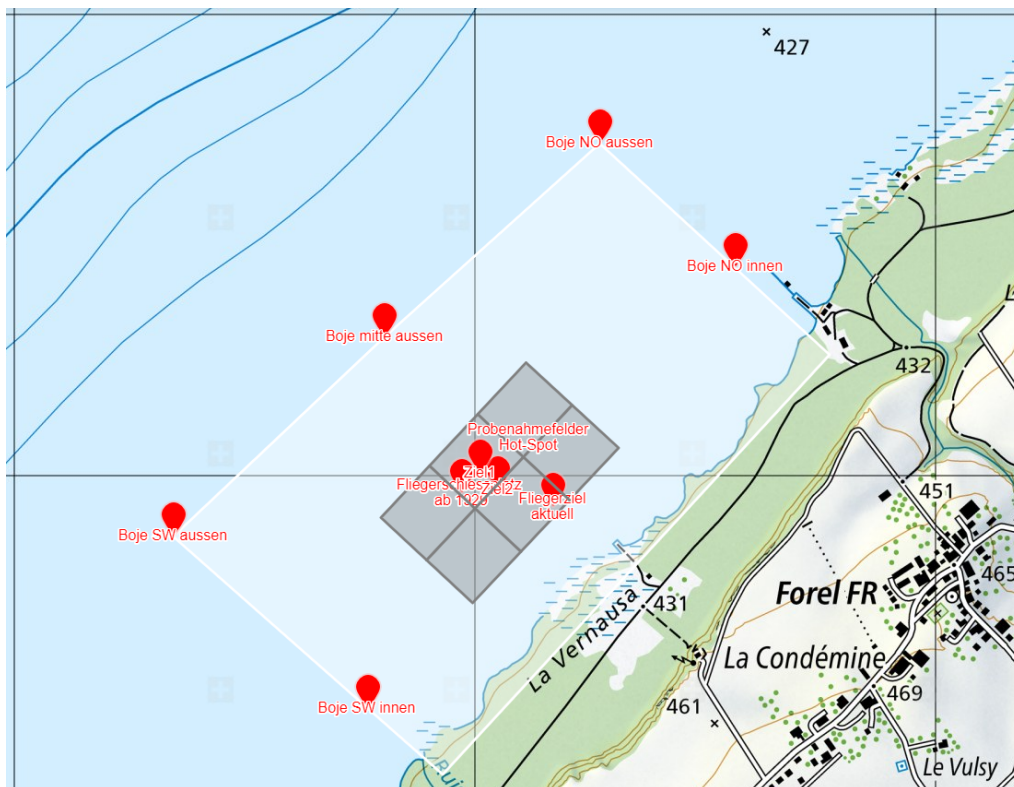
Bezeichnung	Beschreibung	Koordinaten
W 1	Zentrum Sperrgebiet zwischen den beiden betonierten Fliegerzielen	557'028,191'987
W 2	Bei aktuellen Fliegerzielen	557'171,191'910
W 3	100 m NO vom Zentrum	557'097,192'058
W 4	100 m SW vom Zentrum	556'960,191'913
W 5	200 m NW vom Zentrum	556'892,192'129
W 6	450 m NO vom Zentrum	557'336,192'315
W 7	450 m SW vom Zentrum (liegt auch im Bereich vermutetes Zielgebiet 1930-1931)	556'721,191'658
W 8	Vermutetes Zielgebiet 1928-1930	556'384,191'234
W 9	Vermutetes Zielgebiet 1927-1928	555'811,190'537



Referenzstandorte Wasserproben im Flachwasser

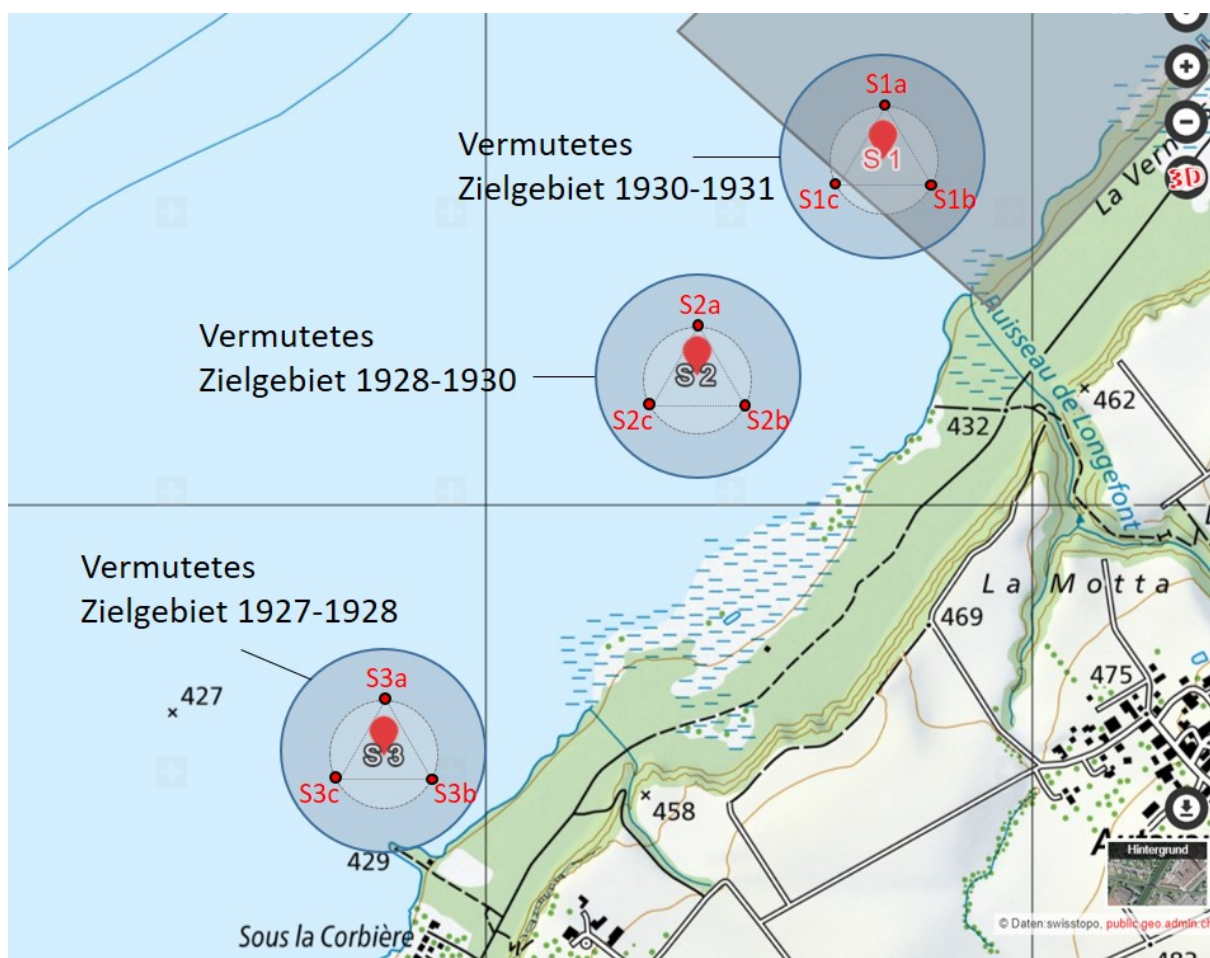
Bezeichnung	Koordinaten
Ref 1 W	561'615,196'028
Ref 2 W	551'930,187'827

