Boden und Seilbahnen

Umgang mit schadstoffbelastetem Boden beim Rückbau von Seilbahnanlagen

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Bundesamt für Verkehr BAV

Boden und Seilbahnen

Umgang mit schadstoffbelastetem Boden beim Rückbau von Seilbahnanlagen

Herausgegeben vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und
vom Bundesamt für Verkehr (BAV)
Bern, 2020

Impressum

Herausgeber
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
und
Bundesamt für Verkehr (BAV)

Das BAFU und das BAV sind Ämter des eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Autoren
Frédéric Schlatter, Drosera Ecologie Appliquée SA, Sion
Michel Jeisy, Enviso AG Umweltplanung, Altdorf
Elena Havlicek, BAFU, Sektion Boden

Begleitgruppe
Alice Badin (BAFU, Sektion Boden), François Füllemann (Direction générale de l'environnement, VD), Harry Ilg (Amt für Umweltschutz, UR), Aline Loher (Amt für Umwelt, SG), Véronique Maître (Bureau pEaudSol, Miex), Peter Mayer (BAV, Sektion Bewilligungen I), Thierry Pralong (Service de l'environnement, VS), Elisabeth Suter (BAFU, Sektion UVP und Raumordnung), Christiane Vögeli Albisser (Amt für Landwirtschaft und Natur, BE), Roland von Arx (BAFU, Sektion Boden)

Zitierung
BAFU/BAV (Hrsg.) 2020: Boden und Seilbahnen. Umgang mit schadstoffbelastetem Boden beim Rückbau von Seilbahnanlagen. Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Verkehr, Bern. Umweltwissen Nr. 2025: 16 S.

Layout
Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Titelbild
Frédéric Schlatter

PDF-Download
www.bafu.admin.ch/uw-2025-d
Eine gedruckte Fassung liegt nicht vor.

Diese Publikation ist auch in französischer und italienischer Sprache verfügbar. Die Originalsprache ist Französisch.

© BAFU/BAV 2020

Inhaltsverzeichnis

Abstracts		5
Vorwort		6
1	Einleitung	7
2	Vorgehen	9
3	Probenahmefläche und Verfahren	10
4	Methoden der Probenahme	12
5	Zu analysierende Schadstoffe	14
6	Empfohlene Beurteilungswerte für Zink	15
7	Rechtliche Grundlagen	16

Abstracts

This publication contains proposals for implementing a simplified procedure for investigating, evaluating and handling chemically contaminated soil when dismantling cableway installations. The technical specifications apply to mountain zones used for agriculture.

Keywords:
chemical contamination, cableways, mountain zones

Die vorliegende Publikation enthält Vorschläge für die Umsetzung eines vereinfachten Vorgehens zur Untersuchung, zur Beurteilung und zum Umgang mit chemisch belastetem Boden beim Rückbau von Seilbahnanlagen. Die technischen Vorgaben gelten für landwirtschaftlich genutzte Bergzonen.

Stichwörter:
Chemische Bodenbelastung, Seilbahnen, Bergzonen

La présente publication contient les dispositions pour mettre en œuvre une méthode simplifiée d'investigation, d'interprétation et de gestion de la pollution chimique des sols lors du démontage des installations de remontées mécaniques. Ces spécifications techniques s'appliquent aux zones de montagne, utilisées en agriculture.

Mots-clés :
pollution chimique des sols, remontées mécaniques, zones de montagne

La presente pubblicazione contiene proposte per l'attuazione di una procedura semplificata per l'indagine, la valutazione e la gestione dell'inquinamento chimico del suolo dovuto allo smantellamento di impianti a fune. Queste tecniche specifiche si applicano alle zone di montagna utilizzate a fini agricoli.

Parole chiave:
inquinamento chimico del suolo, impianti a fune, zone di montagna

Vorwort

Alle Bodentypen müssen vor chemischen Belastungen geschützt werden, dies gilt auch für Böden in den Bergzonen. Wenn diese Böden landwirtschaftlich genutzt werden, ist die Nutzung meistens extensiv. In der Bergzone sind chemische Belastungen in der Regel weniger ausgeprägt als in der Talzone und hauptsächlich auf den Tourismus – namentlich auf Seilbahnanlagen – zurückzuführen. Meistens ist die Belastung des Bodens örtlich um den Fuss der Stützen begrenzt und sehr unterschiedlich ausgeprägt.

Gegenwärtig existieren nur wenige Dokumente[1, 2] mit gezielten Informationen zu den Untersuchungsmethoden für potenziell belastete Böden am Fuss von Seilbahnstützen. Konkrete Vorgaben zu den zu analysierenden Schadstoffen, zu Abstand und Tiefen der Probenahme, zur Beurteilung der Ergebnisse und zum Umgang mit dem Boden fehlen aber noch.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) und das Bundesamt für Verkehr (BAV) publizieren die vorliegende Arbeitshilfe mit dem Ziel, die Bodenuntersuchungen beim Rückbau von Seilbahnanlagen zu vereinfachen und zu vereinheitlichen. Die Publikation richtet sich an Seilbahnunternehmungen, Kantone und an Umweltfachleute und gilt für den Rückbau von Seilbahnanlagen in landwirtschaftlich genutzten Berggebieten.

