



Kanton Zürich
Baudirektion
Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
Amt für Landschaft und Natur

Anleitung zum Einsatz mobiler XRF-Geräte bei der Untersuchung und Sanierung von Schiessanlagen



Juli 2011

Anleitung zum Einsatz mobiler XRF-Geräte bei der Untersuchung und Sanierung von Schiessanlagen

Massgebend für das Vorgehen bei der Sanierung ist die BAFU-Mitteilung 34/06 «VASA-Abteilungen bei Schiessanlagen» mit dem Anhang A2 «Probenahme und Analytik bei Schiessanlagen». Das vorliegende Merkblatt zeigt die ergänzenden Präzisierungen zu einzelnen Bearbeitungsschritten auf, welche bei der Untersuchung und Sanierung von Schiessanlagen als Standard einzuhalten sind. Die Bearbeitung wird dazu in drei Phasen eingeteilt:



Feinkartierung



Erfolgskontrolle



Materialklassierung

Messung mit m-XRF

Gemäss BAFU-Mitteilung 34/06 ist die Messung des Bleigehalts mit mobiler Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie (m-XRF) aus Kostengründen sinnvoll. Falls davon abgewichen wird, ist zu zeigen, dass mindestens die gleiche Datendichte und -qualität sowie keine erhöhten Sanierungskosten resultieren.

Korrektur nach VBBo und TVA

Massgebend für die Bezeichnung von Sanierungsziel und -perimeter ist die Altlastenverordnung (AltV). Für die Festlegung des Sanierungsperimeters gemäss Anhang 3 AltV sowie der Nutzungsvorgaben sind die Messwerte nach der Methodik der Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) zu bestimmen. Massgebend für die Materialtriage sowie die Entsorgung sind Messwerte nach der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA). Deswegen sind in der Phase Feinkartierung an sechs Korrekturproben im Labor (nasschemisch) Funktionen für die Umrechnung der m-XRF-Werte sowohl in Werte nach TVA- als auch nach VBBo-Methodik zu bestimmen. Damit können den vor Ort bestimmten m-XRF-Werten die entsprechenden VBBo- und TVA-Werte zugeordnet werden.

Berücksichtigung von Bleipartikeln und Geschossfragmenten in den Mischproben

Erfahrungsgemäss liegen feine Bleipartikel bereits in Bereichen mit Bleigehalten weit unter 1'000 ppm vor, grobe Geschossfragmente nehmen in den Bereichen über 2'000 ppm stark zu. Sie prägen den Blei-Gesamtgehalt in einer Probe.

Die hier vorgestellten Präzisierungen tragen dieser Problematik Rechnung:

- durch Mehrfachmessungen in Bereichen mit tieferer Bleibelastung werden feinere Bleipartikel mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit erfasst
- durch Sieben bei der Materialklassierung werden grobe Geschossfragmente erfasst, welche einen massgebenden Einfluss auf den Gesamtbleigehalt aufweisen

Da das Sanierungsziel einen Bleigehalt von maximal 1'000 ppm vorgibt, sind für die Phasen der Feinkartierung und Erfolgskontrolle keine Siebungen erforderlich. Dagegen wird bei der Materialklassierung je nach Materialqualität durch eine Siebung sowie eine erhöhte Probenmenge der inhomogenen Verteilung der groben Geschossfragmente Rechnung getragen.

Mindestanforderungen an die Messungen mit mobilen XRF-Geräten (m-XRF)