8.3 Probenahmepositionen Sediment



Probenahmeflächen für die 6 Inkremente pro Primärprobe Sediment im Gebiet Hot Spot

Bezeichnung	Koordinaten
Hot Spot Fläche 1 154x136m	Eckpunkte [Nord/Ost/Süd/West]: 557'111,192'244 / 557'211,192'152 / 557'105,192'039 / 557'006,192'132 Zentrum: 557'109,192'141
Hot Spot Fläche 2 154x136m	Eckpunkte [Nord/Ost/Süd/West]: 557'211,192'152 / 557'312,192'059 / 557'205,191'946 / 557'105,192'039 Zentrum: 557'208,192'049
191987 Hot Spot Fläche 3 154x136m	Eckpunkte [Nord/Ost/Süd/West]: 557'006,192'132 / 557'105,192'039 / 557'000,191'928 / 556'902,192'020 Zentrum: 557'003,192'030
Hot Spot Fläche 4 154x136m	Eckpunkte [Nord/Ost/Süd/West]: 557'105,192'039 / 557'205,191'946 / 557'100,191'834 / 557'000,191'928 Zentrum: 557'102,191'937
Hot Spot Fläche 5 154x136m	Eckpunkte [Nord/Ost/Süd/West]: 556'902,192'020 / 557'000,191'928 / 556'895,191'816 / 556'796,191'908 Zentrum: 556'899,191'917
Hot Spot Fläche 6 154x136m	Eckpunkte [Nord/Ost/Süd/West]: 557'000,191'928 / 557'100,191'834 / 556'995,191'723 / 556'895,191'816 Zentrum: 556'998,191'824



Probenahmepositionen Sedimentkerne in den ehemaligen Zielgebieten

Bezeichnung	Koordinaten
Zielgebiet S 1 1930-1931	Zentrum: 556'724,191'628 S1a: 556'724,191'731 / S1b: 556'812,191'583 / S1c: 556'636,191'583
Zielgebiet S 2 1928-1930	Zentrum: 556'384,191'234 S2a: 556'384,191'333 / S2b: 556'477,191'176 / S2c: 556'296,191'176
Zielgebiet S 3 1927-1928	Zentrum: 555'811,190'537 S3a: 555'811,190'638 / S3b: 555'898,190'488 / S3c: 555'725,190'488

Die Referenzstandorte der Probenahme Sedimente entsprechen denjenigen der Probenahme Wasser

Bezeichnung	Koordinaten
Ref 1 S	561'615,196'028
Ref 2 S	551'930,187'827

8.4 Schusszahlen und Massenbilanz

Type de munition	Nr. Erhbi	Masse par pièce de munitions [kg/unité]	Nombre de coup tiré [nombre d'unités]	8% de rate [nombre d'unités]	Masse sans produit explosif : coup réussi [kg/ unité]	Masse avec produit explosif : rate [kg/unité]	Masse totale des coups réussis [kg]	Masse totale des coups ratés [kg]	Masse produit non explosif au total [kg]	Masse produit explosif au total [kg]	Commentaires
450 kg UBb 68	95_bis	422	20	2	422	422	7596	844	8440	-	observée par KAMR
225kg UBb 81	96	222	20	2	222	222	3996	444	4440	-	HU
FL-B. 50 kg	78	52	50	4	31	52	1426	207	1550	83	événement en 1937 = estimation W+T
50 kg FL-U-B.	adaptée de 78	51	5000	400	41	51	188600	20400	205000	4000	LW
50 kg FL-BI-B.	adaptée de 78	51	5000	400	51	51	234600	20400	255000	-	LW
35 kg UBb 67	97	30	12	1	30	30	334	30	365	0.02	LW
25 kg UBb 66	98	21	17000	1360	21	21	329336	28665	357974	27	HU + LW
25 kg UBb 80	98	21	17000	1360	21	21	329336	28665	357974	27	HU
12 kg U-FI-B. Alu	99	12	20000	1600	12	12	218702	19380	237720	363	LW
12 kg U-FI-B. Stahl	100	12	20000	1600	12	12	224590	19892	244120	363	LW
7 kg UBb (Beton)	101	7	240000	19200	7	7	1478477	128563	1607040	-	HU
4 kg Flz UBb 81	102	4	5000	400	4	4	18455	1605	20060	-	LW
SS 11 Type B1 Exercice	104	24	500	40	24	24	11256	979	12235	-	HU
20 mm Flz Kan 76 U Pat	106	0.1	71745	5740	0.1	0.1	7040	612	7652	-	LW
20 mm HS-K. 48 M.Br. G. MZ	16_bis	0.1	7077	566	0.1	0.1	697	69	757	8	HU
20mm Flz Kan 92 UPat 97	107	0.1	71745	5740	0.1	0.1	6733	585	7318	-	LW
30 mm Flz Kan 58 UG	adaptée de 109	0.2	50000	4000	0.2	0.2	11334	986	12320	-	LW
30 mm Flz Kan 58 u 65 UG	109	0.2	50000	4000	0.2	0.2	11334	986	12320	-	LW
30 mm Flugzeug Kanone 65 UG	adaptée de 109	0.2	50000	4000	0.2	0.2	11334	986	12320	-	LW
8 cm U Rak	110	0.1	83000	6640	7.9	8.0	600953	52987	653210	730	HU
20 mm Fl-K. 38 FM-K.	111	8	100000	8000	0.1	0.1	10884	1000	11830	54	LW
6.5 kg UFI Bb	115	6	40000	3200	6.2	6.3	226725	20296	246440	580	LW
20mm FFK 37	113	0.1	5000	400	0.1	0.1	592	54	644	3	LW
127 mm 5in MK32 Zuni	114	33	5	1	26	33	103	33	129	7	observée par KAMR
300 kg UBb 79	112	300	2	-	300	300	600	-	600	-	observée par KAMR/ doc KAMR
Total en tonne =							3935	349	4277	6.2	4284