Der Bedarf an einer praktikablen und einfachen Vorgehensweise bei der Untersuchung von schwermetallbelasteten Böden im Berggebiet und beim Umgang mit diesen hat sich insbesondere im Rahmen des Grossprojekts für den Ausbau der Skiinfrastrukturanlagen Urserntal – Oberalp (2014 – 2018) gezeigt, einem Projekt, das unter anderem auch den Rückbau verschiedener alter Anlagen umfasste. Unter Einbezug der Kantone Uri und Graubünden wurde durch das BAFU und BAV die sog. «Behördenlösung Andermatt» entwickelt, mit dem Ziel, eine Vorgehensweise zu definieren, welche sowohl den Anliegen des Bodenschutzes als auch dem Bemühen der Seilbahnunternehmungen nach einer verhältnismässigen und wirtschaftlichen Umsetzung der Anforderungen des Bodenschutzes Rechnung trägt.

Die vorliegende Arbeitshilfe ist eine Massnahme des Projekts zur administrativen Entlastung von Seilbahnunternehmen des Staatssekretariats für Wirtschaft im Rahmen der KMU-Politik des Bundes. Sie erleichtert den Seilbahnunternehmungen und den von ihnen beauftragten Umweltbüros die Bearbeitung des Fachbereichs Bodenschutz im Rahmen von Bewilligungsverfahren massgeblich. Den Umweltbaubegleitungen gibt sie den bei der Ausführung der Projekte zu beachtenden Rahmen vor und schafft von Beginn weg Klarheit und Rechtssicherheit.

Franziska Sarott, Sektionschefin,
Bewilligungen I,
Bundesamt für Verkehr (BAV)

Thomas Baumann, Sektionschef,
UVP und Raumordnung,
Bundesamt für Umwelt (BAFU)

1 Bodenschutz bei korrosionsgeschützten Objekten. Arbeitshilfe der Bodenschutzfachstellen der Kantone und des Bundes. 2010. *www.soil.ch/cms/publikationen/physikalischer-bodenschutz*

2 Boden und Bauen. Stand der Technik und Praktiken. Bundesamt für Umwelt (BAFU). 2005. Umwelt-Wissen Nr. 1508. *www.bafu.admin.ch/uw-1508-d*

1 Einleitung

Belasteter Boden am Fuss von Seilbahnstützen

Bei der Erneuerung von Seilbahnanlagen müssen die alten Anlagen oft rückgebaut werden. Freistehende Bauten wie Seilbahnstützen aus Stahl werden meist mit einer metallischen (z. B. zink- oder bleihaltigen) oder nichtmetallischen (z. B. PCB-haltigen) Beschichtung vor Korrosion geschützt. Durch die natürliche Abwitterung der Stützen gelangen die Schadstoffe nach und nach in die Umwelt. Deshalb ist der Boden im Umkreis der Stützen möglicherweise schadstoffbelastet, was nach entsprechenden Massnahmen verlangt. Mehrere Faktoren bestimmen das Ausmass der Belastung und das Vorhandensein von unterschiedlichen Schadstoffen, z. B. die chemische Zusammensetzung der Beschichtung, die Dauer der Abnutzung sowie Faktoren, welche die Schadstoffausbreitung beeinflussen (für die Verteilung der Schadstoffe sind insbesondere die Topografie und die Abflussrichtung von Niederschlagswasser entscheidend). In der Praxis hat sich Zink als Referenzschadstoff herausgestellt; in über 90 Prozent der Fälle, in denen andere (metallische oder nichtmetallische) Elemente nachgewiesen werden, ist Zink auch vorhanden (interner Bericht von Drosera[3]). In 97 Prozent der Fälle, in denen der Prüfwert für einen vorhandenen Schadstoff überschritten wird, ist Zink dafür ausschlaggebend.

Der Umgang mit dem Boden am Fuss der Seilbahnstützen hängt davon ab, ob der Boden beim Fundamentrückbau abgetragen oder vor Ort gelassen wird.

Beim Rückbau der Seilbahnstützen wird das Fundament meistens bis in eine Tiefe von mindestens 30 bis 50 cm unter der natürlichen Bodenoberfläche entfernt. Dazu muss der Boden in der Regel rund um das Fundament abgetragen werden. Um das Fundament zu entfernen, wird meist nur eine kleine Fläche rund um die Stützen abgetragen. Der abgetragene Boden darf nur dann wieder am Entnahmeort auf- oder eingebracht werden, wenn er nicht mit Schadstoffen belastet ist (die Schadstoffgehalte liegen unter den Richtwerten) oder wenn er zwar mit Schadstoffen belastet ist, jedoch die Prüfwerte[4] gemäss Anhang 1 VBBo einhält (eine Wiederverwendung am Entnahmeort ist anstelle der Ablagerung möglich)[5]. Werden die Prüfwerte überschritten, so muss der abgetragene Boden VVEA-konform entsorgt werden.