- Die Mindestprobenmenge beträgt 1 kg; bei Korngrössen > 7 mm erhöht sich die Probenmenge gemäss den Vorgaben der BAFU-Vollzugshilfe «Analysemethoden im Abfall- und Altlastenbereich, 2010»
- Oberboden: Die Entnahmetiefe beträgt 0 – 20 cm. Für Raster-Proben sind Mischproben geeignet, welche aus einer zentralen Teilprobe und regelmässig verteilten Teilproben in 1 m Distanz dazu bestehen.
- Vor der Messung müssen die Proben gründlich gemischt werden.
- Als m-XRF-Messwert gilt i. d. R. der Mittelwert aus drei m-XRF-Einzelmessungen, welche nicht mehr als 20 % vom Mittelwert abweichen dürfen (siehe Tabellen 1–3 und zugehörige Erläuterungen).
- Die Mindestmessdauer pro Einzelmessung beträgt 10 Sekunden.
- Bei nassen Verhältnissen darf nicht gemessen werden. Wassergesättigte Böden müssen vor der Messung mindestens 2 Tage abtrocknen (vgl. Merkblatt VBBo und m-XRF, FABOST 2011).
- Zur Korrektur der m-XRF-Werte nach VBBo/TVA sind insgesamt 6 Korrekturproben erforderlich (jeweils 2 Proben im schwach, mittel und stark belasteten Bereich, i. d. R. bis 1'000 ppm bezogen auf unkorrigierte m-XRF-Messwerte bzw. bis 2'000 ppm bezogen auf korrigierte m-XRF-Messwerte).
- Die Korrekturproben müssen zur Ermittlung der Korrekturfunktion nach VBBo/TVA (nasschemisch) und mit m-XRF gemessen werden. Probenahme und m-XRF-Messung der Korrekturproben müssen dabei auf die gleiche Weise wie bei den restlichen Proben der Untersuchung erfolgen.
- Korrekturfunktionen müssen auf einer Regression (i. d. R. lineare Regression mit dekadisch logarithmierten Werten oder Potenzfunktion mit untransformierten Werten) mit mindestens einem R^2 -Wert von 0.70 beruhen. Andernfalls sind im Messbereich mit den grössten Messwertschwankungen 3 weitere Korrekturproben zu berücksichtigen.
- Die Messwerte einer Korrekturprobe dürfen nur dann als Ausreisser von der Regression ausgeschlossen werden, wenn die verursachende Belastung nachweislich nicht standortüblich ist (Bsp: Probenverwechslung, Analytikfehler, Fremdkörper etc.).

Feinkartierung

Die Feinkartierung dient der Erfassung der Bleibelastung und soll auch ein dreidimensionales Verteilungsbild liefern. Aus der Feinkartierung resultiert der Sanierungsperimeter. Basierend auf dem Sanierungsperimeter ist eine Kostenschätzung der Sanierung mit einer Abweichung von $\pm 25\%$ vorzunehmen.

Dazu sind in den hochbelasteten Bereichen ($> 2'000$ ppm) auch Proben aus tiefer gelegenen Schichten zu untersuchen. Erfahrungsgemäss genügt dazu die Beprobung bis zu 1 m Tiefe an ca. 3 Sondierstellen im Einschussbereich. Bei Unregelmässigkeiten wie z. B. zerstoßenem Kugelfang ist die Anzahl entsprechend zu erhöhen.

Wenn bei der Messung einer Probe alle drei korrigierten m-XRF-Einzelmessungen unter $2'000$ ppm und innerhalb des Toleranzbereiches von 20% liegen, gilt der entsprechende Mittelwert der drei Einzelmessungen.

Weicht ein Einzelmesswert um mehr als 20% vom Mittelwert der drei Einzelmessungen ab, ist die Anzahl der m-XRF-Einzelmessungen pro Probe auf 10 zu erhöhen. Massgebend ist dann der Mittelwert dieser 10 Messungen. Eine Bestimmung des «exakten» Bleigehalts der hochbelasteten Bereiche ($> 2'000$ ppm) ist im Rahmen der Feinkartierung nicht erforderlich.

Ergebnis der drei korrigierten m-XRF-Einzelmessungen	Abweichungen vom Mittelwert	Beurteilung bzw. zusätzliche Anforderungen
Alle unterhalb $2'000$ ppm	$< 20\%$ $> 20\%$	Angabe Mittelwert Erhöhung der Einzelmessungen auf 10 und Angabe Mittelwert
Ein oder mehrere Einzelmesswerte $> 2'000$ ppm	–	Hochbelasteter Bereich, Angabe $> 2'000$ ppm
Direkter Einschussbereich	–	Ausscheidung ohne Messung zur separaten Entsorgung

Tabelle 1: Mindestanforderungen zur Bestimmung des Bleigehalts bei der Feinkartierung

Erfolgskontrolle

Für die Erfolgskontrolle (minimales Sanierungsziel für Blei $1'000$ ppm) dürfen in den entsprechenden Bereichen in der Regel keine groben Geschossfragmente mehr vorliegen. Die Messung von Sohlenproben kann daher mit m-XRF (TVA-korrigiert) unter Einhaltung der unten aufgeführten Mindestan-

forderungen ohne Siebung erfolgen. Wenn keine Überdeckung der Aushubsohle erfolgt, muss auch der Zielwert gemäss VBBo-korrigierter m-XRF-Messungen eingehalten sein.