8.5 Schadstoffbilanz

Explosivstoffe

Ladungssprengstoffe und Treibladungspulver										Pyrotechnika										Zünd- und Anzündsätze																							
TNT				Nitropentita				Hexogen				Schwarz- Pulver				Barium- nitrat- peroxid- carbonat				Pyrotech. Aluminium				Bleiazid				Hg-Fulminat				Antimon-III- sulfid				Kalium- perchlorat + Sk				Explo tot			
Kaliber und Mun.-Art.		Nr. Erhbl	8% Blindgänger- te	Schusszahl	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot							
				95_bis	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
				225kg UBb 81	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-						
				FI-B. 50 kg	4	50	20'758	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				adaptée de 78	400	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				50 kg FI-U-B.	400	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				50 kg FI-B-B.	400	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				adaptée de 78	97	1	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				35 kg UBb 67	98	1360	17000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				25 kg UBb 66	98	1360	17000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				25 kg UBb 80	98	1360	17000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				12 kg U-FI-B. Alu	99	1600	20000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				12 kg U-FI-B. Stahl	100	1600	20000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				7 kg UBb (Beton)	101	19200	240000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				4 kg FIz UBb 81	102	400	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				SS 11 Type B1 Exercise	104	40	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				20 mm FIz Kan 76 U Pat	106	5740	71745	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				16_bis	566	7077	7.4	4.2	0.3	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				20mm FIz Kan 92 UPat 97	107	5740	71745	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				30 mm FIz Kan 58 UG	adaptée de 109	4000	50000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				30 mm FIz Kan 58 u 65 UG	109	4000	50000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				30 mm Flugzeug Kanone 65 UG	adaptée de 109	4000	50000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				20 mm FI-K. 38 FM-K	111	8000	100000	6.3	50.4	0.3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				8 cm U Rak	110	6640	83000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				6.5 kg UFI Bb	115	3200	40000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				20mm FFK 37	113	400	5000	3	1.2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				127 mm 5in Mk32 Zuni	114	1	5	2'686	2.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
				300 kg UBb 79	112	0	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-							
TOTAL [kg] :							142		12		4		6'081		1		2		0.04		0.14		0.18		6'245		0.18		6'245		0.18		6'245		0.18		6'245						

Werkstoffe

Kaliber und Mun.-Art.	Nr. Erhbi	8% Blindgegerre te	Schutzzahl	Stahl		Alu		Sand/ Sägemehl		Zement/ Porenl.		Asphalte/ Bakelit		Messing		Blei total		Bronze (Cu/Sn)		Kupfer		Nickel		Antimon tot aus Stannol		Zink aus Messing (3%)		Kunststoff		Verbleibende * Verbleibende	
				[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot	[g] Stk	[kg] tot
450 kg U Bb 68	95 bis	2	20	251'913	5'038	50	1	-	-	170'000	3'400	-	-	-	-	-	-	-	30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
225kg Ubb 81	96	2	20	170'641	3'413	7'845	157	-	-	43'500	870	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fl-B, 50 kg	78	4	50	30'995	1'550	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.001	-	-	-	
adaptee de 78	400	5000	30'995	154'975	-	-	-	-	-	10'000	50'000	-	-	5	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.08	-	-	-	
50 kg Fl-B-B	400	5000	30'995	154'975	-	-	-	-	-	20'000	100'000	-	-	5	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.08	-	-	-	
35 kg Ubb 67	97	1	12	103	1	-	-	-	-	-	-	1'800	22	8	0	28'350	340	-	-	31	0.4	-	-	-	-	0.02	0.003	-	-	110	1
25 kg Ubb 66	98	1360	17000	18'863	320'676	-	-	-	-	-	-	1'800	30'600	8	136	-	-	-	-	31	527	-	-	-	-	0.02	0.41	245	4'165	110	1870
25 kg Ubb 80	98	1360	17000	18'863	320'676	-	-	-	-	-	-	1'800	30'600	8	136	-	-	-	-	31	527	-	-	-	-	0.02	0.41	245	4'165	110	1870
12 kg U-Fl-B, Alu	99	1600	20000	9'416	188'320	620	12'400	-	-	-	-	-	-	100	2'000	-	-	100	2'000	-	-	-	-	-	-	0.3	6	-	-	1'650	33'000
12 kg U-Fl-B, Stahl	100	1600	20000	10'356	207'120	-	-	-	-	-	-	-	-	100	2'000	-	-	100	2'000	-	-	-	-	-	-	0.3	6	-	-	1'650	33'000
7 kg U-Bb (Beton)	101	19200	240000	986	236'640	-	-	-	-	5'710	1'370'400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 kg Flz Ubb 81	102	400	5000	3'990	19'950	12	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	50
SS 11 Type B1 Exercise	104	40	500	-	-	20'000	10'000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4'470	2'235
20 mm Flz Kan 78 U-Pst	106	5740	71745	88	6'314	9	679	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	6	-	-	9	660	1	65	-	-	-	-	-	-	-	-
20 mm HS-K, 48 MBr G, M2	16 bis	966	7077	100	708	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20mm Flz Kan 92 U-Pst 97	107	5740	71745	91	6'529	7	502	-	-	-	-	-	-	4	287	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	1	-	-	-	-
30 mm Flz Kan 58 UG	adaptee de 109	4000	50000	170	8'500	43	2'170	-	-	22	1'100	-	-	-	-	1	44	11	550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 mm Flz Kan 58 u 65 UG	108	4000	50000	170	8'500	43	2'170	-	-	22	1'100	-	-	-	-	1	44	11	550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30 mm Flugzeug Kanone 65 UG	adaptee de 109	4000	50000	170	8'500	43	2'170	-	-	22	1'100	-	-	-	-	1	44	11	550	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20 mm Fl-K, 38 FM-K	111	8000	100000	100	10'000	-	-	-	-	-	-	-	-	9	930	1	80	-	-	2	200	-	-	0.001	0.1	0.03	3	-	-	7	700
8 cm U-Pak	110	6640	83000	7'500	622'500	-	-	-	-	-	-	300	24'900	-	-	-	-	-	-	70	5'810	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.5 kg U-Fl-Bb	115	3200	40000	4'745	189'800	-	-	1'395	55'800	-	-	-	-	13	520	8	320	-	-	-	-	-	-	-	-	0.04	2	-	-	-	-
20mm FRK 37	113	400	5000	121	605	-	-	-	-	-	-	-	-	3	13	-	-	-	-	5	24	-	-	0.50	2.5	0.01	0.04	-	-	-	-
127 mm Sn MK32 Zuni	114	1	6	19'700	99	6'000	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	0.34	
300 kg Ubb 79	112	0	2	157'575	315	129'880	260	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5145	10	-	-	-	-	-	-	-	-	7'400	15	-
TOTAL [kg] :				2'475'703	30'599	30'599	30'599	55'800	55'800	1'527'970	876	86'122	86'122	6'072	6'072	876	876	5'650	5'650	7'808	7'808	65	65	2.6	2.6	18	18	8'330	8'330	72'741	72'741