Oft ist auch Boden ausserhalb der Abtragsflächen belastet. Sind die Prüfwerte überschritten, so muss gemäss Artikel 9 VBBo geprüft werden, ob die Belastung des Bodens Menschen, Tiere oder Pflanzen konkret gefährdet. Ist dies der Fall, so ist die Nutzung des Bodens so weit einzuschränken, bis die Gefährdung nicht mehr besteht. Sind die Sanierungswerte überschritten, so ist die Nutzung des Bodens verboten bzw. werden bei landwirtschaftlicher Nutzung Massnahmen ergriffen, um die Schadstoffbelastung des Bodens unter die Sanierungswerte zu senken (Art. 10 VBBo).

Daher gelten für belasteten Boden im Umkreis von Seilbahnstützen zwei unterschiedliche Vorgehen, je nachdem, ob der Boden vor Ort verbleibt (VBBo) oder abgetragen wird (VVEA und VBBo). Obwohl meist nur eine kleine Fläche betroffen ist, ist der Umgang mit dem Boden aufgrund der heterogenen Verteilung der Schadstoffbelastung komplex und kostspielig (Abbildung 1).

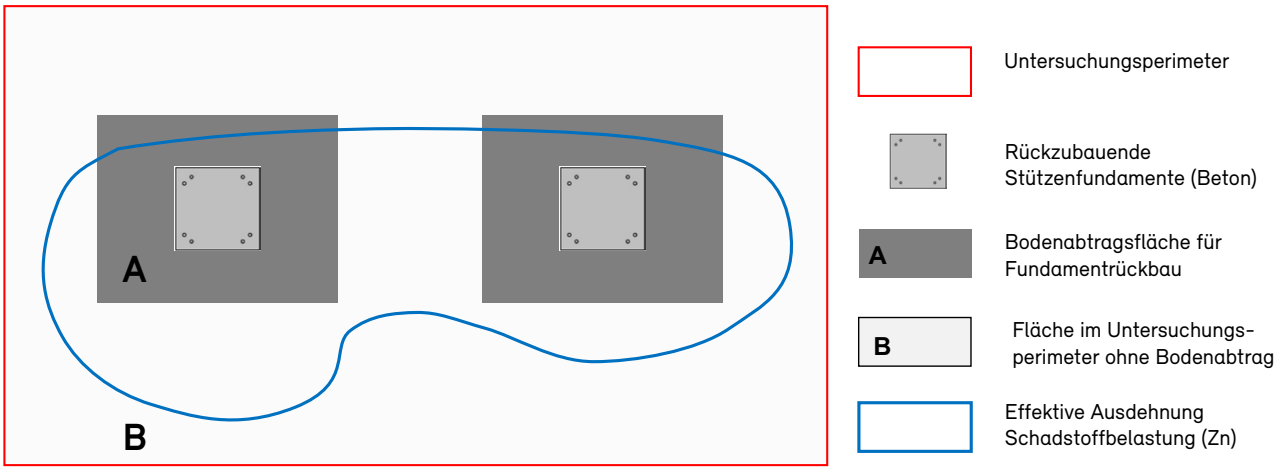
3 Bilan d'analyses de 230 sols sur 21 installations de remontées mécaniques démantelées entre 2011 et 2019, Drosera 2020 (unveröffentlichtes Dokument, liegt nur auf Französisch vor).

4 Der Prüfwert für Zink ist in Anhang 1 der VBBo nicht definiert. Der zu berücksichtigende Wert beträgt 300 mg/kg (Beurteilungswerte nach Eikmann und Kloke, 1993: Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden, Anhang 8, BUWAL 2005).

5 Vollzugshilfe «Bodenschutz beim Bauen», Modul «Beurteilung von Boden im Hinblick auf dessen Verwertung». Bundesamt für Umwelt (BAFU), in Vorbereitung 2021 (aktualisiert und ersetzt die Wegleitung «Bodenaushub» BAFU 2001).

Abbildung 1

Schema zu den Zonen A und B für die Untersuchung und Behandlung der Böden, auf die das vorliegende Merkblatt anwendbar ist



A. Potenziell belasteter Boden in den Abtragsflächen: Die Verwertung am Entnahmeort des abgetragenen Bodens ist nur möglich, wenn der Boden nicht belastet oder so belastet ist, dass die Prüfwerte gemäss Anhang 1 VBBo eingehalten sind; ist ein Prüfwert überschritten, so ist der Boden VVEA-konform abzulagern.