Ergebnis der drei korrigierten XRF-Einzelmessungen	Abweichungen vom Mittelwert	Beurteilung bzw. zusätzliche Anforderungen
Alle unterhalb $1'000$ ppm	$< 20\%$ $> 20\%$	Angabe Mittelwert Erhöhung der Einzelmessungen auf 10 und Angabe Mittelwert

Tabelle 2: Mindestanforderungen zur Bestimmung des Bleigehalts bei der Erfolgskontrolle

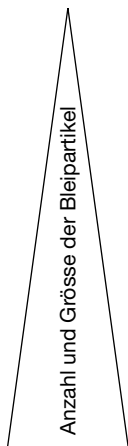
Materialklassierung für die Entsorgung

Die Triage ist im Hinblick auf eine möglichst kostengünstige Entsorgung durchzuführen, gleichzeitig ist das Vermischungsverbot gemäss TVA zu beachten. Daher ist auch der direkte Einschussbereich, der erfahrungsgemäss Bleibelastungen weit über $5'000$ ppm aufweist, als separate Aushubcharge zu behandeln.

Wenn bei einer Materialcharge die drei TVA-korrigierten m-XRF-Einzelmessungen unter 300 ppm liegen, ist keine Siebung der Feldproben erforderlich. Dagegen weist ein korrigierter m-XRF-Einzelmesswert über 300 ppm auf Bleipartikel oder Geschossfragmente hin.

Zur Bestimmung des Gesamtgehalts ist dann eine Siebung gemäss BAFU-Mitteilung 34/06 mit anschliessender Aufrechnung der groben Geschossfragmente erforderlich (Siebweite max. 10 mm).

Für die einzelnen Materialchargen ist pro 50 t eine Mischprobe à 10 Einstichen gemäss den Anforderungen in Tabelle 3 zu untersuchen. Die Probenmenge richtet sich dabei nach den Vorgaben der BAFU-Vollzugshilfe Analysemethoden im Abfall- und Altlastenbereich.



1 Mischprobe pro 50 t mit jeweils drei korrigierten XRF-Einzelmessungen

	Probenmenge	Beurteilung bzw. zusätzliche Anforderungen
Alle unterhalb 300 ppm	*) mindestens kg	Angabe Mittelwert (unabhängig von Abweichung vom Mittelwert)
Alle unterhalb 2'000 ppm	*) mindestens kg	1. Geschossfragmente aussieben (Siebweite < 10 mm) und Bleianteil bestimmen 2. XRF-Messung im Siebmaterial: 3 Einzelmessungen a) Abweichung vom Mittelwert < 20 %: Angabe Mittelwert b) Abweichung vom Mittelwert > 20 %: Erhöhung auf 10 Einzelmessungen und Angabe Mittelwert
Ein oder mehrere Einzelmesswerte > 2'000 ppm	*) mindestens 10 kg	3. Aufrechnung des Bleigehalts im Grobanteil
Direkter Einschussbereich	–	Separate Entsorgung ohne Messung als hochbelastetes Material

Tabelle 3: Mindestanforderungen zur Bestimmung des Bleigehalts für die Materialklassierung

*) minimale Probenmenge abhängig von maximaler Korngrösse gemäss BAFU-Vollzugshilfe Analysemethoden im Abfall- und Altlastenbereich

Weicht der Bleigehalt einer Feldprobe der Kategorie < 2'000 ppm gegenüber allfälligen Eingangskontrollen der Empfängerwerke wesentlich ab, ist die Messung an einer neuen 10 kg-Mischprobe der gleichen Materialcharge zu wiederholen.