* Polyäthylen, Plastisol, Nitrilkauchuk, Tescyl, Phosphat, Polyamid, Silikonkauchuk, Polytetrafluoräthylen, Polyolefin, Kunststoff, Fiberglas, Epoxylas, Polycarbonat, Acetyl Cellulose, Sulfex, Paraffinpapier, Graphit, Bakelit, Aceton

8.6 Probenahmepositionen und Geometrie Sedimente

8.4.21 / OSJA

Wasserstand Neuenburgersee (29.-31.3.21) ca. 429.4 m.ü.M.

		Pt.	Koordinate N	Koordinate O	CH Koordinaten	Seespiegel Tiefe / m	Sedimentkern			Datum
							Ø / cm	Höhe / cm	Volumen / L	
HS-1	a	S00704	46°52.770'	006°52.565	557119/192196	2	5.3	36-39	0.8	29.03.2021
	b	S00705	46°52.742	006°52.535	557080/192145	2.1	5.3	50	1.1	
	c	S00706	46°52.718	006°52.566	557119/192100	1.8	5.3	45	1.0	
HS-2	a	S00707	46°52.709	006°52.593	557153/192083	1.7	5.3	46	1.0	29.03.2021
	b	S00708	46°52.702	006°52.655	557232/192070	1	5.3	47	1.0	
	c	S00709	46°52.695	006°52.569	557123/192057	1.4	10	26	2.0	
HS-3	a	S00710	46°52.707	006°52.497	557031/192080	1.5	5.3	36	0.8	29.03.2021
	b	S00711	46°52.674	006°52.522	557063/192019	1.1	5.3	35	0.8	
	c	S00712	46°52.668	006°52.455	556977/192009	1.6	5.3	48	1.1	
HS-4	a	S00713	46°52.633	006°52.520	557060/191943	1.4	5.3	51	1.1	29.03.2021
	b	S00714	46°52.605	006°52.507	557043/191891	1.1	10	20	1.6	
	c	S00715	46°52.639	006°52.632	557202/191953	1	10	15	1.2	
HS-5	a	S00716	46°52.629	006°52.433	556949/191936	1.6	5.3	47	1.0	29.03.2021
	b	S00717	46°52.632	006°52.362	556859/191943	1.7	5.3	50	1.1	
	c	S00718	46°52.613	006°52.363	556860/191907	1.6	5.3	37	0.8	
HS-6	a	S00721	46°52.558	006°52.415	556925/191805	1.3	5.3	41	0.9	29.03.2021
	b	S00722	46°52.540	006°52.487	557016/191771	1.3	10	26	2.0	
	c	S00723	46°52.592	006°52.505	557040/191867	1.2	5.3	54	1.2	
S1	Zentrum				556724/191628	1.3	5.3	45	1.0	31.03.2021
	a				556724/191731	1.4	5.3	48	1.1	
	b				556812/191583	1.6	5.3	58	1.3	
	c				556636/191583	1.5	5.3	56	1.2	
S2	Zentrum				556384/191234	1.4	5.3	50	1.1	30.03.2021
	a				556384/191333	1.6	5.3	49	1.1	
	b				556477/191176	1.8	5.3	55	1.2	
	c				556296/191176	1.8	5.3	45	1.0	
S3	Zentrum				555811/190537	1.8	5.3	36	0.8	31.03.2021
	a				555811/190638	2.1	5.3	52	1.1	
	b				555898/190488	1.4	10	26	2.0	
	c				555725/190488	1.4	5.3	40	0.9	
Ref1-S-a	1	S00725	46°54.854	006°56.078	561606/196027	1.6	5.3	54	1.2	29.03.2021
	2					1.4	5.3	62	1.4	
	3					1.4	5.3	50	1.1	
Ref1-S-b	1	S00727	46°54.853	006°56.092	561624/196025	1.6	5.3	50	1.1	29.03.2021
	2					1.6	5.3	53	1.2	
	3					1.6	5.3	35	0.8	
Ref1-S-c	1	S00729	46°54.860	006°56.085	561615/196038	1.6	5.3	50	1.1	29.03.2021
	2					1.6	5.3	55	1.2	
	3					1.6	5.3	48	1.1	
Ref2-S-a	1	S00730	46°50.394	006°48.504	551924/187834	1.4	5.3	48	1.1	29.03.2021
	2					1.4	5.3	40	0.9	
	3					1.4	5.3	46	1.0	
Ref2-S-b	1	S00731	46°50.386	006°48.508	551929/187819	1.5	5.3	42	0.9	29.03.2021
	2					1.5	5.3	48	1.1	
	3					1.5	5.3	43	0.9	
Ref2-S-c	1	S00732	46°50.396	006°48.516	551939/187837	1.5	5.3	50	1.1	29.03.2021
	2					1.5	5.3	48	1.1	
	3					1.5	5.3	49	1.1	