B. Potenziell belasteter Boden ausserhalb der Abtragsflächen: Ist ein Prüfwert gemäss Anhang 1 VBBo überschritten, so wird eine Gefährdungsabschätzung gemäss dem *Handbuch zur Gefährdungsabschätzung bei schadstoffbelasteten Böden*[6] durchgeführt. Ist der Sanierungswert überschritten, so wird die Nutzung des Bodens verboten bzw. sind Sanierungsmassnahmen zu ergreifen, wenn die Fläche landwirtschaftlich genutzt wird.

Da die Bodenbelastung durch Seilbahnanlagen in extensiv genutzten Landwirtschaftszonen einen Spezialfall darstellt, haben das BAFU und das BAV in Zusammenarbeit mit Kantonsvertreterinnen und -vertretern sowie Expertinnen und Experten ein **vereinfachtes Verfahren** zum Umgang mit Bodenbelastungen, die nach dem Rückbau von Seilbahnanlagen zurückbleiben, ausgearbeitet. In diesem vereinfachten Verfahren

- wird Zink als zu analysierendes Referenzelement definiert
- werden Böden mit gleichem Belastungsgrad einheitlich behandelt, unabhängig davon, ob sie vor Ort belassen oder abgetragen werden
- soll die Menge des abzutransportierenden Bodens unter Einhaltung der Gesetzesvorschriften möglichst gering gehalten werden.

Dieses Vorgehen gilt nicht für offene nicht-landwirtschaftlich genutzte Böden (wie z. B. Heiden, alpine Rasen), Böden in Grundwasserschutzzonen oder Waldböden. Für letztere sind die üblichen Vorschriften der VBBo und weiterer massgebender Umweltvorschriften (z. B. GSchV) sowie die Vollzugshilfen des BAFU *(Wegleitung Bodenaushub*[7]*, Handbuch Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden*[6]*, Bodenschutz beim Bauen. Beurteilung von Boden im Hinblick auf dessen Verwertung*[5]*)* und die spezifischen Vorschriften der kantonalen Fachstellen anzuwenden.

6 Handbuch Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2005. Vollzug Umwelt Nr. 4817.

7 Wegleitung Verwertung von ausgehobenem Boden. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2005. Vollzug Umwelt Nr. 4812.

2 Vorgehen

Die Vorgehensweise zur Abschätzung der Bodenbelastung sowie der Umgang mit dem Bodenmaterial beim Rückbau von Seilbahnanlagen sind in Abbildung 2 schematisch dargestellt. Die einzelnen Schritte des Entscheidungsschemas werden in den nachstehenden Kapiteln beschrieben. Grundsätzlich werden die Fundamente der Stützen erst rückgebaut, nachdem die Analyseergebnisse der Bodenproben bekannt sind.

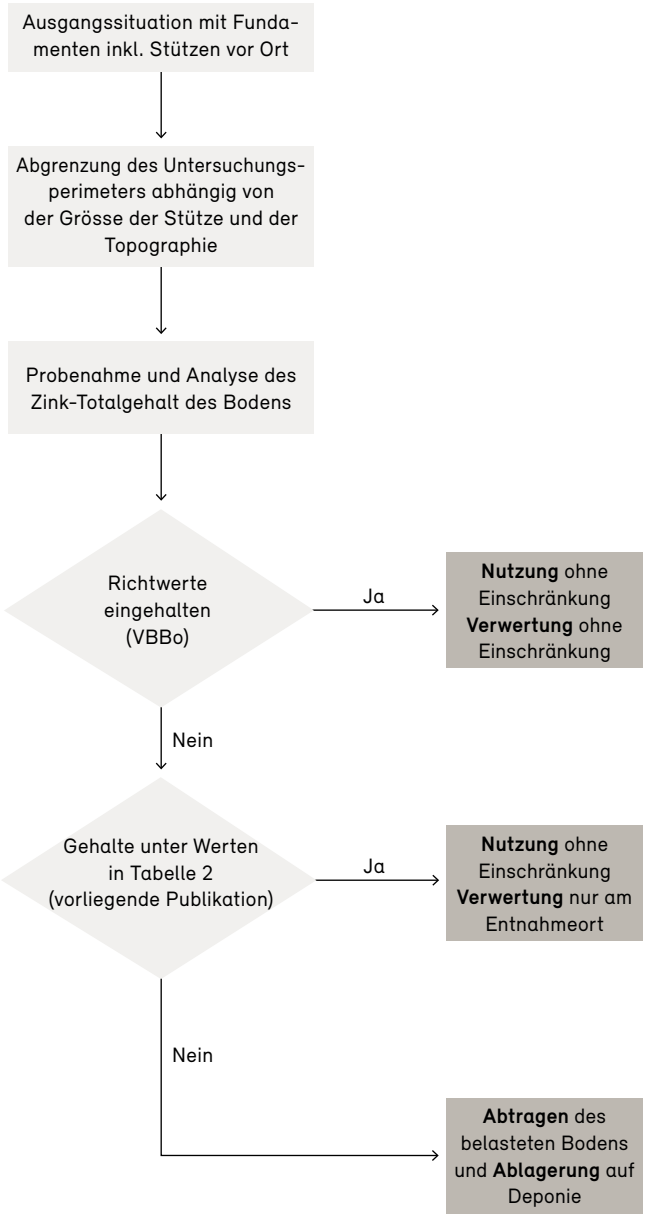
1. Abgrenzung der Untersuchungsfläche im Umkreis der Stützen: siehe Kapitel 3
2. Wahl des Vorgehens bei der Probenahme (Labor, XRF-Gerät[8]), Probenahmen und Analysen der Zink-Totalgehalte im Boden: siehe Kapitel 4 und 5
3. Vom Schadstoffgehalt (Zink) abhängiges Vorgehen:

- Ist der Richtwert gemäss Anhang 1 VBBo eingehalten, so gilt der Boden als nicht belastet. Die bisherige Nutzung (z. B. als Weide) sowie die Verwertung von abgetragenem Boden sind uneingeschränkt möglich.
- Überschreitet der Schadstoffgehalt keinen der Werte gemäss Tabelle 2, so kann der gewachsene Boden weiterhin wie bisher genutzt werden. Abgetragener Boden kann am Entnahmeort verwertet werden: siehe Kapitel 6.
- Liegen die Schadstoffgehalte über den Werten der Tabelle 2, so wird der Boden auf der gesamten belasteten Fläche – sofern möglich – bis in 20 cm Tiefe abgetragen und gemäss VVEA auf einer Deponie abgelagert: siehe Kapitel 6.

Abbildung 2

Entscheidungsschema für den Umgang mit Boden am Fusse von Seilbahnstützen

Nutzung: auf die nicht abgetragenen Böden anwendbar, Zone B in Abbildung 1; Verwertung: auf die abgetragenen Böden anwendbar, Zone A in Abbildung 1



8 XRF-Gerät: mobile Röntgenfluoreszenz-Spektrometer

3 Probenahmefläche und Verfahren

Vor der Untersuchung müssen der potenziell belastete Bodenflächen und die Messmethoden unter Berücksichtigung folgender Faktoren abgeschätzt werden:

- Höhenlage, Vegetation, Form des Terrains und Topografie an jedem Stützenstandort
- Typ, Variabilität und Mächtigkeit der Böden im Bereich der Stützen
- Anzahl, Typ und Variabilität der Stützen
- Anzahl der zurückzubauenden Anlagen

Falls die Abschätzung eine rund um alle Stützen einheitlich verteilte Belastung zeigt, gilt die systematische Probenahme mit chemischen Analysen im Labor als effizientestes Verfahren (siehe Kapitel 4). Bei komplexer Topografie, mehrerer Anlagen mit zahlreichen und unterschiedlichen Stützen und jeweils stark unterschiedlichem Schadstoffgehalt wird empfohlen, das Ausmass der Belastung anhand eines XRF-Messgeräts zu bestimmen.

Die Untersuchungsfläche bzw. der Immissionsradius (r) am Fuss einer Seilbahnstütze muss so definiert werden, dass der Probenahmeperimeter weder über- noch unterdimensioniert ist.

Die Untersuchungsfläche hängt von der Grösse und der Geometrie der Stütze ab[9]. Im Rahmen verschiedener Feldstudien und Arbeitshilfen (z. B. *Bodenschutz bei korrosionsgeschützten Objekten*[1]), hat sich die Ermittlung der Schadstoffbelastung für alle Typen von Seilbahnstützen in den folgenden Immissionsradien bewährt (Tabelle 1).

Diese Regel gilt für einbeinige zylindrische Stützen (Foto 1). Bei geneigten Stützen im steilen Gelände (Foto 2) oder bei geometrisch komplexeren und mehrbeinigen Stützen (Foto 3) muss der Radius fallspezifisch angepasst werden. Dabei kommt das Vorsorgeprinzip zur Anwendung.

9 Umweltschutz bei Korrosionsschutzarbeiten. Planungsgrundlagen. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2004. Vollzug Umwelt Nr. 5025.

Tabelle 1

Bestimmung des Schadstoff-Immissionsradius abhängig von der Höhe einer Seilbahnstütze

Dieser Radius, der für die Abschätzung der zu untersuchenden Fläche berücksichtigt wird, wird vom Fuss der Stütze aus gemessen.