Anforderungen für Sanierungsprojekt bzw. Sanierungsbericht

- Situationsplan mit 2 Koordinatenkreuzen sowie Angabe der Bleibelastung nach VBBo/TVA und Identifikation der Probenahmestellen
- Sanierungsziel (und allfällige Anpassungen)
- Art der Bodenrekultivierung (Bodenaufbau) inkl. detailliertem Materialbeschreibung
- Beschreibung Probenahme (Datum, Beprobungstiefe, Bodenfeuchte (nass/feucht/trocken), Anzahl Einstiche pro Probe, Flächengrösse, Probenentnahmegesetz, Probenmenge)
- TVA- und VBBo-Methodik: Labor, Aufschlussmethode, Aufbereitung (Siebung, Geschossfragmente, Skelettanteil, Probenmenge)
- m-XRF-Methodik: Gerätetyp, Art der Messung (z. B. in Plastiksack), Anzahl Einzelmessungen pro Messwert, Messdauer
- Alle Proben: Gegenüberstellung m-XRF-Mittelwerte (vor Ort) inkl. Abweichung vom Mittelwert und umgerechneter Messwert gemäss TVA/ VBBo
- Kontrollproben: Gegenüberstellung der Messwerte nach TVA/VBBo (nasschemisch) und mit m-XRF
- Graphische Darstellung der Korrekturfunktion inkl. Angabe von Korrekturfunktion und Bestimmtheitsmass (R^2 -Wert)
- Gegebenenfalls Begründung für den Ausschluss von Ausreissern (siehe Mindestanforderungen m-XRF-Messungen)
- Falls Siebung durchgeführt wird, Angabe von Probengrösse, Maschenweite, Masse der einzelnen Fraktionen
- Falls das Vorgehen von der BAFU-Mitteilung 34/06 abweicht, ist das Vorgehen detailliert zu beschreiben
- Kostenschätzung bzw. Kostenabrechnung, Rechnungskopien und Zahlungsnachweis

Anmerkung

Beim oben beschriebenen Vorgehen kann – in Abweichung zur BAFU-Mitteilung 34/06 – auf die Siebung feldfrischer Proben weitgehend verzichtet werden. Damit wird der schwierigen Praktikabilität des 2 mm-Siebens vor Ort Rechnung getragen. Wenn grobe Geschossfragmente vorliegen, ist aber das Sieben inkl. Aufrechnen des Grobanteils für die Bestimmung des wahren Gesamtgehalts unerlässlich. Eine Erleichterung kann dabei die Verwendung eines Siebes mit Maschenweite < 10 mm darstellen. Die detaillierte Probenaufbereitungsmethode ist im Sanierungsbericht aufzuführen.

Literatur

VBBo Verordnung über Belastungen des Bodens
 AltIV Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten, Altlasten-Verordnung vom 26. Aug. 1998
 TVA Technische Verordnung über Abfälle vom 10. Dez. 1990
 VASA Verordnung über die Abgabe zur Sanierung von Altlasten vom 1. Jan. 2001
 BAFU-Mitteilung 34/06 «VASA-Abgeltungen bei Schiessanlagen», 2006 BAFU-Richtlinie 12/08 «Analysemethoden für Feststoff- und Wasserproben», 2010
 AWEL Vollzugshilfe «Altlastenbearbeitung bei Schiessanlagen», August 2008 AWEL Merkblatt «Regelung für die Entsorgung von belastetem Kugelfangmaterial im Kanton Zürich», 15. September 2010
 FABOST 2011 «VBBo und m-XRF», Merkblatt Fachstellen Bodenschutz der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, c/o ALN, Zürich, 29. April 2011

Verbindlichkeit

Die Einhaltung der Mindestanforderungen in dieser Anleitung ist zwingend für die Durchführung eines Kostenverteilungsverfahrens. Der Kanton Zürich übernimmt Ausfallkosten nur, wenn die Untersuchungen gemäss dieser Anleitung ausgeführt werden und eine kostengünstige Entsorgung gewährleistet ist.

Weitere Informationen

AWEL, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft
 Abteilung Abfallwirtschaft und Betriebe
 Weinbergstrasse 34, Postfach
 8090 Zürich
 Tel.: 043 259 39 73
 E-Mail: info.altlasten@bd.zh.ch

ALN, Amt für Landschaft und Natur
 Fachstelle Bodenschutz
 Walcheplatz 2, Postfach
 8090 Zürich
 Tel.: 043 259 32 78
 E-Mail: bodenschutz@bd.zh.ch