8.7 Resultate Explosivstoff-Analytik Wasserproben Bachema



Bachema AG
Analytische Laboratorien

email-Bericht (z. Hd.: Herr Mathieu, joerg.mathieu@ar.admin.ch)

(z. Hd.: Herr von Gunten,
cedric.vonGunten@babs.admin.ch)

Objekt

Auftrags-Nr. Bachema

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

Wasserproben, Forel FR

202103549

Labor Spiez, Sektion Physik, 3700 Spiez
Generalsekretariat VBS, Maulbeerstrasse 9, 3003 Bern
Generalsekretariat VBS, Maulbeerstrasse 9, 3003 Bern
armasuisse, J. Mathieu, Feuerwerkerstrasse 39, 3602 Thun
armasuisse, J. Mathieu, joerg.mathieu@ar.admin.ch
Labor Spiez, C. von Gunten, cedric.vonGunten@babs.admin.ch

Probenübersicht

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
15089 W	W1	/ 08.04.21
15090 W	W2	/ 08.04.21
15091 W	W3	/ 08.04.21
15092 W	W4	/ 08.04.21
15093 W	W5	/ 08.04.21
15094 W	W6	/ 08.04.21
15095 W	W7	/ 08.04.21
15096 W	W8	/ 08.04.21
15097 W	W9	/ 08.04.21
15098 W	Ref1-W	/ 08.04.21
15099 W	Ref2-W	/ 08.04.21

Freundliche Grüsse
BACHEMA AG

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

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

Objekt
Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Wasserproben, Forel FR
Labor Spiez
202103549

Probenbezeichnung		W1	W2	W3	W4	Referenzwert	
Proben-Nr. Bachema		15089	15090	15091	15092		
Tag der Probenahme							
Sprengstoffe							
1,3-Dinitrobenzol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
1,3,5-Trinitrobenzol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Hexogen (RDX)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Octogen (HMX)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
PETN	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Nitroglycerin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Diphenylamin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
N-Nitrosodiphenylamin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		

Probenbezeichnung		W5	W6	W7	W8	Referenzwert	
Proben-Nr. Bachema		15093	15094	15095	15096		
Tag der Probenahme							
Sprengstoffe							
1,3-Dinitrobenzol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
1,3,5-Trinitrobenzol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Hexogen (RDX)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Octogen (HMX)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
PETN	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Nitroglycerin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
Diphenylamin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		
N-Nitrosodiphenylamin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		

Objekt
Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Wasserproben, Forel FR
Labor Spiez
202103549

Probenbezeichnung		W9	Ref1-W	Ref2-W	Referenzwert	
Proben-Nr. Bachema		15097	15098	15099		
Tag der Probenahme						
Sprengstoffe						
1,3-Dinitrobenzol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
1,3,5-Trinitrobenzol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
Hexogen (RDX)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
Octogen (HMX)	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
PETN	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
Nitroglycerin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
Diphenylamin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		
N-Nitrosodiphenylamin	µg/L	<0.1	<0.1	<0.1		

8.8 Resultate Explosivstoff-Analytik Sedimentproben Bachema

email-Bericht (z. Hd.: Herr Mathieu, joerg.mathieu@ar.admin.ch)(z. Hd.: Herr von Gunten,
Cedric.vonGunten@babs.admin.ch)**Objekt**

Auftrags-Nr. Bachema

Nr. 1, Sedimentproben, Forel (FR)

202103986

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

Labor Spiez, Sektion Physik, 3700 Spiez
Generalsekretariat VBS, Maulbeerstrasse 9, 3003 Bern
Generalsekretariat VBS, Maulbeerstrasse 9, 3003 Bern
Labor Spiez, J. Mathieu, Austrasse, 3700 Spiez
Labor Spiez, J. Mathieu, joerg.mathieu@ar.admin.ch
Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), C. von Gunten,
Cedric.vonGunten@babs.admin.ch

Probenübersicht

Bachema-Nr.	Probenbezeichnung	Probenahme / Eingang Labor
16776 F	HS a	/ 17.04.21
16777 F	HS b	/ 17.04.21
16778 F	HS c	/ 17.04.21
16779 F	S1	/ 17.04.21
16780 F	S2	/ 17.04.21
16781 F	S3	/ 17.04.21
16782 F	Ref1-S a	/ 17.04.21
16783 F	Ref1-S b	/ 17.04.21
16784 F	Ref1-S c	/ 17.04.21
16785 F	Ref2-S a	/ 17.04.21
16786 F	Ref2-S b	/ 17.04.21
16787 F	Ref2-S c	/ 17.04.21

Freundliche Grüsse
BACHEMA AG



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



L. Wirz, Administration
Tel.: 044 738 39 00

Objekt

Auftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema

Nr. 1, Sedimentproben, Forel (FR)

Labor Spiez
202103986

					Referenzwert	
Probenbezeichnung		HS a	HS b	HS c	Ref1-S a	
Proben-Nr. Bachema		16776	16777	16778	16782	
Tag der Probenahme						
Probenparameter						
Angelieferte Probemenge	kg	3.8	4.0	5.2	1.8	
Allgemeine und anorganische Parameter						
Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	0.3	0.4	0.4	1.0	
Sprengstoffe						
1,3-Dinitrobenzol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
1,3,5-Trinitrobenzol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
2,4-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
2,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
Hexogen (RDX) (TS)	µg/kg TS	<3	<3	<3	<3	
Octogen (HMX) (TS)	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10	
PETN (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
Nitroglycerin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
Diphenylamin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	
N-Nitrosodiphenylamin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1	

ObjektAuftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema**Nr. 1, Sedimentproben, Forel (FR)**Labor Spiez
202103986