Höhe H [m]	Durchmesser d [m]	Behandelte Fläche BF [m²]	Grundfläche GF [m²]	Geometriefaktor g (¼ H)	Immissionsfläche IF [m²]	Immissionsradius r [m]
5	0,5	7,85	0,20	1,25	0,25	0,7
10	1	31,42	0,79	2,5	1,96	2,0
15	1	47,12	0,79	3,75	2,95	2,4
25	1	78,54	0,79	6,25	4,91	3,1
30	1	94,25	0,79	7,5	5,89	3,4
35	1,5	164,93	1,77	8,75	15,46	5,5
40	1,5	188,50	1,77	10	17,67	5,9

Foto 1

Abschätzung der belasteten Fläche bei einer einbeinigen zylindrischen Stütze

Foto: F. Schlatter

Bei Anpassungen müssen vor allem die Neigungsverhältnisse im Umkreis der Stützen sowie die Bodenmächtigkeit berücksichtigt werden. Die für den Rückbau erforderliche Fläche von mindestens 0,5 m rund um das Fundament gehört in jedem Fall zum Probenahmeperimeter.

Foto 2

Abschätzung der belasteten Fläche im steilen Gelände

Die theoretisch definierte potenziell belastete Fläche ist orange hervorgehoben. Die effektive und an das Relief angepasste Probenahmefläche ist rot hervorgehoben (weisser Pfeil: Richtung des Gefälles)

Foto: M. Jeisy

Foto 3

Abschätzung der belasteten Fläche bei einer nichtzylindrischen Stütze mit vier Fundamenten

Der Untersuchungsperimeter ist mit gestrichelten Linien eingezeichnet.

Foto: F. Schlatter

4 Methoden der Probenahme

Die Probenahme erfolgt systematisch am Fuss aller rückzubauenden Stützen. Die Praxis hat gezeigt, dass bei Seilbahnanlagen der Belastungsgrad des Bodens von Stütze zu Stütze sehr unterschiedlich sein kann. Um die Anzahl der Analysen zu begrenzen und die Repräsentativität der Probenahme zu optimieren, wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

- Entnahme von vier Einzelproben mit identischem Volumen (mind. 500 g) mittels Bohrungen rund um die Stütze innerhalb des zuvor ermittelten Beprobungsperimeter (Abbildung 3). Um zu verhindern, dass die Analyseergebnisse wegen vereinzelt im Boden vorhandener abgeblätterter Farbsplitter, Fett oder Ähnlichem verfälscht werden und so die Repräsentativität für die gesamte Untersuchungsfläche nicht mehr gegeben ist, werden die Einzelproben zu einer Mischprobe vereinigt, die anschliessend untersucht wird.
- Abhängig von der Bauweise der Stütze erfolgt die Probenahme im Raster, wobei die Probe jeweils in der Mitte der Teilflächen entnommen wird (Abbildung 4). Bei Portalstützen muss die Fläche unter dem Portal auch im Probenahmeraster enthalten sein (Abbildung 5).
- Tiefe der Probenahme: 0–20 cm. In der Praxis hat sich gezeigt, dass mit dieser Probenahmetiefe[10] die Zone mit der höchsten Belastung und der grössten Wurzelmasse beprobt wird, ohne dass bedeutende Schadstoffkonzentrationen in tieferen Schichten vernachlässigt werden. Bei flachgründigen Böden (< 20 cm) beschränkt man sich auf die tatsächliche Tiefe des betroffenen Bodens.

Die Probenahmedichte ist in der Regel gleich wie bei Standard-Probenahmen von 16-25 Einzelproben auf 100 m^2. Eine Einzelprobe repräsentiert folglich 4 bis 6 m^2 Boden.

- Bei In-situ-Analysen mittels mobilem XRF-Gerät muss die Probenahmetiefe 10 cm betragen, und es ist eine ausreichende Anzahl Analysen erforderlich, damit die Fläche der Schadstoffimmissionen effektiv abgebildet wird. Das XRF-Gerät wird mit im Labor analysierten Proben kalibriert.

10 Handbuch Probenahme und Probenvorbereitung für Schadstoffuntersuchungen in Böden. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL; heute Bundesamt für Umwelt, BAFU). 2003. Vollzug Umwelt Nr. 4814.