						Referenzwert	
Probenbezeichnung							
Proben-Nr. Bachema							
Tag der Probenahme							
Probenparameter							
Angelieferte Probemenge	kg	1.5	1.6	2.1	2.7		
Allgemeine und anorganische Parameter							
Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	1.0	1.0	0.2	0.3		
Sprengstoffe							
1,3-Dinitrobenzol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
1,3,5-Trinitrobenzol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
2,4-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
2,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT) (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
Hexogen (RDX) (TS)	µg/kg TS	<3	<3	<3	<3		
Octogen (HMX) (TS)	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10		
PETN (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
Nitroglycerin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
Diphenylamin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		
N-Nitrosodiphenylamin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1		

ObjektAuftraggeber
Auftrags-Nr. Bachema**Nr. 1, Sedimentproben, Forel (FR)**Labor Spiez
202103986

		Referenzwert			
Probenbezeichnung		Ref2-S c	S1	S2	S3
Proben-Nr. Bachema		16787	16779	16780	16781
Tag der Probenahme					
Probenparameter					
Angelieferte Problemeng	kg	2.4	2.9	2.9	3.1
Allgemeine und anorganische Parameter					
Kohlenstoff org. (TOC)	% v. TS C	0.2	0.5	0.3	0.3
Sprengstoffe					
1,3-Dinitrobenzol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
1,3,5-Trinitrobenzol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
2,4-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
2,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
2-Amino-4,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
4-Amino-2,6-Dinitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
2,4-Diamino-6-Nitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
2,6-Diamino-4-Nitrotoluol (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
Hexogen (RDX) (TS)	µg/kg TS	<3	<3	<3	<3
Octogen (HMX) (TS)	µg/kg TS	<10	<10	<10	<10
PETN (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
Nitroglycerin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
Diphenylamin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1
N-Nitrosodiphenylamin (TS)	µg/kg TS	<1	<1	<1	<1

8.9 Resultate Schwermetall-Analytik Wasser- und Sedimentproben Labor Spiez



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Verteidigung,
Bevölkerungsschutz und Sport VBS

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
LABOR SPIEZ

Referenz/Aktenzeichen: VGCE / BABS-313-1/15
Spiez, 30.04.2021

Prüfstelle für die Bestimmung von Radionukliden und Elementanalytik.

Prüfbericht Nr. NUC-21-010

Auftraggeber

GS VBS Raum und Umwelt

Auftrag

Bestimmung der munitionsrelevanten Metalle in Überstandswasser sowie Sedimentproben des Spl Forel im Neuenburgersee.

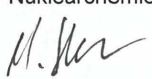
Zusammenfassung

Die Probenahme erfolgte zusammen mit der armasuisse und der KAMIR. Die Wasser- sowie die Sedimentproben wurden, nach erfolgter Probenaufarbeitung, mittels ICP-Massenspektrometrie, ICP-Optischer Emissionsspektrometrie, Atomfluoreszenzspektrometrie und Atomabsorptionsspektrometrie auf die Metallkonzentrationen hin analysiert. Die Resultate sind im Kapitel 10 des vorliegenden Berichts zusammengestellt.

Nuklearchemie


Dr. Mario Burger
Chef Fachbereich
Nuklearchemie

Nuklearchemie


Marc Stauffer
Prüfstellenleiter
STS 0028

Nuklearchemie


Cédric von Gunten
Messgruppenleiter
Anorganische Analytik

– Jörg Mathieu, armasuisse, Feuerwerkerstrasse 39, CH-3602 Thun

- STM
- OSJA → Dok STS 0028
- Reg.

Der Inhalt dieses Prüfberichts bezieht sich nur auf den Prüfgegenstand. Dieser Prüfbericht darf ohne Rücksprache mit dem LABOR SPIEZ nicht auszugsweise, sondern nur in vollem Text veröffentlicht werden.

Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
LABOR SPIEZ, 3700 Spiez
Tel. +41 58 468 14 00, Fax +41 58 468 14 02
laborspiez@babs.admin.ch
www.labor-spiez.ch



Aktenzeichen BABS-313-1/15

1/5

Prüfbericht Nr. NUC-21-010

1. Auftragseingang

Eingangsdatum: 12.11.2020
Art des Eingangs: E-Mail

2. Auftragsnummer und Prüfplan

Vorschrift: L 028 004
Auftragsnummer: NUC-21-010
Prüfplan: Prüfplan_NUC-21-010

3. Probenerhebung

Vorschrift: L 028 061
Entnahme durch: LABOR Spiez
Probenerhebungsplan: Konzept Wasser- und Sedimentanalyse Neuenburgersee zur Beurteilung Gefährdungspotential Munitionsrückstände Fliegerschiessplatz "Forel"
(24. Februar 2021 – Marc Stauffer, BABS Labor Spiez; Sandie Pasche / Jörg Mathieu, armasuisse W+T)

4. Prüfgegenstand und Codierung

Probencodierung: Vorschrift L 028 006

Originalcode	Prüfgegenstand	NUC-Code	Zu-stand	Eingang
W 1	Wasser	NUC-21-010-W1	i.O.	31.03.2021
W 2	Wasser	NUC-21-010-W2	i.O.	31.03.2021
W 3	Wasser	NUC-21-010-W3	i.O.	31.03.2021
W 4	Wasser	NUC-21-010-W4	i.O.	31.03.2021
W 5	Wasser	NUC-21-010-W5	i.O.	31.03.2021
W 6	Wasser	NUC-21-010-W6	i.O.	31.03.2021
W 7	Wasser	NUC-21-010-W7	i.O.	31.03.2021
W 8	Wasser	NUC-21-010-W8	i.O.	31.03.2021
W 9	Wasser	NUC-21-010-W9	i.O.	31.03.2021
Ref 1 W	Wasser	NUC-21-010-Ref1-W	i.O.	31.03.2021
Ref 2 W	Wasser	NUC-21-010-Ref2-W	i.O.	31.03.2021
Hot-Spot 1	Sediment	NUC-21-010-HS-a	i.O.	31.03.2021
Hot-Spot 2	Sediment	NUC-21-010-HS-b	i.O.	31.03.2021
Hot-Spot 3	Sediment	NUC-21-010-HS-c	i.O.	31.03.2021
Zielgebiet S 1	Sediment	NUC-21-010-S1	i.O.	31.03.2021
Zielgebiet S 2	Sediment	NUC-21-010-S2	i.O.	31.03.2021
Zielgebiet S 3	Sediment	NUC-21-010-S3	i.O.	31.03.2021
Ref 1 S-a	Sediment	NUC-21-010-Ref1-S-a	i.O.	31.03.2021
Ref 1 S-b	Sediment	NUC-21-010-Ref1-S-b	i.O.	31.03.2021
Ref 1 S-c	Sediment	NUC-21-010-Ref1-S-c	i.O.	31.03.2021
Ref 2 S-a	Sediment	NUC-21-010-Ref2-S-a	i.O.	31.03.2021
Ref 2 S-b	Sediment	NUC-21-010-Ref2-S-b	i.O.	31.03.2021
Ref 2 S-c	Sediment	NUC-21-010-Ref2-S-c	i.O.	31.03.2021

Prüfbericht Nr. NUC-21-010

5. Probenvorbereitung

Trocknung, Brechen	L 028 107
Totalaufschluss	L 028 105
Schwermetalle in Wasserproben	L 028 110

6. Analysenmethoden

Massenspektrometrie	L 028 135
Optische Emissions Spektrometrie	L 028 106
Direct Mercury Analyzer (AAS)	L 028 133
Atomfluoreszenz-Spektrometrie (AFS)	L 028 139

7. Prüfdatum und Prüfungsdurchführung

Datum/Zeitspanne:	31.03.2021 – 26.04.2021
SachbearbeiterIn:	OSJAVGCE/GOSR/Lernende

8. Archivierung

Vorschrift:	L 028 004
Prüfbericht/Rohdaten:	10 Jahre
Prüfgegenstände:	Sedimente: 12 Monate
	Wasser: 3 Monate

9. Messunsicherheit und Bemerkungen

Das Analysenverfahren wurde durch Mitanalysieren der Referenzmaterialien (UA-Mn-617, UA-Mn-618, NUC-Mn-041, NUC-Mn-117, NUC-Mn-130) überprüft. Aufgrund dieser Überprüfungen sind die ausgewiesenen Gehalte mit den folgenden Messunsicherheiten ($p = 0.95$) zu interpretieren.

Wasser:

- Feldparameter: $\pm 10 \%$
- Hg, W, Bi: $\pm 15 \%$
- Fe: $\pm 1 \%$
- Übrige: $\pm 10 \%$

Sedimente:

- Hg: $\pm 20 \%$
- Fe: $\pm 1 \%$
- Übrige: $\pm 15 \%$

Experimentelle Details und analytische Unterlagen sind bei der Prüfstelle STS 0028 zugänglich.

Prüfbericht Nr. NUC-21-010

10. Resultate

10.1 Wasser

Prüfgegenstand	Temperatur / °C	pH / 1	Leitfähigkeit (T _{ref} = 25 °C) / µS/cm	w(Bi) / µg/L		w(Cd) / µg/L		w(Co) / µg/L		w(Cr) / µg/L		w(Cu) / µg/L	
				diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.
W 1	8.4	8.4	315	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	0.12	<0.1	0.54	0.67
W 2	8.7	8.3	316	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.61
W 3	8.2	8.5	319	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.64	0.58
W 4	8.3	8.4	315	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.51	0.61
W 5	8.0	8.4	314	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	0.54	0.59
W 6	8.5	8.6	401	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	0.55	0.75
W 7	8.4	8.4	315	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.56	0.61
W 8	8.7	8.5	311	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.64	0.72
W 9	8.2	8.4	316	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	0.10	0.54	0.59
Ref 1 W	10.0	8.4	347	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.73	0.75
Ref 2 W	10.6	8.2	313	<0.1	<0.1	<0.02	<0.02	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.51	0.69
GSchV ⁽¹⁾						0.05	0.2			2 ⁽²⁾	5	2	5
AltV Eluat ⁽¹⁾						5	5	2000	2000	20 ⁽³⁾	1500	1500	1500

Prüfgegenstand	w(Fe) / µg/L		w(Hg) / ng/L		w(Ni) / µg/L		w(Pb) / µg/L		w(Sb) / µg/L		w(W) / µg/L		w(Zn) / µg/L	
	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.	diss.	tot.rec.
W 1	2.3	2.8	0.066	<0.05	0.3	0.36	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
W 2	2.4	4.5	<0.05	<0.05	0.3	0.33	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
W 3	1.5	3.3	<0.05	<0.05	0.36	0.35	0.13	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
W 4	1.6	2.0	0.11	<0.05	0.32	0.48	0.39	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
W 5	1.4	1.9	0.11	<0.05	0.32	0.47	0.39	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	0.82
W 6	1.2	6.2	<0.05	<0.05	0.33	0.45	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.68	1.2
W 7	2.1	2.7	<0.05	<0.05	0.33	0.46	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
W 8	1.0	1.5	0.16	<0.05	0.34	0.34	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
W 9	1.3	1.5	0.091	<0.05	0.3	0.32	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
Ref 1 W	9.3	1.5	<0.05	<0.05	0.36	0.33	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.1	<0.5
Ref 2 W	1.4	1.7	<0.05	<0.05	0.28	0.32	0.19	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.5	<0.5
GSchV ⁽¹⁾			10	30	5	10	1	10					5	20
AltV Eluat ⁽¹⁾			1000	1000	700	700	50	50	10	10			5000	5000

Prüfbericht Nr. NUC-21-010

10.2 Sediment

Die Resultate beziehen sich auf die TS 105 °C korrigierten Massenkonzentrationen des Sediments ohne metallische Fremdkörper.