Abbildung 3

Probenahmeschema bei einer einbeinigen Stütze in flachem Gelände

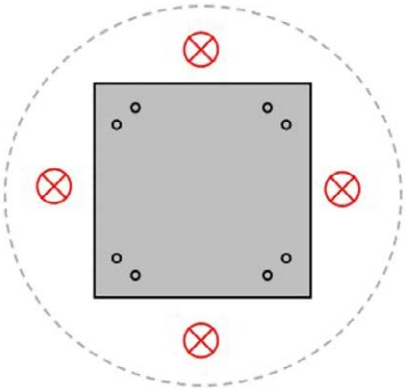


Abbildung 4

Probenahmeschema bei einer mehrbeinigen Stütze in flachem Gelände

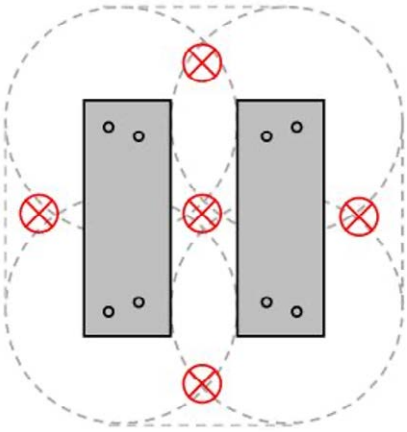
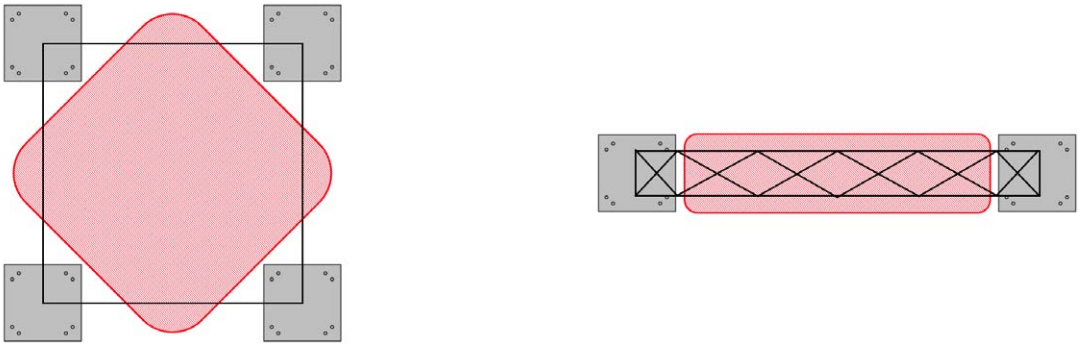


Abbildung 5

Bei Stützen mit mehreren Fundamenten speziell zu berücksichtigende zusätzliche Zonen (rot)



In-situ-Analyse mit dem mobilen XRF-Gerät[11]:

Mit einem mobilen XRF-Messgerät lassen sich die effektiven Belastungsflächen um die Stützen am präzisesten bestimmen. Die XRF-Messwerte müssen jedoch überprüft und korrigiert werden. Dazu werden mehrerer Proben, welche die Bandbreite der Schadstoffgehalte im Bereich der zurückzubauenden Anlage gut abdecken, mit beiden analytischen Methoden, XRF und VBBo (total), untersucht. Anhand der daraus bestimmten Korrekturfunktion können die XRF-Messwerte in die massgeblichen VBBo-Totalgehalte umgerechnet und die relevanten Belastungsflächen direkt vor Ort eruiert werden. Diese Messmethode ist in folgenden Fällen nützlich: grosse Anzahl zu kontrollierende Stützen, hohe Variabilität der Stützenart (z. B. mehrere Anlagen), in steilem Gelände sowie falls erhöhte Anforderungen an die genaue Bestimmung der belasteten Flächen bestehen.

Bei der Durchführung ist Folgendes zu beachten:

- Die Messungen mit dem mobilen XRF-Gerät sind vor Ort durchzuführen.
- Die Probenahme und die Tiefe der Probenahme (0–20 cm) sind gleich wie bei der Standard-Probenahme und werden nur bei trockenen Bodenbedingungen durchgeführt.
- Die XRF-Werte müssen korrigiert werden: Der Korrekturfaktor ergibt sich aus der Regression von mindestens sechs Referenz-Probenahmen, die anhand der nasschemischen Analytik zu untersuchen sind.
- Steine und pflanzliche Rückstände sind herauszusieben; die Proben sind durch Kneten zu homogenisieren.
- Es sind Einzelmessungen von mindestens 20 Sekunden an drei Punkten pro Probe durchzuführen. Wenn die Streuung mehr als 20 Prozent vom Mittelwert der drei Messungen abweicht, ist die Probe nochmals zu homogenisieren.
- Für die Bewertung ist der um den Korrekturfaktor korrigierte Mittelwert massgebend.

11 Untersuchung des Bodens mittels mobiler Röntgenfluoreszenz-Spektrometrie und Vergleich mit Resultaten nach VBBo, FABOST 2012 *(www.interkantlab.ch)*

5 Zu analysierende Schadstoffe

Aufgrund des Alters eines Korrosionsschutzanstrichs lässt sich abschätzen, welche Schadstoffe im eingesetzten Korrosionsschutzanstrich vorkommen können.