Prüfgegenstand	w(Bi) / mg/kg	w(Cd) / mg/kg	w(Co) / mg/kg	w(Cr) / mg/kg	w(Cu) / mg/kg	w(Fe) / mg/kg	w(Hg) / µg/kg	w(Ni) / mg/kg	w(Pb) / mg/kg	w(Sb) / mg/kg	w(W) / mg/kg	w(Zn) / mg/kg
Hot-Spot 1	< 0.3	0.073	4.2	27	6.8	10000	12	14	9.4	< 1	0.76	24
Hot-Spot 2	< 0.3	0.075	4.3	30	8.2	11000	16	15	31	< 1	0.84	26
Hot-Spot 3	< 0.3	0.17	5.6	41	n.a ^[4]	14000	21	21	23	< 1	1.0	n.a ^[4]
Zielgebiet S 1	< 0.3	0.068	4.6	29	7.0	10000	14	16	9.5	< 1	0.83	26
Zielgebiet S 2	< 0.3	0.062	4.8	32	6.8	11000	15	17	9.6	< 1	0.85	26
Zielgebiet S 3	< 0.3	0.094	6	47	10	14000	19	19	10	< 1	1.1	33
Ref 1 S-a	< 0.3	0.048	2.3	15	5.4	4100	7.3	10	7.1	< 1	0.41	13
Ref 1 S-b	< 0.3	0.045	2.3	16	4.9	4300	6.0	9.7	4.4	< 1	0.47	13
Ref 1 S-c	< 0.3	0.056	2.1	13	5.0	3600	3.9	9.5	3.6	< 1	0.34	12
Ref 2 S-a	< 0.3	< 0.04	3.3	25	3.8	8400	6.5	12	9.0	< 1	0.83	20
Ref 2 S-b	< 0.3	0.049	3.7	28	4.1	9200	7.3	14	9.2	< 1	0.70	21
Ref 2 S-c	< 0.3	0.041	3.6	27	4.2	9000	7.0	13	8.8	< 1	0.71	20
VVEA unverschmutzt ^[1]		1		50	40		500	50	50			150
AltIV Anh. 3; 2 ^[1]		20		100 ^[3]	1000		2000	1000	1000	50		2000
VBBö Richtwert ^[1]		0.8		50	40		500	50	50			150

^[1] informativ, die anzuwendenden Grenzwerte sind zum Zeitpunkt der Berichterstattung nicht definiert

^[2] als Cr-III und Cr-VI

^[3] als Cr-VI

^[4] nicht ausgewiesen

8.10 Analysenparameter und analytische Bestimmungsgrenzen

Laboratorium	Prüfgegenstand	Parameter	BG, Wasser	BG, Feststoff
Bachema AG	Wasser, Sediment inkl. Porenwasser*	1,3-Dinitrobenzol	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		1,3,5-Trinitrobenzol	0.1 µg/l	5 µg/kg
		2,4-Dinitrotoluol	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		2,6-Dinitrotoluol	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		2-Amino-4,6-Dinitrotoluol	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		4-Amino-2,6-Dinitrotoluol	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		2,4-Diamino-6-Nitrotoluol	0.1 µg/l	2-5 µg/kg
		2,6-Diamino-4-Nitrotoluol	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		Tetryl	0.1 µg/l	5-50 µg/gk
		Hexogen (RDX)	0.1 µg/l	5-10 µg/kg
		Octogen (HMX)	0.1 µg/l	20-50 µg/kg
		PETN	0.1 µg/l	1 µg/kg
		Nitroglycerin	0.1 µg/l	1 µg/kg
		Diphenylamin	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		N-Nitrosodiphenylamin	0.1 µg/l	1-5 µg/kg
		Gesamter organischer Kohlenstoff (TOC)	-	0.1% von Trockensubstanz
Labor Spiez	Wasser (<i>Totalgehalt und gelöst</i>), Sediment inkl. Porenwasser	Chrom	0.1 µg/l	0.14 mg/kg
		Cobalt	0.1 µg/l	0.11 mg/kg
		Eisen	~ 1 µg/L	~ 1 mg/kg
		Nickel	0.1 µg/l	0.14 mg/kg
		Kupfer	0.1 µg/l	0.22 mg/kg
		Zink	0.5 µg/l	0.19 mg/kg
		Cadmium	0.1 µg/l	0.05 mg/kg
		Antimon	0.1 µg/l	0.30 mg/kg
		Blei	0.1 µg/l	0.10 mg/kg
		Quecksilber	50 pg/L	0.36 µg/kg
		Wismut	0.1 µg/l	~ 0.2 mg/kg

* Die BG der Bachema AG für Feststoffe ist abhängig von der erhaltenen Probenmenge.

9 Quellenverzeichnis

- ¹ Geotechnique Appliqué Dériaz S.A.: Investigation historiques relatives aux depots et aux immersions de munitions dans les lacs Suisse – Bericht zuhanden des Generalsekretariat VBS, Genève, 30.09.2004
- ² J. Mathieu, A. Jakob, „Beurteilung Gewässergefährdung Fliegerschiessplatz Forel durch Metalleintrag Fliegerschiessübungen Luftwaffe VBS“, Aktennotiz ar WTE / BABS Labor Spiez, z.H. GS VBS, 22. März 2013
- ³ J. Mathieu, arWTE " Untersuchung Verteilung Munitionsrückstände im Gebiet Fliegerschiessplatz Forel", 15.01.2015
- ⁴ GBL Kt BE, Ueli Ochsenbein, Markus Zeh / BABS LS, Alfred Jakob / ar WTE, Jörg Mathieu "Vorschlag Konzept Wasseranalysen Neuenburgersee Forel zur Beurteilung allfälliger Schwermetall-Eintrag durch aktuelle Fliegerschiessübungen Luftwaffe VBS", 09.12.2014
- ⁵ Dr. M. Burger, A. Jakob, M. Stauffer /BABS Labor Spiez, Prüfbericht UA2015-16, 06.05.2015
- ⁶ Marc Stauffer, BABS Labor Spiez / Jörg Mathieu, Sandie Pasche, ar WTE, "Konzept Wasser- und Sedimentanalyse Neuenburgersee zur Beurteilung Gefährdungspotential Munitionsrückstände Fliegerschiessplatz Forel", 24.02.2021
- ⁷ Zur Sedimentanalyse des neolithischen Profilabschnitts S/28 in Delley/Portalban II, Uni Basel 1984
- ⁸ Interne technische Munitionsdatenbank armasuisse, W+T
- ⁹ Sauter, G., (2021). Étude préliminaire des empreintes chimiques dans les sédiments et mollusques à proximité de munitions immergées dans le Petit-Lac (Léman, Suisse), Master Thesis, Dept des sciences de la Terre, Université de Genève.