Schadstoff	Nutzungsjahre
Blei	1870 – 2000
Chrom	1950 – 1995
PCB	1950 – 1975
PAK	1965 – 1995
Zink (mit Cadmium)	1930 – 2000

Quelle: Luftschadstoff-Emissionen aus Korrosionsschutz-Sanierungen in der Schweiz, Stolz, 2001[12]

Gemäss heutigen Wissensstand gilt Zink als Indikator für eine mögliche Schadstoffbelastung des Bodens. Dies bedeutet, dass in Abwesenheit von Zink die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, dass im Boden ein anderer Schadstoff vorkommt. Deshalb **wird empfohlen, systematisch den Zinkgehalt zu analysieren.**

Handelt es sich um eine Anlage, die vor den 1990er-Jahren gebaut wurde, sind ergänzend die Gehalte für die sechs nachstehend genannten Schadstoffe bei mindestens zwei Stützen zu bestimmen:

- Cadmium (Cd)
- Blei (Pb)
- Chrom (Cr; Totalgehalt)
- Kupfer (Cu)
- polychlorierte Biphenyle (PCB)[13]
- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)[13].

Basierend auf den ersten Ergebnissen ist die Analyse entweder für alle Schadstoffe oder nur für den wichtigsten ermittelten Schadstoff fortzusetzen.

Bei den Analysen sind die Totalgehalte der zu untersuchenden Schadstoffe gemäss den Vorgaben in Anhang 1 VBBo zu ermitteln. Die Analyse der löslichen Gehalte[14] ist dann angezeigt, wenn sich die Stützen in einer Grundwasserschutzzone S2 (oder in der Nähe einer Zone S1) befinden und die entsprechenden Richt- oder Prüfwerte für die Totalgehalte überschritten sind.

12 Bodenbelastungen bei Korrosionsschutzobjekten: Faktenblatt der Arbeitsgruppe Cercle Sol: Interventionswerte und Risikobeurteilung AGIR (Version 2017).

13 Mit dem mobilen XRF-Gerät nicht nachweisbar.

14 Dabei sind die zuweilen hohen geogenen Konzentrationen zu berücksichtigen. In unklaren Fällen (basisches kristallines Gestein usw.) wird die Analyse einer Kontrollprobe ausserhalb des Einflussbereichs der Seilbahnstütze empfohlen.

6 Empfohlene Beurteilungswerte für Zink

Wenn aufgrund der Schadstoffbelastung mit Zink die Beurteilungswerte von Tabelle 2 nicht eingehalten sind, muss der belastete Boden abgetragen und abgelagert werden (nachgewiesene konkrete Gefährdung). Eine Verwertung ist nicht zulässig.

Tabelle 2

Grenzkonzentrationen für Zink, ab denen nachweislich eine konkrete Gefährdung für Rinder und Schafe besteht

Boden-pH im Sommer	Zink-Konzentration in mg/kg Trockensubstanz	
	Rinder	Schafe
4	550	300
4,5	700	350
5	700	350
5,5	850	450
6	850	450
6,5	1050	550
7	1050	550
7,5	1050	550

Diese Beurteilungswerte wurden mithilfe des Expertensystems gemäss den Empfehlungen des Handbuchs *Gefährdungsabschätzung und Massnahmen bei schadstoffbelasteten Böden*[6] ermittelt. Die Fläche im Umkreis der Stützen macht nur einen sehr kleinen Anteil an der gesamten Weidefläche aus. Gemäss dem Handbuch kann die Gefährdung dann als reduziert betrachtet werden, wenn der Anteil der belasteten Fläche zur gesamten gleichartig genutzten Fläche – im Normalfall eine ganze Parzelle – klein ist (Orientierungswert: < 20 %; Kap. 8.1.2 des Handbuchs). So wurden die Werte von Tabelle 2 für eine Gefährdungspunktzahl von 8 festgelegt[15] (nach Kap. 5.1.3 des Handbuchs). Erfahrungsgemäss ist bei Böden auf alpinen Weideflächen von einem Tongehalt unter 45 Prozent auszugehen. Gemäss den Empfehlungen des Handbuchs wurde für den Faktor «orale Bodenaufnahme» der Mittelwert bei der Bedingung «trockener Boden» eingeführt, da dies dem Normalfall entspricht. Die Gehalte an Zink, ab denen nachweislich eine konkrete Gefährdung für Weidetiere besteht, hängen vom pH-Wert und von der Art der Weidetiere ab (s. Darstellung in Tabelle 2). Die Präsenz von Schafen ist ein massgebender Faktor. Bei systematischer und ausschliesslicher jährlicher Beweidung durch Rinder sind entsprechende Nachweise vorzulegen. Ohne diesbezügliche langfristige Garantie sollten die Werte für Schafe angewandt werden.

15 Da die Gefährdung verringert wird, wird es als vertretbar erachtet, sich auf Fälle konkreter Gefährdung zu beziehen, d.h. mit einem Index größer oder gleich 8.

7 Rechtliche Grundlagen

Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz (USG, SR 814.01)

Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo, SR 814.12)

Verordnung vom 4. Dezember 2015 über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA, SR 814.600)

Gewässerschutzverordnung vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR 814.201)